
MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
Agonomická fakulta
Ústav technologie potravin



**SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ LII. KONFERENCE
O JAKOSTI POTRAVIN A POTRAVINOVÝCH SUROVIN**

**PROCEEDINGS OF THE 52nd CONFERENCE
ON FOOD QUALITY AND SAFETY**

3. 3. – 5. 3. 2026

Markéta Janík Piechowiczová – Jan Slováček – Miroslav Jůzl (Eds.)

Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 61300 Brno (Vyd.)



**SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ LII. KONFERENCE
O JAKOSTI POTRAVIN A POTRAVINOVÝCH SUROVIN**

**PROCEEDINGS OF THE 52nd CONFERENCE
ON FOOD QUALITY AND SAFETY**

3. 3. – 5. 3. 2026, Brno

Markéta Janík Piechowiczová – Jan Slováček – Miroslav Jůzl (Eds.)



MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

2026

PODĚKOVÁNÍ

Organizátoři akce by rádi poděkovali všem, kteří přispěli ke konání této akce, ať finančně, mediálním partnerstvím nebo svou účastí a zájmem o vědecké informace v oblasti výroby potravin, jejich kontroly jakosti a nutriční hodnotě.

ACKNOWLEDGEMENT

The conference organizers would like to thank those who financially or medially contributed to this event, but also with their participation and interest in scientific information in the field of food production, quality control and their nutritional value.

MEDIÁLNÍ PARTNEŘI

Časopis MASO (ISSN 1210-4086)

Časopis Výživa a potraviny (ISSN 1211-846X)

Časopis Mlékařské listy (ISSN 1212-950X)

INGROVY DNY 2026 PODPOŘILI

Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně	Ministerstvo zemědělství ČR, EFSA Focal Point	Společnost pro výživu, z.s.
IG Coffee Roasters, Café Ignác	Savencia Fromage & Dairy Czech Republic	SC Biotech, SACCO system
MASOPROFIT	Lesensky.cz	Chut' Moravy, s.r.o.
Vinařství Uřičář	GeneProof	Novonesis
MADETA	Laboserv	STEINEX
TESTO		

Fotogalerie z konference je dostupná na tomto odkazu: [Fotobanka MENDELU](#)

Příspěvky prošly recenzním řízením.

Recenzenti sborníku / Reviewers: doc. MVDr. Olga Cwiková, Ph.D.; Ing. Renata Dufková, Ph.D.; Ing. Gabriela Franke, Ph.D.; doc. Ing. Tomáš Gregor, Ph.D.; prof. Dr. Ing. Luděk Hřivna; prof. Ing. Alžběta Jarošová, Ph.D.; Ing. Markéta Janík Piechowiczová, Ph.D.; doc. Ing. Libor Kalhotka, Ph.D.; prof. MVDr. Ing. Tomáš Komprda, CSc.; Ing. Adam Kovál; Ing. Petr Kouřil, Ph.D.; doc. Ing. Miroslav Jůzl, Ph.D.; doc. Mgr. Milena Matejovičová, Ph.D.; doc. Ing. Šárka Nedomová, Ph.D.; Ing. Andrea Roztočilová, Ph.D.; Ing. Jan Slováček, Ph.D.; Ing. Veronika Švehlová, Ph.D.; Ing. Jana Zemanová, Ph.D.

Editoři sborníku: Markéta Janík Piechowiczová¹, Jan Slováček¹, Miroslav Jůzl¹

¹ Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, MENDELU, Zemědělská 1, 613 00, Brno

© Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00, Brno

ISBN 978-80-7701-100-6

DOI: <https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6>



Open Access. This book is licensed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, CC-BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

ABSTRAKT

Začátkem března se na Mendelově univerzitě v Brně tradičně konají Ingrový dny. Jedná se o sled akcí s mezinárodní vědeckou konferencí věnovanou problematice kvalitativních parametrů potravin a potravin rostlinného a živočišného původu ve všech kontextech. Na programu jsou vyžádané přednášky, ústní sdělení a posterová prezentace. Konference je příležitostí pro tradiční setkání účastníků z řad akademických pracovníků univerzit, výzkumných institucí a kontrolních orgánů, zpracovatelských firem a podniků, ale i jednotlivců se zájmem o danou problematiku.

Klíčová slova: potraviny, zdravotní nezávadnost, jakost, Ingrový dny

ABSTRACT

Ingr's Days are traditionally held at the Mendel University in Brno at the beginning of March. It is a series of events with an international scientific conference dedicated to the issue of quality parameters of food and foodstuffs of plant and animal origin in all contexts. The programme includes invited lectures, oral presentations and poster presentations. The conference is an opportunity for a traditional meeting of participants from the academic staff of universities, research institutions and state authorities, also processing companies, as well as individuals with an interest in the food issue.

Keywords: food quality, food safety, Ingr's Days

OBSAH / CONTENTS

PŘEDMLUVA

PREAMBLE	12

JŮZL, M.:

SLOVO ÚVODEM KE SBORNÍKU PŘÍSPĚVKŮ Z 52. KONFERENCE O JAKOSTI POTRAVIN A POTRAVINOVÝCH SUROVIN - INGROVY DNY 2026

INTRODUCTION TO THE PROCEEDINGS OF THE 52 nd FOOD QUALITY AND SAFETY CONFERENCE – INGR'S DAYS 2026	13

PŘÍSPĚVKY INGROVY DNY 2026

PROCEEDINGS OF THE INGR'S DAYS 2026	15

ABDULLAH, F. A. A., JEŽEK, F., BURSOVÁ, Š., BARTÁKOVÁ, K., KRÁLOVÁ, M.:

ANTIOXIDANT CAPACITY OF BUFFALO MILK FROM TWO CZECH FARMS	16

BEŇO, F., VOJTÍŠEK, S., HRUŠKA, F., ŠEVČÍK, R.:

POSTOJE SPOTŘEBITELŮ K NAHRAZOVÁNÍ MASA V HYBRIDNÍCH MASNÝCH VÝROBCÍCH

CONSUMER ATTITUDES TOWARD MEAT SUBSTITUTION IN HYBRID MEAT PRODUCTS	21

ČEJNA, V.:

VYUŽITÍ SÝROVÝCH OMÁČEK V MODERNÍ GASTRONOMII

THE APPLICATION OF CHEESE SAUCES IN MODERN GASTRONOMY	28

ČUBOŇ, J., TKÁČOVÁ, J., HLEBA, L., HLEBOVÁ, M.:

KVALITA TRADIČNÍCH SYROV Z MLIEKA KRÁV PINZGAUSKÉHO PLEMENA V RÔZNYCH ŠTÁDIÁCH LAKTÁCIE

QUALITIES OF TRADITIONAL CHEESES MADE FROM PINZGAUER COWS' MILK AT DIFFERENT STAGES OF LACTATION	32

DEMIANOVÁ, A., JURČAGA, L., BOBKOVÁ, A., ČÉRYOVÁ, N., BOBKO, M., ŠVECOVÁ, T.:

ZMENA ANTIOXIDAČNÝCH VLASTNOSTÍ KÁVY *C. ARABICA* PROCESOM PRAŽENIA

CHANGE IN ANTIOXIDANT PROPERTIES OF <i>C. ARABICA</i> COFFEE DURING THE ROASTING PROCESS	41

DOBEŠ, J., MAČÁKOVÁ, P.:

PŘEHLED LEGISLATIVNÍCH POŽADAVKŮ NA MED, MEDOVINU, PŘÍRODNÍ SLADIDLA, CUKR A SIRUPY

SUMMARY OF LEGISLATIVE REQUIREMENTS FOR HONEY, MEAD, NATURAL SWEETENERS, SUGAR AND SYRUPS	47

DUFKOVÁ, R., ŠAFRÁNKOVÁ, V., HŘIVNA, L., GREGOR, T., ČECHOVÁ, K.:

VLIV NETRADIČNÍCH SLADŮ NA BARVU SLADINY

THE EFFECT OF UNCONVENTIONAL MALTS ON THE COLOUR OF MALT WORT	52

DUFKOVÁ, R., ŠAFRÁNKOVÁ, V., HŘIVNA, L., GREGOR, T., KOSMÁKOVÁ, Š., ČECHOVÁ, K.:

VLIV SPECIÁLNÍCH SLADŮ NA SENZORICKOU HODNOTU PIV

THE EFFECT OF SPECIAL MALTS ON THE SENSORY VALUE OF BEERS	58

FIKSELOVÁ, M., ČAPLA, J., KOZELOVÁ, D., ZELENÁKOVÁ, L.: MICROPLASTICS IN WINES: SOURCES AND SELECTED WAYS OF CONTAMINATION	65
GEORGIJEVIČ, A.: VLIV RECEPTURY NA NUTRIČNÍ VLASTNOSTI STRAVY PRO TAKTICKÉ, PROFESIONÁLNÍ A KRIZOVÉ NAsAZENÍ THE INFLUENCE OF RECIPE FORMULATION ON THE NUTRITIONAL PROPERTIES OF THE FOOD RATIONS FOR THE TACTICAL, PROFESSIONAL, AND CRISIS DEPLOYMENT	71
HANUŠ, O., NEJESCHLEBOVÁ, H., BARTÁKOVÁ, K., KLIMEŠOVÁ, M., JEDELSKÁ, R.: VYBRANÉ ASPEKTY VARIABILITY LAKTOFERINU A LYSOZYMU V MLÉCE SELECTED ASPECTS OF THE VARIABILITY OF LACTOFERRIN AND LYSOSYME IN MILK	75
HENDRYCHOVÁ, V. B., NEDOMOVÁ, Š., ODEHNALOVÁ, B., ROZTOČILOVÁ, A., SLOVÁČEK, J., KOVÁL, A.: VLIV ÚPRAVY A SKLADOVÁNÍ NA VYBRANÉ KVALITATIVNÍ PARAMETRY LAREV POTEMNÍKA MOUČNÉHO (<i>TENEbrio MOLITOR</i>) THE INFLUENCE OF PROCESSING AND STORAGE ON THE SELECTED QUALITATIVE PARAMETERS OF THE YELLOW MEALWORM LARVAE (<i>TENEbrio MOLITOR</i>)	80
JAROŠOVÁ, A., JŮZL, M., GREGOR, T., JANÍK PIECHOWICZOVÁ, M., HŘIVNA, L., ŠOTTNÍKOVÁ, V., SALÁKOVÁ, A., MACHÁČKOVÁ, M., ŠMÍDOVÁ, Z.: HODNOCENÍ MODELOVÉ RECEPTURY PODLE METODIKY EUROFIR PRO NÁRODNÍ DATABÁZI POTRAVIN EVALUATION OF MODEL RECIPES ACCORDING TO THE EUROFIR METHODOLOGY FOR THE NATIONAL FOOD DATABASE	86
JAŚNIEWICZ, J., MATUSZEK, D., POLAŃCZYK, E., BIŁOS, L., ŚWIERC, J., GRZYWACZ, Ż., HNYDIUK-STEFAN, A., BARABOSZ, K.: MICROBIOLOGICAL STABILITY OF DRIED MARJORAM DURING STORAGE: THE ROLE OF WATER ACTIVITY AND PACKAGING	99
JEŽEK, F., BARTÁKOVÁ, K., KRÁLOVÁ, M., BURSOVÁ, Š., ABDULLAH, F. A. A.: HODNOCENÍ BAREVNÝCH A SENZORICKÝCH PARAMETRŮ BUVOLÍHO MLÉKA EVALUATION OF COLOR AND SENSORY PARAMETERS OF BUFFALO MILK	107
JIRÁSKO, M., FOUSKOVÁ, E., KUČERA, R., HATÁKOVÁ, H.: VYHODNOCENÍ PRODUKCE 24,25-DIHYDROXYVITAMINU D₃ SE ZVYŠUJÍCÍMI SE DÁVKAMI SUPLEMENTACE VITAMINEM D U ZDRAVÝCH MLADÝCH DOSPĚLÝCH EVALUATION OF 24,25-DIHYDROXYVITAMIN D ₃ PRODUCTION WITH INCREASING DOSES OF VITAMIN D SUPPLEMENTATION IN HEALTHY YOUNG ADULTS	114
JŮZL, M., KALHOTKA, L., KOUŘIL, P., RAJCHL, A.: PŘIPOMENUTÍ VÝZNAMU A ODKAZU PROFESORA KYZLINKA SIGNIFICANCE AND LEGACY OF PROFESSOR KYZLINK	119

JŮZL, M., KAMENÍK, J., SLOVÁČEK, J., KALHOTKA, L., KOUŘIL, P., ŠVEHLOVÁ, V., ONDRUCHOVÁ, S., DUŠKOVÁ, M., HARABIŠ, L., MAREŠ, J., CWIKOVÁ, O., KOMPRDA, T.: ZÁSADY SPRÁVNÉ VÝROBNÍ PRAXE V OBLASTI VYUŽITÍ OCHRANNÝCH KULTUR PRO OBLAST ZPRACOVÁNÍ MASA A RYB PRINCIPLES OF GOOD MANUFACTURING PRACTICE IN THE FIELD OF USE OF PROTECTIVE MICROBIAL CULTURES IN MEAT PROCESSING	124

JŮZL, M., KAMENÍK, J., SLOVÁČEK, J., KALHOTKA, L., KOUŘIL, P., ŠVEHLOVÁ, V., ONDRUCHOVÁ, S., DUŠKOVÁ, M., ZEMANOVÁ, J., CWIKOVÁ, O., KOMPRDA, T.: ZÁSADY SPRÁVNÉ VÝROBNÍ PRAXE V OBLASTI VYUŽITÍ OCHRANNÝCH KULTUR PRO OBLAST ZPRACOVÁNÍ MLÉKA PRINCIPLES OF GOOD MANUFACTURING PRACTICE IN THE FIELD OF USE OF PROTECTIVE MICROBIAL CULTURES IN MILK PROCESSING	133

JŮZL, M., SLOVÁČEK, J., KOCANDOVÁ, A., FAJMAN, M., ČUPERA, J., SVOBODA, J., BAJBÁR, M.: EVOLUCE VÝROBY, ZPRACOVÁNÍ A DISTRIBUCE POTRAVIN V ZÁVISLOSTI NA TECHNOLOGICKÉM POKROKU: POTRAVINÁŘSTVÍ 1.0 AŽ 5.0 EVOLUTION OF FOOD PRODUCTION, PROCESSING AND DISTRIBUTION DEPENDING ON TECHNOLOGICAL PROGRESS: FOOD INDUSTRY 1.0 TO 5.0	144

KADLECOVÁ, K., JAROŠOVÁ, A., SLOVÁČEK, J., RIDOŠKOVÁ, A.: VLIV TEPELNÉ ÚPRAVY NA OBSAH MINERÁLNÍCH LÁTEK VE VEPŘOVÉM MASE THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE CONTENT OF MINERALS IN PORK	151

KAMENÍK, J., DUŠKOVÁ, M., ZOUHAROVÁ, A., CWIKOVÁ, O., FRANKE, G.: ZÁSADY SPRÁVNÉ DISTRIBUČNÍ PRAXE TEPLÝCH POKRMŮ PRINCIPLES OF GOOD DISTRIBUTION PRACTICE FOR HOT MEALS	156

KOMPRDA, T., FRANKE, G., KUMBÁR, V., CWIKOVÁ, O., KAMENÍK, J., ZOUHAROVÁ, A., DUŠKOVÁ, M.: SAFETY OF THE HOT READY-TO-EAT MEAL DELIVERY CONSIDERING AN OCCURRENCE OF <i>BACILLUS CEREUS</i>	161

KORČOK, M., HLAVÁČ, P., VEVERKA, M., VIETORIS, V.: FYZIKÁLNE A ORGANOLEPTICKÉ VLASTNOSTI JEDLÝCH GÉLOV PHYSICAL AND ORGANOLEPTIC PROPERTIES OF EDIBLE GELS	167

KOS, I., MIHOVILIĆ, V., ŠIRIĆ, I., VNUČEC, I.: COMPARATIVE ANALYSIS OF THE NUTRITIONAL COMPOSITION, PHYSICAL PROPERTIES AND SENSORY PROFILE OF MEAT AND PLANT-BASED BURGERS	173

KOTIANOVÁ, D., KOVTUN, V., PENCÁK, T., DORDEVIĆ, D., TREMLOVÁ, B.: ANTIOXIDAČNÉ A MECHANICKÉ VLASTNOSTI BIODEGRADOVATELNÝCH OBALOV NA BÁZE KARAGÉNANU S PRÍDAVKOM KÁVOVEJ USADENINY ANTIOXIDANT AND MECHANICAL PROPERTIES OF CARRAGEENAN-BASED BIODEGRADABLE PACKAGING WITH SPENT COFFEE GROUNDS ADDITION	181

KOUŘIMSKÁ, L., VÁCLAVÍKOVÁ, E., BEŇO, F., ŠKVOROVÁ, P., KULMA, M., KOUŘIMSKÝ, P., KVASNIČKA, F.: VHODNOST KONZUMACE HMYZU PRO JEDINCE S INTOLERANCEMI DISACHARIDŮ SUITABILITY OF EDIBLE INSECTS FOR INDIVIDUALS WITH DISACCHARIDE INTOLERANCES	188
KOVÁL, A., SKUCIUSOVÁ, M., NEDOMOVÁ, Š.: SENZORICKÁ PŘIJATELNOST MASNÉHO VÝROBKU S PŘÍDAVKEM CVRČČÍHO PRÁŠKU A KOŘENICÍCH SMĚSÍ SENSORY ACCEPTABILITY OF A MEAT PRODUCT WITH THE ADDITION OF CRICKET POWDER AND SPICE BLENDS	196
KRÁLOVÁ, M., DRAČKOVÁ, E., DYTRT, F., OWUSU-AFRIYIE, W., LICHOVNÍKOVÁ, M., ZMRHAL, V.: VYUŽITÍ DISKRIMINAČNÍ ANALÝZY PRO POSOUZENÍ ROZDÍLŮ PRSNÍ SVALOVINY KUŘAT KRMENÝCH ODLIŠNÝMI KRMIVY PŘI DODRŽENÍ STEJNÉHO OBSAHU ŽIVIN USE OF DISCRIMINANT ANALYSIS TO ASSESS DIFFERENCES IN BREAST MUSCLE OF CHICKENS FED WITH DIFFERENT FEEDS WHILE MAINTAINING THE SAME NUTRIENT CONTENT	204
KRTIČKA, M.: RYCHLÁ KONTROLA KVALITY DRUHŮ JEDLÉHO HMYZU: MULTI-SPECIES FT-NIR KALIBRACE V ROZSAHU 13200–8700 CM⁻¹ PRO PREDIKCI OBSAHU NUTRIENTŮ RAPID QUALITY CONTROL OF EDIBLE INSECTS: MULTI-SPECIES FT-NIR CALIBRATION IN THE 13200–8700 CM ⁻¹ REGION FOR NUTRIENT PREDICTION	211
KUČERA, R., JIRÁSKO, M., HATÁKOVÁ, H.: SUPLEMENTACE POPULACE VITAMINEM D A JEHO TOXICITA VITAMIN D SUPPLEMENTATION OF THE POPULATION AND ITS TOXICITY	217
KULJOVÁ, M., KASAL, P., ČÍŽEK, M.: VLIV TECHNOLOGIE PĚSTOVÁNÍ A ZPŮSOBU SKLADOVÁNÍ NA VYBRANÉ KVALITATIVNÍ PARAMETRY HLÍZ JAKONU (<i>SMALLANTHUS SONCHIFOLIUS</i>) THE INFLUENCE OF CULTIVATION TECHNOLOGY AND STORAGE METHODS ON SELECTED QUALITY PARAMETERS OF YACON TUBERS (<i>SMALLANTHUS SONCHIFOLIUS</i>)	220
LESENSKÝ, P., BOŘECKÝ, P., HAVLÍK, P., BORÝSEK, J., RAKOVSKÝ, L., RAKOVSKÁ, B., KOUŘIL, J., KUMAN, P., MÁŠILKO, L., ZIKUŠKA, J., SÝKORA, P., HADRAVA, V., PEŠKOVÁ, M., ADÁMKOVÁ, J., HAVLÍK, A., LESENSKÝ, K., MATEJOVIČOVÁ, M., ŠVEHLOVÁ, V., JŮZL, M.: ASPEKTY SPRÁVNÉHO ŽIVOTNÍHO STYLU A STRAVOVÁNÍ U SPORTUJÍCÍ MLÁDEŽE: DĚTSKÝ FUTSAL ASPECTS OF A PROPER LIFESTYLE AND DIET IN SPORTS-PLAYING YOUTH: CHILDREN'S FUTSAL	228
MAČÁKOVÁ, P., DOBEŠ, J.: NAŘÍZENÍ EUDR V PRAXI POTRAVINÁŘSKÝCH PODNIKŮ EUDR REGULATION IN THE PRACTISE OF FOOD BUSINESSES	234

MÁZOR, M., GOLIAN, J., AILER, L., JAKABOVÁ, S.: SLEDOVANIE ZMIEN OBSAHOV VYBRANÝCH BIOGÉNNYCH AMÍNŮV V MÄSE SUMCA VEĽKÉHO PRI FYZIKÁLNO-CHEMICKÝCH PROCESŮCH MONITORING OF CHANGES IN THE CONTENT OF SELECTED BIOGENIC AMINES IN CATFISH MEAT DURING PHYSICOCHEMICAL PROCESSES	238
MENDELOVÁ, A., MENDEL, Ľ., GOLIAN, J., ZELENÁKOVÁ, L., SOLGAJOVÁ, M., KOLESÁROVÁ, A.: VYUŽITIE RAKYTNÍKA REŠETLIAKOVÉHO PRI VÝROBE POTRAVÍN S PRIDANOU HODNOTOU A PROCESNÉ ZMENY VYBRANÝCH BIOAKTÍVNYCH LÁTOK S TÝM SÚVISIACE USE OF SEA BUCKTHORN IN THE PRODUCTION OF VALUE-ADDED FOOD AND RELATED PROCESS CHANGES OF SELECTED BIOACTIVE SUBSTANCES	245
MIKULKA, O.: INVAZNÍ ŽIVOČICHŮVÉ: EKOLOGICKÉ RIZIKO A POTENCIÁL PRO POTRAVINÁŘSTVÍ INVASIVE ALIEN ANIMALS: ECOLOGICAL RISKS AND POTENTIAL FOR FOOD INDUSTRY	255
NEDOMOVÁ, Š., SLANÝ, V., ŠŤASTNÍK, O., ROZTOČILOVÁ, A., PALUPA, V., PLACHÝ, J., KOVÁL, A., ODEHNALOVÁ, B., KUMBÁR, V.: MOŽNOSTI VYUŽITÍ AI A IOT V PRODUKCI JEDLÉHO HMYZU APPLICATIONS OF AI AND IOT IN EDIBLE INSECT PRODUCTION	263
NOVOTNÁ, T., KOČÍ, T., MOKREJŠ, P., PAVLAČKOVÁ, J., GÁL, R.: REOLOGICKÉ VLASTNOSTI JÁTROVÝCH PAŠTIK S PŘÍDAVKEM ŽELATINY Z JELENÍCH ŠLACH RHEOLOGICAL PROPERTIES OF LIVER PÂTÉS WITH THE ADDITION OF GELATIN FROM DEER TENDONS	270
NOVOTNÁ KRUŽÍKOVÁ, K., LINHART, P., SVOBODA, M.: RTUŤ VE TKÁNÍCH PRASAT DIVOKÝCH MERCURY IN WILD BOAR TISSUES	281
ODEHNALOVÁ, B., NEDOMOVÁ, Š., HENDRYCHOVÁ, V. B., ROZTOČILOVÁ, A., KOVÁL, A.: ZMĚNY FYZIKÁLNÍCH VLASTNOSTÍ KÁVOVÝCH ZRN V PRŮBĚHU PRAŽENÍ A JEJICH SENZORICKÉ HODNOCENÍ CHANGES IN THE PHYSICAL PROPERTIES OF COFFEE BEANS DURING ROASTING AND THEIR SENSORY EVALUATION	286
ONDRUCHOVÁ, S., DUŠKOVÁ, M., VESELÁ, H., NAVRÁTILOVÁ, P., ZOUHAROVÁ, A., DRABOVÁ, B., KAMENÍK, J.: VLIV SKLADOVACÍ TEPLoty NA ÚČINNOST OCHRANNÉ KULTURY PROTI <i>LISTERIA MONOCYTOGENES</i> VE VEPŘOVÉM MLETÉM MASE EFFECT OF STORAGE TEMPERATURE ON THE EFFICACY OF A PROTECTIVE CULTURE AGAINST <i>LISTERIA MONOCYTOGENES</i> IN MINCED PORK	292

PAVELKOVÁ, A.:

**INOVAČNÉ TECHNOLOGIE BALENIA MLIEKA A MLIEČNYCH VÝROBKOV
SO ZAMERANÍM NA INTELIGENTNÉ BALENIE**

INNOVATIVE PACKAGING TECHNOLOGIES FOR MILK AND DAIRY PRODUCTS WITH
A FOCUS ON INTELLIGENT PACKAGING

299

PÉREZ, E., SANJUÁN, E., RADUÁN, J., RAPOSO, A., CARRASCOSA, C.:

**USE OF EDIBLE FILMS AND COATINGS IN FOOD PRESERVATION:
AN OVERVIEW**

308

POSPIECH, M., DOBEŠ, J., PIJÁČEK, M., KUDĚLKOVÁ, L.:

**SOUČASNÉ STRATEGIE V TLUMENÍ MORU A HNILOBY VČELÍHO PLODU V CHOVECH
VČEL**

CURRENT STRATEGIES IN THE MITIGATION OF AMERICAN AND EUROPEAN FOULBROOD
IN APIARIES

316

RAPUTOVÁ, E., SMEJKALOVÁ, L., KOČÍ, T., REJDLOVÁ, A., ŠENKÝŘOVÁ, J.,
SALEK, R. N.:

**VÝVOJ FERMENTOVANÉHO NÁPOJE NA BÁZI OVSA: VLIV TYPU SLADIDLA
A KONCENTRACE KARBOXYMETYLCELULÓZY NA FUNKČNÍ VLASTNOSTI**

THE DEVELOPMENT OF A FERMENTED OAT-BASED BEVERAGE: EFFECT
OF SWEETENER TYPE AND CARBOXYMETHYLCELLULOSE CONCENTRATION
ON FUNCTIONAL PROPERTIES

323

RUDZKA, A., PATLOKA, O., PLECHA, M., ZBOROWSKI, M., KRÓLIKOWSKI, T., OCZKOWSKI,
M., KOŁOŻYN-KRAJEWSKA, D., ZIELIŃSKA, D.:

**MODERN NUTRITION-FOCUSED CATERING SERVICES AND THEIR EFFECT
ON HUMAN HEALTH- A CASE STUDY OF CHANGES IN METABOLIC AND BODY
COMPOSITION PARAMETERS AND MICROBIOTA RESPONSES**

334

STARUCH, L., ĎURKA, E., JŮZL, M.:

**OBSAH ARZÉNU, KADMIA A OLOVA V SVALOVINE DANIELA ŠKVRNITÉHO (*DAMA
DAMA*) Z VYBRANÝCH LOKALÍT SLOVENSKA STANOVENÝ METÓDOU ICP-MS**

CONTENT OF ARSENIC, CADMIUM AND LEAD IN FALLOW DEER (*DAMA DAMA*) MUSCLE
FROM SELECTED LOCATIONS IN SLOVAKIA DETERMINED BY ICP-MS

337

STARUCH, L., ĎURKA, E., JŮZL, M.:

**OBSAH ARZÉNU, KADMIA A OLOVA V SVALOVINE DIVIAKA LESNÉHO (*SUS SCROFA*)
Z VYBRANÝCH LOKALÍT SLOVENSKA STANOVENÝ METÓDOU ICP-MS**

CONTENT OF ARSENIC, CADMIUM AND LEAD IN WILD BOAR (*SUS SCROFA*) MUSCLE
FROM SELECTED LOCATIONS IN SLOVAKIA DETERMINED BY ICP-MS

344

STAŠKIVOVÁ, S., SLOVÁČEK, J., KOCANDOVÁ, A., VALACHOVÁ, T., KUBELKOVÁ, N.,
ROZTOČILOVÁ, A., NEDOMOVÁ, Š., JŮZL, M.:

**VLIV APLIKACE OCHRANNÉ KULTURY NA BAREVNÉ PARAMETRY
FERMENTOVANÝCH MASNÝCH VÝROBKŮ**

EFFECT OF PROTECTIVE CULTURE APPLICATION ON THE COLOUR PARAMETERS
OF FERMENTED MEAT PRODUCTS

352

STRYDOM, P. E., BODEN, J. M., MARAIS, J., HOFFMAN, L. C., VAN ZYL, J. H. G.: THE EFFECT OF CASTRATION AND CASTRATION METHODS ON THE GROWTH PERFORMANCE, CARCASS AND MEAT QUALITY OF SOUTH AFRICAN BOER GOATS	359
SUCHODOLOVÁ, V., VÝSTUPOVÁ, M.: PODPORA DLOUHODOBÉHO KOJENÍ U STUDENTŮ A STUDENTEK LÉKAŘSKÉ FAKULTY MU SUPPORT FOR LONG-TERM BREASTFEEDING AMONG STUDENTS OF THE FACULTY OF MEDICINE, MASARYK UNIVERSITY	365
SZOTKOWSKI, M., MALÍŠEK, J., PĚTOVÁ, M., TRENZOVÁ, K., KŘÍŠTOFOVÁ, K.: VLIV PE/PA VAKUOVÉHO BALENÍ NA LYOFILIZOVANÉ BOJOVÉ POTRAVINOVÉ DÁVKY SKLADOVANÉ PŘI 5, 25 A 40 °C EFFECT OF PE/PA VACUUM PACKAGING ON FREEZE-DRIED COMBAT RATIONS STORED AT 5, 25 AND 40 °C	369
ŠIRIĆ, I., KOS, I., RADOČAJ, T., VNUČEC, I., KUMAR, P.: INTEGRATED IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF WILD EDIBLE MUSHROOMS: FROM SAMPLES TO DATA	377
ŠVECOVÁ, L., DADÁKOVÁ, E., JANŮ, T., BALDÍKOVÁ, E., SUTTIKHANA, I., SAMKOVÁ, E.: FERMENTOVANÉ MLÉČNÉ PRODUKTY, VÝZNAM A KONZUMACE – DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ FERMENTED DAIRY PRODUCTS, IMPORTANCE AND CONSUMPTION – QUESTIONNAIRE SURVEY	384
TĚSITELOVÁ, H., BLAŠKOVÁ, V., DUBSKÝ, M., JŮZL, M., KÁBELOVÁ, A., KOUŘIL, P., KREJČÍ, H., MARHEFKOVÁ, N., MUŽÍK, J., PETR, M., VLASÁKOVÁ, M., VOKOUNOVÁ, Š., MATEJOVIČOVÁ, M.: PODPORA ROZHODOVÁNÍ PŘI VÝBĚRU POTRAVIN NA ZÁKLADĚ JEJICH HODNOCENÍ: NÁVRH KONSTRUKCE DIASKÓRE JAKO NÁSTROJE SITUAČNÍ NUTRIČNÍ EDUKACE U PREDIABETU A DIABETU 2. TYPU FOOD CHOICE DECISION SUPPORT BASED ON FOOD RATING: A PROPOSED DIASCORE FRAMEWORK AS A TOOL FOR SITUATIONAL NUTRITION EDUCATION IN PREDIABETES AND TYPE 2 DIABETES	392
TKÁČOVÁ, J., PAVELKOVÁ, A.: VYUŽITIE BIOPOLYMÉROV V TECHNOLOGII BALENIA SYROV THE USE OF BIOPOLYMERS IN CHEESE PACKAGING TECHNOLOGY	399
VNUČEC, I., KOS, I., ŠIRIĆ, I.: ENHANCING THE VALUE OF CULLED SHEEP: MEAT QUALITY, AGING POTENTIAL, AND SUSTAINABLE PRODUCTION STRATEGIES	408

VÝVODA, M., MATEJOVIČOVÁ, M., KOMPRDA, T.:	
NABÍDKA A POROVNÁNÍ KOMERČNĚ DOSTUPNÝCH PROTEINOVÝCH PŘÍPRAVKŮ NA ČESKÉM TRHU UŽÍVANÝCH JAKO DOPLŇKY SPORTOVNÍ VÝŽIVY	
MARKET AVAILABILITY AND COMPARISON OF COMMERCIALLY AVAILABLE PROTEIN SUPPLEMENTS USED AS SPORTS NUTRITION ON THE CZECH MARKET	414
WIRTANEN, G., JOKINEN, M., NIEMINEN, K., LATOMÄKI, I.:	
CIRCULAR FOODSHIFT FRAMEWORK FOR THE BALTIC COUNTRIES	419
ZDRÁHAL, I., SVOBODOVÁ, E., FALTA, D., STEPIEŇ, S., BORYCHOWSKI, M., ROVNÝ, P., HUPKOVÁ, D., DIAKONIDZE, M., CHKHARTISHVILI, N., KEVLISHVILI, M., JALÍČ, N.:	
JAK USPĚT V KRÁTKÉM POTRAVINOVÉM ŘETĚZCI? PONAUCENÍ Z FAREM V ČESKÉ REPUBLICE, POLSKU A NA SLOVENSKU	
HOW TO SUCCEED IN SHORT FOOD SUPPLY CHAINS: LESSONS LEARNED FROM FARMS IN CZECHIA, POLAND, AND SLOVAKIA	424
ZELEŇÁKOVÁ, L., FIKSELOVÁ, M., KUNOVÁ, S.:	
MIKROBIÁLNÁ KONTAMINÁCIA LAHÔDKARSKÝCH VÝROBKOV Z PREDAJNÝCH PULTOV V OBCHODOCH	
MICROBIAL CONTAMINATION OF DELICATESSEN PRODUCTS FROM STORE COUNTERS	434
ŽLABUR, J. Š., ŠIRIČ, I., KOS, I., RADMAN, S.:	
BEHIND THE LABEL - CHEMICAL AND BIOACTIVE CHARACTERIZATION OF WHITE BUTTON AND OYSTER MUSHROOMS FROM RETAIL SOURCE	441
PŘÍLOHY	
ANNEXES	449

PŘEDMLUVA

PREAMBLE

Miroslav Jůzl, ml.

**SLOVO ÚVODEM KE SBORNÍKU PŘÍSPĚVKŮ Z 52. KONFERENCE
O JAKOSTI POTRAVIN A POTRAVINOVÝCH SUROVIN - INGROVY DNY 2026**

V prvním březnovém týdnu se na Mendelově univerzitě v Brně tradičně konají Ingrové dny. Jedná se o mezinárodní konferenci věnovanou problematice kvalitativních parametrů potravin a potravin rostlinného a živočišného původu, a to i v nutričním, ekonomickém, nebo sociálním kontextu. Úterní Mezinárodní den zahrnuje přednášená sdělení a vyžádané přednášky významných odborníků z partnerských zahraničních institucí. Středeční Slavnostní den je místem pro setkání odborníků na všech úrovních a má ceremoniální charakter. Naopak, pro čtvrteční Den s mlékem na MENDELU, je společným klíčovým slovem mléko, a je otevřený široké veřejnosti. Po všechny tři dny jsou na programu vyžádaná přednášená a posterová sdělení a další doprovodné akce, mj. čtvrteční předání diplomů oceněným pivovarníkům z mezinárodní degustační soutěže Czech Brew Star. Tak jako loni, i letošní středeční konference je pod záštitou pana ministra zemědělství ČR. Záštitu nad akcí převzal ministr zemědělství Martin Šebestýán. Letos jsme opět připravili několik inovací a novinek. Inovací je přechod pouze na elektronickou verzi posterové sekce. Novinkou je zařazení přehlídky potravin a produktů z univerzitních poloprovozních zařízení. Společenskou roli jsme posílili v minulosti i připomínkou velikánů oboru, letos se jedná o pana profesora Kyzlinka. V sudých rocích rovněž budeme pokračovat v předávání medailí vydaných u příležitosti 50. výročí konání akce, tedy i letos. Ingrové dny jsou příležitostí pro tradiční setkání účastníků z řad akademických pracovníků univerzit, výzkumných institucí a kontrolních orgánů, zpracovatelských firem a podniků, ale i jednotlivců se zájmem o danou zemědělsko-potravinářskou problematiku.

PODĚKOVÁNÍ

Děkujeme Kontaktnímu místu EFSA a Odboru bezpečnosti potravin Ministerstva zemědělství ČR za finanční podporu. Děkujeme panu ministrovi zemědělství Martinu Šebestýánovi za záštitu akce. Děkujeme všem sponzorům a mediálním partnerům a účastníkům akce za umožnění konání a pokračování tradice.

Miroslav Jůzl, Jr.

**INTRODUCTION TO THE PROCEEDINGS
OF THE 52nd FOOD QUALITY AND SAFETY CONFERENCE – INGR'S DAYS 2026**

In the first week of March, Ingr's Days are traditionally held at Mendel University in Brno. This is an international conference dedicated to the issue of quality parameters of food and food of plant and animal origin, including in a nutritional, economic or social context. Tuesday's International Day includes lectures and requested lectures by prominent experts from partner foreign institutions. Wednesday's Ceremonial Day is a place for experts at all levels to meet and has a ceremonial character. On the contrary, for Thursday's Milk Day at MENDELU, the common keyword is milk, and it is open to the general public. Requested lectures and poster presentations and other accompanying events are on the program for all three days, including Thursday's awarding of diplomas to award-winning brewers from the international tasting competition Czech Brew Star. Just like last year, this year's Wednesday conference is under the auspices of the Minister of Agriculture of the Czech Republic. The event was patronized by the Minister of Agriculture Martin Šebestýán. This year we have again prepared several innovations and news. The innovation is the transition to an electronic version of the poster section only. The novelty is the inclusion of a food and product exhibition from university pilot facilities. In the past, we have also strengthened the social role by commemorating the greats of the field, this year it is Professor Kyzlink. In even-numbered years, we will also continue to present medals issued on the occasion of the 50th anniversary of the event, so this year too. Ingr's Days are an opportunity for a traditional meeting of participants from among academic staff of universities, research institutions and inspection, processing companies and enterprises, as well as individuals with an interest in the given agricultural and food industry issue.

ACKNOWLEDGEMENT

Thank you to the EFSA Contact Point and the Food Safety Department of the Ministry of Agriculture of the Czech Republic for their financial support. We thank the Minister of Agriculture, Mr. Martin Šebestýán, for his patronage of the event. We thank all sponsors, media partners, and participants for making it possible to hold the event and continue its tradition.

**PŘÍSPĚVKY
INGROVY DNY 2026**

**PROCEEDINGS
OF THE INGR'S DAYS 2026**

ANTIOXIDANT CAPACITY OF BUFFALO MILK FROM TWO CZECH FARMS

Fouad Ali Abdullah Abdullah¹ – František Ježek¹ – Šárka Bursová¹
Klára Bartáková¹ – Michaela Králová¹

¹ Department of Animal Origin Food & Gastronomic Sciences, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Czech Republic

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0016>



ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the antioxidant capacity of buffalo milk from two farms in the Czech Republic with respect to farm origin and sampling period. A total of 73 individual and pooled milk samples were collected between May and October 2025. Antioxidant capacity was determined using the DPPH radical scavenging assay. Buffalo milk from farm B showed significantly ($p < 0.05$) higher antioxidant capacity than milk from farm A. Seasonal variation was observed at both farms, with the lowest antioxidant capacity recorded in October and the highest values in June (farm A) and September (farm B). These results indicate that both farm-related factors and production period significantly affect the antioxidant capacity of buffalo milk.

Keywords: buffalo milk, antioxidant capacity, DPPH, seasonality

INTRODUCTION

Buffalo milk is the second most produced milk worldwide, accounting for approximately 11–15% of global milk production, with the highest output in Asia and increasing importance in Europe, particularly in Italy (Fantuz et al., 2022; Kopáček, 2025). Compared with cow's milk, buffalo milk is characterized by higher contents of protein, fat, minerals, and total solids, as well as by the presence of bioactive compounds such as δ -valerobetaine and acetyl-L-carnitine, which exhibit antioxidant and health-promoting properties (Ahmad et al., 2013; Liao et al., 2025). Its nutritional and functional quality is influenced by multiple factors, including breed, feeding regime, lactation stage, and season, which may affect the concentration of antioxidant-related components. Despite its growing popularity, information on the variability of antioxidant capacity of buffalo milk under different production conditions remains limited, particularly in Central Europe. Therefore, the aim of this study was to evaluate the antioxidant capacity of buffalo milk from two farms in the Czech Republic with respect to farm origin and sampling period.

MATERIALS AND METHODS

Sampling

Buffalo milk samples were collected from two farms (A and B) in the Czech Republic. A total of 50 samples were obtained from farm A across seven sampling times between May and October (first at May, second and third at June, fourth at July, fifth at August, sixth at September and seventh at October), while 23 samples were collected from farm B during five sampling times between June and October (first at June, second at July, third at August, fourth at September and fifth at October). Except for the first two sampling times, which involved only farm A, sampling was conducted on the same day at both farms. The buffalo milk samples obtained from both farms included both individual and pooled samples.

Antioxidant capacity determination

DPPH Radical Scavenging Assay was used for determination of antioxidant capacity. Sample extracts were prepared following the procedure described by Jung et al. (2010). Briefly, 3 g of the sample was homogenized

with 15 ml of 5% trichloroacetic acid, after which 10 ml of chloroform was added. A fresh DPPH radical stock solution was prepared by dissolving DPPH in methanol at a concentration of $0.025 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$.

The absorbance of the DPPH solution was measured spectrophotometrically at 515 nm against a blank and recorded as A_0 . Subsequently, 0.2 ml of the prepared sample extract was mixed with 3.8 ml of the DPPH solution and allowed to react for 10 min. After incubation, absorbance was measured again and denoted as A_{10} . All measurements were carried out in duplicate (Heilerová et al., 2003).

The percentage of DPPH radical inhibition was calculated using the following equation:

$$\text{DPPH inhibition (\%)} = \frac{A_0 - A_{10}}{A_0} \times 100$$

where A_0 represents the absorbance of the control at 0 min and A_{10} corresponds to the absorbance after 10 min of reaction with the sample.

Statistical analysis

Means and standard deviations were calculated using Microsoft Office Excel 2016 (Redmond, WA, USA). Differences between buffalo milk from farms A and B were assessed by Student's *t*-test, while differences among sampling periods (May–October) were evaluated using ANOVA with Tukey's post hoc test. Statistical analyses were performed using SPSS Statistics 20 (IBM Corporation, Armonk, NY, USA), with significance set at $p < 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of the antioxidant capacity of buffalo milk are presented in Figures 1–4. A comparison of all milk samples from farms A and B is shown in Figure 1. Buffalo milk from farm B exhibited significantly higher antioxidant capacity ($p < 0.05$) than milk from farm A.

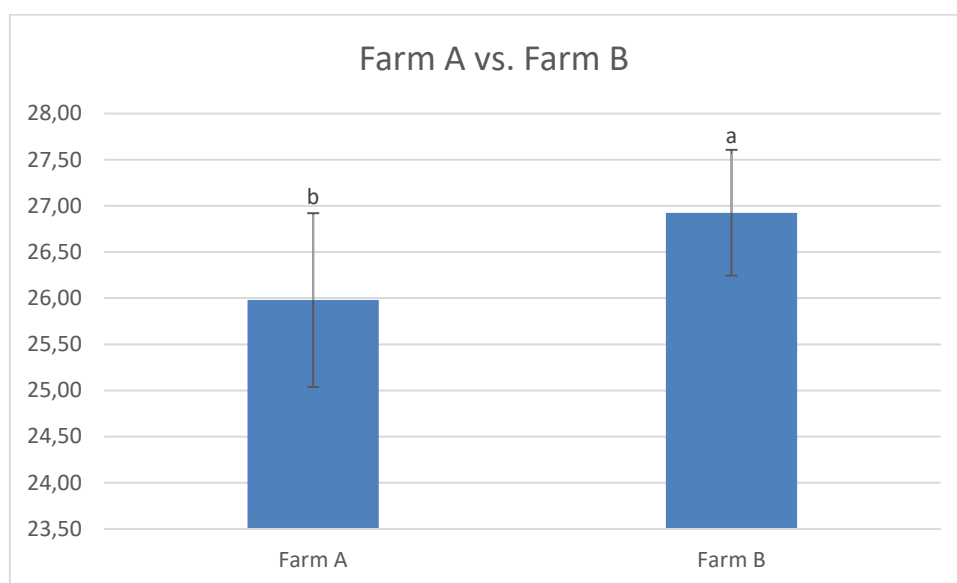


Figure 1: Antioxidant capacity (in % inhibition) of buffalo milk of farm A and farm B for all samples

The effect of sampling time on antioxidant capacity for farms A and B is illustrated in Figures 2 and 3, respectively. The results indicate that antioxidant capacity was influenced by the production period. For both farms, the lowest antioxidant capacity was observed at the final sampling in October, with values significantly

lower ($p < 0.05$) than those at earlier sampling times. In contrast, the highest antioxidant capacity was recorded in June (09 June 2025) for farm A and in September for farm B. A comparison of antioxidant capacity between farms A and B at individual sampling times is shown in Figure 4. At the June, September, and October samplings, buffalo milk from farm B showed significantly higher antioxidant capacity ($p < 0.05$) compared with milk from farm A.

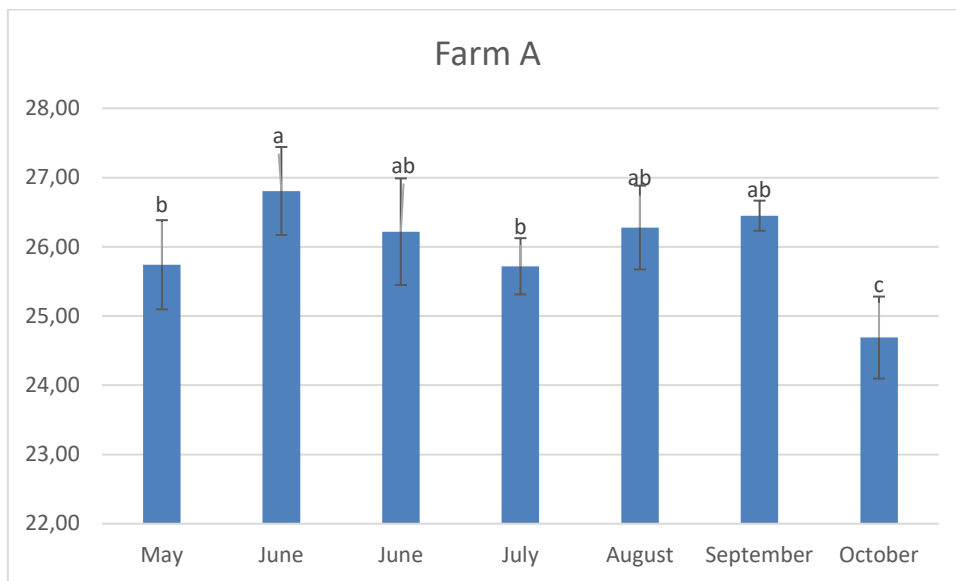


Figure 2: Antioxidant capacity (in % inhibition) of buffalo milk of farm A according to the sampling times

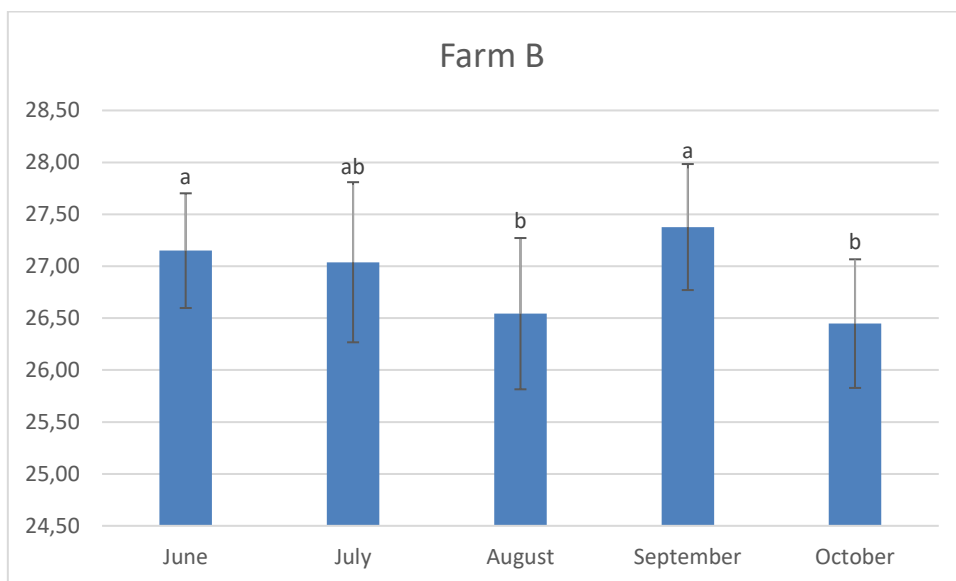


Figure 3: Antioxidant capacity (in % inhibition) of buffalo milk of farm B according to the sampling times

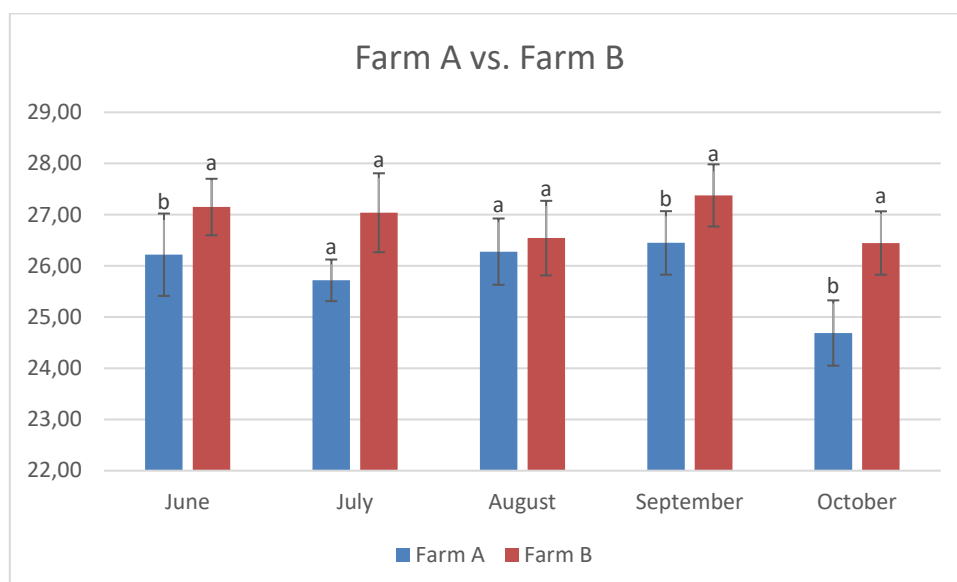


Figure 4: Antioxidant capacity (in % inhibition) of buffalo milk of farm A and farm B for each sampling time

CONCLUSION

This study demonstrates that the antioxidant capacity of buffalo milk produced in the Czech Republic is significantly influenced by both farm origin and sampling period. Milk from farm B consistently showed higher antioxidant capacity than milk from farm A, indicating the importance of farm-specific factors such as feeding regime, management, or environmental conditions. Temporal variation in antioxidant capacity was observed at both farms, with the lowest values recorded at the final sampling in October, while higher antioxidant capacity was detected during earlier sampling periods. Overall, these findings highlight the variability of antioxidant properties in buffalo milk under Central European conditions and provide valuable baseline data for further research focused on identifying the underlying factors affecting its functional quality.

ACKNOWLEDGEMENT

The study was financially supported by the project of the Internal Creative Agency VETUNI No. 2025ITA21.

REFERENCES

- Ahmad, S., Anjum, F. M., Huma, N., Sameen, A., Zahoor, T. (2013): Composition and physico-chemical characteristics of buffalo milk with particular emphasis on lipids, proteins, minerals, enzymes and vitamins. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 23, 62–74. Available at: <https://www.thejaps.org.pk/docs/Supplementary/vol-3-sup-1/14.pdf>
- Fantuz, F., Todini, L., Ferraro, S., Fatica, A., Marcantoni, F., Zannotti, M., Salimei, E. (2022): Macro minerals and trace elements in milk of dairy buffaloes and cows reared in mediterranean areas. *Beverages*, 8(3), 51. Available at: <https://doi.org/10.3390/beverages8030051>
- Heilerová, L., Bučková, M., Tarapčík, P., Šilhár, S., Labuda, J. (2003): Comparison of antioxidative activity data for aqueous extracts of lemon balm (*Melissa officinalis* L.), oregano (*Oreganum vulgare* L.), thyme (*Thymus vulgaris* L.) and agrimony (*Agrimonia eupatoria* L.) obtained by conventional methods and the DNA-based biosensor. *Czech Journal of Food Science*, 21(2), 78–84. Available at: <https://doi.org/10.17221/3480-CJFS>

Jung, S., Choe, J. H., Kim, B., Yun, H., Kruk, Z. A., Jo, C. (2010): Effect of dietary mixture of gallic acid and linoleic acid on antioxidative potential and quality of breast meat from broilers. *Meat Science*, 86, 520–526. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.06.007>

Kropáček, J. (2025): Světové mlékárenství v letech 2022–2023; výhled 2024–2025. *Mlékařské listy*, 36(1), 7–15.

Liao, J., Yang, J., Suo, H., Song, J. (2025): Buffalo milk: nutritional composition, bioactive properties, and advances in processing technologies - a comprehensive review. *Food Chemistry*, 29, 102647. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102647>

Contact Information: Ing. Fouad Ali Abdullah Abdullah, Ph.D., Department of Animal Origin Food & Gastronomic Sciences, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Czech Republic.

**POSTOJE SPOTŘEBITELŮ K NAHRAZOVÁNÍ MASA
V HYBRIDNÍCH MASNÝCH VÝROBCÍCH**
**CONSUMER ATTITUDES TOWARD MEAT SUBSTITUTION
IN HYBRID MEAT PRODUCTS**

Filip Beňo¹ – Stanislav Vojtíšek¹ – Filip Hruška¹ – Rudolf Ševčík¹

**¹ Ústav konzervace potravin, Fakulta potravinářské a biochemické technologie,
VŠCHT Praha, Technická 5, 166 28 Praha, Česká republika**

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0021>



ABSTRAKT

Rostoucí produkce a spotřeba masa představují významnou environmentální i zdravotní výzvu, což podporuje vývoj hybridních masných výrobků (HMY), ve kterých je část masa nahrazena alternativními, zejména rostlinnými surovinami. Cílem práce bylo zhodnotit postoje spotřebitelů k nahrazování masa v HMY a následně ověřit technologické dopady vybraných substituentů. Dotazníkového šetření se zúčastnilo 743 respondentů (57,4 % mužů, 42,6 % žen); 69,4 % o HMY již slyšelo a 50 % se s nimi setkala. Hybridní výrobky vnímalo 38 % respondentů pozitivně a 50 % neutrálně, přičemž více než 40 % by si je zakoupilo z důvodu zdravotních a environmentálních benefitů. Přibližně tři čtvrtiny dotázaných neměly obavy z jejich konzumace. Nejvyšší akceptaci jako náhrada masa vykázaly čočka (80,3 %), hrách (77 %) a cizrna (75,6 %). V návaznosti na tyto výsledky byly vyvinuty modelové hybridní vepřové salámy s 5 a 10% náhradou masa luštěninami. Přídavek zvýšil nutriční hodnotu a při 5% inkluzi zachoval senzoryckou kvalitu. Byly však zjištěny rozdíly v oxidační stabilitě. Čočka zlepšovala stabilitu lipidů a proteinů, zatímco hrachový izolát oxidaci zvyšoval a potenciálně zkracoval dobu trvanlivosti. Výsledky potvrzují potenciál HMY jako udržitelnější alternativy bez zásadního kompromisu v kvalitě.

Klíčová slova: hybridní masné výrobky, spotřebitelské postoje, luštěniny, trvanlivost a bezpečnost

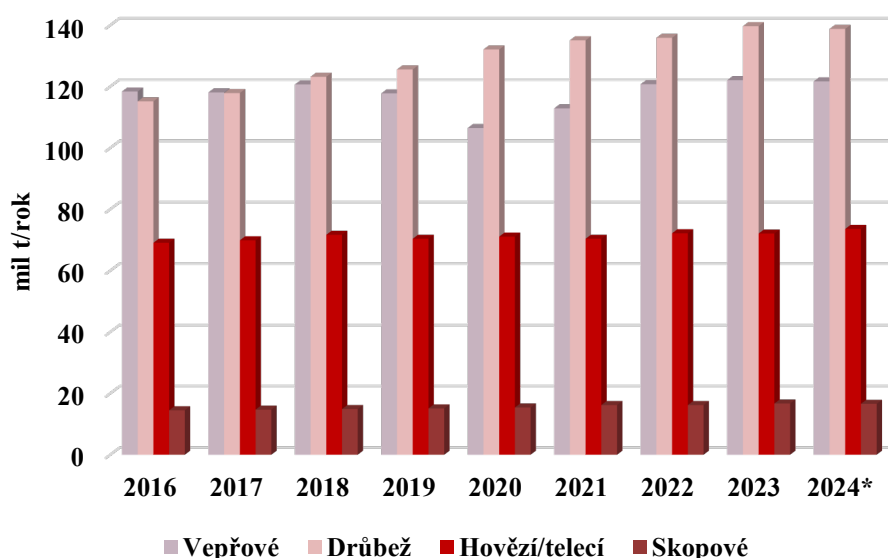
ABSTRACT

The increasing production and consumption of meat represent significant environmental and health challenges, which has stimulated the development of hybrid meat products (HMPs), in which a portion of meat is replaced with alternative, particularly plant-based, ingredients. The aim of this study was to evaluate consumer attitudes toward meat replacement in HMPs and subsequently verify the technological effects of selected substitutes. A total of 743 respondents participated in the questionnaire survey (57.4% men, 42.6% women); 69.4% had already heard of HMPs and 50% had encountered them. Hybrid products were perceived positively by 38% of respondents and neutrally by 50%, while more than 40% would purchase them due to health and environmental benefits. Approximately three-quarters of respondents had no concerns about their consumption. The highest acceptance as meat substitutes was recorded for lentils (80.3%), peas (77%), and chickpeas (75.6%). Based on these findings, model hybrid pork salami with 5% and 10% legume substitution were developed. The addition increased nutritional value and, at 5% inclusion, maintained sensory quality. However, differences in oxidative stability were observed: lentils improved lipid and protein stability, whereas pea isolate increased oxidation and potentially shortened shelf life. The results confirm the potential of HMPs as a more sustainable alternative without major quality compromise.

Keywords: hybrid meat products, consumer attitudes, legumes, shelf life and safety

ÚVOD

Globální produkce a spotřeba masa rostou, což přináší environmentální, zdravotní i etické problémy. Intenzivní živočišná výroba významně přispívá k emisím skleníkových plynů, vysoké spotřebě vody, odlesňování a degradaci půdy, zatímco nadměrná konzumace červeného a zpracovaného masa je spojována s vyšším rizikem kardiovaskulárních onemocnění, nádorů a metabolických poruch. Mezi lety 2016 a 2024 vzrostla globální produkce masa z 317 na přibližně 350,75 mil. tun (obr. 1). I proto se výzkum i praxe zaměřují na alternativní a hybridní výrobky využívající rostlinné, hmyzí či kultivované proteiny jako cestu ke snížení dopadů masné produkce.



Obrázek 1: Světová produkce masa v mil. t/rok (Statista.com)

Zájem spotřebitelů o omezení živočišných produktů (flexitariánství) roste. Reakcí trhu jsou tzv. hybridní masné výrobky (HMY), ve kterých je část masa nahrazena substituenty na bázi rostlin, hmyzu apod. Otázkou zůstává jejich senzorická přijatelnost, nutriční hodnota, využitelnost živin a mikrobiální a chemická stabilita. Ačkoli jsou vlastnosti živočišných i rostlinných bílkovin dobře prozkoumány, tak výzkum ukazuje, že např. rostlinné bílkoviny mohou narušovat mikrostrukturu masných bílkovin a jejich agregaci pod izoelektrickým bodem (Tkaczewska, Mungure a Warner, 2024). Přijetí hybridních a alternativních výrobků omezuje zejména jejich senzorická kvalita, která zatím plně nekonkuruje masu. Studie Grasso, Asioli a Smith (2022) (n = 2405, Dánsko, Španělsko, UK) ukázala, že nejpreferovanější byl hovězí burger s 25–50 % rostlinných složek (cibule, bylinky, česnek, houby); 57 % respondentů by produkt vyzkoušelo a 46 % zakoupilo. Hybridy byly vnímány jako zdravé a ekologické (podobně jako rostlinné alternativy), zatímco maso jako chutné a cenově dostupné. Naopak podíl substituentů nad 30 % byl ve Velké Británii hodnocen negativně (Grasso a Jaworska, 2020). Klíčová tak zůstává nejen míra, ale i forma použité rostlinné složky.

Na uvedené poznatky navázal i tento výzkum, v jehož rámci byl vytvořen dotazník zaměřený na průzkum veřejného mínění týkajícího se hybridních masných výrobků. Respondenti byli dotazováni na znalost pojmu „hybridní masný výrobek“, jejich ochotu tyto produkty vyzkoušet či zakoupit, vnímanou přijatelnost, očekávanou cenu a senzorickou kvalitu (chuť, textura, vzhled). Cílem bylo posoudit spotřebitelské postoje a identifikovat faktory ovlivňující jejich potenciální akceptaci na trhu.

MATERIÁL A METODIKA

Design studie

V rámci výzkumu byl realizován průřezový průzkum veřejného mínění formou anonymního a dobrovolného online dotazníku vytvořeného v prostředí MS Forms. Sběr dat probíhal v období září 2024 až březen 2025. Dotazník byl šířen prostřednictvím e-mailové komunikace a veřejných platform sociálních sítí (Instagram, Facebook). Do šetření nebyla stanovena vstupní kritéria; celkem se zapojilo 743 respondentů. Dotazník obsahoval 25 převážně uzavřených a dichotomických otázek rozdělených do několika tematických bloků: *i*) charakterizace respondenta (pohlaví, věk, nejvyšší dosažené vzdělání, místo bydliště), *ii*) znalost pojmu „hybridní masný výrobek“, *iii*) ochota produkt vyzkoušet a zakoupit, *iv*) cenová akceptace, *v*) očekávané sensorické vlastnosti, *vi*) vnímané zdravotní a environmentální aspekty a *vii*) ochota akceptovat různé alternativní suroviny včetně jejich podílu ve výrobku. Data byla vyhodnocena pomocí deskriptivní statistiky (absolutní a relativní četnosti). Pro posouzení vztahů mezi kategoriálními proměnnými byly použity kontingenční tabulky a chí-kvadrát test nezávislosti. Na základě vybraných postojových proměnných byl dále vytvořen kompozitní index otevřenosti, který umožnil segmentaci respondentů do skupin podle míry akceptace hybridních masných výrobků. Statistické hodnocení bylo provedeno na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Senzorická analýza

Na Ústavu konzervace potravin VŠCHT Praha byla provedena senzorická analýza v návaznosti na průzkum trhu a publikované vědecké práce Beňo et al. (2025). Byly připraveny měkké vepřové salámy kontrolní a H MV s přidávkou rostlinných matic. V tabulce 1 jsou uvedeny receptury pro výrobu produktů. Senzorická analýza byla uskutečněna první den po výrobě vzorků. Hodnotitelé provedli slepou senzorickou analýzu všech šesti hybridních masných výrobků spolu s jedním kontrolním vzorkem. Mezi sledovaná kritéria patřila: celkový vzhled výrobku, barevná atraktivita, příjemnost vůně, texturové vlastnosti jako tvrdost, lomivost, gumovitost a žvýkatelnost. Dále byla hodnocena intenzita masové a luštěninové chuti, intenzita tučnosti a slanosti.

Tabulka 1: Receptury pro výrobu kontrolních a H MV s podílem rostlinné složky

Vzorek	Označení	Vb [g·100 g ⁻¹]	V4 [g·100 g ⁻¹]	Led [g·100 g ⁻¹]	Koření [g·100 g ⁻¹]	DSS [g·100 g ⁻¹]
Kontrola	K	43,7	43,7	10,5	0,7	1,3
5 % hrachový proteinový izolát	PPI5	38,7	43,7	10,5	0,7	1,3
10 % hrachový proteinový izolát	PPI10	33,7	43,7	10,5	0,7	1,3
5 % cizrna	CP5	38,7	43,7	10,5	0,7	1,3
10 % cizrna	CP10	33,7	43,7	10,5	0,7	1,3
5 % červená čočka	RL5	38,7	43,7	10,5	0,7	1,3
10 % červená čočka	RL10	38,7	43,7	10,5	0,7	1,3

Legenda: Vb = vepřový bok bez kosti a kůže; V4 = vepřové libové bez kůže; DSS = dusitanová solící směs; Koření (pepř, koriandr, muškátový oříšek, česnek, maltodextrin, kvasničný extrakt, paprikový extrakt, E300, E120)

VÝSLEDKY A DISKUZE

Průzkum veřejného mínění

V analyzovaném souboru 743 respondentů byla demografie rozdělena podle pohlaví (42,6 % ♀; 57,6 % ♂), věku, vzdělání a místa bydliště. Z hlediska pohlaví se ukázalo, že ženy tvořily významnou část otevřenějších spotřebitelů, zejména Inovátorů, kteří představovali 19,6 % žen oproti 12,9 % mužů. Muži byli častěji zastoupeni mezi Odmítače ($p = 0,0586$). Ve věkových kategoriích nejvyšší podíl Inovátorů připadal na skupinu 18–25 let (18 %), druhou nejotevřenější skupinou byli respondenti ve věku 26–35 let (15,2 %). Nejmladší respondenti 15–17 let vykazovali nejvyšší míru odmítání (33,3 % Odmítačů), což naznačuje generační efekt. Otevřenost k hybridním výrobkům se zvyšuje od adolescence k rané dospělosti. S rostoucím vzděláním mírně narůstal podíl Inovátorů. U respondentů se základním vzděláním byl podíl 12,5 %, u středoškolsky vzdělaných 16,2 % a u vysokoškolsky vzdělaných 18,9 % ($p = 0,226$). Velká města nad 100 000 obyvatel měla nejvyšší zastoupení Inovátorů (19 %), zatímco menší města do 100 000 obyvatel vykazovala nižší podíl (12 %). Trend ukazuje, že otevřenost k HMV je mírně spojena s velikostí místa bydliště, i když statistická významnost byla hraniční ($p = 0,0776$).

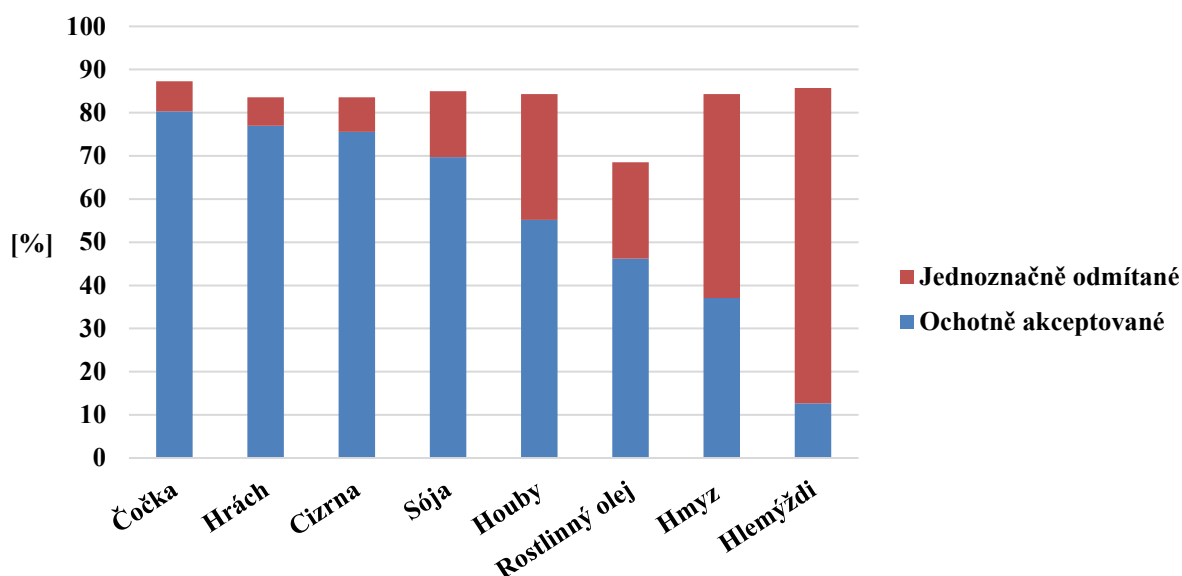
Pro detailnější pochopení postojů byl vytvořen Index otevřenosti, zahrnující čtyři proměnné: vnímání hybridních výrobků, ochotu zaplatit více, ochotu ustoupit od dokonalé chuti a ochotu akceptovat vedlejší produkty. Škála indexu se pohybovala od -8 do +8, průměr byl 0,52 a medián 1, což ukazuje, že soubor respondentů byl spíše mírně opatrný než nadšený (tab. 2). Na základě indexu byli respondenti rozděleni do segmentů: Odmítači (115), Skeptici (223), Pragmatici (279) a Inovátoři (126). Nejotevřenější segment Inovátorů je charakterizován převážně mladými ženami (18–25 let) se středoškolským či vysokoškolským vzděláním, nejčastěji z měst nad 100 000 obyvatel. Tento segment představuje typického early-adoptera, který je ochoten tolerovat inovaci výměnou za environmentální a nutriční hodnotu. V tabulce 2 jsou uvedeny souhrnné výsledky zastoupení skupin respondentů z hlediska přijetí HMV.

Tabulka 2: Věk × Segment; Vzdělání × Segment; Bydliště × Segment

Věk	Odmítači	Skeptici	Pragmatici	Inovátoři
15–17	33,33 %	38,10 %	23,81 %	4,76 %
18–25	13,14 %	29,71 %	39,14 %	18,00 %
26–35	26,09 %	23,91 %	34,78 %	15,22 %
36–45	2,00 %	60,00 %	40,00 %	0,00 %
45–60	25,00 %	50,00 %	0,00 %	25,00 %
Vzdělání				
Základní	31,25 %	31,25 %	25,00 %	12,50 %
Středoškolské	15,35 %	31,14 %	37,28 %	16,23 %
Vysokoškolské	12,80 %	28,66 %	39,63 %	18,90 %
Bydliště				
do 5 000	21,90 %	25,55 %	35,77 %	16,79 %
do 50 000	18,28 %	35,48 %	31,18 %	15,05 %
do 100 000	9,09 %	42,42 %	36,36 %	12,12 %
nad 100 000	9,82 %	28,22 %	42,94 %	19,02 %

Analýza vztahu indexu otevřenosti a preferencí surovin ukázala výrazné rozdíly (obr. 2). Luštěniny byly respondenty jednoznačně nejvíce akceptované: čočku přijalo 80,3 %, hrách 77 %, cizrnu 75,6 % a sóju 69,7 %. Houby byly polarizující, nicméně více než polovina respondentů by je jako alternativní surovinu přijala (55,2 %). Rostlinný olej akceptovalo 46,2 % respondentů. Naopak hlemýždi byli velmi odmítáni

(73 % jednoznačně), hmyz byl opět polarizující (37 % akceptace, 47 % jednoznačné odmítání), což ukazuje, že určité alternativní složky mohou být odmítané, např. z hlediska etického a kulturního.



Obrázek 2: Preference respondentů k alternativním surovinám

Z hlediska podílu alternativní složky byly nejčastější odpovědi 11–25 % (25,4 % respondentů) a více než 50 % alternativy akceptovalo 23,2 % respondentů. Pouze 8,2 % respondentů odmítlo jakoukoliv náhradu, což znamená, že více než 90 % populace je ochotno tolerovat alespoň částečnou náhradu masa. Tato tolerance však musí být sladěna s očekáváním zachování chuti, což představuje technologickou výzvu pro výrobce.

Kombinace demografických charakteristik, indexu otevřenosti a preference surovin umožnila identifikovat primární cílovou skupinu pro marketing a vývoj produktů: mladé ženy ve věku 18–25 let, středoškolsky či vysokoškolsky vzdělané, převážně z velkých měst, které jsou otevřené luštěninám, sóji a částečně i hmyzu. Druhým cílovým segmentem jsou Pragmatici – největší skupina populace (279 lidí), kteří nejsou odmítaví, ale vyžadují správné podmínky, zejména chuť, cenu a transparentní komunikaci.

Celkově data ukazují, že odpor k hybridním masným výrobkům není primárně nutriční, ale senzorický a kulturní. Bariéry jsou kombinací obav z chuti, ceny a mentálního modelu produktu. Trh tedy není odmítavý vůči náhradě masa, ale některé „symbolické“ suroviny, jako hlemýžďi či hmyz, vyvolávají výrazně polarizované reakce. Tyto poznatky naznačují, že úspěch hybridních výrobků závisí na pečlivém výběru surovin, technologickém zpracování a cílené komunikaci, která zdůrazňuje environmentální a nutriční přínosy produktu.

V návaznosti na výsledky tohoto průzkumu trhu byla publikována studie Beňo et al. (2025), která hodnotila vliv částečné náhrady vepřového masa rostlinnými složkami na kvalitu hybridních párků. Byly připraveny kontrolní vzorky a šest hybridních variant obsahujících 5 % nebo 10 % hrachového proteinového izolátu (PPI), cizrny (CP) nebo červené čočky (RL). Hodnoceny byly nutriční parametry, textura, barva, oxidace lipidů a proteinů a mikrobiologická stabilita během 27denního skladování při 4 °C za osvětlení. PPI varianty vykazovaly nejvyšší obsah bílkovin a zároveň nižší obsah tuku oproti kontrole. Aktivita vody nebyla významně ovlivněna. Důležitým technologickým zjištěním bylo výrazné snížení tepelných ztrát zejména u PPI a CP10, což souvisí s lepší vazbou vody díky přítomnosti rostlinných proteinů a vlákniny.

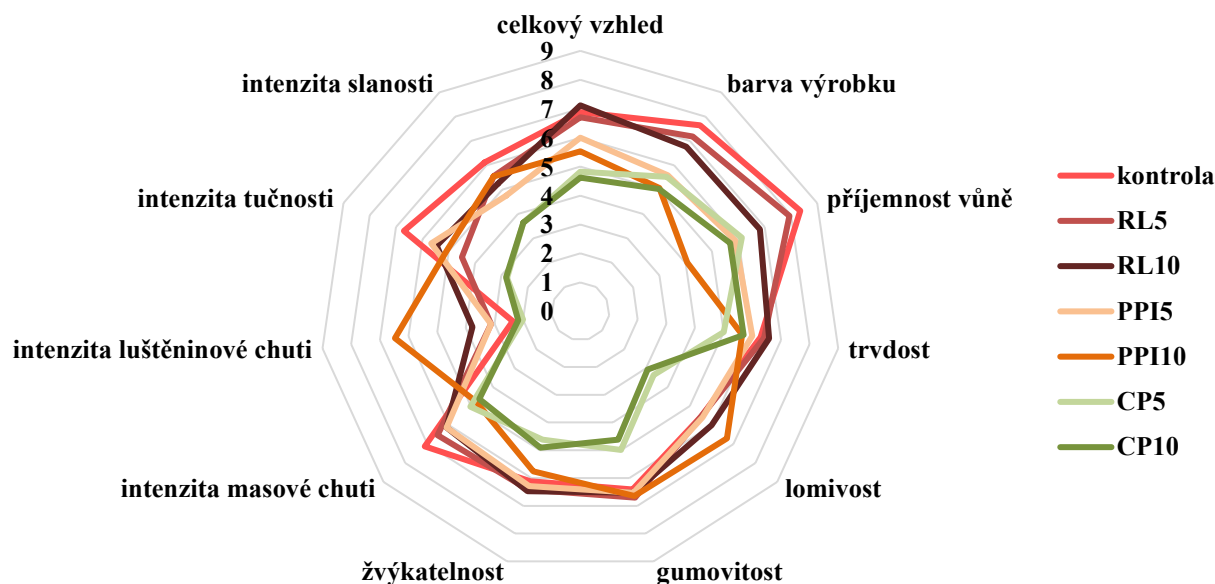
Textura byla silně závislá na typu přídatku. PPI (zejména 10 %) významně zvýšil tvrdost, soudržnost i žvýkatelnost. Naopak RL vedla k měkčí a méně gumovité struktuře. Cizrna vykazovala hodnoty blízké kontrole. Inkluze 5 až 10 % však nevedla k zásadnímu zhoršení texturních vlastností. Během skladování došlo

k mírnému nárůstu pH, nejvýraznějšímu u PPI10. Tento vzorek byl také světlejší, méně červený a více žlutý než kontrola. Nejmenší barevné změny vykazovaly CP5 a RL5. Z hlediska chemické stability byl PPI, zejména při 10% přídavku, nejméně stabilní. PPI10 vykazoval nejvyšší úroveň lipidové i proteinové oxidace, pravděpodobně v důsledku vysokého stupně zpracování izolátu. Ostatní hybridní varianty měly oxidaci podobnou kontrole. Všechny vzorky splnily mikrobiologické limity. Hybridní produkty měly dokonce nižší celkový počet mikroorganismů než kontrola. Celkově se jako nejvhodnější jevila varianta s červenou čočkou, následovaná cizrnou. PPI zvyšoval obsah bílkovin a zlepšoval texturu, avšak zhoršoval barevnou a oxidační stabilitu.

Senzorické hodnocení HMV

Vzorky byly podrobeny senzorické analýze den po jejich výrobě. Výsledky senzorické analýzy jsou na obrázku 3. Z hlediska vzhledu byly pro hodnotitele nejatraktivnější vzorky RL5, RL10 a kontrolní vzorek, přičemž nejlépe hodnocený byl vzorek RL10. Toto zjištění koresponduje s dřívějšími výsledky barvy, kdy vzorky RL byly nejvíce podobné vzorku kontrolnímu. Naopak nejméně atraktivním se jevil vzorek CP10, což se taktéž shoduje s analýzou barvy, která ukázala vyšší žlutost, což může vést k nižší atraktivitě pro spotřebitele. K stejným výsledkům došli Ebert et al. (2022), kde byl vepřový HMV s přídavkem hrachového, dýňového a slunečnicového proteinového extrudátu.

Ve výsledku měl nejatraktivnější barvu kontrolní vzorek, zatímco vzorek PPI10 byl hodnocen jako barevně nejméně přitažlivý. Nej příjemnější vůni měl opět kontrolní vzorek, nejméně příjemná byla identifikována u vzorku PPI10. Nejintenzivnější masová chuť byla zaznamenána u kontrolního vzorku, nejméně intenzivní pak u vzorků CP10 a PPI10. Nejvýraznější luštěninová chuť byla určena u vzorku PPI10, zatímco nejméně se projevovala u kontrolního vzorku, CP5 a CP10. Ve studii Karwowska et al. (2025) se se zvyšujícím přídavkem fazolí taktéž zvyšovala intenzita luštěninové chuti. Nejvyšší intenzitu tučné chuti vykazoval opět kontrolní vzorek, nejnižší pak vzorky CP5 a CP10. Stejný trend byl pozorován i u intenzity slané chuti. Celkové senzorické hodnocení bylo provedeno ve skupinách sestavených z kontrolního vzorku, 5% podílu jednoho typu alternativní složky a 10% podílu téže alternativy.



Obrázek 3: Senzorické hodnocení kontrolního a hybridních masných výrobků s rostlinnými náhražkami

Legenda: RL = červená čočka, PPI = hrachový proteinový izolát, CP = cizrna; 5–10 = % inkluze

ZÁVĚR

Rostoucí globální produkce masa zvyšuje potřebu hledání udržitelnějších řešení, mezi která patří hybridní masné výrobky kombinující živočišné a alternativní proteiny. Výsledky průzkumu ukazují, že většina respondentů je ochotna akceptovat alespoň částečnou náhradu masa, přičemž klíčovými faktory přijetí jsou chuť, textura, cena a celková senzorická kvalita. Nejvyšší otevřenost vykazují mladší a vzdělanější spotřebitelé z větších měst a nejlépe přijímanými surovinami jsou luštěniny. Experimentální výsledky potvrdily, že pěti až deseti procentní náhrada masa rostlinnými složkami může zachovat technologickou, mikrobiologickou a senzorickou kvalitu výrobků. Hybridní masné výrobky tak představují reálně proveditelnou cestu ke snížení podílu masa ve stravě při zachování přijatelné kvality pro spotřebitele.

PODĚKOVÁNÍ

Tento výstup vznikl v rámci projektu Specifického vysokoškolského výzkumu – projekt č. A1_FPBT_2026_003.

LITERATURA

Beňo, F., Hruška, F., Tichá, B., Krátká, G., Harkavchenko, D., Pohůnek, V., Ševčík, R. (2025): Plant substitutes enrich hybrid sausages: evaluation of physicochemical, rheological, nutritional, microbiological, and chemical quality. *LWT – Food Science and Technology*, 229, 118143. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.118143>

Ebert, S., Jungblut, F., Herrmann, K., Maier, B., Terjung, N., Gibis, M., Weiss, J. (2022): Influence of wet extrudates from pumpkin seed proteins on drying, texture, and appearance of dry-cured hybrid sausages. *European Food Research and Technology*, 248, 1469–1484. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00217-022-03974-4>

Grasso, S., Ascoli, D., Smith, R. (2022): Consumer co-creation of hybrid meat products: A cross-country European survey. *Food Quality and Preference*, 100, 104586. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104586>

Grasso, S., Jaworska, S. (2020): Part Meat and Part Plant: Are Hybrid Meat Products Fad or Future? *Foods*, 9(12), 1888. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods9121888>

Karwowska, M., Skwarek, P., Solska, E., Nowaczyk, A., Goławski, A., Wojtaś, P., Stasiak, D. M. (2025): Safety, Sensory Quality and Nutritional Value of Hybrid Meat Products Made from Turkey Meat and Red Beans Preserved with a Bioprotective Culture. *Molecules*, 30(3), 691. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules30030691>

Statista (2025): Production of meat worldwide from 2010 to 2024, with a forecast for 2034, by type (in million metric tons), 2025. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/237632/production-of-meat-worldwide-since-1990> (accessed Feb 11, 2026)

Tkaczewska, J., Mungure, T., Warner, R. (2024): Is it still meat? The effects of replacing meat with alternative ingredients on the nutritional and functional properties of hybrid products: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 65(28), 5752–5771. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2024.2430750>

Kontaktní adresa: Ing. Filip Beňo, Ph.D., Ústav konzervace potravin, Fakulta potravinářské a biochemické technologie, VŠCHT Praha, Technická 5, 166 28 Praha, e-mail: filip.beno@vscht.cz

VYUŽITÍ SÝROVÝCH OMÁČEK V MODERNÍ GASTRONOMII

THE APPLICATION OF CHEESE SAUCES IN MODERN GASTRONOMY

Vladimír Čejna¹

¹ Savencia Fromage & Dairy Czech Republic, a.s., závod Hesov,
Hesov 421, 582 22 Příbyslav, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0028>



ABSTRAKT

Sýrová omáčka je již dlouho základní ingrediencí využívanou po celém světě a dodává rozličným pokrmům krémovou texturu, bohatou a lahodnou chuť. V rámci vývoje gastronomie sýrová omáčka našla své místo v tradičních i moderních receptech. Vzhledem k tomu, že se preference spotřebitelů posouvají směrem k chutným a zároveň k jednoduše připraveným surovinám, potravinářské společnosti výrazně investují do nových technologií, aby uspokojily rostoucí poptávku po sýrových omáčkách.

Klíčová slova: sýrové omáčky, sýrová gastronomie, trendy

ABSTRACT

Cheese sauce has long been a staple ingredient used worldwide, adding a creamy texture and rich, delicious flavor to various dishes. As gastronomy evolves, cheese sauce has found its place in both traditional and modern recipes. With consumer preferences shifting towards tasty yet easily prepared ingredients, food companies are significantly investing in new technologies to meet the growing demand for cheese sauces.

Keywords: cheese sauce, cheese gastronomy, trends

ÚVOD

S nárůstem restaurací s rychlým občerstvením a vysokokapacitních kuchyní prudce vzrostla poptávka po ingrediencích připravených okamžitě k použití. A právě sýrová omáčka získává značnou oblibu díky své všestrannosti. Ať už se používá jako dip, pomazánka nebo zálivka, zvýrazňuje chuť a texturu pokrmů, představuje preferovanou volbu pro kuchaře a milovníky jídla.

Rovněž covidová pandemie výrazně ovlivnila kuchařské návyky, přičemž více lidí experimentovalo s gurmánským vařením doma. Sýrová omáčka se stala oblíbenou ingrediencí i pro domácí kuchaře, kteří chtějí bez námahy vytvářet pokrmy ve stylu restaurace. Od těstovin a sendvičů až po domácí pizzy a hamburgery, sýrová omáčka dodává běžným jídlům profesionální nádech.

Právě rostoucí poptávka po hotových potravinách přiměla výrobce vytvářet sýrové omáčky, které uspokojí různé potřeby spotřebitelů. Od klasické omáčky ze syra čedar až po exotické druhy s lanýži. Spolupráce mezi společnostmi vyrábějícími potravinářské výrobky a globálními restauračními řetězci navíc vedla k vývoji sýrových omáček na míru přizpůsobených konkrétním kuchyním a nabídkám menu. Tato synergie pomohla podnikům i spotřebitelům vytvořit rozmanitou škálu v tomto segmentu. I otázka udržitelnosti se stává hlavním hlediskem pro potravinářské společnosti. Používání ekologických obalů, etické získávání ingrediencí a udržitelné výrobní postupy pravděpodobně ovlivní budoucí trendy v průmyslu sýrových omáček.

Stravovací zařízení, včetně řetězců rychlého občerstvení, restaurací a kaváren, stále častěji začleňují sýrovou omáčku do svých jídelníčků, protože roste poptávka po nenáročných a hotových jídlech. Tento trend je patrný zejména v oblibě pokrmů, jako jsou nachos, těstoviny, hamburgery a sendviče, kde sýrová omáčka působí jako všestranný a chutný doplněk.

Šíření služeb rozvozu jídla a online platform pro objednávání jídla tuto poptávku dále zesiluje. Vzhledem k tomu, že se stále více spotřebitelů rozhoduje pro rozvoz domů a možnost vzít si jídlo s sebou, poskytovatelé stravovacích služeb se zaměřují na nabídku kvality a rozmanitost textury svých jídel. Sýrová omáčka svou bohatou chutí a snadnou aplikací, do tohoto modelu výborně zapadá a zajišťuje, že zákazníci získají uspokojivý zážitek bez ohledu na to, kde se odehrává konzumace. Tento posun směrem k pohodlí a kvalitě v potravinářském průmyslu přímo koreluje s rostoucím trhem se sýrovými omáčkami. Restaurace a řetězce rychlého občerstvení neustále experimentují s novými příchutěmi a položkami v menu, aby přilákaly a udržely zákazníky. Všestrannost sýrové omáčky umožňuje její použití v různých kulinářských aplikacích, od tradičních jídel až po současnou fusion kuchyni. Tato přizpůsobivost z něj činí preferovanou volbu mezi kuchaři a provozovateli stravovacích služeb, což dále zvyšuje poptávku.

Pokroky v technologii bezpečnosti potravin zajistily, že sýrové omáčky splňují přísné zdravotní a bezpečnostní normy. Vylepšená opatření kontroly kvality a systémy sledovatelnosti minimalizovaly riziko kontaminace a zajistily bezpečnost výrobků, což je zásadní pro udržení důvěry spotřebitelů a dodržování předpisů. Toto zaměření na bezpečnost a kvalitu dále posílilo pověst sýrových omáček na trhu a povzbudilo více spotřebitelů a podniků, aby je začlenili do své nabídky.

Rychlý životní styl spotřebitelů a potřeba rychlých a snadno připravitelných jídel zvýšily popularitu hotových jídel, což se týká i hotových sýrových omáček. Běžně se používají v různých kulinářských aplikacích ke zvýraznění chuti a textury. Sýrové omáčky se nejčastěji používají v pokrmech Mac and Cheese (těstoviny a sýry), v hamburgerech nebo wrapech, v pizze a jako dip pro nachos.

VYUŽITÍ SÝROVÝCH OMÁČEK

V restauracích jsou stále populární prkénka se sýry a uzeninami. Skvěle naaranžovaný výběr masa, oliv, ovoce a ořechů připravil půdu pro skvělou show doplněnou sýrovou omáčkou. Namáčet v ní můžete určité ale i řemeslné pečivo nebo krevety. Spojení vlašských ořechů a kyselých brusinek s nasládlou sýrovou omáčkou poskytuje neodolatelnou sladkokyselou kombinaci, kterou spotřebitelé milují. Přidání oliv a fíků do sýrové omáčky jí může dodat okamžité kouzlo tím, že přenese chuťové pohárky člověka na pobřeží Středozemního moře. Klasické bylinky a koření jsou dalšími způsoby, jak vylepšit sýrové omáčky a dipy. Přimíchání pažitky, cibule, česneku, papriky, lanýžů, a dokonce i kousků salámu nebo slaniny, zesiluje chuť a atraktivnost.

BARVA OMÁČKY

Poněkud polarizujícím faktorem je samotná barva sýrové omáčky. Má být sytě oranžová nebo žlutá? Nebo respektovat přirozenou barvu nečedarových sýrů a vykazovat barvu smetanovou? Nebo snad čistě bílou, ovšem s rizikem, že ji spotřebitel bude považovat za majonézu? Zde se každý musí rozhodnout dle konkrétního použití a zaměření se na konkrétní cílovou skupinu. V současnosti jsou právě na vzestupu bílé sýrové omáčky, neboť zde není žádné potravinářské barvivo a zákazníkům se tak jeví z pohledu složení atraktivnější.

CHUŤ

Senzorické vlastnosti sýrových omáček jsou dány především použitou sýrovou surovinou, nicméně by neměly být extra výrazné, aby nezakrývaly chuť celé aplikace (burger, hranolky). Sýrové omáčky totiž neslouží pouze jako jedna z dalších chutných ingrediencí v celkovém pokrmu, ale přináší i texturní (viskozita) a vzhledové (barva, lesk) atributy. Celkově tak doplňuje přitažlivost a harmonickou vyváženost celého pokrmu. Kvalitní sýrová omáčka nezanechává pískovitý (moučnatý) pocit v ústech, nesmí být přítomen ani tukový povlak na patře.

VISKOZITA

Tento parametr má naprosto klíčový význam pro vlastnosti sýrové omáčky a následně její použití. Požaduje se polotekutá konzistence, která ale nebude odkapávat z dipovaných potravin (hranolky, nachos) nebo z nich vytékat (burgery). Navíc viskozita by měla být konstantní při rozdílných teplotách, tedy jak při požití za studena, tak i za tepla. Ideální textura sýrové omáčky by měla být hladká, bohatá a krémová. Tyto vlastnosti jsou určeny schopností omáčky pokrýt patro v ústech, aniž by byla příliš tekutá nebo příliš hustá.

NUTRIČNÍ POHLED

Sýrová omáčka jako směs sýrů a tuků/olejů je samozřejmě náchylná k vyššímu obsahu sodíku (soli) a tuků. Tyto parametry by měl tedy zákazník sledovat. U kvalitních sýrových omáček by obsah soli neměl překročit 2 % a obsah tuku se má pohybovat v intervalu 20–30 %. Tyto hodnoty vlastně respektují i klasické parametry přírodních sýrů. Vyšší obsah sodíku totiž pomáhá posílit chuť a může tak nahrazovat část sýrové suroviny. Alternativní přísady, které snižují sodík a tuk mají ale obvykle negativní vliv na chuť a texturu. Zde je tak stále prostor na trhu pro sýrové omáčky, které budou obsahovat nižší procento tuku a soli při zachování plné a intenzivní chuti.

S rostoucím zaměřením na zdraví a wellness právě nyní spotřebitelé hledají sýrové omáčky, které jsou nejen chutné, ale také výživné. Mnoho výrobců tak nabízí sýrové omáčky nízkotučné, bez konzervantů, bio, aby uspokojili spotřebitele, kteří dbají na složení a původ produktu. Kromě toho se prosazují bezlaktózové a veganské sýrové omáčky, které rostoucímu segmentu rostlinných jedlíků nabízejí alternativy bez mléčných výrobků.

A samozřejmě pro konzumenty trpící intolerancí na laktózu je třeba sledovat i tento parametr nejen vzhledem k povaze použití sýrů, ale například i sušené syrovátky.

OHNIVÉ KOMBINACE

Zatímco někteří spotřebitelé dávají přednost chuťovým profilům ze středomořského podnebí, jiní touží po pikantní pálivosti. Pálivé papriky, jako je jalapeño, chipotle, habanero, zelené chilli a sriracha, se rovněž přidávají do sýrových omáček. Dodávají pálivé chuťové profily, když se přidávají do dipu k nachos a preclíkům nebo k zelenině, jako je brokolice a květák.

VEGANSKÉ ALTERNATIVY

Zde narážíme na obdobný problém jako u veganských alternativ přírodních sýrů. Zatímco v případě použití sýrů se jedná o přírodní matici (mléko) obsahující bílkoviny, tuky a zejména tolik potřebný vápník, u veganských alternativ je to přesmyknuto do vysokých podílů rostlinných olejů (mandlový, kokosový) s doplněním rostlinných proteinů (hrách, čočka) se silným podílem texturizačního systému (agar, karagenan). Veganská alternativa tak obtížně naplní chuťové a texturní vlastnosti klasických sýrových omáček a najde tak uplatnění pouze u striktně veganských aplikací a konzumentů.

NEJPOPULÁRNĚJŠÍ DRUHY SÝROVÝCH OMÁČEK

Celosvětově nejoblíbenější omáčkou je ta čedarová. Nicméně díky trendu a poptávce po nových příchutích další druhy sýrových omáček nebudou zůstat pozadu. Již nyní jsou nejnovější trendy sýrových omáček známkou toho, jak inovativní mohou být výrobci a současně uživatelé těchto výrobků. Ostatní populární druhy jsou tyto: mozzarellová, parmezanová, goudová a ementálová. Obvykle jsou baleny v plastových lahvičkách, sáčcích nebo v plechovkách. Pokud je potřeba omáčku skladovat v chladu, lze u ní předpokládat čerstvější chuť a rovněž minimální podíl aditivních složek.

INOVACE V BALENÍ A TRVANLIVOSTI

Pokroky v technologiích zpracování potravin umožnily výrobcům sýrových omáček prodloužit trvanlivost svých výrobků, aniž by byla ohrožena kvalita. Sýrová omáčka, balená ve snadno použitelných stlačovacích lahvích, sáčcích a plechovkách, je nyní dostupnější než v minulosti. Aseptické balicí techniky navíc umožnily skladování sýrových omáček bez chlazení, což z nich činí pohodlnou volbu pro spotřebitele i podniky.

ZÁVĚR

Rostoucí poptávka po mezinárodních příchutích představuje nové příležitosti pro výrobce sýrových omáček, aby mohli experimentovat s globálními chuťovými profily. Můžeme očekávat, že na trh vstoupí více gurmánských a prémiových sýrových omáček, které osloví jak běžné spotřebitele, tak luxusní restaurace. Sýrová omáčka si vydobyla pevné místo v potravinářském průmyslu díky své přizpůsobivosti, bohaté chuti a rostoucí poptávce po pohodlných a vysoce kvalitních potravinářských výrobcích. Sýrová omáčka poskytuje bohatou, sýrovou chuť a hladkou konzistenci, což z ní dělá všestrannou přísadu jak v domácí kuchyni, tak v gastronomii. Ať už jste domácí kuchař, majitel restaurace nebo profesionál v potravinářském průmyslu, začlenění sýrové omáčky prvotřídní kvality do vašich pokrmů může pozvednout celkový kulinářský zážitek.

Kontaktní adresa: Ing. Vladimír Čejna, Ph.D., Savencia Fromage & Dairy Czech Republic, a.s., závod Hesov, Hesov 421, 582 22 Přibyslav; e-mail: vladimir.cejna@savencia-fd.cz

KVALITA TRADIČNÝCH SYROV Z MLIEKA KRÁV PINZGAUSKÉHO PLEMENA V RÔZNYCH ŠTÁDIÁCH LAKTÁCIE

QUALITIES OF TRADITIONAL CHEESES MADE FROM PINZGAUER COWS' MILK AT DIFFERENT STAGES OF LACTATION

Juraj Čuboň¹ – Jana Tkáčová¹ – Lukáš Hleba² – Miroslava Hlebová³

¹ Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva,
Slovenská poľnohospodárska univerzita, Tr. A. Hlinku 2, 949 76, Nitra, Slovensko

² Ústav biotechnológie, Fakulta biotechnológie a potravinárstva,
Slovenská poľnohospodárska univerzita, Tr. A. Hlinku 2, 949 76, Nitra, Slovensko

³ Ústav biológie, Fakulta prírodných vied, Univerzita sv. Cyrila a Metoda,
Nám. J. Herdu 2, 917 01, Trnava, Slovensko

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0032>



ABSTRAKT

Cieľom práce bola analýza mlieka a tradičných výrobkov od kráv pinzgauského plemena v troch štádiách laktácie. Pre účely práce sme vybrali 3 odlišné typy syrov z pohľadu výroby, jeden sa vyrába klasickým spôsobom syridlom a následným parením, druhý sa vyrába klasickým spôsobom kysnutím a následným záhrevom a tretí sa vyrába z vedľajšej suroviny a následným záhrevom a filtráciou. Práca analyzuje kvalitu mlieka a tradičných slovenských syrov v 1. fáze laktácie (od 5 dní po otelení do 100 dní), v 2. fáze laktácie (od 100 do 200 dní) a v 3. fáze laktácie (nad 200 dní od otelenia). Obsah tuku v mlieku bol v prvej fáze laktácie 4,15, v 2. fáze 4,08 a v 3. fáze laktácie 4,25 g·100 g⁻¹. Obsah bielkovín bol v prvej fáze laktácie 3,34, v 2. fáze 3,22 a v 3. fáze laktácie 3,58 g·100 g⁻¹. Senzoricky sme analyzovali výrobky pomocou 5-bodovej stupnice komisionálne. Oštiepok údený získal celkový počet bodov v 1. fáze laktácie 24,6, v 2. fáze 24,5 a v 3. fáze laktácie 24,9. Tvaroh vyrábaný klasickou technológiou získa pri senzorickom hodnotení v 1. fáze laktácie 22,2, v 2. fáze 22,2 a v 3. fáze laktácie 23,4 bodov. Oštiepok z mlieka kráv pinzgauského plemena mal obsah tuku v 1. fáze laktácie 28,56 v 2. fáze 25,68 a v 3. fáze laktácie 27,02 g·100 g⁻¹. Obsah t. v s. bol najnižší v 1. fáze laktácie 49,48 a najvyšší v 2. fáze 51,29 g·100 g⁻¹. Parameter VBHS v oštiepku bol najnižší v 1. fáze 64,91 a najvyšší v 2. fáze laktácie 64,56 g·100 g⁻¹. Tvaroh a srvátkový syr urda sú na prvý pohľad veľmi podobné, ale tvaroh obsahuje všetky mliečne bielkoviny a urda len srvátkové, rozdiely sú aj v technológii výroby a chemickom zložení. Obsah sušiny v tvarohu bol od 23,62 (2. fáza) do 24,68 g·100 g⁻¹ (1. fáza). V urde bol obsah sušiny vyšší, v 2. fáze 34,94 a v 1. fáze 35,89 g·100 g⁻¹. Veľké rozdiely medzi tvarohom a urdou sú v titračnej kyslosti. Titračná kyslosť tvarohu bola najnižšia v 3. fáze laktácie 87,58 a najvyššia v 1. fáze laktácie 88,60 °SH. V srvátkovom syre urda bola najnižšia kyslosť v 2. fáze laktácie 16,42 a najvyššia v 1. fáze laktácie 17,71 °SH. V žiadnom zo sledovaných ukazovateľov kvality syrov sme medzi štádiami laktácie nezistili preukazné rozdiely, čo mohlo byť ovplyvnené skutočnosťou, že mlieko a syry všetkých troch skupín kráv boli analyzované v rovnakom období.

Kľúčové slová: mlieko, tradičné syry, parametre kvality, pinzgauské plemeno, štádiá laktácie

ABSTRACT

The aim of the work was to analyze the milk and traditional milk products from Pinzgau cows in three stages of lactation. For the purposes of the work, we selected 3 different types of cheese from the view of processing. One cheese is processed in the classical way with rennet and subsequent steaming, the second is processed

in the classical way with fermentation and subsequent heating and the third is processed from secondary raw materials and subsequent heating and filtration. The work analyzes the quality of milk and traditional Slovak cheeses in the 1st phase of lactation (from 5 days after calving to 100 days), in the 2nd phase of lactation (from 100 to 200 days) and in the 3rd phase of lactation (over 200 days after calving). The fat content in milk was 4.15 in the first phase of lactation, 4.08 in the 2nd phase and 4.25 g·100 g⁻¹ in the 3rd phase of lactation. The protein content was 3.34 in the first phase of lactation, 3.22 in the second phase and 3.58 g·100 g⁻¹ in the third phase of lactation. A 5-point sensory scale was used for sensory analysis. Smoked cheese Oštiepok received a total number of points in the first phase of lactation of 24.6, in the second phase 24.5 and in the third phase of lactation of 24.9. Curd produced using classical technology received 22.2 in the first phase of lactation, 22.2 in the second phase and 23.4 in the third phase of lactation in the sensory evaluation. Oštiepok cheese from the milk of Pinzgau breed cows had a fat content in the first phase of lactation of 28.56 in the second phase 25.68 and in the third phase of lactation of 27.02 g·100 g⁻¹. The content of fat in dry matter was the lowest in the 1st phase of lactation 49.48 and the highest in the 2nd phase 51.29 g·100 g⁻¹. The parameter water in fat-free cheese mass in cheese Oštiepok was the lowest in the 1st phase 64.91 and the highest in the 2nd phase of lactation 64.56 g·100 g⁻¹. Curd and whey cheese Urda are very similar at first glance, but curd contains all milk proteins and Urda only whey, there are also differences in production technology and chemical composition. The dry matter content in curd was from 23.62 (2nd phase) to 24.68 g·100 g⁻¹ (1st phase). In Urda cheese the dry matter content was higher, in the 2nd phase 34.94 and in the 1st phase 35.89 g·100 g⁻¹. The big differences between curd and Urda cheese are in the titratable acidity. The titratable acidity of curd was lowest in the 3rd stage of lactation 87.58 and highest in the 1st stage of lactation 88.60°SH. In whey cheese Urda the lowest acidity was in the 2nd stage of lactation 16.42 and highest in the 1st stage of lactation 17.71°SH. In none of the monitored cheese quality indicators did we find any significant differences between the lactation stages, which could be influenced by the fact that milk and cheeses from all three groups of cows were analyzed at the same time.

Keywords: milk, traditional cheeses, quality parameters, Pinzgau breed, lactation stages

ÚVOD

V ovčom mlieku sa zistil obsah celkovej sušiny, tuku, bielkovín významne nižší na začiatku ako v strede a na konci laktačného obdobia. Obsah laktózy a hodnoty titrační kyslosti mali opačnú tendenciu. Obsah tuku bol na začiatku laktácie 5,40 g·100 g⁻¹, v strede 8,28 g·100 g⁻¹ a na konci laktácie 8,76 g·100 g⁻¹. Obsah bielkovín bol 5,47 g·100 g⁻¹, 5,94 g·100 g⁻¹, 6,46 g·100 g⁻¹. Naopak obsah laktózy 4,97 g·100 g⁻¹, 4,48 g·100 g⁻¹, 4,09 g·100 g⁻¹ a kyslosť bola 10,01, 9,30 resp. 8,39 (°SH). Taktiež TTM v priebehu laktácie klesala -0,564, -0,566, resp. -0,570 °C. Niektoré štúdie ukázali so zvyšujúcim sa postupom laktácie v kozom mlieku sa CN micely kontinuálne znižovali a podiel každého CN sa menil s veľkosťou miciel. Menšie micely obsahovali vyšší obsah κ-CN. Obsah κ-CN sa zvyšoval počas celého obdobia laktácie, čo je v súlade s výsledkami Chen et al. (2018) a Qin et al. (2021).

Zloženie bazénových vzoriek kravského mlieka na rozdiel od ovčieho alebo kozieho je v priebehu roka vyrovnané.

Salamończyk (2013) analyzoval vplyv štádia laktácie na kvalitu surového kravského mlieka. Na začiatku laktácie zistil najnižší obsah tuku 4,06 (g·100 g⁻¹), bielkovín 2,96 (g·100 g⁻¹), najvyššiu priemernú dennú produkciu mlieka 24,1 kg a tiež somatických buniek 356·10³. V priebehu laktácie sa obsah uvedených parametrov zvyšoval.

Celé laktačné asociácie sú zaujímavé, pretože koncentrácia mliečnych bielkovín na začiatku laktácie nekoreluje s koncentraciami mliečnych bielkovín v strednej a neskorej laktácii (Haile-Mariam a Goddard,

2008). Koncentrácia mliečnych bielkovín je ovplyvnená nielen intenzitou produkcie mliečnych bielkovín, ale aj objemom mlieka, ktorý je ovplyvnený tvorbou laktózy (Hanigan et al., 2001; Morton et al., 2016). Štádium laktácie má dôležitý vplyv na obsah mliečneho tuku, bielkovín a vápnika, ale nie na pomer kazeínu ku celkovému proteínu. Aj napriek vyššiemu obsahu bielkovín sa tuhosť syreniny neskorej laktácie nelíšila od mlieka skorej alebo strednej laktácie. Syry z mlieka na začiatku laktácie boli viac žlté ako ostatné a mali nižší obsah tuku v sušine. Vôňa syrov z mlieka zo začiatku a konca laktácie bola menej príjemná ako vôňa z mlieka zo strednej laktácie. Syry z mlieka z konca laktácie boli menej pevné ako syry z mlieka zo skorej alebo strednej laktácie. Ich chuť bola intenzívnejšia a trvalejšia (Coulon et al., 1998).

Kazeín dosiahol maximum v polovici laktácie. Podiel α - a κ -kazeínu na celkovom kazeíne klesol a podiel β -kazeínu sa počas laktácie systematicky zvyšoval, zatiaľ čo podiel γ -kazeínu bol najnižší v polovici laktácie. Obsah α -laktalbumínu v mlieku a jeho podiel na celkových srvátkových bielkovinách počas laktácie klesal. Čas syrenia bol najvyšší a pevnosť tvarohu najnižšia v polovici laktácie. Zdá sa, že tieto výsledky odrážajú nízky stupeň proteolýzy v mliekach na konci laktácie v porovnaní s niekoľkými inými výskumami, pravdepodobne kvôli dobrému nutričnému stavu kráv. Živá hmotnosť a telesný stav pri otelení ovplyvňuje proteolýzu a vlastnosti syrenia mlieka. Dobrá telesná kondícia zvyšuje obsah srvátkového proteínu v celkovom mliečnom dusíku a γ -kazeínu v celkových kazeínoch, taktiež sa zlepšila tuhosť tvarohu a skrátil sa čas agregácie. Tieto účinky súvisia s metabolizmom tukov a energetickým stavom kráv počas laktácie (Ostersen et al., 1997). Urda je srvátkový syr. Pri výrobe syrov je vedľajší produkt srvátka. Srvátka sa zohreje na 70 °C a miernym zvyšovaním teploty až do 90–95 °C sa varí, pričom sa na povrchu vytvárajú súvislé biele vločky zložené zo srvátkových bielkovín, zbytkového tuku, laktózy a minerálnych solí. Po vychladnutí sa z povrchu pozbiera hotová urda (Gajdošík, Polách, 1988). Tradičné parené syry sa vyrábajú z pareného syrového cesta formovaním do rôznych tvarov (Herian, 2011). Cieľom práce bola analýza mlieka a tradičných výrobkov od kráv pinzgauského plemena v troch štádiách laktácie.

MATERIÁL A METODIKA

V práci je analyzovaná kvalita mlieka a tradičných syrov (oštiepok, tvaroh a urda) vyrobených z mlieka kráv pinzgauského plemena:

- v 1. fáze laktácie (dojnice od 5 dní do 100 dní po otelení),
- v 2. fáze laktácie (dojnice od 100–200 dní laktácie),
- v 3. fáze laktácie (dojnice nad 200 dní laktácie).

V každej skupine bolo 10 dojníc, spolu 30 dojníc celý experiment trval 100 dní.

Analýza mlieka

Základné zloženie mlieka (tuk, bielkoviny, laktóza) bolo stanovené pomocou prístroja Milcoscan. Obsah minerálnych látok a TTM bol stanovený pomocou prístroja Lactoscan. Obsah tuku bol stanovený acidobutyrometrickou metódou a obsah sušiny bol stanovený pomocou prístroja ULUTA X (Čuboň et al., 2021). Titračná kyslosť bola stanovená podľa STN 57 0530 v stupňoch Soxhlet–Henkela (°SH). Obsah NaCl bol stanovený priamou argentometrickou titráciou z výluhu syra pomocou Móhrovej metódy (Čuboň et al., 2021).

Hodnotenie senzorických vlastností

Pri zmyslovom hodnotení jednotlivých vzoriek syrov boli hodnotené chuť a vôňa, vzhľad a farba a konzistencia päťbodovým systémom (Čuboň et al., 2021).

Štatistické spracovanie výsledkov

Získané výsledky boli štatisticky spracované pomocou programu SAS 9.3 d využitím aplikácie E enterprise GUIDEx42.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Základné zloženie mlieka kráv pinzgauského plemena všetkých troch sledovaných skupín bolo analyzované v rovnakom období, celý experiment trval 100 dní. Dojnice všetkých sledovaných skupín mali základnú krmnu dávku rovnakú.

Obsah tuku v mlieku skupiny do 100 dní bol $4,15 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, v skupine 100–200 dní laktácie klesol na $4,08 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a v skupine nad 200 dní stúpol na $4,25 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Zhodnú tendenciu mal aj obsah bielkovín, laktózy a BTS. Rozdiely medzi sledovanými skupinami neboli štatisticky preukazné (tab. 1).

Tabuľka 1: Analýza mlieka kráv pinzgauského plemena v rôznych štádiách laktácie

Ukazovateľ	Do 100 dní	100–200 dní	Nad 200 dní
Tuk [$\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$]	$4,15 \pm 0,08^a$	$4,08 \pm 0,12^a$	$4,25 \pm 0,09^a$
Laktóza [$\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$]	$4,91 \pm 0,23^a$	$4,85 \pm 0,28^a$	$4,95 \pm 0,26^a$
Bielkoviny [$\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$]	$3,34 \pm 0,05^a$	$3,22 \pm 0,04^a$	$3,58 \pm 0,06^a$
BTS [$\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$]	$9,10 \pm 0,08^a$	$8,92 \pm 0,12^a$	$9,38 \pm 0,11^a$
Minerálne látky [$\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$]	$0,85 \pm 0,03^a$	$0,85 \pm 0,03^a$	$0,95 \pm 0,04^a$
Teplota tuhnutia mlieka [$^{\circ}\text{C}$]	$-0,556 \pm 0,02^a$	$-0,552 \pm 0,01^a$	$-0,572 \pm 0,01^a$

Oproti našim výsledkom Ciocan-Alupii et al. (2022) uvádzajú nižší obsah tuku $4,08\text{--}4,22 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, a vyšší obsah bielkovín $3,39\text{--}3,49 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ v mlieku matiek plemenných býkov v Transilvánii pri úžitkovosti 5496–5613 kg za laktáciu. Vysokú tukovosť mlieka kráv pinzgauského plemena $3,85\text{--}3,95 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ uvádzajú aj Necula et al. (2024).

V porovnaní s našimi výsledkami uvádza Salamończyk (2013) nižší obsah tuku v mlieku kráv v prvom štádiu laktácie $4,06 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ vyšší v druhom štádiu laktácie $4,11 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a vyšší v poslednom štádiu laktácie $4,44 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Uvedený autor uvádza v porovnaní s našimi výsledkami nižší obsah bielkovín vo všetkých štádiách laktácie do 100 dní $2,96$; od 100 do 200 dní $3,23$ a nad 200 dní $3,57 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$.

Oštiepok údený patrí medzi parené syry, bol vyrobený z čerstvého hrudkového syra osobitne z mlieka kráv v 1. (do 100 dní) a 2. (100–200 dní) 3. (nad 200 dní) laktácie. Oštiepok údený bol zahriaty v celom objeme na teplotu 60°C , kedy získal požadované technologické a senzorické vlastnosti a následne tvarovaný vo forme. Po výrobe bol solený v 18% roztoku NaCl 5 hodín. Následne bol v udiarni sušený a následne údený. Hotový oštiepok získal typické vlastnosti pre výrobok, výrazne tuhý a príjemne slaný.

Tabuľka 2: Senzorické hodnotenie oštiepka údeného z jednotlivých štádií laktácie (body)

Štádium laktácie	Vôňa	Chuť	Vzhľad	Farba cesta	Konzistencia	Spolu
Oštiepok do 100 dní	$4,9 \pm 0,22^a$	$4,8 \pm 0,44^a$	$5,0 \pm 0,0^a$	$5,0 \pm 0,0^a$	$4,9 \pm 0,22^a$	$24,6 \pm 1,22^a$
Oštiepok 100–200 dní	$4,8 \pm 0,44^a$	$4,9 \pm 0,22^a$	$5,0 \pm 0,0^a$	$4,8 \pm 0,44^a$	$5,0 \pm 0,0^a$	$24,5 \pm 1,27^a$
Oštiepok nad 200 dní	$5,0 \pm 0,0^a$	$5,0 \pm 0,0^a$	$5,0 \pm 0,0^a$	$4,9 \pm 0,22^a$	$5,0 \pm 0,0^a$	$24,9 \pm 0,78^a$

Senzoricky najlepšie boli hodnotené oštiepky z mlieka v treťom štádiu laktácie (24,9 bodu). Rozdiely medzi oštiepkami boli štatisticky nepreukazné (tab. 2).

Analýzovaný údený oštiepok spĺňal najvyššie bodové hodnotenie. Na celkovom hodnotení sa významne prejavil aj optimálny obsah soli, ktorý je typický pre výrobok.

Podľa Coulona et al. (1998) syry zo skorých laktačných mliek boli viac žlté ako ostatné a mali nižší obsah tuku v sušine. V senzorickej analýze bola vôňa syrov z mlieka zo skorej a neskorej laktácie menej príjemná ako vôňa z mlieka zo strednej laktácie. Syry z mlieka z neskorej laktácie mali chuť intenzívnejšiu a trvalejšiu. Intenzívnejšia a trvalejšia chuť syra z poslednej fázy laktácie sa potvrdila aj v našom experimente.

Tabuľka 3: Senzorické hodnotenie tvarohu z jednotlivých štádií laktácie (body)

Štádium laktácie	Vôňa	Chuť	Vzhľad	Farba cesta	Konzistencia	Spolu
Tvaroh do 100 dní	4,4 ± 0,54 ^a	4,5 ± 0,35 ^a	4,4 ± 0,54 ^a	4,6 ± 0,59 ^a	4,3 ± 0,54 ^a	22,2 ± 1,41 ^a
Tvaroh 100–200 dní	4,0 ± 0,81 ^a	4,4 ± 0,54 ^a	4,6 ± 0,59 ^a	4,7 ± 0,44 ^a	4,5 ± 0,35 ^a	22,2 ± 0,98 ^a
Tvaroh nad 200 dní	4,5 ± 0,35 ^a	4,6 ± 0,59 ^a	4,8 ± 0,40 ^a	4,8 ± 0,40 ^a	4,7 ± 0,44 ^a	23,4 ± 1,65 ^a

Tabuľka 3 uvádza senzorické hodnotenie tvarohu vyrobeného z mlieka kráv 1., 2. a 3. fázy štádia laktácie. Tvaroh bol vyrábaný klasickou technológiou, skvasením mlieka (použitím kultúr) bez použitia syridla a následným zahriatím na 50 °C do vyzrážania. Mlieko pre výrobu tvarohov bolo čiastočne odstredené, čo malo negatívny vplyv na senzorické vlastnosti tvarohu.

Celkovo bol najlepší hodnotený tvaroh z posledného štádia laktácie (23,4 bodu). Najhoršie bola hodnotená vôňa (4,0 bodu) a chuť (4,4 bodu) tvarohu z druhého štádia laktácie. Naopak všetky parametre tvarohu z posledného štádia laktácie mali najlepší senzorický hodnotenie, avšak v žiadnom parametri sme nezistili medzi štádiami laktácie preukazné rozdiely.

Pri ukazovateľoch chuti a vône bolo vo väčšine prípadov bodové hodnotenie znížené pre jemne nahorklú chuť, čo mohlo byť v zhode s poznatkami Gajdúška (1998) ovplyvnené neštartérovými mikroorganizmami. Pre ukazovateľ konzistencia bolo nižšie bodové hodnotenie ovplyvnené pre nevyrovnanú hrudkovitú konzistenciu.

Tabuľka 4: Senzorické hodnotenie urdy z jednotlivých štádií laktácie (body)

Štádium laktácie	Vôňa	Chuť	Vzhľad	Farba cesta	Konzistencia	Spolu
Urda do 100 dní	4,8 ± 0,44 ^a	4,6 ± 0,59 ^a	5,0 ± 0,0 ^a	4,6 ± 0,59 ^a	4,5 ± 0,35 ^a	22,8 ± 0,83 ^a
Urda 100–200 dní	4,9 ± 0,22 ^a	4,8 ± 0,44 ^a	4,9 ± 0,22 ^a	4,6 ± 0,59 ^a	4,5 ± 0,35 ^a	23,1 ± 1,37 ^a
Urda nad 200 dní	4,9 ± 0,22 ^a	4,9 ± 0,22 ^a	4,9 ± 0,22 ^a	5,0 ± 0,0 ^a	5,0 ± 0,0 ^a	24,7 ± 1,28 ^a

Senzorické hodnotenie srvátkového syru urda uvádza tabuľka 4. Urda je tradičný výrobok vyrábaný zo srvátky hlavne pri výrobe ovčieho hrudkového syra. V urde sa neprejavuje konzervačný efekt kyseliny mliečnej v takej miere ako u sladkých syrov a tvarohov, preto sa v minulosti spotrebovávala na salašoch. Celkovo môžeme hodnotiť urdu vyrobenú z mlieka z posledného štádia laktácie po senzorickej stránke ako najkvalitnejšiu (24,7 bodu). Urda z prvých štádií laktácie bola nepreukazne horšej kvality.

Tabuľka 5: Fyzikálno-chemické ukazovatele kvality oštiepka údeného z mlieka kráv z jednotlivých štádií laktácie

Štádium laktácie	Tuk [g·100 g ⁻¹]	Sušina [g·100 g ⁻¹]	t. v s. [g·100 g ⁻¹]	VBHS [g·100 g ⁻¹]	Titračná kyslosť [°SH]	NaCl [%]
Oštiepok do 100 dní	28,56 ± 1,85 ^a	54,71 ± 4,03 ^a	49,48 ± 2,25 ^a	63,39 ± 4,08 ^a	64,91 ± 2,93 ^a	4,12 ± 1,1 ^a
Oštiepok 100–200 dní	25,68 ± 1,85 ^a	52,02 ± 6,71 ^a	51,29 ± 2,88 ^a	64,56 ± 5,23 ^a	75,81 ± 12,01 ^a	4,09 ± 0,7 ^a
Oštiepok nad 200 dní	27,02 ± 1,86 ^a	53,81 ± 4,85 ^a	50,21 ± 2,85 ^a	63,91 ± 3,93 ^a	66,95 ± 3,95 ^a	4,15 ± 1,2 ^a

Fyzikálno-chemické ukazovatele kvality oštiepka údeného vyrobeného z mlieka kráv v jednotlivých štádiách laktácie uvádza tabuľka 5. Obsah tuku v oštiepku údenom z 1. štádia laktácie bol $28,56 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, v 2. štádiu laktácie sa znížil na $25,68 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a v poslednom štádiu laktácie sa zvýšil na $27,02 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$.

Obsah t. v s. bol najnižší v oštiepku z mlieka v prvom štádiu laktácie $49,48 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a najvyšší z mlieka v druhého štádia laktácie $51,29 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. VBHS ako parameter konzistencie syrov bol najnižší v oštiepku z prvého štádia laktácie $63,39 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a najvyšší z druhého štádia laktácie $64,56 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Najvyššiu titračnú kyslosť sme zistili v oštiepku z druhého štádia laktácie $75,81^\circ\text{SH}$. Na základe t. v s. môžeme oštiepok hodnotiť ako plnotučný syr (najmenej 45 a menej ako $60 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ t. v s.). Podľa obsahu VBHS patrí oštiepok do skupiny polomäkkých syrov (61 až $69 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ VBHS) (Vyhláška MP SR 343/2016).

V poslednom štádiu laktácie malo mlieko najvyšší obsah bielkovín $3,59 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, čo sa však neprejavilo na ukazovateľoch kvality oštiepka. Podľa Coulona et al. (1998) sa napriek vyšším obsahom bielkovín kvalita syra z mlieka neskorej laktácie nelíšila od mlieka skorej alebo strednej laktácie. Tieto rozdiely súviseli so zvýšenou proteolýzou v syroch vyrobených z mlieka neskorej laktácie. pH bolo vyššie, čiže titračná kyslosť bola nižšia v syroch z mlieka z neskorej laktácie v porovnaní so syrmí z mlieka zo skorej a strednej laktácie, uvedený poznatok je v zhode s našimi výsledkami.

Sadia et al. (2015) uviedli, že kyslosť syra je ovplyvnená typom použitého syridla. Okrem toho na ovplyvnenie koaguláciu a kyslosť ovplyvňujú aj organoleptické charakteristiky a mikrobiálne osídlenie suroviny (Possas et al., 2021). Titračná kyslosť je považovaná za lepší indikátor chuti a vône ako pH a mení sa v závislosti od typu syra (Tyl a Sadler, 2017).

Tabuľka 6: Fyzikálno-chemické ukazovatele kvality tvarohu z mlieka kráv z jednotlivých štádií laktácie

Štádium laktácie	Tuk [g·100 g ⁻¹]	Sušina [g·100 g ⁻¹]	t. v s. [g·100 g ⁻¹]	VBHS [g·100 g ⁻¹]	Titračná kyslosť [°SH]	NaCl [%]
Tvaroh do 100 dní	$5,61 \pm 3,39^a$	$24,68 \pm 5,67^a$	$22,69 \pm 8,82^a$	$79,79 \pm 18,82^a$	$88,60 \pm 18,26^a$	$0,37 \pm 0,07^a$
Tvaroh 100–200 dní	$4,62 \pm 2,34^a$	$23,62 \pm 3,52^a$	$19,56 \pm 8,46^a$	$80,08 \pm 19,82^a$	$87,62 \pm 14,25^a$	$0,4 \pm 0,12^a$
Tvaroh nad 200 dní	$5,59 \pm 3,14^a$	$24,65 \pm 3,34^a$	$22,67 \pm 8,34^a$	$78,97 \pm 19,95^a$	$87,58 \pm 12,34^a$	$0,39 \pm 0,15^a$

Obsah tuku v tvarohu (tab. 6) z mlieka kráv v 1. štádiu laktácie bol $5,61 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, v 2. štádiu laktácie bol $4,62 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a v treťom štádiu laktácie $5,59 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Obsah t. v s. v tvarohu bol najnižší z mlieka v 2. štádiu laktácie $19,56 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a najvyšší z mlieka na začiatku laktácie $22,69 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Obsah VBHS bol najnižší v tvarohu z mlieka na konci laktácie $78,97 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a najvyšší z mlieka na začiatku laktácie $88,60 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$.

Mlieko pre výrobu tvarohov bolo odtučnené kvôli požiadavkám konzumentov, čo mohlo negatívne ovplyvniť aj variabilitu senzorických vlastností tvarohu. Titračná kyslosť tvarohu bola v rozmedzí $87,59$ – $88,60^\circ\text{SH}$. Pôvodná ČSN 57 1121 uvádzala najvyššiu hodnotu pre uvedený tvaroh 85°SH .

Ibrahim et al. (2024) uvádzajú titračnú kyslosť cottage syre počas 15 dní skladovania $0,7$ – $0,8\%$ kyseliny mliečnej. Podľa Tyla a Sadlera (2017) 1% kyseliny mliečnej = $44,4^\circ\text{SH}$, po prepočte na $^\circ\text{SH}$ je to $31,8$ – $35,52^\circ\text{SH}$, čo je výrazne nižšia hodnota v porovnaní s našimi výsledkami. Podľa Vyhlášky MPSR 343/2016 patria nami analyzované tvarohy medzi polotučné, kde je požiadavky t. v s. 15 – 38% . Tvarohy patria medzi mäkké syry s obsahom VBHS nad 67% . Podľa štúdie Bittante et al. (2015) rýchlosť koagulácie a potenciálna tuhosť tvarohu je vyššia v strede laktácie a potom sa stabilizuje.

Tabuľka 7: Fyzikálno-chemické ukazovatele kvality urdy z mlieka kráv z jednotlivých štádií laktácie

Štádium laktácie	Tuk [g·100 g ⁻¹]	Sušina [g·100 g ⁻¹]	t. v s. [g·100 g ⁻¹]	VBHS [g·100 g ⁻¹]	Titračná kyslosť [°SH]	NaCl [%]
Urda do 100 dní	7,21 ± 2,05 ^a	35,89 ± 4,98 ^a	20,89 ± 3,12 ^a	69,09 ± 3,31 ^a	17,71 ± 8,45 ^a	0,28 ± 0,08 ^a
Urda 100–200 dní	8,01 ± 3,31 ^a	34,94 ± 3,38 ^a	22,96 ± 7,89 ^a	70,73 ± 4,35 ^a	16,42 ± 5,55 ^a	0,29 ± 0,05 ^a
Urda nad 200 dní	8,25 ± 3,38 ^a	35,02 ± 3,48 ^a	23,56 ± 7,31 ^a	70,82 ± 3,38 ^a	16,96 ± 5,75 ^a	0,28 ± 0,04 ^a

Urda (tab. 7) bola vyrábaná ako vedľajší produkt pri výrobe hrudkového syra z ktorého bol následne vyrobený oštiepok. Urda je v podstate tradičný názov pre srvátkový syr vyrábaný z ovčej srvátky. Obsah tuku v urde z 1. štádia laktácie bol 7,21 g·100 g⁻¹ a z 2. štádia bol 8,01 g·100 g⁻¹ a z mlieka od kráv nad 200 dní laktácie 8,25 g·100 g⁻¹. Sušina v urde bola najvyššia z mlieka v 1. štádiu laktácie 35,89 g·100 g⁻¹ a najnižšia v 2. štádiu bola 34,94 g·100 g⁻¹.

Tuk v sušine bol najnižší v 1. štádiu laktácie 20,89 g·100 g⁻¹ a najvyšší v 3. štádiu laktácie 23,56 g·100 g⁻¹. VBHS urdy bola najnižšia v 1. štádiu laktácie 69,09 g·100 g⁻¹ a najvyššia z mlieka nad 200 dní laktácie 70,82 g·100 g⁻¹.

Titračná kyslosť urdy bola najvyššia v 1. štádiu laktácie 17,71 °SH a najnižšia v 2. štádiu laktácie 16,42 °SH. Obsah NaCl bol veľmi vyrovnaný od 0,28 do 0,29 %.

V porovnaní s našimi výsledkami uvádzajú Rako et al. (2018) vyšší obsah sušiny 41,34 g·100 g⁻¹, vyšší obsah tuku 27,87 g·100 g⁻¹ z mlieka kráv. Uvedení autori na začiatku laktácie zistili obsah sušiny 40,26 g·100 g⁻¹, v strede laktácie stúpol na 40,44 g·100 g⁻¹ a na konci laktácie bol 42,98 g·100 g⁻¹. V zhode s našimi výsledkami zistili, že obsah tuku v srvátkovom syre stúpal, na začiatku laktácie bol 25,82 g·100 g⁻¹, v strede laktácie 27,25 g·100 g⁻¹ a na konci laktácie 30,08 g·100 g⁻¹.

ZÁVER

Práca porovnáva kvalitu tradičných slovenských syrov (oštiepok údený, tvaroh a urda) vyrábaných z kravského mlieka od kráv pinzgauského plemena v 1. fáze laktácie (od 5 dní po otelení do 100 dní), v 2. fáze (od 100 do 200 dní) a v 3. fáze laktácie (nad 200 dní od otelenia).

Pre účely práce sme vybrali 3 odlišné typy syrov z pohľadu výroby, jeden sa vyrába klasickým spôsobom syridlom a následným parením, druhý sa vyrába klasickým spôsobom kysnutím a následným zázehvom a tretí sa vyrába z vedľajšej suroviny a následným zázehvom a filtráciou. Pri hodnotení ukazovateľov kvality mlieka a syrov sme zistili rozdiely v sledovaných parametroch avšak všetky rozdiely boli štatisticky nepreukazné.

Oštiepok údený je výrobok vysokej kvality a pre konzum sensoricky prijateľný. Tvaroh vzhľadom na spôsob výroby sa javil v priebehu sledovaného obdobia ako neštandardný výrobok. Spotrebiteľ už neakceptuje tvaroh vyrobený klasickou technológiou, hlavne pre jeho vyššiu kyslosť a niekedy aj horkosť, čo bolo pravdepodobne ovplyvnené pôvodnou mikroflórou mlieka.

Urda je v podstate vedľajší produkt pri výrobe syrov a bola vyrábaná len pre experimentálne účely, sensoricky sa jedná o zaujímavý výrobok. Bežne sa zo srvátky vyrába žinčica.

Rozdiely oproti výsledkom iných autorom mohli byť ovplyvnené aj skutočnosťou, že v našom experimente sme mali 3 skupiny kráv každá v inom štádiu laktácie a všetky boli na rovnakej kŕmnej dávke.

POĎAKOVANIE

Práca bola vypracovaná s podporou projektu VEGA no. 1/0537/22.

LITERATÚRA

- Bittante, G., Cipolat-Gotet, C., Malchiodi, F., Sturaro, E., Tagliapietra, F., Schiavon, S., Cecchinato, A. (2015): Effect of dairy farming system, herd, season, parity, and days in milk on modeling of the coagulation, curd firming, and syneresis of bovine milk. *Journal of Dairy Science*, 98(4), 2759–2774. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8909>
- Ciocan-Alupii, M., Radu-Rusu, R. M., Pânzaru, C., Nistor-Anton, M., Bilkevich, V., Maciuc, V. (2022): Study of productive performance in the Pinzgau breed exploited in the Dornelior Basin, Suceava County. Dostupné z: https://animalsciencejournal.usamv.ro/pdf/2022/issue_2/Art44.pdf
- Coulon, J. B., Verdier, I., Pradel, P., Almena, M. (1998): Effect of lactation stage on the cheesemaking properties of milk and the quality of Saint-Nectaire-type cheese. *Journal of Dairy Research*, 65(2), 295–305. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/S002202999700277X>
- ČSN 57 1121 Tvaroh. (1991): Vydavatelství norem Praha 10. 8 s.
- Čuboň, J., Haščík, P., Ducková, V., Pavelková, A. (2021): Hodnotenie a balenia surovín a potravín živočíšneho pôvodu. Vyd. 1. Nitra: SPU, 368 s. ISBN 978-80-552-2346-9.
- Gajdošík, M., Polách, A. (1988): Chov oviec, *Príroda*, 336 s.
- Gajdůšek, S. (1998): *Mlékařství II*. Vyd. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita, 197 s. ISBN 80-7157-342-6.
- Haile-Mariam, M., Goddard, M. E. (2008): Genetic and phenotypic parameters of lactations longer than 305 days (extended lactations). *Animal*, 2(3), 325–335. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/S1751731107001425>
- Hanigan, M. D., Crompton, L. A., Metcalf, J. A., France, J. (2001): Modelling mammary metabolism in the dairy cow to predict milk constituent yield, with emphasis on amino acid metabolism and milk protein production: model construction. *Journal of Theoretical Biology*, 213(2), 223–239. Dostupné z: <https://doi.org/10.1006/jtbi.2001.2417>
- Herian, K. (2011): Súčasný prehľad výroby syrov a všeobecné zásady pri výrobe syrov a syrárskych špecialít. *Zdravie a výživa ľudí*. Bratislava: CAD PREES. ISBN 978-8088969-57-0, s.663–679.
- Chen, D., Zhao, X., Li, X., Wang, J., Wang, C. (2018): Milk compositional changes of Laoshan goat milk from partum up to 261 days postpartum. *Animal Science Journal*, 89(9), 1355–1363. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/asj.13062>
- Ibrahim, A., Qazi, I. M., Hashmi, M. S., Ahmad, A., Javed, H., Ahmad, F., Mukhtar, S. (2024): Quality and Consumer Acceptability of Cottage Cheese Prepared from the Blend of Cow and Goat Milk. *Sarhad Journal of Agriculture*, 40(4). Dostupné z: <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2024/40.4.1330.1343>
- Morton, J. M., Auldist, M. J., Douglas, M. L., Macmillan, K. L. (2016): Associations between milk protein concentration at various stages of lactation and reproductive performance in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99(12), 10044–10056. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11276>

Necula, D., Ciupe, S., Tamas-Krumpe, O., Todoran, D., Ognean, L. (2024): Analysis of the Current Opportunities for Valorization and Conservation of the Main Autochthonous Cattle Breeds in the Conditions of the Carpathian Mountain Areas. *Bulletin of the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Veterinary Medicine*, 81(1). Dostupné z: <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-vm:2023.0011>

Ostersen, S., Foldager, J., Hermansen, J. E. (1997): Effects of stage of lactation, milk protein genotype and body condition at calving on protein composition and renneting properties of bovine milk. *Journal of Dairy Research*, 64(2), 207–219. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/S0022029996002099>

Pavić, V., Antunac, N., Mioč, B., Ivanković, A., Havranek, J. L. (2002): Influence of stage of lactation on the chemical composition and physical properties of sheep milk. *Czech journal of animal science*, 47(2), 80–84.

Possas, A., Bonilla-Luque, O. M., Valero, A. (2021): From cheese-making to consumption: Exploring the microbial safety of cheeses through predictive microbiology models. *Foods*, 10(2), 355. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods10020355>

Qin, Y. S., Jiang, H., Wang, C. F., Cheng, M., Wang, L. L., Huang, M. Y., Jiang, H. H. (2021): Physicochemical and functional properties of goat milk whey protein and casein obtained during different lactation stages. *Journal of Dairy Science*, 104(4), 3936–3946. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19454>

Rako, A., Kalit, M. T., Kalit, S., Soldo, B., Ljubenkovic, I. (2018): Nutritional characteristics of Croatian whey cheese (Bračka skuta) produced in different stages of lactation. *LWT – Food Science and Technology*, 96, 657–662. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.024>

Sadia, R., Mabood, Q. I., Ishfaq, A., Yasser, D., Zarmeena, A. (2015): Comparative study of cottage cheese prepared from various sources of milk. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences*, 53, 2518–2561.

Salamończyk, E. (2013): Cow's milk quality and energy value during different lactation stages. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 12(3), 303–310.

Tyl, C., Sadler, G. D. (2017): pH and titratable acidity. *Food Analysis*, 389–406. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-3-319-45776-5_22

VYHLÁŠKA Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky č. 343 z 8. decembra 2016 o niektorých výrobkoch z mlieka.

Kontaktná adresa: prof. Ing. Juraj Čuboň, CSc., Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita, Tr. A. Hlinku 2, 949 76, Nitra, Slovensko, e-mail: juraj.cubon@uniag.sk

ZMENA ANTIOXIDAČNÝCH VLASTNOSTÍ KÁVY *C. ARABICA* PROCESOM PRAŽENIA

CHANGE IN ANTIOXIDANT PROPERTIES OF *C. ARABICA* COFFEE DURING THE ROASTING PROCESS

Alžbeta Demianová¹ – Lukáš Jurčaga¹ – Alica Bobková¹ – Natália Čéryová¹
Marek Bobko¹ – Terézia Švecová¹

¹ Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva,
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0041>



ABSTRAKT

Praženie kávy je kľúčovým procesom, ktorý ovplyvňuje jej chemické zloženie, senzorické vlastnosti a biologickú aktivitu. Táto štúdia sa zameriava na zmeny antioxidačnej kapacity kávy *Coffea arabica* v priebehu rôznych stupňov praženia. Výsledky ukázali, že počas praženia dochádza k signifikantnej degradácii antioxidantov, pričom vznikajú nové antioxidačne aktívne zlúčeniny, ako sú Maillardove reakčné produkty. V počiatočných fázach praženia sa antioxidačná kapacita znižuje len mierne, v dôsledku tvorby melanoidínov, avšak pri intenzívnejšom pražení dochádza k jej signifikantnému poklesu v dôsledku tepelného rozkladu bioaktívnych látok. Výsledky poukazujú na význam optimalizácie pražiacich podmienok na zachovanie priaznivých zdravotných účinkov kávy.

Kľúčové slová: výberová káva, Coffea arabica, antioxidačné vlastnosti, kvalita

ABSTRACT

Roasting is a key process that affects the chemical composition, sensory properties, and biological activity of coffee. This study focuses on changes in the antioxidant capacity of *Coffea arabica* coffee at different roasting levels. The results showed that roasting leads to a significant degradation of antioxidants, while new antioxidant-active compounds, such as Maillard reaction products, are formed. In the initial stages of roasting, the antioxidant capacity decreases only slightly due to the formation of melanoidins. However, with more intense roasting, a significant decline occurs due to the thermal degradation of bioactive compounds. The findings highlight the importance of optimizing roasting conditions to preserve the beneficial health effects of coffee.

Keywords: specialty coffee, Coffea arabica, antioxidant properties, quality

ÚVOD

Zelené kávové zrná sú surové semená rastliny kávovníku (rod *Coffea*). V súčasnosti kávové zrná predstavujú komoditu, ktorá má významný vplyv a podiel na svetovom trhu (Freitas et al., 2024). Zelené zrná sú bohaté na bioaktívne zlúčeniny, ako sú chlorogénne kyseliny, kofeín a lipidy, ktoré prispievajú k ich antioxidačným vlastnostiam a potenciálnym zdravotným prínosom (Farah et al., 2006). Chemické zloženie zelených kávových zŕn sa líši v závislosti od faktorov, ako sú druh, pôvod a spôsob pestovania, ktoré ovplyvňujú chuť a kvalitu konečného produktu. Na rozdiel od praženej kávy, zelená káva zachováva vyššiu koncentráciu chlorogénnych kyselín, ktoré sú známe svojimi protizápalovými a antioxidačnými účinkami (Daglia et al., 2000). Ako základný materiál pre výrobu kávy, zelené kávové zrná slúžia ako základ pre komplexné transformácie, ktoré nastávajú počas praženia.

Proces praženia je kľúčovým krokom v produkcii kávy. Počas praženia sú zrná vystavené vysokým teplotám, zvyčajne v rozmedzí od 180 °C do 250 °C, po rôzne dlhú dobu v závislosti od požadovanej úrovne praženia

(Gottstein et al., 2023; Illy a Viani, 2005). Tento proces spúšťa sériu komplexných chemických reakcií, vrátane Maillardovej reakcie, karamelizácie a pyrolýzy, ktoré sú zodpovedné za vznik charakteristickej chuti, arómy a farby kávy (Baggenstoss et al., 2008). Tento článok sa zameriava na to, ako parametre praženia (teplota a čas), ovplyvňujú koncentráciu antioxidačných látok, ktoré sú kľúčové pre výslednú kvalitu kávy.

MATERIÁL A METODIKA

Materiál

Analyzovali sme vzorky 100% *Coffea arabica* L. výberovej kvality. Vzorky pochádzali z plantáží v Kolumbii. Vzorky boli zakúpené od spoločnosti ORO Café (Zvolen, Slovensko). Podrobný popis je uvedený v tabuľke 1.

Tabuľka 1: Popis vzoriek

Vzorka	Krajina	Varieta	Spracovanie	Nadmorská výška [m n. m.]
A	Kolumbia	C1, C2	M	1500–1700

Legenda: C1 – caturra; C2 – Castillo; M – mokré spracovanie; m n. m. – metre nad morom

Praženie vzoriek

Vzorky zelenej kávy boli pražené pomocou laboratórnej pražičky Sample PRO 100 Series (Coffee PRO Direct, Hong Kong). Na monitorovanie času a teploty praženia sme použili snímač NI – TC01 (National Instruments Corp., USA). Každá dávka bola upražená do 3 základných foriem kávy – svetlé praženie (A1), stredné praženie (A2) a tmavé praženie (A3) a LTLT (dlhý čas, nízka teplota) (A4). Podmienky praženia sú uvedené v tabuľke 2.

Tabuľka 2: Proces praženia

Profil praženia	Čas	Počiatočná teplota	Maximálna teplota [°C]	Crack [čas, °C]	
				Prvý crack	Druhý crack
Light	4 min 40 s	180 °C	205,5 °C	3 min 30 s, 175,4 °C	-
Medium	6 min	180 °C	225,8 °C	3 min 30 s, 175,4 °C	5 min 40 s, 220 °C
Dark	6 min 40 s	180 °C	235,1 °C	3 min 30 s, 185 °C	5 min, 215 °C
LTLT	16 min	140 °C	185 °C	14 min 08 s, 181,2 °C	16 min, 185 °C

Legenda: LTLT – dlhý čas, nízka teplota

Príprava vzoriek pred analýzou

Vzhľadom na pevnú štruktúru zelených kávových zŕn boli vzorky pred analýzou zmrazené pri –20 °C počas 30 minút. Homogenizácia bola vykonaná pomocou Grindomix GM 200 (Retsch, Haan, Nemecko) pri 10 000 ot./min, pričom čas homogenizácie bol 60 sekúnd pre pražené zrná a 120 sekúnd pre zelené zrná na dosiahnutie požadovanej veľkosti častíc. Výsledný homogenizovaný materiál bol preosiaty cez sito s veľkosťou oka 1 mm (Retsch, Nemecko), aby sa zabezpečila rovnomerná distribúcia veľkosti častíc. Následne, boli extrakty pripravené použitím presne 7 g vzoriek, ktoré boli odvážené na váhe Kern 120-5DM (Kern and Sohn GmbH, Balingen, Nemecko), a 120 ml demineralizovanej vody pri 95 °C. Zmes bola počas 5-minútového extrakčného

procesu občasne miešaná. Výsledné roztoky boli prefiltrované pomocou filtračného papiera Grade-390 Sartorius (Sartorius Lab Instruments GmbH and Co. KG, Göttingen, Nemecko).

Stanovenie celkovej antioxidačnej kapacity pomocou TAC-DPPH

V tejto štúdii bola celková antioxidačná aktivita vzoriek (TAC) stanovená pomocou DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) testu zachytávania voľných radikálov, založeného na metóde opísanej Brand-Williams et al. (1995) s úpravami podľa Poláková et al. (2023). Analýza zahŕňala prípravu pracovného roztoku DPPH rozpustením 0,025 g DPPH v 96 % etanole a jeho zriedenie v pomere 1:9 (Centralchem, Bratislava, Slovensko, 96 %). Objem 3,9 ml tohto roztoku bol prenesený do sklenenej kyvety na meranie počiatočnej absorbancie (A_0) pri vlnovej dĺžke 515,6 nm (T80 UV/VIS spektrometer; PG Instruments, Ltd.; Lutterworth, Spojené kráľovstvo). Následne bolo do roztoku DPPH pridaných 100 μ l extraktu vzorky, premiešaných a ponechaných na reakciu počas 10 minút. Absorbancia po reakcii (A_t) bola zaznamenaná pri rovnakej vlnovej dĺžke. Ako slepý pokus slúžil etanol, pričom jeho absorbancia (A_s) bola zahrnutá do výpočtu. Inhibícia DPPH radikálu bola vypočítaná podľa vzorca:

$$\% \text{ inhibition DPPH} = \frac{(A_0 - A_s) - (A_t - A_s)}{(A_0 - A_s)} \times 100$$

Kde:

- A_0 počiatočná absorbancia roztoku DPPH

- A_s absorbancia slepého pokusu

- A_t absorbancia po 10 minútach.

Štatistická analýza

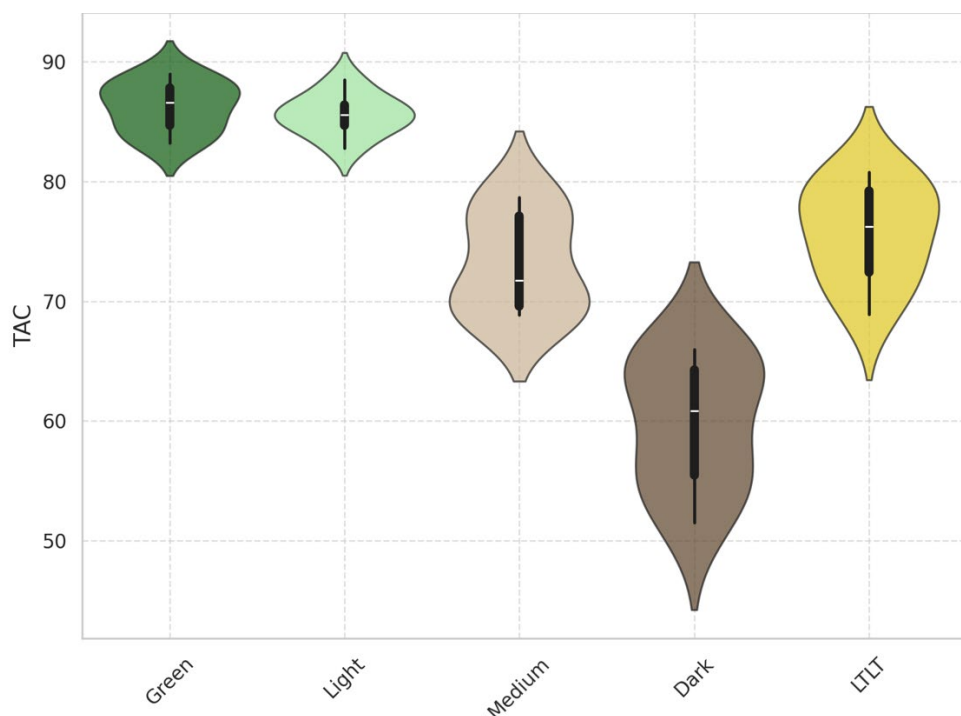
Analýza bola vykonaná pomocou Pythonu vo verzii 3.11.6, pričom boli použité nasledujúce Python balíky: scipy (verzia 1.11.3) a statsmodels (verzia 0.14.0) na stanovenie signifikantných rozdielov, matplotlib (verzia 3.8.0) a seaborn (verzia 0.13.0) na vizualizáciu údajov.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Na vizualizáciu údajov sme použili husľové grafy (violin plots), ktoré zobrazujú podrobnú distribúciu údajov vrátane variability a hustoty, vďaka čomu sú užitočné pri identifikácii jemných vzorcov. Zrkadlením odhadu hustoty jadra (KDE – Kernel Density Estimate) pozdĺž vertikálnej osi vytvárajú symetrický tvar, ktorý zvýrazňuje hustotu údajov a poskytuje komplexný pohľad na analyzovaný súbor údajov (obr. 1).

Antioxidačné vlastnosti zelenej kávy boli už preukázané viacerými autormi (Montenegro et al., 2021; Masek et al., 2020). Medzi hlavné antioxidanty zelenej kávy patria kyseliny chlorogénové, polyfenoly, trigonelín a kofeín (Masek et al., 2020; Analianasari et al., 2022). Avšak nie všetky tieto zlúčeniny dokážu reagovať s DPPH radikálom. Kyseliny chlorogénové sú vysoko reaktívne s DPPH radikálmi vďaka svojim fenolovým hydroxylovým skupinám, ktoré môžu byť donorom atómu vodíka. Ostatné polyfenoly prítomné v zelenej káve okrem CQAs (chlorogénové kyseliny) tiež vykazujú schopnosť zachytávať voľné radikály. Naopak, kofeín a trigonelín majú minimálnu alebo obmedzenú schopnosť zachytávať DPPH radikály (Jaisankar a Arivarasu, 2020; Liang a Kitts, 2014; Díaz-Hernández et al., 2022; Bashir et al., 2023).

Ako je znázornené na obrázku 1, najvyššie percento inhibície DPPH radikálov bolo pozorované vo vzorkách zelenej kávy. Husľové grafy zobrazujú najvyššiu variabilitu celkovej antioxidačnej kapacity (TAC) v zelených kávových zrnách.



Obrázok 1: Zmeny v TAC-DPPH spôsobené podmienkami praženia

Výsledky ukázali, že počas praženia dochádza k signifikantnej degradácii antioxidantov, pričom vznikajú nové antioxidačne aktívne zlúčeniny, ako sú Maillardove reakčné produkty. V počiatočných fázach praženia sa antioxidačná kapacita znižuje len mierne, v dôsledku tvorby melanoidínov (Baggenstoss et al., 2008), avšak pri intenzívnejšom pražení dochádza k jej signifikantnému poklesu v dôsledku tepelného rozkladu bioaktívnych látok. Profily praženia (napr. svetlé, stredné, tmavé, LTLT) ovplyvňujú rovnováhu medzi zachovaním existujúcich antioxidantov a tvorbou nových. Svetlé a stredné praženie spôsobilo zníženie TAC-DPPH v porovnaní s hodnotami, ktoré boli namerané v zelených zrnách. Pri intenzívnejšom pražení sme pozorovali širšiu distribúciu, čo naznačuje vyššiu variabilitu koncentrácie antioxidantov. Pri stupni praženia medium a dark sa distribúcia zúžila, čo naznačuje redukciiu antioxidantov v dôsledku intenzívnejších tepelných procesov. Štúdium antioxidačnej kapacity pomáha identifikovať podmienky praženia, ktoré maximalizujú zdravotné benefity bez kompromisu v chuti.

ZÁVER

Proces praženia signifikantne ovplyvňuje koncentráciu antioxidantov v káve. Výsledky preukázali, že teplota a čas pri svetlom pražení (light roast) spôsobuje najmenšie zníženie koncentrácie antioxidantov. Na druhej strane, zvýšenie intenzity praženia nad teploty používané pri stupni medium a dark signifikantne znížili obsah antioxidantov. Výnimku predstavoval stupeň praženia LTLT (dlhý čas pri nízkej teplote), kedy sice došlo k signifikantnému poklesu koncentrácie bioaktívnych látok, v porovnaní so zeleným zrnom, ale v porovnaní so stupňami medium a dark došlo k miernemu nárastu úrovne antioxidantov, čo môže naznačovať šetrnejší spôsob praženia.

POĎAKOVANIE

Štúdia bola podporená Grantovou agentúrou Slovenskej poľnohospodárskej univerzity (GA SPU), projekt č. 03-GA-SPU-2024 a s podporou Plánu obnovy a odolnosti Slovenska, projekt č. 09I03-03-V05-00018 – Early Stage Grants na SPU v Nitre.

LITERATÚRA

- Analianasari, A., Shintawati, S., Berliana, D., Humaidi, E. (2022): Potential Antioxidant Activity of Green Beans from The Post-Harvest Processing Variation of Robusta Coffee in the Kebun Tebu West Lampung. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1012(1), 012053. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1012/1/012053>
- Baggenstoss, J., Poisson, L., Kaegi, R., Perren, R., Escher, F. (2008): Coffee roasting and aroma formation: Application of different time-temperature conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(14), 5836–5846. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf0731833>
- Baggenstoss, J., Poisson, L., Kaegi, R., Perren, R., Escher, F. (2008): Coffee roasting and aroma formation: Application of different Time–Temperature Conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(14), 5836–5846. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf800327j>
- Bashir, K. M. I., Kim, J. W., Park, H., Lee, J., Choi, B., Choi, J., Ku, S. (2023): Validating the Health Benefits of Coffee Berry Pulp Extracts in Mice with High-Fat Diet-Induced Obesity and Diabetes. *Antioxidants*, 13(1), 10. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox13010010>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. (1995): Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT – Food Science and Technology*, 28(1), 25–30. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/s0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/s0023-6438(95)80008-5)
- Daglia, M., Papetti, A., Gregotti, C., Berte, F., Gazzani, G. (2000): In vitro antioxidant and ex vivo protective activities of green and roasted coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(5), 1449–1454. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf990510g>
- Díaz-Hernández, G. C., Alvarez-Fitz, P., Maldonado-Astudillo, Y. I., Jiménez-Hernández, J., Parra-Rojas, I., Flores-Alfaro, E., Salazar, R., Ramírez, M. (2022): Antibacterial, antiradical and antiproliferative potential of green, roasted, and spent coffee extracts. *Applied Sciences*, 12(4), 1938. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app12041938>
- Farah, A., Monteiro, M. C., Calado, V., Franca, A. S., Trugo, L. C. (2006): Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chemistry*, 98(2), 373–380. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.032>
- Freitas, V. V., Borges, L. L. R., Vidigal, M. C. T. R., dos Santos, M. H., Stringheta, P. C. (2024): Coffee: A comprehensive overview of origin, market, and the quality process. *Trends in Food Science and Technology*, 146, 104411. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104411>
- Gottstein, V., Krumbügel, K., Kuballa, T., Schwarz, S., Walch, E., Walch, P., Lachenmeier, D. W. (2023): Monitoring of Chemical Changes in Coffee Beans during the Roasting Process Using Different Roasting Technologies with Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy. *Beverages*, 9(4), 87. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/beverages9040087>
- Illy, E., Viani, R. (2005): Espresso coffee: The science of quality. Academic Press.
- Liang, N., Kitts, D. (2014): Antioxidant Property of Coffee Components: Assessment of Methods that Define Mechanisms of Action. *Molecules*, 19(11), 19180–19208. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules191119180>
- Masek, A., Latos-Brozio, M., Kałużna-Czaplińska, J., Rosiak, A., Chrzescijanska, E. (2020): Antioxidant Properties of Green Coffee Extract. *Forests*, 11(5), 557. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/f11050557>

Montenegro, J., dos Santos, L. S., de Souza, R. G. G., Lima, L. G. B., Mattos, D. S., Viana, B. P. P. B., da Fonseca Bastos, A. C. S., Muzzi, L., Conte-Júnior, C. A., Gimba, E. R. P., Freitas-Silva, O., Teodoro, A. J. (2021): Bioactive compounds, antioxidant activity and antiproliferative effects in prostate cancer cells of green and roasted coffee extracts obtained by microwave-assisted extraction (MAE). *Food Research International*, 140, 110014. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110014>

Poláková, K., Bobková, A., Demianová, A., Bobko, M., Lidíková, J., Jurčaga, L., Belej, L., Mesárošová, A., Korčok, M., Tóth, T. (2023): Quality Attributes and Sensory Acceptance of Different Botanical Coffee Co-Products. *Foods*, 12(14), 2675. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods12142675>

Kontaktná adresa: Ing. Alžbeta Demianová, PhD., Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra.

**PŘEHLED LEGISLATIVNÍCH POŽADAVKŮ NA MED, MEDOVINU,
PŘÍRODNÍ SLADIDLA, CUKR A SIRUPY**
**SUMMARY OF LEGISLATIVE REQUIREMENTS FOR HONEY, MEAD,
NATURAL SWEETENERS, SUGAR AND SYRUPS**

Jan Dobeš¹ – Petra Mačáková¹

¹ Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0047>



ABSTRAKT

Práce se zabývá přehledem a odborným komentářem změn provedených novelou vyhlášky č. 76/2003 Sb., o požadavcích na přírodní sladidla, med, cukr, sirupy, melasu a medovinu, a to vyhláškou č. 490/2025 Sb. Pozornost je zaměřena na klíčové změny týkající se jednotlivých komodit upravených tímto právním předpisem, zejména na zpřesnění definic, úpravy požadavků na označování, technologické požadavky a změny vyplývající z transpozice směrnic Evropského parlamentu a Rady (EU). Práce vychází z analýzy novelizovaného právního textu, důvodové zprávy, předkládací zprávy a rozdílové tabulky a klade důraz na praktické dopady legislativních změn na výrobce, dovozce a kontrolní orgány.

Klíčová slova: vyhláška, novelizace, označování

ABSTRACT

The paper provides an overview and expert commentary on the changes introduced by the amendment of Decree No. 76/2003 Coll., on requirements for natural sweeteners, honey, sugar, syrups, molasses and mead, as amended by Decree No. 490/2025 Coll. The focus is placed on key amendments affecting individual commodities regulated by this legal act, in particular the clarification of definitions, modifications of labelling requirements, technological requirements and changes resulting from the transposition of directives of the European Parliament and of the Council (EU). The paper is based on an analysis of the amended legal text, the explanatory memorandum, the submission report and the comparative table, and emphasizes the practical implications of the legislative changes for producers, importers and official control authorities.

Keywords: decree, amendment, labelling

ÚVOD

Vyhláška č. 76/2003 Sb., o požadavcích na přírodní sladidla, med, cukr, sirupy, melasu a medovinu (dále jen vyhláška č. 76/2003 Sb.), představuje jeden ze základních prováděcích právních předpisů v oblasti potravinového práva České republiky. Upravuje požadavky na složení, jakost, technologické zpracování a označování vybraných komodit, které mají významné zastoupení na trhu a jsou předmětem pravidelné úřední kontroly.

V roce 2025 byla tato vyhláška novelizována vyhláškou č. 490/2025 Sb. (dále jen novela vyhlášky č. 76/2003 Sb.). Hlavním důvodem novelizace byla potřeba uvedení vnitrostátní právní úpravy do souladu s vývojem poznatků a technologií v potravinářství a s platným právním rámcem Evropské unie. Novela byla připravena v návaznosti na směrnici Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/1438 ze dne 14. května 2024, kterou se mění směrnice Rady 2001/110/ES o medu, 2001/112/ES o ovocných šťávách a některých podobných produktech určených k lidské spotřebě, 2001/113/ES o ovocných džemech, rosolech a marmeládách

a kaštanovém krému určených k lidské spotřebě a 2001/114/ES o některých druzích zahuštěného a sušeného mléka určeného k lidské spotřebě. Současně byla zohledněna ustanovení směrnice Rady 2001/110/ES ze dne 20. prosince 2001 o medu, ve znění pozdějších předpisů, směrnice Rady 2001/111/ES ze dne 20. prosince 2001 o některých druzích cukru určených k lidské spotřebě, ve znění pozdějších předpisů, a směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/36/ES ze dne 23. června 2000 o kakaových a čokoládových výrobcích určených k lidské spotřebě, ve znění pozdějších předpisů. V oblasti požadavků na výrobu a manipulaci s cukrem byla dále vzata v úvahu směrnice Komise 98/28/ES ze dne 29. dubna 1998, kterou se stanoví odchylka od některých ustanovení směrnice 93/43/EHS o hygieně potravin, pokud jde o přepravu volně loženého surového cukru po moři, a v oblasti medu rovněž směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/63/EU ze dne 15. května 2014, kterou se mění směrnice Rady 2001/110/ES o medu (dále jen směrnice EP a Rady 2014/63/EU). Současně novela reaguje na zkušenosti získané při aplikaci dosavadního znění vyhlášky v kontrolní praxi.

Cílem předkládaného příspěvku je podat souhrnný přehled nejvýznamnějších změn provedených touto novelou se zaměřením na jednotlivé komodity, které vyhláška upravuje, a stručně okomentovat jejich význam z hlediska aplikační praxe.

ZMĚNY VE VYHLÁŠCE Č. 76/2003 SB. (NOVELA Č. 490/2025 SB.)

Med

Novela vyhlášky č. 76/2003 Sb. přináší v části týkající se medu soubor zásadních změn, jejichž cílem je zpřesnění právních požadavků, posílení transparentnosti trhu a omezení prostoru pro klamání spotřebitele. Změny vycházejí zejména z převzetí a promítnutí požadavků směrnice EP a Rady 2014/63/EU do vnitrostátní právní úpravy a ze zkušeností získaných při kontrolní činnosti.

V oblasti definic dochází ke zpřesnění terminologie a systematickému převzetí vymezení jednotlivých druhů medu podle původu a způsobu získávání. Současně je z právní úpravy vypuštěn pojem „filtrovaný med“. Toto vypuštění neznamená zákaz používání filtračních postupů jako takových, ale odstranění samostatné kategorie, která byla z hlediska kontroly obtížně uchopitelná a umožňovala nejednoznačný výklad. Novela zároveň potvrzuje zákaz odstraňování pylu a dalších přirozených složek medu, s výjimkou technologicky nevyhnutelných případů při odstraňování látek, které nejsou pro med typické.

Zásadní změny se týkají označování původu medu. Nově je stanovena povinnost uvádět zemi nebo země, kde byl med sebrán, přičemž u směsí medů pocházejících z více zemí musí být tyto země uvedeny v sestupném pořadí podle jejich hmotnostního podílu, včetně procentního zastoupení jednotlivých složek. U malých spotřebitelských balení medu o čisté hmotnosti nižší než 30 g je umožněno uvádět původ prostřednictvím dvoupísmenných kódů zemí podle normy ISO 3166–1 (alfa-2). Toto řešení reflektuje technické limity označování velmi malých obalů a současně zachovává požadavek na informování spotřebitele o původu výrobku.

V oblasti doplňujících označení vztahujících se k původu a charakteru medu novela zasahuje do ustanovení upravujících podmínky použití názvů odkazujících na botanický nebo geografický původ medu. Oproti předchozímu znění je jednoznačněji vyjádřeno, že takové označení lze použít pouze tehdy, pokud je původ medu prokazatelný na základě jeho složení a charakteristických vlastností, zejména v návaznosti na analytické a mikroskopické posouzení. Změna tak nespočívá v rozšíření okruhu přípustných označení, ale ve zpřesnění požadavku na jejich prokazatelnost při úřední kontrole.

U pekařského (průmyslového) medu novela zpřesňuje požadavky na označování v případech, kdy je použit jako složka vícesložkové potraviny. Je výslovně stanoveno, že v názvu takové potraviny lze použít slovo

„med“ namísto označení „pekařský med“ nebo „průmyslový med“, avšak v seznamu složek musí být vždy uveden název „pekařský med“ nebo „průmyslový med“.

V oblasti obchodních úprav je výslovně uvedeno, že Česká republika nemá možnost zavádět nové kategorie nad rámec evropské legislativy. Z tohoto důvodu není pastový med vymezen jako samostatná obchodní úprava, ačkoli jeho výroba zůstává přípustná. Označování pastového medu se řídí obecnými pravidly podle nařízení EP a Rady č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům formou popisného názvu, který nesmí být klamavý.

Novela rovněž potvrzuje základní požadavky na složení a jakost medu, včetně zákazu přídavku cizorodých látek, umělých úprav kyselosti a technologických zásahů vedoucích k inaktivaci přirozených enzymů. Pyl je výslovně vymezen jako přirozená součást medu, nikoli jako složka ve smyslu potravinového práva, což má význam zejména z hlediska označování a posuzování alergenů.

V rámci fyzikálně-chemických parametrů medu (tab. 2 v příloze č. 16) novela nemění samotné limity, ale provádí několik konkrétních věcných a strukturálních úprav. Nově je výslovně stanoveno, že limity obsahu sacharózy u vybraných botanických druhů medu se vztahují i na směsi medovicového a květového medu, což v předchozím znění nebylo výslovně uvedeno. Terminologie je sjednocena nahrazením označení „med květový jednodruhový“ formulací „med z ...“ a současně dochází k dílčím úpravám botanických názvů. Požadavky na aktivitu diastázy jsou nově rozděleny do samostatných ustanovení, která odlišují obecný režim platný pro většinu medů, zvláštní režim pro medovicový a kaštanový med a jejich směsi a samostatnou výjimku pro medy s přirozeně nízkým obsahem enzymů při splnění podmínky nízkého obsahu hydroxymethylfurfuralu (HMF). Současně je výslovně uvedeno, že v případech splnění této výjimky se standardní požadavky na aktivitu diastázy neuplatní. Zvláštní limit obsahu HMF pro medy deklarovaného původu z regionů s tropickým klimatem je v novele zachován, avšak samostatně a jednoznačně vymezen.

Nejdůležitější změny v legislativních požadavcích upravených v novele vyhlášky č. 76/2003 Sb. jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Přehled důležitých změn v novele vyhlášky č. 76/2003 Sb. týkajících se medu

	Klíčová změna	Praktický dopad
Označování původu medu	Povinnost uvádět země původu směsi včetně procentního zastoupení	Zvýšení transparentnosti a omezení klamání spotřebitele
Kategorie medu	Vypuštění pojmu „filtrovaný med“	Jednoznačnější posuzování pravosti medu
Pastový med	Není vymezen jako obchodní úprava	Zachování výrobní praxe bez zavádění nové kategorie
Pekařský med	Zpřesnění pravidel označování a použití	Jasně oddělení od konzumního medu

Přírodní sladidla a cukr

Nejvýznamnější věcnou změnou je doplnění a zpřesnění definice třtinového cukru. Novela jednoznačně stanoví, že označení „třtinový cukr“ lze použít pouze pro cukr vyrobený výhradně z cukrové třtiny, čímž se vylučuje použití tohoto názvu pro výrobky získané z cukrové řepy nebo pro směsi různých druhů cukru, což bylo v aplikační praxi zdrojem nejednotného výkladu.

V části upravující přírodní sladidla novela zpřesňuje vymezení jednotlivých druhů sladidel z hlediska jejich surovinového původu a způsobu získávání. Nejedná se o zavedení nových kategorií, ale o úpravu stávajících definic, jejímž cílem je zabránit používání zavádějících názvů výrobků. Novela se dále omezuje na zpřesnění formulací týkajících se označování cukru a přírodních sladidel, aniž by zaváděla nové povinné údaje. Změny směřují k tomu, aby označení jednoznačně odpovídalo skutečné povaze výrobku a jeho surovinovému původu, aniž by byly zaváděny nové povinné údaje nad rámec dosavadní právní úpravy.

Sirupy a melasa

Změny v části vyhlášky upravující sirupy a melasu jsou v novele vyhlášky č. 76/2003 Sb. koncipovány jako cílené a věcně omezené úpravy reagující na konkrétní nejasnosti identifikované v aplikační praxi. Jak vyplývá z důvodové zprávy, cílem těchto změn není změna základního pojetí regulace sirupů a melasy, ale zpřesnění jejich vymezení a sladění terminologie v rámci vyhlášky.

U sirupů novela zpřesňuje definice jednotlivých druhů, zejména v návaznosti na jejich surovinový původ a technologii výroby. Úpravy směřují k rozlišení mezi sirupy vyráběnými hydrolýzou škrobu, sirupy cukernými a dalšími obdobnými výrobky, aby nedocházelo k jejich nesprávnému označování nebo zaměňování. Cílem těchto úprav je odstranit rozdílný výklad pojmů při úřední kontrole.

V části týkající se melasy novela zpřesňuje její vymezení jako vedlejšího produktu vznikajícího při výrobě cukru. Změna reaguje na případy, kdy byla melasa v praxi nesprávně prezentována nebo zaměňována s jinými produkty. Upřesnění definice má zajistit, aby označení „melasa“ bylo používáno pouze pro výrobky odpovídající tomuto technologickému původu a složení.

Novela se v této části dále orientuje na zpřesnění formulací týkajících se názvu výrobku, aniž by zaváděla nové povinné údaje. Tyto úpravy mají spíše technický charakter a přispívají k jednotnému výkladu požadavků.

Medovina

Novela reaguje na potřebu jasnějšího vymezení vztahu mezi medovinou a použitým medem jako základní surovinou.

Úpravy se zaměřují zejména na sladění definice medoviny s definicí medu v ostatních částech vyhlášky, aby nedocházelo k výkladovým nejasnostem při posuzování složení a označování výrobků; změna se týká zejména vymezení surovinového základu medoviny. Změny nemění základní technologické požadavky na výrobu medoviny, ale zpřesňují terminologii tak, aby bylo zřejmé, že medovina je fermentovaný nápoj vyrobený z medu, nikoli nápoj pouze s přídavkem medu.

Označování medoviny je novelou dotčeno pouze okrajově, bez zavedení nových povinností. Cílem je zamezit nejednoznačnému označování výrobků, které by mohly být se spotřebitelem zaměnitelné s jinými nápoji.

ZÁVĚR

Příspěvek shrnuje a doplňuje komentářem změny provedené novelou vyhlášky č. 76/2003 Sb., se zaměřením na jednotlivé komodity, které jsou tímto právním předpisem regulovány. Pozornost je věnována výhradně konkrétním změnám právní úpravy, zejména zpřesnění definic, úpravám podmínek použití vybraných označení a změnám v oblasti označování, které mají přímý dopad na aplikační praxi.

Nejrozsáhlejší změny se týkají medu, kde novela reaguje na evropskou legislativu a dlouhodobě identifikované problémy v oblasti transparentnosti původu a vymahatelnosti požadavků na označování. U dalších komodit, zejména cukru, přírodních sladidel, sirupů, melasy a medoviny, mají změny převážně zpřesňující a technický charakter a směřují k odstranění výkladových nejasností, aniž by zásadně měnily dosavadní koncepci právní úpravy.

Celkově novela přispívá k jednoznačnějšímu výkladu požadavků stanovených vyhláškou č. 76/2003 Sb. a k jejich jednotnější aplikaci v kontrolní i výrobní praxi. Přehled a komentář předložený v tomto příspěvku může sloužit jako praktická pomůcka pro odbornou veřejnost při orientaci v aktuálním znění vyhlášky a při posuzování dopadů novelizace na jednotlivé skupiny výrobků.

LITERATURA

Vyhláška č. 76/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony. In: e-Sbírka [online]. Ministerstvo vnitra České republiky [vid. 03-02-2026]. Dostupné z: <https://www.esbirka.cz>

Vyhláška č. 490/2025 Sb., kterou se mění vyhláška č. 76/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony. In: e-Sbírka [online]. Ministerstvo vnitra České republiky [vid. 03-02-2026]. Dostupné z: <https://www.esbirka.cz>

Směrnice Rady 2001/111/ES ze dne 20. prosince 2001 o některých druzích cukru určených k lidské spotřebě, v platném znění. In: EUR-Lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 03-02-2026]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/>

Směrnice Rady 2001/110/ES ze dne 20. prosince 2001 o medu, v platném znění. In: EUR-Lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 03-02-2026]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/>

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/36/ES ze dne 23. června 2000 o kakaových a čokoládových výrobcích určených k lidské spotřebě, v platném znění. In: EUR-Lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 03-02-2026]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/>

Směrnice Komise 98/28/ES ze dne 29. dubna 1998, kterou se stanoví odchylka od některých ustanovení směrnice 93/43/EHS o hygieně potravin, pokud jde o přepravu volně loženého surového cukru po moři. In: EUR-Lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 03-02-2026]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/>

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/63/EU ze dne 15. května 2014, kterou se mění směrnice Rady 2001/110/ES o medu, v platném znění. In: EUR-Lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 03-02-2026]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/>

Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/1438 ze dne 14. května 2024, kterou se mění směrnice Rady 2001/110/ES o medu, 2001/112/ES o ovocných šťávách a některých podobných produktech určených k lidské spotřebě, 2001/113/ES o ovocných džemech, rosolech a marmeládách a kaštanovém krému určených k lidské spotřebě a 2001/114/ES o některých druzích zahuštěného a sušeného mléka určeného k lidské spotřebě. In: EUR-Lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 03-02-2026]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/>

Důvodová zpráva k návrhu právního předpisu. In: Portál veřejné správy [legislativní dokument]. Úřad vlády ČR [vid. 03-02-2026]. Dostupné z: <https://apps.odok.cz>

Předkládací zpráva k návrhu právního předpisu. In: Portál veřejné správy [legislativní dokument]. Úřad vlády ČR [vid. 03-02-2026]. Dostupné z: <https://apps.odok.cz>

Rozdílová tabulka k návrhu právního předpisu. In: Portál veřejné správy [legislativní dokument]. Úřad vlády ČR [vid. 03-02-2026]. Dostupné z: <https://apps.odok.cz>

Kontaktní adresa: Mgr. Jan Dobeš, Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Česká republika, e-mail: dobesj@vfu.cz

VLIV NETRADIČNÍCH SLADŮ NA BARVU SLADINY

THE EFFECT OF UNCONVENTIONAL MALTS ON THE COLOUR OF MALT WORT

Renáta Dufková¹ – Veronika Šafránková¹ – Luděk Hřivna¹

Tomáš Gregor¹ – Kateřina Čechová¹

¹ Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0052>



ABSTRAKT

Slad je základní surovinou při výrobě piva a významně ovlivňuje vlastnosti sladiny, včetně její barvy. Vedle tradičního ječného sladu jsou v pivovarské technologii zkoumány také netradiční slady z jiných obilovin a pseudocereálií. Cílem této práce bylo posoudit vliv částečné náhrady ječného sladu slady z prosa, kukuřice a quinoi na barevnou intenzitu sladin. Sladiny s různým podílem netradičních sladů byly připraveny laboratorním postupem a jejich barva byla stanovena instrumentálně v jednotkách EBC, přičemž výsledky byly statisticky vyhodnoceny. Bylo zjištěno, že částečná náhrada ječného sladu netradičními slady neměla ve většině případů statisticky průkazný ($p > 0,05$) vliv na barvu sladin. Zvýšený podíl prosného sladu vedl ke snížení barevné intenzity, zatímco u kukuřičného byl pozorován mírný nárůst barvy, nedosahoval ale úrovně kontrolní varianty, kde byl použit pouze ječný slad. Intenzivnější barvicí efekt byl pozorován u quinoového sladu. Nejvyšší barevné intenzity bylo dosaženo u varianty připravené ze směsi sladů v poměru 70 % ječný 10 % prosný, 10 % kukuřičný a 10 % z quinoi.

Klíčová slova: netradiční slad, sladina, barva, proso, kukuřice, quinoa

ABSTRACT

Malt is the basic raw material in beer production and significantly influences the properties of wort, including its colour. In addition to traditional barley malt, non-traditional malts from other cereals and pseudocereals are also being investigated in brewing technology. The aim of this work was to assess the effect of partial replacement of barley malt with millet, corn, and quinoa malts on the colour intensity of wort. Wort with varying proportions of non-traditional malts was prepared using a laboratory procedure and its colour was determined instrumentally in EBC units, with the results being statistically evaluated. It was found that in most cases, the partial replacement of barley malt with non-traditional malts had no statistically significant ($p > 0.05$) effect on the colour of the wort. An increased proportion of millet malt led to a reduction in colour intensity, while a slight increase in colour was observed with corn malt, but it did not reach the level of the control variant, where only barley malt was used. A more intense colouring effect was observed with quinoa malt. The highest colour intensity was achieved in the variant prepared from a mixture of malts in a ratio of 70 % barley, 10 % millet, 10 % corn, and 10 % quinoa.

Keywords: unconventional malt, malt extract, colour, millet, corn, quinoa

ÚVOD

Slad je jednou ze základních ingrediencí při výrobě piva a je zdrojem extraktivních látek a enzymů, kterými jsou štěpeny vysokomolekulární látky, především škrob, na látky nízkomolekulární, které jsou po rmutování využity v navazujících procesech výroby piva. Převážně jsou piva vyráběna ze základních typů sladů. V menší míře mohou být použity slady speciální, kterými je do výsledného piva přidána především barva, chuť a aroma

(Howe, 2020; Svoboda et al., 2022). Mezi netradiční suroviny, ze kterých jsou speciální slady vyráběny, lze zařadit různé druhy cereálií a pseudocereálií. Tyto suroviny mohou být do piva přidávány v různých formách úpravy například jako celé, vločky, mouka nebo krupice.

Kukuřice je řazena mezi nejvíce používané náhražky, zejména v USA, střední Americe, Mexiku a Číně (Brožová et al., 2022). Vzhledem k vysokému obsahu tuku, kterým by mohla být ovlivněna výsledná pěna a chuť piva, je používána odkličkováná, protože právě v klíčku je jeho množství nejvyšší (Goode a Arendt, 2006). Kukuřice je zpracována pro využití v pivovarech do formy vloček, krupice, mouky, anebo škrobu. Je možné ji upravit i extruzí. Velmi oblíbenými jsou i kukuřičné sirupy (Dabija et al., 2021). Obvykle je ve výsledné upravené formě do 1 % tuku (Brožová et al., 2022). Jako negativní trend byl popsán přídavek kukuřice na snižování barvy ve výsledném pivě. Podle Poreda et al. (2014) je vhodnou možností přídavek karamelového sladu k původní receptuře. Piva vyráběná s náhražkou kukuřičného produktu jsou obvykle světlejší barvy, někdy s vyšším obsahem alkoholu a dobrou stabilitou pěny. V případě nižší náhrady sladu jsou v některých případech piva hodnocena jako lépe aromatická, než ta vyrobená pouze ze sladu ječného (Brožová et al., 2022; Cadenas et al., 2021).

V konvenčním pivovarnictví není proso jako náhražka ve velké míře využíváno. Limitujícím faktorem je jeho nízká diastatická síla a vysoká teplota mazovatení okolo 65 až 80 °C. Piva surogovaná prosem jsou charakterizována nižším obsahem extraktu, sníženým obsahem volných dusíkatých látek. Obvykle jsou piva z neupraveného prosa světlejší barvy s nižším obsahem alkoholu a jsou obvykle upravována enzymatickými preparáty, především ke zlepšení proteolýzy a zcukření várky (Cela et al., 2022). Dymchenko et al. (2024) prozkoumal možnou výrobu bezlepkového piva pouze za použití prosa, popřípadě pražené pohanky, anebo kávy. Bylo zjištěno, že piva vyrobená pouze z neupraveného prosa mají nižší intenzitu barvy, obsah alkoholu a pH. Zejména intenzita barvy byla zvýšena vlivem přídavku 30 % pohanky namísto prosa. Všechna piva neměla téměř pěnu, zřejmě kvůli vysokému obsahu tuku v zrně. Co se týče celkového dojmu, tak měla piva plochou chuť a výraznou kyselou a ovocnou chuť. Při výrobě sladu z prosa, bylo zjištěno, že například oproti čiroku jsou zrna k výrobě vhodnější. Byl zjištěn vyšší obsah redukujících cukrů, volných dusíkatých látek a enzymů oproti prosu neupravenému (Embashu a Nantaga, 2019). Posledním důvodem výroby sladu z prosa je snížení antinutričních látek v zrně jako jsou kyselina fytová, kyanidy a trísloviny (Cela et al., 2020).

Z důvodu obsahu velkého množství bioaktivní látek v zrně je quinoa známa svou vysokou funkční a nutriční hodnotou. Z minerálních látek je ve větší míře obsažen draslík, vápník, hořčík, zinek a fosfor. Zanedbatelný není ani obsah riboflavinu a vitamínu B6. Z důvodu vysokého obsahu polyfenolů a vitamínu E má dobrou antioxidační stabilitu (Kordialik-Bogacka et al., 2018; Yang a Gao, 2020). Quinoa je považována za dobrou surovinu k výrobě bezlepkového piva, je ovšem potřeba zrna oloupat, protože je v něm obsaženo velké množství saponinů, kterými je negativně ovlivněna chuť výsledného piva a piva mohou být nepříjemně hořká (Kordialik-Bogacka et al., 2018). Tyto vlastnosti v pivě za použití surogace jsou potvrzeny i ve studii Laureys et al. (2023), ve které je přidáno 40 % quinoi. Zesladováním quinoi je možné zlepšit, jak její fyzikálně mechanické vlastnosti, tak její organoleptické vlastnosti ale i celkové složení zrna (López-Rodríguez et al., 2025). V menším množství je možné použít slad z quinoi s cílem získat pivo s neobvyklou chutí a lepším nutričním složením, především vlivem obsahu antioxidačních látek, minerálů a vitamínů. V současnosti je zkoumána možnost využití černého druhu a jedlých květin za účelem získání většího množství flavonoidů a antioxidačních látek s neobvyklou chutí především vhodnou pro menší řemeslné pivovary (Mitrev, Dacheva a Tomova, 2024).

MATERIÁL A METODIKA

Použité suroviny

K výrobě všech sladin byl v základu použit český ječný slad plzeňského typu (Sladovna Bernard, Česká republika). Dále byly použity tři druhy obilovin – proso žluté (ASO Zdravý život, Česká republika), kukuřice koňský zub (Country Life, Česká republika), merlík chilský (ASO Zdravý život, Česká republika). Voda byla použita pitná z vodovodního řadu.

Výroba sladu

Speciální slady byly vyrobeny v mikrosladovně (typ M-3BX, Ravoz spol., s. r. o., Olomouc, Česká republika) Ústavu technologie potravin Mendelovy univerzity v Brně. Mikrosladovna je složena z máčecí nerezové skříně, klíčící skříně a hvozdícího boxu. Dále je napojena na počítač, kterým je celý proces ovládán. Máčení probíhalo 55 hodin, během kterých byly zařazeny vzdušné přestávky. V máčecí skříně byla po celou dobu udržována teplota vody i vzduchu 13 °C. Při stejných teplotách proběhlo klíčení, které trvalo 8 dní. Zrno bylo několikrát obráceno. Hvozdění bylo započato při 45 °C, následně byla teplota zvýšena na 57 °C (15 hodin), a nakonec na teplotu 60 °C (3 hodiny). Na konci byla zařazena dotahovací teplota 78 °C, která byla držena po dobu 2 hodin. Po vychladnutí sladu byly všechny varianty odkličkovány a byly uchovány v místnosti při teplotě 6 °C po dobu 6 týdnů.

Výroba sladiny

V tabulce 1 je uvedena přesná skladba směsí sladů pro jednotlivé varianty sladin.

Tabulka 1: Použitá receptura pro výrobu sladin

Varianta	Slad [g]				Poměr	Voda [l]
	Prosný	Kukuřičný	Quinoový	Plzeňský		
1	-	-	-	1200	0/100	5
2	120	-	-	1080	10/90	
3	240	-	-	960	20/80	
4	360	-	-	840	30/70	
5	-	120	-	1080	10/90	
6	-	240	-	960	20/80	
7	-	360	-	840	30/70	
8	-	-	120	1080	10/90	
9	-	-	240	960	20/80	
10	-	-	360	840	30/70	
11	40	40	40	1080	10/90	
12	80	80	80	960	20/80	
13	120	120	120	840	30/70	

Slad z prosa, kukuřice a quinooy byl pomlet na laboratorním mlýnku KM 10 (Laboratorní přístroje Praha, Česká republika). Slad plzeňského typu byl pošrotován na šrotovníku (Romill MS 100, Česká republika). Hmotnost sypání sladu byla pro všechny varianty 1,2 kg. Všechny varianty sladin byly připraveny stejným způsobem. Požadované množství sladu na várku bylo po šrotování smícháno vždy s 5 litry vody o teplotě 37 °C, proběhlo tedy vystírání díla po dobu 10 min. Následně bylo dílo zahřáto na teplotu 45 °C po dobu 10 min. Posléze byl celý obsah pozvolna zahříván na 52 °C a tato teplota byla držena 15 min. Následně bylo dílo zahřáto na 62 °C s teplotní prodlevou 30 min. Po uplynutí požadovaného intervalu byla teplota díla pozvolna zvýšena na 72 °C po dobu 30 min. Následovalo poslední zvýšení teploty až na 83 °C s výdrží 5 min. Dílo bylo převedeno z rmutovací nádoby na scezovací síto a po dobu 20 min probíhalo scezování. Následovalo vyslazení díla vodou o teplotě 80 °C. Ze získaných sladin byly po vychlazení odebrány vzorky, které byly dále použity k instrumentální analýze.

Měření barvy sladin

Získané sladiny byly analyticky měřeny přístrojem Anton Paar DMA 4101 (Anton Paar Group AG, Rakousko), který stanovil rozdílnou intenzitu pro jednotlivé sladiny. Výhodou je jeho snadná kalibrace za pomoci vody a binárního roztoku, bez zvláštních úprav pro různé druhy piva. Dalšími výhodami je relativní přesnost, opakovatelnost a rychlost měření. Přístroj je snadno ovladatelný a není potřebná zvláštní úprava vzorku před měřením. Barva sladin je obvykle vyjádřena v jednotkách EBC (European Brewery Convention; Novotný, 2017). Stanovení barvy sladin je orientační informace, která udává, o jaký typ sladu se jedná na základě barevné intenzity (Basařová, 1992).

Statistické zpracování dat

Získané výsledky byly zaneseny do tabulek v programu MS Excel. Statistické zpracování dat bylo vyhodnoceno v programu Statistica 14. Data byla testována neparametrickým testem (Kruskal-Wallisův test) na hladině významnosti $p < 0,05$.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Tabulka 2: Barva sladin [j. EBC]

Varianta	Barva
	($\bar{x} \pm SD$)
1	28,21 $\pm$ 0,05 ^{ab}
2	41,72 $\pm$ 0,17 ^{ab}
3	20,96 $\pm$ 0,16 ^{ab}
4	18,23 $\pm$ 0,03 ^{ab}
5	16,24 $\pm$ 0,06 ^{ac}
6	20,36 $\pm$ 0,16 ^{ab}
7	24,72 $\pm$ 0,04 ^{ab}
8	38,17 $\pm$ 0,07 ^{ab}
9	36,71 $\pm$ 0,07 ^{ab}
10	52,63 $\pm$ 0,13 ^{bc}
11	15,95 $\pm$ 0,09 ^a
12	37,78 $\pm$ 0,08 ^{ab}
13	55,50 $\pm$ 0,09 ^b

Legenda: 1 – sladina z ječného sladu, 2 – sladina z 10 % sladu z prosa a 90 % ječného sladu, 3 – sladina z 20 % sladu z prosa a 80 % ječného sladu, 4 – sladina z 30 % sladu z prosa a 70 % ječného sladu, 5 – sladina z 10 % sladu z kukuřice a 90 % ječného sladu, 6 – sladina z 20 % sladu z kukuřice a 80 % ječného sladu, 7 – sladina z 30 % sladu z kukuřice a 70 % ječného sladu, 8 – sladina z 10 % sladu z quinoj a 90 % ječného sladu, 9 – sladina z 20 % sladu z quinoj a 80 % ječného sladu, 10 – sladina z 30 % sladu z quinoj a 70 % ječného sladu, 11 – sladina z 10 % sladu ze směsi a 90 % ječného sladu, 12 – sladina z 20 % sladu ze směsi a 80 % ječného sladu, 13 – sladina z 30 % sladu ze směsi a 70 % ječného sladu; a, b, c – rozdílné horní indexy ukazují statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$; $n = 3$).

Barva sladin se odvíjí od barvy a množství používaného sladu. Z tabulky 2 je patrné, že mezi kontrolní variantou a ostatními variantami nedošlo k průkazným rozdílům ($p > 0,05$) v hodnocení barvy sladin. Pokud bychom mezi sebou porovnávali jednotlivé druhy sladů, tak lze konstatovat, že průkazný rozdíl ($p < 0,05$) byl zaznamenán pouze mezi recepturou var. 11 a var. 13 tj. u variant, kde k ječnému sladu byla přidávána v paritním zastoupení směs všech speciálních sladů. Čím vyšší celkový podíl receptury směs tvořila, tím vyšší měla sladina barvu. Vyšší přídavek sladu z prosa intenzitu barvy sladin snižoval a u var. 3–4 se dostal pod

hodnotu kontrolní varianty. U var. 5–7, kde byl použit k ječnému sladu kukuřičný slad, se s jeho dávkou barva sice zvyšovala (16,24–24,72 j. EBC), ale nedosáhla úrovně kontrolní varianty. Celkově nejvyšší nárůst intenzity zbarvení byl zaznamenán při použití sladu z quinoy (var. 8–10), kde s rostoucí dávkou dosahovala intenzita zbarvení sladiny od 38,17 do 52,63 j. EBC a byla oproti kontrole výrazně vyšší. Celkově nejvyšší barevné intenzity bylo dosaženo u var. 13, vyrobené z ječného sladu s 30% přídatkem směsi všech dalších testovaných sladů (55,5 j. EBC). Brožová et al. (2022) ve své studii uvádí, že piva vyráběná s přídatkem kukuřice jsou obvykle charakteristická nižší barvou, zřejmě z důvodu nižšího množství dusíkatých látek, které se účastní Maillardových reakcí. Potvrzují to i naše výsledky, i když s růstem podílu kukuřičného sladu barva sladiny rostla. Nedosahovala ale intenzity barvy sladin kontrolní varianty, kde byl použit pouze ječný slad. Naopak Deželak et al. (2014) ve své studii, kde pracoval se sladinami vyrobenými z quinoy uvádí, že piva měla intenzivní tmavou barvu, což potvrzují i naše výsledky. Sladiny s přídatkem quinoy byly oproti kontrolní variantě výrazně tmavší.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo posoudit vliv netradičních sladů z prosa, kukuřice a quinoy na barevnou intenzitu sladin při jejich částečné náhradě za ječný slad. Výsledky ukázaly, že samotná náhrada části ječného sladu netradičními slady neměla statisticky průkazný ($p > 0,05$) vliv na barvu sladin. Přesto byly mezi jednotlivými variantami pozorovány rozdíly v intenzitě zbarvení, které souvisely zejména s druhem použitého sladu a jeho zastoupením v sypaní. Zvýšený podíl prosného sladu vedl ke snižování barevné intenzity sladin, podobně fungoval i přídatek kukuřičného sladu i když s jeho nárůstem v receptuře barva rostla. Vyšší intenzitu zbarvení oproti kontrolní sladině měly všechny sladiny s přídatkem quinoy a s jejím zastoupením v receptuře se barva zvyšovala. Získané výsledky naznačují, že netradiční slady mohou být při vhodně zvoleném poměru využity v pivovarské technologii bez výrazného ovlivnění barvy sladiny, což může být zajímavé zejména pro výrobu speciálních a řemeslných pív.

LITERATURA

Basařová, G. (1992): *Pivovarsko-sladařská analytika*. 1. Praha: Merkanta, 385 s.

Brožová, M., Matoulková, D., Mikyška, A., Kyselová, L. (2022): Barley malt substitutes – their role today and in near future. Part 1 – Sugar adjuncts and barley, corn and rice as cereal adjuncts. *Kvasný průmysl*, 68(2), 602–618. Dostupné z: <https://doi.org/10.18832/kp2021.68.602>

Cadenas, R., Caballero, I., Nimubona, D., Blanco C. A. (2021): Brewing with Starchy Adjuncts: Its Influence on the Sensory and Nutritional Properties of Beer. *Foods*, 10(8), 1726. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods10081726>

Cela, N., Condeli, N., Caruso, M. C., Perretti, G., Di Cairano, M., Tolve, R., Galgano, F. (2020): Gluten-Free Brewing: Issues and Perspectives. *Fermentation*, 6(2), 53. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/fermentation6020053>

Cela, N., Galgano, F., Perretti, G., Di Cairano, M., Tolve, R., Condeli, N. (2022): Assessment of brewing attitude of unmalted cereals and pseudo cereals for gluten free beer production. *Food Chemistry*, 384, 132621. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132621>

Dabija, A., Ciocan, M. E., Chetratu, A., Codină, G. G. (2021): Maize and Sorghum as Raw Materials for Brewing, a Review. *Applied Sciences*. 11(7), 3139. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app11073139>

Deželak, M., Zarnakow, M., Becker, T., Košir, I. J. (2014): Processing of bottom-fermented gluten-free beer-like beverages based on buckwheat and quinoa malt with chemical and sensory characterization. *Journal of the Institute of Brewing*, 120(4), 360–370. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jib.166>

Dymchenko, A., Kurilenko, Y., Ochkolyas, O., Bal-Prylypko, L. (2024): Gluten-free beer with unmalted millet. *European Food Research and Technology*, 250(4), 999–1005. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04405-8>

Embashu, W., Nantanga, K. K. M. (2019): Malts: Quality and phenolic content of pearl millet and sorghum varieties for brewing nonalcoholic beverages and opaque beers. *Cereal Chemistry*, 96(4), 765–774. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/cche.10178>

Goode, D. L., Arendt, E. K. (2006): Chapter 3 - Developments in the supply of adjunct materials for brewing. In: Charles W. Bamforth ed. *Brewing*. Elsevier, s. 30–67. ISBN 978-1-84569-003-8

Howe, S. (2020): Chapter 1 - Raw materials. In: Chris Smart, ed. *The Craft Brewing Handbook*. Elsevier, s. 1–46. ISBN 978-0-08-102079-1. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102079-1.00001-1>

Kordialik-Bogacka, E., Bogdan, P., Pielech-Przybylska, K., Michałowska, D. (2018): Suitability of unmalted quinoa for beer production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(13), 5027–5036. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9037>

Laureys, D., Baillière, J., Vermier, P., Vanderputten, D., De Clippeleer, J. (2023): The Impact of 10 Unmalted Alternative Adjuncts on Wort Characteristics. *Foods*, 12(23), 4206. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods12234206>

López-Rodríguez, W. E., Ramirez-Gutierrez, J., Morales Valdiviezo, M. D., Muñoz-Agreda, J. E., Paredes-Barrios, K. S., Ponce-Ramirez, J. A., Barco-Jara M. S., de Fatima Arevalo-Oliva, M., Carbajal-Romero, G. P., Domínguez, J., Rodríguez, G., Aguirre, E. (2025): Evaluation of *Chenopodium quinoa* (Willdenow) malting parameters on the quality of a red Ale craft beer supplemented with Pilsen base malt and caramel malt. *Journal of Cereal Science*, 121, 104085. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2024.104085>

Mitreva, A., Dacheva, Y., Tomova, I. (2024): Effect of Three Quinoa Varieties and Edible Flowers on Antioxidant Properties of Ale Beer. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. 59(5), 1131–1138. Dostupné z: <https://doi.org/10.59957/jctm.v59.i5.2024.15>

Novotný, P. (2017): Pivařka: tajemství domácího pivovarství. V Brně: Jota. 326 s. ISBN 978-80-7565-108-2.

Poreda, A., Czarnik, A., Zdaniewicz, M., Jakubowski, M., Antkiewicz, P. (2014): Corn grist adjunct-application and influence on the brewing process and beer quality. *Journal of the Institute of Brewing*, 120(1), 77–81. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jib.115>

Svoboda, Z., Hartman, I., Běláková, S., Pernica, M., Boško, R., Benešová K. (2022): Sensory analysis of malt. *Kvasný průmysl*, 68(3+4), 628–636. Dostupné z: <https://doi.org/10.18832/kp2022.68.628>

Yang, D., Gao, X. (2020): Progress of the use of alternatives to malt in the production of gluten-free beer. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(10), 2820–2835. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1859458>

Kontaktní adresa: Ing. Renáta Dufková, Ph.D., Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: renata.dufkova@mendelu.cz

VLIV SPECIÁLNÍCH SLADŮ NA SENZORICKOU HODNOTU PIV

THE EFFECT OF SPECIAL MALTS ON THE SENSORY VALUE OF BEERS

Renáta Dufková¹ – Veronika Šafránková¹ – Luděk Hřivna¹ – Tomáš Gregor¹
Šárka Kosmáková¹ – Kateřina Čechová¹

¹ Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0058>



ABSTRAKT

Byl studován vliv pohankového, čirokového a ovesného sladu na senzorické vlastnosti 10° spodně kvašeného piva. Slady byly vyrobeny v poloprovozních podmínkách. Ze senzorického hlediska byly hodnoceny tyto deskriptory: vůně, cizí vůně, chuť, cizí chutě, plnost, říz, charakter hořkosti a celkový subjektivní dojem. U většiny parametrů nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly ($p > 0,05$), s výjimkou charakteru hořkosti a celkového dojmu ($p < 0,05$). Nejlépe byla hodnocena varianta s 30% podílem ovesného sladu, která dosáhla nejvyššího hédonického skóre. Výsledky ukazují, že netradiční slady mohou obohatit senzorický profil piva a představují vhodnou surovinu pro inovativní pivní receptury.

Klíčová slova: pivo, senzorická analýza, speciální slady

ABSTRACT

The influence of buckwheat, sorghum, and oat malt on the sensory properties of 10° bottom-fermented beer was studied. The malts were produced under semi-industrial conditions. The following descriptors were evaluated from a sensory point of view: aroma, foreign aroma, taste, foreign tastes, fullness, sharpness, bitterness character, and overall subjective impression. No statistically significant differences were found for most parameters ($p > 0.05$), with the exception of bitterness character and overall impression ($p < 0.05$). The variant with a 30% share of oat malt was rated the best, achieving the highest hedonic score. The results show that non-traditional malts can enrich the sensory profile of beer and are a suitable raw material for innovative beer recipes.

Keywords: beer, sensory analysis, special malts

ÚVOD

Příprava nových často nestandardních pivních receptur je v současnosti velké téma. Studie se shodují, že v dnešní době konzumace piva klesá, na druhou stranu konzumenti vyžadují velkou rozličnost pivních stylů a speciálních piv (Bailliere et al., 2022). I proto se velmi rozšířila paleta tzv. speciálních sladů, které se přidávají jako součást sypání pro výrobu speciálních piv. Slady se mohou míchat v různých poměrech. Pro správný průběh všech následujících technologických operací je nutné myslet na základní parametry, které musí výsledná směs splnit. Když není poměr správně vyvážený, může to mít negativní vliv na kvalitu piva a jeho senzorickou stabilitu (Basařová et al., 2023). Z pohledu alternativních obilovin ať už sladovaných nebo nesladovaných je třeba brát ohled také na obsah látek, které komplikují pivovarský proces. Obecně lze počítat s vyšším obsahem bílkovin u většiny alternativních sladů (žito, oves, pohanka, pšenice) než u klasického ječného sladu (Bailliere et al., 2022). To může způsobovat problémy jak při pivovarském procesu, tak při skladování, kdy mohou bílkoviny tvořit zákaly. Použití speciálních sladů ve správném množství přináší benefity, které se propisují do senzorického profilu piva a jsou nositelem rozmanitosti vzhledem k jeho použitému množství (Klose et al., 2011).

Pohankový slad

Sladuje se většinou neloupaná pohanka, která má oproti loupané verzi nižší ztráty při máčení, slad z ní není tolik křehký a snadněji se scezuje. Pohanka jako taková má pozitivní vliv na zdraví konzumenta díky vysokému množství antioxidantů a vlákniny (Phiarais et al., 2010). Jako jediná pseudocereálie obsahuje rutin, který má antioxidační, protizánětlivé a protirakovinné účinky. Piva vyráběná z pohankového sladu mají silnou antioxidační kapacitu. Chuť piva vyrobeného z 100% pohankového sladu má charakteristickou oříškovou vůni, tmavší barvu a nižší obsah alkoholu (Cadenas et al., 2021; Dabija et al., 2022).

Čirokový slad

Čirok obsahuje vysoké množství taninů. Taniny jsou limitujícím faktorem při výrobě piva, jelikož blokují enzymy, kterými jsou štěpeny škroby a proteiny v zrně. Způsobují také hořkou až svíravou chuť výsledného produktu (Gómez Pamies et al., 2021). Piva vyrobená pouze z čiroku a čirokového sladu v různých poměrech, jsou hodnocena jako dobrá a jsou méně alkoholická. Piva při použití čirokového sladu v sypání 60 až 100 % jsou tmavší. Při vyšším množství neupraveného čiroku namísto sladu je jejich barevná intenzita nižší oproti běžnému pivu (Ciocan et al., 2023). Čirok je používán v různých formách, často je přidáván společně s dalšími obilovinami, například kukuřicí, anebo prosem. Výsledná piva jsou obvykle zakalená, tmavší barvy a s nižším obsahem alkoholu. Často jsou ojedinělá svou zvláštní a kyselou chutí, z důvodu použití různých startovacích kultur a bakterií mléčného kvašení. Jejich trvanlivost je obvykle pouze několik dní (Dabija et al., 2021).

Ovesný slad

Pravidelná konzumace ovsa má pozitivní účinky na hladinu insulinu v krvi, snižování hladiny plazmového cholesterolu a správnou funkci gastrointestinální soustavy (Kordialik-Bogacka, Bogdan a Diowks, 2014; Prugar, 2008). Přestože je oves příznivý svým složením k lidské konzumaci, v případě výroby piva je důležité upravit jeho technologický postup. Vysokým obsahem tuku může být snížena koloidní stabilita piva a pěny (Gumienna a Górna, 2020). Je doporučeno použít zrna sladovaná, zejména kvůli složení obilky, vysokému obsahu bílkovin a neškrobových sloučenin (Yang a Gao, 2022; Miller, Kiseleva a Pomozova, 2024). Piva z ovsa jsou popsána čistou chutí, díky sníženému obsahu vyšších alkoholů a rozmanitější skladbě aminokyselin (Kordialik-Bogacka, Bogdan a Diowks, 2014). Pokud je použit oves s pluchou, je výsledné pivo unikátní chutí a má lepší stabilitu (Zhuang et al., 2017).

MATERIÁL A METODIKA

Použité suroviny

Pro výrobu sladu byly použity tři druhy obilovin – loupaná pohanka (ASO Zdravý život, Česká republika), loupaný čirok (PRO-BIO, Česká republika) a nahý oves (ASO Zdravý život, Česká republika). Dále byl použit slad plzeňského typu (Sladovna Bernard, Česká republika). Další surovinou byl chmel odrůdy Sládek ve formě pelet, typ 90 (Svoboda-Fraňková, Česká republika). K výrobě byla použita pitná voda z vodovodního řadu. Pro kvašení byly použity kvasnice spodního kvašení z pivovaru Starobrno.

Výroba sladu

Probíhala v poloprovozních podmínkách v mikrosladovně (typ M-3BX, Ravož spol., s. r. o., Olomouc, Česká republika) na Ústavu technologie potravin Mendelovy univerzity v Brně. Byly sladovány tři druhy obilovin v množství 1 kg. U všech obilovin proběhlo máčení, klíčení a hvozdění společně. Proces máčení i klíčení probíhal pozvolna. V tabulce 1 je uveden časový program mikrosladování. Následovalo odklíčení sladu, tedy oddělení sladového květu od zrna. Slad byl odležen a uskladněn po dobu jednoho měsíce před dalším zpracováním.

Výroba piva

Bylo vyrobeno spodně kvašené pivo se stupňovitostí 10 %. V tabulce 2 je uvedena receptura pro všechny varianty. Slad plzeňského typu byl pošrotován na šrotovníku (Romill MS100, Česká republika). Ostatní slady byly rozemlety na laboratorním mlýnku KM 10 (Laboratorní přístroje Praha, Česká republika). Sladina byla připravována infuzním postupem. Vystírání probíhalo 10 minut při teplotě 37 °C za stálého míchání. Následovalo rmutování díla s postupným zvedáním teploty rmutu na 45 °C 10 min; 52 °C 15 min; 62 °C 30 min; 72 °C 30 min a 83 °C 5 min. Po celou dobu rmutování bylo dílo občasné promícháváno.

Scezování a sedimentace menších částic trvaly 20 minut. Byla použita nádoba s perforovaným dnem, došlo k oddělení sladiny od mláta. Pro následné vyslazení mláta byla použita voda o teplotě 80 °C. Pro chmelovar byla sladina přivedena k varu a do ní přidána první dávka chmele (Sládek 7,6 g). Po 45 min varu byla přidána druhá dávka chmele (Sládek 5 g) a poslední dávka chmele následně po 30 min (Sládek 14,4 g). Chmelovar byl po poslední dávce chmele a dalších 15 min varu ukončen. Po ukončení chmelovaru následovalo zavíření mladiny, které trvalo 20 minut. Následně byla mladina přečerpána do kvasných kádí a zchlazena na 10 °C. Kvasinky spodního kvašení byly do mladiny přidány po zchlazení. Pivo kvasilo v kádích po dobu 5 dní při teplotě 10 °C. Poté bylo mladé pivo přečerpáno do PET lahví, ve kterých bylo dokvašováno 21 dní při teplotě 4 °C.

Tabulka 1: Časový program sladování

Fáze	Cyklus	Čas [hod]	Teplota [°C]
Máčení	namáčení	6	12
	vzdušná přestávka	6	
	namáčení	6	
	vzdušná přestávka	10	
	namáčení	4	
	vzdušná přestávka	12	
	namáčení	4	
	vzdušná přestávka	14	
	namáčení	2	
	vzdušná přestávka	20	
	namáčení	1	
	vzdušná přestávka	24	
Klíčení		96	13
Hvozdění	1	10	55
	2	10	65
	3	4	75
Dotahování		1	80

Tabulka 2: Použitá receptura na výrobu piva

Varianta	Slad [g]				Chmel [g]	Voda [l]	Kvasinky
	Plzeňský	Čirokový	Pohankový	Ovesný			
1	1200	-	-	-	27	5	spodní
2	840	360	-	-			
3	840	-	360	-			
4	840	-	-	360			
5	840	120	120	120			

Senzorická analýza

Senzorické hodnocení bylo provedeno v senzorické laboratoři dle podmínek ISO 8589 na Ústavu technologie potravin Mendelovy univerzity v Brně. Senzorický panel byl složen z deseti proškolených osob s potravinářským vzděláním. Hlavními hodnocenými deskriptory byly vůně a cizí vůně, chuť a cizí chuť, plnost, říz, charakter hořkosti a celkový subjektivní dojem. Pro hodnocení byly použity stupnice intenzitní a hedonické ve formě bodových stupnic se slovním popisem. Body byly u každého parametru seřazeny vzestupně od 1 do 5. Vůně a chuť byly hodnoceny od velmi slabé po velmi silnou. Cizí vůně i chuť byly hodnoceny od žádné po velmi silnou. Plnost piva byla hodnocena od piva prázdného po plné. Říz byl charakterizován od velmi zvětřalého po příjemně řízné pivo. Charakter hořkosti byl hodnocen od silně ulpívajícího po velmi jemný. Celkový subjektivní dojem byl charakterizován od piva velmi špatného po pivo velmi dobré. Jako neutralizátor chuti byla použita pitná voda.

Statistické zpracování dat

Pomocí programu MS Excel byla získaná data zpracována do tabulek. Statistické vyhodnocení dat bylo zpracováno pomocí programu Statistica 14. K vyhodnocení dat byl použit neparametrický test (Kruskal-Wallisův) na hladině významnosti $p < 0,05$.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky senzorické analýzy jsou uvedeny v tabulce 3. Při hodnocení vůně piva vycházíme z receptury, která se do hodnocení tohoto deskriptoru výrazně propisuje. Při uplatnění speciálních sladů, jako tomu bylo v tomto případě, lze počítat s tím, že by se mohl vliv speciálního sladu projevit. V intenzitě vůně výraznější rozdíly ($p > 0,05$) zaznamenány nebyly. Intenzita se pohybovala mezi 3 a 3,5 bodu (střední až silná vůně).

Byly předpokládány odchylky v cizích vůních, ale ani v tomto případě nebyly mezi jednotlivými variantami zachyceny statisticky významné rozdíly ($p > 0,05$) v hodnocení. Var. 3, kde byl použit v sypání pohankový slad, byla ohodnocena nejhůře (2,6 bodu). Lze to zdůvodnit velmi specifickým senzorickým profilem samotné pohanky a nedostatečně uzpůsobenému varnímu procesu pro tento typ použitého sladu (Phiarais et al., 2010). Na vůni piva se také významně podílí látky jako aldehydy a ketony, které vznikají při sladovacím procesu. Některé z těchto látek se také podílí na vzniku nežádoucích cizích vůní, které vykazují vady jako starou chuť piva. Při použití nesladovaných alternativních surovin nebo surovin se šetrnějším procesem hvozdní by se dalo předpokládat, že bude množství těchto aldehydů nižší (Bailliere et al., 2022).

Chuť piva se odvíjí zejména od aromatickosti a množství použitého chmele (Olšovská et al., 2017). Při použití alternativních sladů však lze očekávat jistou chuťovou rozmanitost. Nejsilnější chuť měla var. 1 (3,9 bodu) a naopak nejslabší chuť vykazovaly var. 2 a 3 (3,3 bodu), nicméně rozdíly byly velmi malé, statisticky nevýznamné ($p > 0,05$).

Výraznější rozdíly nebyly zaznamenány ani při hodnocení přítomnosti cizích chutí. Bodové hodnocení se pohybovalo okolo 1,5 bodu (žádná až slabá cizí chuť). To generovalo i neprůkazné ($p > 0,05$) rozdíly mezi jednotlivými variantami. V hodnocení se objevily některé specifikace cizích chutí jako karamelová, cereální nebo ovocné tóny a to zejména u varianty 2, což odpovídá předpokládanému senzorickému profilu ovesného sladu (Klose et al., 2011).

Říz a plnost můžeme souhrnně nazvat tzv. pitelností piva. Říz je důležitý z obchodního hlediska, jelikož navozuje chuť dát si další pivo. Plnost piva se odvíjí od jiných vlastností daného piva, jako je míra prokvašení nebo obsah alkoholu (Olšovská et al., 2017). Podle výsledků senzorické analýzy byla plnost u všech variant velmi podobná okolo 3,5 bodu (málo plné až plné) a nedošlo k průkaznému rozdílu ($p > 0,05$) v hodnocení tohoto deskriptoru. Hodnoty pro říz se opět výrazněji nelišily. Nejnížší hodnota byla zaznamenána u kontroly, ovšem bez průkazného rozdílu ($p > 0,05$).

Dalším hodnoceným parametrem je charakter hořkosti. Tento parametr je závislý zejména na postupu při výrobě piva, druhu použitého chmele nebo chmelových výrobků a načasování chmelení při vaření mladiny. Tyto technologické kroky pak ovlivňují uvolňování hořkých a fenolických kyselin (Oladokun et al., 2016). V rámci senzorické analýzy byla nejvýše hodnocena var. 5, se zastoupením všech použitých speciálních sladů. Tato varianta byla ohodnocena 3,8 body a vyznačovala se nejpříjemnější hořkostí ze všech testovaných receptur. Naopak nejhůře byla hodnocena kontrolní varianta (1,8 bodu – ulpívající hořkost). Právě u var. 1 byl zaznamenán statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) v hodnocení charakteru hořkosti, tato varianta se významně lišila od var. 2, 4 a 5.

Tabulka 3: Vyhodnocení senzorické analýzy pív

Deskriptory	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5
	$(\bar{x} \pm SD)$				
Vůně	3,50 ± 0,71	3,20 ± 1,14	3,00 ± 0,82	3,50 ± 0,85	3,00 ± 0,82
Cizí vůně	1,50 ± 0,53	1,90 ± 0,99	2,60 ± 0,97	1,40 ± 0,70	1,80 ± 0,79
Chuť	3,90 ± 0,88	3,30 ± 0,95	3,30 ± 1,06	3,80 ± 0,79	3,60 ± 0,97
Cizí chuť	1,80 ± 1,03	1,80 ± 1,23	2,20 ± 1,23	1,70 ± 1,16	1,60 ± 0,84
Plnost	3,50 ± 1,08	3,40 ± 1,07	3,50 ± 0,97	3,90 ± 0,88	3,60 ± 0,97
Říz	3,40 ± 0,84	3,70 ± 0,82	3,60 ± 1,07	3,60 ± 0,70	3,60 ± 0,97
Charakter hořkosti	1,80 ± 0,92 ^a	3,60 ± 0,84 ^{bc}	2,50 ± 0,71 ^{ac}	3,70 ± 0,67 ^{bc}	3,80 ± 0,42 ^b
Celkový dojem	2,80 ± 0,92 ^a	4,00 ± 0,67 ^{ab}	3,30 ± 0,82 ^{ab}	4,40 ± 0,84 ^b	4,00 ± 0,82 ^{ab}

Legenda: 1 – 100 % ječného sladu; 2 – 30 % čirokového sladu a 70 % ječného sladu; 3 – 30 % pohankového sladu a 70 % ječného sladu; 4 – 30 % ovesného sladu a 70 % ječného sladu; 5 – 10 % čirokového sladu, 10 % pohankového sladu, 10 % ovesného sladu a 70 % ječného sladu; Rozdílné horní indexy ve stejném řádku ukazují statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$)

Na závěr senzorické analýzy byl zhodnocen u všech variant celkový subjektivní dojem. Tento parametr je shrnutím všech předchozích deskriptorů. Nejhůře hodnocena byla var. 1, která se významně ($p < 0,05$) lišila od var. 4, kterou hodnotitelé ohodnotili nejvyšším počtem bodů.

ZÁVĚR

Senzorická analýza testovaných pív nezjistila u většiny testovaných parametrů průkazné rozdíly ($p > 0,05$), s výjimkou charakteru hořkosti a celkového dojmu ($p < 0,05$). Nejlépe hodnocena byla varianta s přidavkem 30 % ovesného sladu v receptuře. Nejhůře byl posouzen kontrolní vzorek, kde byl použit pouze ječný světlý slad. Výsledky ukazují, že netradiční slady (čirokový, pohankový, ovesný), mohou být při vhodné kombinaci plnohodnotnou surovinou pro výrobu piva se zajímavými senzorickými vlastnostmi.

LITERATURA

Baillière, J., Laureys, D. (2022): 10 unmalted alternative cereals and pseudocereals: A comparative analysis of their characteristics relevant to the brewing process. *Journal of Cereal Science*, 106, 103482. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103482>

Basařová, G., Psota, V., Šavel, J., Basař, P., Hartman, I., Paulů, R., Basařová, P., Běláková, S., Kofroň, P., Kosař, K., Dostálek, P., Kellner, V., Mikulíková, R., Čejka, P. (2023): *Sladařství: teorie a praxe výroby sladu*. 2nd ed. Praha: Havlíček Brain Team, 2023. 529 p. ISBN 978-80-87109-73-1

Cadenas, R., Caballero, I., Nimubona, D., Blanco, C. A. (2021): Brewing with Starchy Adjuncts: Its Influence on the Sensory and Nutritional Properties of Beer. *Foods*, 10(8): 1726. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods10081726>

- Ciocan, M. E., Salamon, R. V., Ambrus, A., Codină, G. G., Chetrariu, A., Dabija, A. (2023): Use of Unmalted and Malted Buckwheat in Brewing. *Applied Sciences*, 13(4), 2199. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app13042199>
- ČSN EN ISO 8589 Senzorická analýza – Obecné pokyny pro uspořádání senzorického pracoviště, 5600 - Metody zkoušení a společná ustanovení.
- Dabija, A., Ciocan, M. E., Chetrariu, A., Codină, G. G. (2022): Buckwheat and Amaranth as Raw Materials for Brewing, a Review. *Plants*, 11(6), 756. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/plants11060756>
- Dabija, A., Ciocan, M. E., Chetrariu, A., Codină, G. G. (2021): Maize and Sorghum as Raw Materials for Brewing, a Review. *Applied Sciences*, 11(7), 3139. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app11073139>
- Gómez Pamies, L. C., Lataza Rovalletti, M. M., Martinez Amezaga, N. M. J., Benítez, E. I. (2021): The impact of pirodextrin addition to improve physicochemical parameters of sorghum beer. *LWT – Food Science and Technology*, 149. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112040>
- Gumienna, M., Górna, B. (2020): Gluten hypersensitivities and their impact on the production of gluten-free beer. *European Food Research and Technology*, 246(11), 2147–2160. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03579-9>
- Klose, Ch., Mauch, A., Wunderlich, S., Thiele, F., Zarnkow, M., Jacob, F., Arendt, E. (2011): Brewing with 100% oat malt. *Journal of the Institute of Brewing*, 117(3), 411–421. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2011.tb00487.x>
- Kordialik-Bogacka, E., Bogdan, P., Diowks, A. (2014): Malted and unmalted oats in brewing. *Journal of the Institute of Brewing*, 120 (4), 390–398. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jib.178>
- Miller, Y. Y., Kiseleva, T., Pomezova V. (2024): Using non-traditional raw materials in the production of grain beverages. *BIO Web of Conferences*, 103. Dostupné z: <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410300092>
- Oladokun, O., Tarrega, A., James, S., Smart, K., Hort, J., Cook, D. (2016): The impact of hop bitter acid and polyphenol profiles on the perceived bitterness of beer. *Food Chemistry*, 205, 212–220. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.023>
- Olšovská, J., Čejka, P., Štěrbá, K., Slabý, M., Frantík, F. (2017): *Senzorická analýza piva*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. ISBN 978-80-86576-74-9
- Phiarais, B. P. N., Mauch, A., Schehl, B. D., Zarnkow, M., Gastl, M., Herrmann, M., Zannini, E., Arendt, E. K. (2010): Processing of a top fermented beer brewed from 100% buckwheat malt with sensory and analytical characterisation. *Journal of the Institute of Brewing*, 116(3), 265–274. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2010.tb00430.x>
- Prugar, J. (2008): *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. 327 p. ISBN 978-80-86576-28-2
- Yang, D., Gao, X. (2022): Progress of the use of alternatives to malt in the production of gluten-free beer. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(10), 2820–2835. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1859458>
- Zhuang, S., Shetty, R., Hansen, M., Fromberg, A., Hansen, P. B., Hobley, T. J. (2017): Brewing with 100 % unmalted grains: barley, wheat, oat and rye. *European Food Research and Technology*, 243(3), 447–454. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2758-1>

Kontaktní adresa: Ing. Renáta Dufková, Ph.D., Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: renata.dufkova@mendelu.cz

MICROPLASTICS IN WINES: SOURCES AND SELECTED WAYS OF CONTAMINATION

Martina Fikselová¹ – Jozef Čapla¹ – Dagmar Kozelová¹ – Lucia Zelenáková¹

¹ Institute of Food Sciences, Faculty of Biotechnology and Food Sciences,
Slovak University of Agriculture, Tr. A. Hlinku 2, 949 76, Nitra, Slovakia

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0065>



ABSTRACT

It is currently estimated that 10% of all of the plastics produced since their invention have ended up in the ocean. Soils in agricultural and urban areas are expected to represent major environmental reservoirs of micro(nano)plastics, possibly comprehensively larger than the marine one. Microplastics as tiny plastic particles less than 5mm in size can originate from various sources, such as cosmetics, textiles, plastic packaging. The main polymers in agriculture are Polyethylene, Polypropylene, Expanded polystyrene, Ethylene-vinyl acetate copolymer, Polyvinylchloride, Polyethylene terephthalate. This article is divided into 3 main parts: microplastics (MP) in the environment, definition of MP and accumulation in food / the human body and the last part is focused on selected ways of MP wine contamination description, such as pathway: soil -> grape -> drinking water -> package and wine production. Efforts to mitigate microplastic contamination include better waste management practices, promoting biodegradable and compostable packaging, and improving food processing methods.

Keywords: microplastics, viticulture, wine, environment, package

MICROPLASTICS (MP) IN THE ENVIRONMENT: WATER, SOIL AND VITICULTURE

Microplastics are present in all environments and have even been detected in humans. Worldwide studies are focusing on the contamination of food and beverages by microplastics (Chaïb et al., 2025).

Agricultural value chains used 12.5 million tonnes of plastic products in plant and animal production and 37.3 million tonnes in food packaging in 2019 (FAO, 2021).

It is currently estimated that 10% of all of the plastics produced since their invention have ended up in the ocean. Microplastics in soil are thought to be present at higher levels than in the seas and oceans (French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety, 2025).

In inland locations such as glacier and urban stormwater MP were up to two orders of magnitude greater than the concentrations in rivers that convey microplastics from inland locations to water bodies in terrestrial boundary such as estuaries. Only 20% of studies reported microplastics below 20 µm. Biodegradation can reduce the concentration and size of deposited microplastics in the terrestrial environment. Fiber percentage was higher in the sediments in the coastal areas than the sediments in inland water bodies, indicating fibers are preferentially transported to the terrestrial boundary (Koutnik et al., 2021).

The ocean represents an ultimate sink for contamination, the terrestrial environment is of critical importance for their global environmental budget and exposure of humans and biota. Soils in agricultural and urban areas are expected to represent major environmental reservoirs of micro(nano)plastics, possibly comprehensively larger than the marine one. Soils exhibit several potential exposure pathways for micro(nano)plastics to organism and human health, including contamination of groundwater aquifers (Hurley and Nizzetto, 2018). The dynamics of micro(nano)plastics fate within soil is complex.

Most agricultural plastics waste (APW) are nonrecyclable due to high soilage coefficient, different polymers in composition, physical characteristics, high cost etc. MP abundance and size were shown to decrease with soil depth. Climatic conditions and cultivations are important parameters. MP composition in mulched soils and MP prevailing forms (fibres, films, fragments), suggest additional multiple sources of MP origin in agricultural soil. Compost, treated wastewater, sewage sludge, fertilisers, textiles, wind, runoff etc. play a dominant role. MP in greenhouse soil was shown to originate from AP products used in greenhouses (e.g., twines, clips, mulching films, containers of agrochemicals, pipes, fertilisers, etc.) but also external sources (biosolids, domestic, industrial plastics etc.). MP released into the soil (e.g. through coated seeds), and MP entering soil indirectly through biosolids, compost, fertilisers, wind, runoff, play significant role (Briassoulis, 2023). Terrestrial soils are widely contaminated by MP due to the application of sewage sludge and wastewater, plastic mulching, littering, the input of tire wear from roads and atmospheric deposition. The majority of the prospected agricultural and horticultural sites were exposed to sewage sludge and mulching film application and showed concentrations of $<13\,000$ items kg^{-1} dry soil. Microplastic concentrations in soils in the vicinity of municipal areas were 10 times larger compared to rural sites. Extreme values, such as on industrial sites, exceed the common concentrations by 2 to 4 orders of magnitude (Büks and Kaupenjohann, 2020).

The plastics most commonly found in the environment are polyethylene, polypropylene (a component of plastic food boxes) and polystyrene (often used as protective packaging) (French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety, 2025). The main polymers in agriculture by FAO (2021) are:

Polyethylene (PE) – a polymer of ethylene, that can be either: **Low density PE (LDPE)** – blown into films, or **High density PE (HDPE)** – extruded into rigid and semi-rigid products, and thick films, and protective and bale nets.

Polypropylene (PP) – a polymer of propylene often used in films and bags (woven and non-woven) and rigid crates.

Expanded polystyrene (EPS) - it is primarily used for insulation e.g. packaging for produce where temperature needs to be controlled.

Ethylene-vinyl acetate copolymer (EVA) – the copolymer of ethylene and vinyl acetate. It is an elastomeric polymer that produces materials which are "rubber-like" in softness and flexibility. The material has good clarity and gloss, low-temperature toughness, stress-crack resistance, hot-melt adhesive waterproof properties, and resistance to ultraviolet (UV) radiation.

Polyvinylchloride (PVC) – a polymer that comes in two basic forms: rigid and flexible; the rigid form of PVC is used in construction of pipe and in profile applications.

Polyethylene terephthalate (PET) – a polyester thermoplastic polymer used for fibres and containers for liquids and foods.

Viticulture with high erosion risks, plays an important role in transport and distribution of material to other terrestrial and aquatic systems. Topsoils (0–10, 10–30 cm) and plastic particles on soil surfaces from eight vineyard were sampled in the study of Klaus et al. (2024). The mean microplastic concentration was 4200 particles kg^{-1} , with detected mean sizes of $230\text{ }\mu\text{m}$. The distribution pattern showed higher microplastic concentration in topsoil, at middle and bottom slope position. The smallest particle sizes were found in subsoil samples and bottom position. Erosion is assumed to be a potential downhill transport pathway. Management affects polymer composition. Polymer composition of micro- and macroplastics partly coincide, thus in-situ fragmentation, is considered to be the major input source (Klaus et al., 2024).

The solution could come from an integrated approach of innovative design of agricultural plastics (AP) products, including material recirculation, use of AP certified as biodegradable in soil and/or organic recycling, in combination with restriction of primary „*Micro and Nano-plastics*” presence in fertilisers, biosolids, composts etc. (Briassoulis, 2023).

DEFINITION OF MICROPLASTICS (MP)

Microplastics encompass a wide range of materials composed of different substances, with different densities, chemical compositions, shapes and sizes. There is no scientifically-agreed definition of microplastics, although they are frequently defined as plastic particles in size from 5 millimetres down to a micrometre, between 1 micrometer and 5 millimetres (French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety 2025, World Health Organization, 2019, Zajac et al., 2025). By FAO (2021) we can recognise them as: micro < 5 mm, nano < 1 µm.

All living species, from the smallest (e.g. zooplankton) to the largest (e.g. whales), can ingest them. Plastics are made not only of polymers, but also of a mixture of various additives that give the plastics their properties: flexibility, rigidity, fire resistance. Certain contaminants, whether chemical (heavy metals) or biological (bacteria), can attach themselves to the surface of plastics (French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety, 2025).

MP PRESENCE IN FOOD / HUMAN BODY

Low-cost and adaptable plastic products have crept into every part of our food systems – from fishing gear and tree guards to greenhouses (FAO, 2012). Microplastic food contamination has become a growing concern due to its potential impacts on human health. Microplastics as tiny plastic particles less than 5mm in size can originate from various sources, such as cosmetics, textiles, and plastic packaging. These particles can enter the food chain through multiple routes, such as the environment as it was already mentioned, food processing, and packaging. They can accumulate in different types of food, including seafood, drinking water, and agricultural produce. Exposure through food consumption is a significant concern, as it is difficult to avoid and can potentially cause adverse health effects. Microplastics can accumulate in the human body and have been linked to various health issues, such as inflammation, organ damage, and the disruption of endocrine and immune systems. They can act as vectors for harmful chemicals and pathogens, further exacerbating their potential health impacts. They were found to be in bottled and tap water, beer, honey (Zajac et al., 2025)

POSSIBLE WAYS OF WINE CONTAMINATION

From soil to grape

A critical concern for both producers and consumers is whether these particles can actually enter the grapevine itself. The plant absorbs water through root hairs. Evidence in crops suggests that "nanoplastics", particles even smaller than microplastics, can be absorbed by these root hairs and move into the plant's vascular system. If these particles are transported through the xylem, there is a theoretical pathway for them to accumulate in the fruit (De Schepper et al., 2013). The long life-span of grapevines (often 30 to 100 years) allows bioaccumulation that annual crops do not face. More direct route is atmospheric. During the ripening stage, grapes develop a waxy coating called the bloom. This coating is slightly sticky and acts as a magnet for atmospheric dust, which includes synthetic fibers from clothing, tires, and industrial activity. Grapes are rarely washed before crushing, airborne microplastics are moved directly into the fermentation vat.

From grape to wine

There is limited research that addresses microplastics (MP) contamination on the surfaces of fruits. Study of Nassar et al. (2025) characterizes MPs on the surface of grapes purchased from three markets. Among

the produce tested from three markets (A, C, and L), grapes exhibited the highest number of MPs in market A, with $0.891 \text{ n} \cdot \text{mm}^{-2}$ as the maximum. Most MP were transparent, with every sample containing above 85% transparency, that may suggest potential origins such as the transparent packaging. MP were predominantly made of carbon and oxygen, with traces of Si, Zn, Mg, Fe, Al, and Na also detected. These elements support evidence that MPs can absorb chemical and harmful substances, which may desorb upon ingestion and pose potential risks to human health. The exposure assessment revealed that children and adults consuming grapes from market A may ingest up to $4.04 \cdot 10^{-4}$ and $9.24 \cdot 10^{-5} \text{ MPs} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$, respectively.

Drinking water

The potential hazards associated with microplastics come in three forms: physical particles, chemicals and microbial pathogens as part of biofilms. Although there is insufficient information to draw firm conclusions on the toxicity related to the physical hazard of plastic particles, particularly for the nano size particles, no reliable information suggests it is a concern. Limited evidence suggests that key sources of microplastic pollution in freshwater sources are terrestrial run-off and wastewater effluent. Optimized wastewater (and drinking-water) treatment can effectively remove most microplastics from the effluent. In freshwater studies, reported microplastic particle counts ranged from around 0 to 1000 particles·l⁻¹. Regarding the microplastics in drinking-water; these studies reported particle counts in individual samples from 0 to 10 000 particles·l⁻¹ and mean values from 10–3 to 1000 particles·l⁻¹. A comparison of the data between freshwater and drinking-water studies should not be made because in most cases freshwater studies targeted larger particles, using filter sizes that were an order of magnitude larger than those used in drinking-water studies (World Health Organization, 2019).

Package and wine production

Use of plastics is ubiquitous in the food and beverage industries, with expanding usage in wine production. Foodstuffs can become contaminated with plastic additives through food-contact processing and packaging materials, leading to environmental and human health concerns (Plank and Trela, 2018). Beverages, often packaged in plastic, can be a source of microplastics in the human diet (Prata et al., 2020).

The origin of the microplastics found in drinks packaged in glass bottles with caps was investigated. These particles probably came from the metal caps, and more specifically from the paint that covered them. The microplastics found in the drinks were mostly the same colour and had the same composition as the paint on the caps. The paint on these caps had tiny scratches that were invisible to the naked eye and had probably been caused by friction between the caps when they were stored before use. This friction, which released particles from the surface of the caps, was thought to be the source of the microplastics found. While an average of 287 particles·l⁻¹ were found in the water of the bottles sealed with uncleaned caps, this number decreased significantly, to 106 particles·l⁻¹, when air was blown on the caps before they were placed on the bottles. It fell further to 87 particles·l⁻¹ when blowing was followed by rinsing. To prevent plastic particles from being released into drinks contained in bottles sealed with caps, manufacturers could also explore other lines of action, such as changing the conditions in which the caps are stored before use, to avoid friction, or modifying the composition of the paint used on the caps (French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety).

The study of Chaïb et al. (2025) was set up to address the level of microplastic contamination in water, grape and wine. Focus was put on the impact of different containers: plastic, glass, brick, can, cubitainer, on this contamination. Heterogeneous results were obtained with mean contamination levels of 2.9 MPs·l⁻¹ in waters, and 8.2 MPs·l⁻¹ in wines. The most contaminated containers were glass bottles. Caps were suspected to be the main source of contamination, as the majority of particles isolated in beverages were identical to the color of caps and shared the composition of the outer paint. MPs were present in all the samples

analyzed, with contamination levels heterogeneous depending on beverages, with a size between 30 and 500 μm . A cleaning step before encapsulation can significantly reduce beverages' contaminations. However, cleaning does not remove all the MPs from the capsule. The wine found in bricks showed the highest MPs content (30.0 $\text{MPs}\cdot\text{l}^{-1}$). The level of MPs was significantly different between brick and large plastic bottles, between brick and glass and between small plastic and large plastic, and between brick and cubitainer. A significant difference in contamination levels was also observed among the different types of wine.

Method for detection of microplastics in white wines capped with synthetic stoppers was explored. Quantification in the optical microscope identified up to 5,857 particles $\cdot\text{l}^{-1}$ (Prata et al., 2020).

CONCLUSION

Efforts to mitigate microplastic contamination include better waste management practices, promoting biodegradable and compostable packaging, and improving food processing methods. Microplastic contamination of food is a complex issue requiring a multidisciplinary approach to address its ecological and human health implications.

The solution could come from an integrated approach of innovative design of agricultural plastics products, including material recirculation, use of AP certified as biodegradable in soil and/or organic recycling, in combination with restriction of primary „*Micro and Nano-plastics*” presence in fertilisers, biosolids, composts etc.

ACKNOWLEDGMENT

The research implementation was supported by the project APVV-23-0036 „Optimization of methods for detecting the presence of microplastics in food“.

REFERENCES

- Briassoulis, D. (2023): Agricultural plastics as a potential threat to food security, health, and environment through soil pollution by microplastics: problem definition. *Science of the Total Environment*, 892, 164533. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164533>
- Büks, F., Kaupenjohann, M. (2020): Global concentrations of microplastics in soils – a review. *SOIL*, 6, 649–662. Available at: <https://doi.org/10.5194/soil-6-649-2020>
- De Schepper, V., De Swaef, T., Bauweraerts, I., Steppe, K. (2013): Phloem transport: A review of mechanisms and controls. *Journal of Experimental Botany*, 64(16), 4839–4850.
- FAO (2021): *Assessment of agricultural plastics and their sustainability – A call for action*. Rome. 160 p. ISBN 978-92-5-135402-5. Available at: <https://openknowledge.fao.org/items/94eb5786-232a-496f-8fcf-215a59ebb4e3>
- French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety (2025): Microplastics: risks to the environment and health. Available at: <https://www.anses.fr/en/content/microplastics-risks-environment-and-health>
- French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety (2025): The caps of glass bottles contaminate beverages with microplastics. Available at: <https://www.anses.fr/en/content/caps-glass-bottles-contaminate-beverages-microplastics>
- Hurley, R. R, Nizzetto, L. (2018): Fate and occurrence of micro(nano)plastics in soils: knowledge gaps and possible risks *Current Opinion in Environmental Science and Health*, 1, 6–11. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.006>

Chaïb, I., Doyen, P., Merveillie, P., Dehaut, A., Duflos, G. (2025): Microplastic contaminations in a set of beverages sold in France. *Journal of Food Composition and Analysis*, 144.
Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.107719>.

Klaus, J., Seeger, M., Bigalke, M., Weber, C. J. (2024): Microplastics in vineyard soils: First insights from plastic-intensive viticulture systems. *Science of the Total Environment*, 947.
Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174699>

Koutnik, V. S., Leonard, J., Alkidim, S., Deprima, F. J., Ravi, S., Hoek, E. M. V., Mohanty, S. K. (2021): Distribution of microplastics in soil and freshwater environments: Global analysis and framework for transport modeling. *Environmental Pollution*, 274, 116552.
Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116552>

Nassar, S., Tatan, B., Mortula, M. M., Fattah, K. P., Atabay, S. (2025): Microplastics Contamination on the Surfaces of Fruits and Vegetables: Abundance, Characteristics, and Exposure Assessment. *Microplastics*, 4(3), 61. Available at: <https://doi.org/10.3390/microplastics4030061>

Plank, C. M., Trela, B. C. (2018): A Review of Plastics Use in Winemaking: HACCP Considerations. *American Journal of Enology and Viticulture*, 69, 307–320.
Available at: <https://doi.org/10.5344/ajev.2018.17041>

World Health Organization (2019): Microplastics in Drinking Water. Available at: <https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/microplastics-in-dw-information-sheet190822.pdf>

Zajac, P., Čapla, J., Čurlej, J. (2025): Microplastic contamination of food. *SciFood*, 19(1), 1–16. Available at: <https://doi.org/10.5219/scifood.1>

Contact Information: doc. Ing. Martina Fikselová, PhD., Institute of Food Sciences, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Slovak University of Agriculture, Tr. A. Hlinku 2, 949 76, Nitra, e-mail: martina.fikselova@gmail.com

**VLIV RECEPTURY NA NUTRIČNÍ VLASTNOSTI STRAVY
PRO TAKTICKÉ, PROFESIONÁLNÍ A KRIZOVÉ NASAZENÍ**
**THE INFLUENCE OF RECIPE FORMULATION ON THE NUTRITIONAL
PROPERTIES OF THE FOOD RATIONS FOR THE TACTICAL,
PROFESSIONAL, AND CRISIS DEPLOYMENT**

Alexej Georgijevič¹

¹ Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0071>



ABSTRAKT

Tato studie analyzuje vliv recepturního složení na nutriční vlastnosti potravinových dávek určených pro taktické, profesionální a krizové nasazení. Projekt byl zaměřen na vývoj speciální výživy, která překračuje tradiční vojenský rámec a nachází uplatnění také u hasičů, policie, integrovaného záchranného sboru či humanitárních týmů. Výzkum vychází z normativního rámce NATO, zejména standardizační dohody STANAG 2937, a z doporučení FAO (Organizace pro výživu a zemědělství) a WHO (Světová zdravotnická organizace) týkajících se energetických a nutričních potřeb organismu v závislosti na úrovni fyzické zátěže. Standardizační dohoda popisuje specifiku individuálních polních dávek, nouzových dávek a dávek pro přežití se zaměřením na poměr makroživin, energetickou hustotu a metabolické dopady. Součástí práce je rovněž vypracování technických, technologických, normativních a logistických aspektů, včetně požadavků na stabilitu, skladovatelnost, senzorickou kvalitu, a také zapojení do autonomního zásobování pomocí bezpilotních systémů s cílem zvýšit operační efektivitu a bezpečnost nasazeného personálu.

Klíčová slova: potravinové dávky, krizové nasazení, STANAG 2937, nutriční optimalizace, bezpilotní letecké systémy

ABSTRACT

This study analyses the effect of recipe formulation on the nutritional properties of food rations intended for tactical, professional, and crisis deployment. The project focuses on the development of specialised nutrition that goes beyond the traditional military framework and also finds application among firefighters, police forces, integrated rescue services, and humanitarian teams. The research is based on the NATO normative framework, in particular the standardisation agreement STANAG 2937, and on the recommendations of the FAO (Food and Agriculture Organization) and the WHO (World Health Organization) concerning the energy and nutritional requirements of the human body in relation to the level of physical activity. The standardisation agreement describes the specific characteristics of individual field rations, emergency rations, and survival rations with emphasis on macronutrient ratios, energy density, and metabolic impacts. The study also addresses technical, technological, regulatory, and logistical aspects, including requirements for stability, shelf life, and sensory quality, as well as the integration of autonomous supply using unmanned aerial systems in order to increase operational efficiency and the safety of deployed personnel.

Keywords: food rations, crisis deployment, STANAG 2937, nutritional optimisation, unmanned aerial systems

ÚVOD

V poslední době prochází oblast speciální výživy výraznou transformací – pozornost se přesouvá od výhradně taktického zaměření k širšímu pojetí nutriční podpory pro profesionální a krizové operace. Potravinové dávky

se dnes stávají klíčovým prvkem operační schopnosti nejen u ozbrojených složek, ale nacházejí další uplatnění také u hasičů, policie, složek integrovaného záchranného systému (IZS) či humanitárních týmů nasazovaných při rozsáhlých katastrofách.

Pro tyto různorodé skupiny tradiční vojenská řešení bojových dávek nejsou dostatečná, což vyžaduje přizpůsobení speciální výživy konkrétním fyziologickým potřebám jednotlivých typů nasazení. Při návrhu dávek je klíčové zohlednit jejich nutriční hodnotu a ověřit efektivitu složení v závislosti na předpokládané fyzické zátěži (PAL – Physical Activity Level).

Vedle zajištění odpovídajícího příjmu energie a makroživin je také cílem minimalizace vlivu lidského faktoru v logistickém řetězci a zvýšení přesnosti a rychlosti zásobování prostřednictvím moderních bezpilotních systémů (UAS). Celé odvětví se tak postupně posouvá směrem k autonomní logistice, která umožní doručování potravinových dávek i do nejnáročnějších podmínek, čímž se zvyšuje efektivita operací a zajišťuje vyšší bezpečnost nasazeného personálu.

NORMATIVNÍ RÁMEC

Jednou ze základních podmínek dosažení plné součinnosti mezi členskými státy NATO je zavádění standardizačních dohod STANAG (Standardization Agreement), které sjednocují postupy ozbrojených sil Aliance. Pro oblast výživového zabezpečení vojáků je klíčovou normou STANAG 2937, která specifikuje požadavky na potravinové dávky v bojových situacích, kdy není možné zabezpečit zásobování teplou stravou. Norma rozlišuje tři základní typy dávek: individuální bojovou dávku potravy (BDP), která představuje nejrozšířenější formu potravinové dávky, a dále specializované nouzové dávky a dávky pro přežití. Tyto dvě kategorie v rámci standardizační dohody představují samostatné typy potravin určené pro kritické situace, v nichž individuální bojové dávky narážejí na své limity, zejména z hlediska vyšší hmotnosti, objemu a závislosti na dostupnosti pitné vody pro přípravu stravy. Na rozdíl od standardních individuálních dávek (BDP) jsou nouzové a přežití určené sady plně připraveny k okamžitému použití i v extrémních podmínkách s omezeným přístupem k vodě, jelikož nevyžadují žádnou formu rehydratace ani tepelného zpracování (NATO STO, 2010).

Výzkum dále integruje doplňující doporučení, zejména dokumenty FAO/WHO, které definují potřeby lidského organismu z hlediska denního příjmu živin v závislosti na úrovni fyzické zátěže. Tato doporučení slouží k analýze nutričního přínosu a k následné optimalizaci složení potravinových dávek pro širší profesionální využití (NATO STO, 2010).

NUTRIČNÍ SPECIFIKA

Individuální dávka (BDP) musí podle standardizační dohody STANAG 2937 poskytovat kompletní a zdravotně nezávadné nutriční zabezpečení vojáka po dobu jednoho dne, s minimální energetickou hodnotou 13 400 kJ (cca 3200 kcal). Tato dávka je určena k zajištění odpovídající výživy v bojových situacích, přičemž se nepředpokládá její používání déle než 30 po sobě jdoucích dnů. Norma zároveň umožňuje členům Aliance respektovat národní stravovací zvyklosti. Speciální dávky, tedy nouzová a dávka pro přežití, se liší nejen podle účelu nasazení, ale i podle specifických metabolických nároků organismu v krizových situacích, přičemž při jejich návrhu je klíčové stanovit optimální poměr makroživin a energetickou hustotu tak, aby strava co nejlépe odpovídala fyziologickým potřebám vojáka při aktivním nasazení, v podmínkách zvýšené fyzické zátěže nebo v režimu přežití (FAO/WHO/UNU, 2001).

Nouzová dávka (Emergency Ration) je určena pro aktivní nasazení v extrémních podmínkách, kdy není možné použít standardní individuální dávky. Charakterizována poměrem makroživin, kde sacharidy tvoří přibližně 45–65 % celkového energetického příjmu, bílkoviny zhruba 13 % a tuky nepřesahují 35 %. Její složení

zahrnuje funkční složky podporující zvládání vysoké fyzické i psychické zátěže při profesionálním a krizovém nasazení. Zároveň se vyznačuje vysokou energetickou hustotou a optimalizovaným složením, které minimalizuje pocit žízně, což je klíčové v podmínkách omezeného přístupu k pitné vodě (FAO/WHO/UNU, 2001).

Dávka pro přežití (Survival Ration) slouží jako forma obživy určená k udržení základních životních funkcí v podmínkách extrémní nouze při minimálním energetickém výdeji. Její složení je založeno na dominanci sacharidů, které tvoří hlavní energetickou složku. Obsah tuků je záměrně nízký, aby se minimalizovalo riziko dehydratace při nedostatku vody (FAO/WHO/UNU, 2001; NATO STO, 2010).

TECHNICKÉ A TECHNOLOGICKÉ ASPEKTY

V současné době lze konstatovat, že většina států NATO klade v oblasti bojových dávek potravin důraz na co nejvýhodnější poměr hmotnosti dávky a její energetické a nutriční hodnoty. V polních podmínkách, kdy je voják nucen sám nosit dávku, je proto výhodou co nejmenší hmotnost při zachování vysoké energetické denzity (Marriott a Carlson, 1996).

Kromě nutričního složení musí být hotový produkt navržen s ohledem na požadavky na odolnost a skladování. Obě kategorie dávek musí vykazovat vysokou stabilitu, odolávat extrémnímu horku i mrazu a mít minimální trvanlivost 24 měsíců při teplotě 25 °C bez nutnosti chlazení. Balení musí být vodotěsné a odolné proti hmyzu, přičemž u dávek pro přežití je kladen důraz na možnost jejich uložení v malých záchranných prostorech (Marriott a Carlson, 1996; Burke, 2001).

Senzorická kvalita se hodnotí na 9-bodové škále (9 – Extrémně příjemné, 8 – Velmi příjemné, 7 – Středně příjemné, 6 – Mírně příjemné, 5 – Ani příjemné, ani nepříjemné, 4 – Mírně nepříjemné, 3 – Středně nepříjemné, 2 – Velmi nepříjemné, 1 – Extrémně nepříjemné), přičemž hodnocení jednotlivých složek nesmí klesnout pod bod 6,0, aby se i v nouzových situacích předešlo odmítání stravy vlivem únavy či stresu (de Graaf et al., 2005; Hirsch et al., 2005).

LOGISTICKÉ ASPEKTY

Současným trendem v oblasti doručování je integrace do plně autonomních logistických řetězců. Tento posun je motivován potřebou rychlého, přesného a spolehlivého zásobování v krizových nebo bojových zónách, kde standardní pozemní doprava často selhává v důsledku poškozené infrastruktury nebo nepřístupného terénu. Bezpilotní letecké systémy (UAS) umožňují překonávat geografické bariéry, například oblasti postižené katastrofou, husté lesní porosty, bažiny nebo regiony zcela bez cestní sítě.

Tento způsob doručování nabízí zásadní logistické výhody. Mezi nejdůležitější patří vysoká rychlost díky optimalizovaným trasám, minimalizace lidského kontaktu (klíčové například v době pandemie) a schopnost operovat nepřetržitě, bez ohledu na únavu lidské posádky. Současné technologie již umožňují doručování nákladů od několika kilogramů až po těžké zásilky přesahující 300 kg, což pokrývá široké spektrum potřeb – od individuálních bojových dávek až po hromadné nouzové zásoby. Ačkoliv plně automatizované systémy, které by bez lidského zásahu integrovaly všechny fáze od skladu až po koncového příjemce, jsou stále předmětem intenzivního výzkumu a vývoje, jejich implementace představuje nezbytnou transformaci pro zefektivnění logistického zabezpečení taktických, profesionálních a humanitárních operací (Solomin et al., 2025).

ZÁVĚR

Z provedené analýzy dostupných zdrojů vyplývá, že současné řešení potravinových dávek pro taktické, profesionální a krizové nasazení může být dále zdokonaleno a lépe přizpůsobeno rostoucím nárokům

na nutriční požadavky, flexibilitu a specifické podmínky jednotlivých typů operací. Na základě platného normativního rámce NATO a dalších doporučení je zřejmé, že optimalizace poměru makroživin, energetické hustoty a funkčních složek stravy musí vycházet z předpokládané úrovně fyzické zátěže a délky nasazení. Zvláštní důraz je nutné klást na minimalizaci rizik dehydratace, metabolického rozvratu organismu a poklesu výkonu v podmínkách omezeného přístupu k vodě a zvýšeného fyzického i psychického stresu.

Jedním z hlavních úkolů této práce je vypracování nových receptur a související technické dokumentace potravinových dávek, které budou cíleně optimalizovat nutriční vlastnosti stravy podle konkrétního typu nasazení – od aktivního taktického použití přes profesionální krizové operace až po režim přežití. Nově navržené produkty budou respektovat nejen nutriční a fyziologické požadavky, ale také technologické limity, senzoryckou přijatelnost a požadavky na dlouhodobou stabilitu a skladovatelnost. Současně bude návrh dávek koncipován s ohledem na moderní trendy v autonomním logistickém zabezpečení, zejména na integraci bezpilotních systémů, které umožňují přesné, rychlé a bezpečné doručování i do obtížně přístupných oblastí. Tyto produkty tak vytvoří základ pro efektivní, bezpečné a udržitelné nutriční zabezpečení taktických, profesionálních a krizových operací v podmínkách 21. století.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce je věnována památce všem, kteří zemřeli při výkonu svého povolání nebo při pomoci druhým. Rád bych vyjádřil své poděkování týmu Ústavu technologie potravin Mendelovy univerzity v Brně za poskytnutou příležitost pracovat na tomto projektu pod odborným vedením prof. MVDr. Ing. Tomáše Komprdy, CSc. a doc. Ing. Miroslava Jůzla, Ph.D.

LITERATURA

Marriott, B. M., Carlson, S. J. (1996): Nutritional Needs in Cold and High-Altitude Environments: Applications for Military Personnel in Field Operations. Committee on Military Nutrition Research, Institute of Medicine; ISBN: 0-309-55677-5.

De Graaf, C., Cardello, A. V., Kramer, F. M., Leshner, L. L., Meiselman, H. L., Schutz, H. G. (2005): A comparison between liking ratings obtained under laboratory and field conditions: the role of choice. *Appetite*, 44(1), 15–22. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2003.06.002>

Hirsch, E. S. et al. (2005): Effects of food attributes and feeding environment on acceptance, consumption and body weight: lessons learned in a twenty-year program of military ration research US Army Research (Part 2). *Appetite*, 44, 33–45. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2004.04.010>

FAO/WHO/UNU (2001): Human energy requirements: Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Rome, 17–24 October 2001. FAO Food and Nutrition Technical Report Series 1; ISBN 92-5-105212-3

Burke, L. M. (2001): Nutritional needs for exercise in the heat. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 128(4), 735–748. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/s1095-6433\(01\)00279-3](https://doi.org/10.1016/s1095-6433(01)00279-3)

NATO Science and Technology Organization (2010): Nutrition Science and Food Standards for Military Operations. ISBN 978-92-837-0097-5.

Solomin, E. V. et al. (2025): Overview of unmanned aircraft cargo delivery systems. *Siberian Aerospace Journal*, 26, 264–290. Dostupné z: <https://doi.org/10.31772/2712-8970-2025-26-2-264-290>

Kontaktní adresa: Mgr. Alexej Georgijevič, Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: xgeorgij@mendelu.cz

VYBRANÉ ASPEKTY VARIABILITY LAKTOFERINU A LYSOZYMU V MLÉCE

SELECTED ASPECTS OF THE VARIABILITY OF LACTOFERRIN AND LYSOSYME IN MILK

Oto Hanuš¹ – Hana Nejeschlebová¹ – Klára Bartáková¹

Marcela Klimešová¹ – Radoslava Jedelská¹

¹ Výzkumný ústav mlékárenský, Ke Dvoru 12a, 160 00, Praha, Česká republika;
Veterinární univerzita Brno, Palackého 1946/1, 612 42, Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0075>



ABSTRAKT

Bioaktivní laktoproteiny v mléce, laktoferin (LF) a lysozym (LYS), nabízejí možnosti kontroly zdraví mléčné žlázy při rutinních analýzách v praxi. Korelace výsledků LF a LYS mezi referenční HPLC a nepřímou metodou MIR-FT byly: 0,79 a 0,51 ($p < 0,001$). Pro LF v kozím mlezivu to bylo 0,91 ($p < 0,001$). Dvě vyšší hodnoty jsou analyticky využitelné. Korelace LF k ukazatelům zdraví vemene prokázaly na možnost praktické interpretace v kontrole zdraví mléčné žlázy.

Klíčová slova: mléko, kráva, koza, analýza, laktoferin, lysozym, zdraví vemene

ABSTRACT

The bioactive lactoproteins in milk, lactoferrin (LF) and lysozyme (LYS), offer possibilities for monitoring mammary gland health in routine analyses in practice. The correlations of LF and LYS results between the reference HPLC and the indirect MIR-FT method were: 0.79 and 0.51 ($p < 0.001$). For LF in goat colostrum it was 0.91 ($p < 0.001$). The two higher values are analytically usable. The correlations of LF to udder health indicators demonstrated the possibility of practical interpretation in monitoring of mammary gland health.

Keywords: milk, cow, goat, analysis, lactoferrin, lysozyme, udder health

ÚVOD

Bioaktivní mléčné proteiny laktoferin (LF) a lysozym (LYS) jsou důležité minoritní složky mléka, které jsou současně předmětem zvýšeného zájmu výzkumu i praxe. Uvedené vyplývá ze skutečnosti, že vykazují antibakteriální účinky (Arnold et al., 1982; Ghosh et al., 2018) a jsou součástí imunitního systému mléčné žlázy. LF je transportní glykoprotein vázající železo, který patří do skupiny transferinů. Je uznán jako potravinový doplněk, včetně kojenecké výživy a bývá i součástí kosmetiky, právě pro jeho antibakteriální aktivitu. LYS je ubikvitární enzym, který se vyskytuje u lidí, zvířat i rostlin. V mlékárenské praxi se lysozym využívá především při výrobě sýrů jako přírodní konzervant, který inhibuje růst klostridií způsobujících pozdní duření.

Z hlediska aktuálního výzkumu zajímavou otázkou jsou možnosti referenčních i nepřímých analýz LF (Soyeurt et al., 2007, 2012, 2020; Nejeschlebová et al., 2025) a LYS (Hanuš et al., 2025) a dále možnosti využití jejich hodnot v případném řízení prevence mastitid. Je tomu tak proto, že bývají zaznamenány vztahy LF a LYS v mléce k dalším průvodním ukazatelům mastitid, zejména subklinických. Příspěvek se zabývá posouzením některých výsledků kalibračních modelů nepřímých metod stanovení LF a LYS v mléce a kolostru a poznatky ohledně vybraných faktorů variability LF a LYS vzhledem na některé ukazatele zánětu mléčné žlázy.

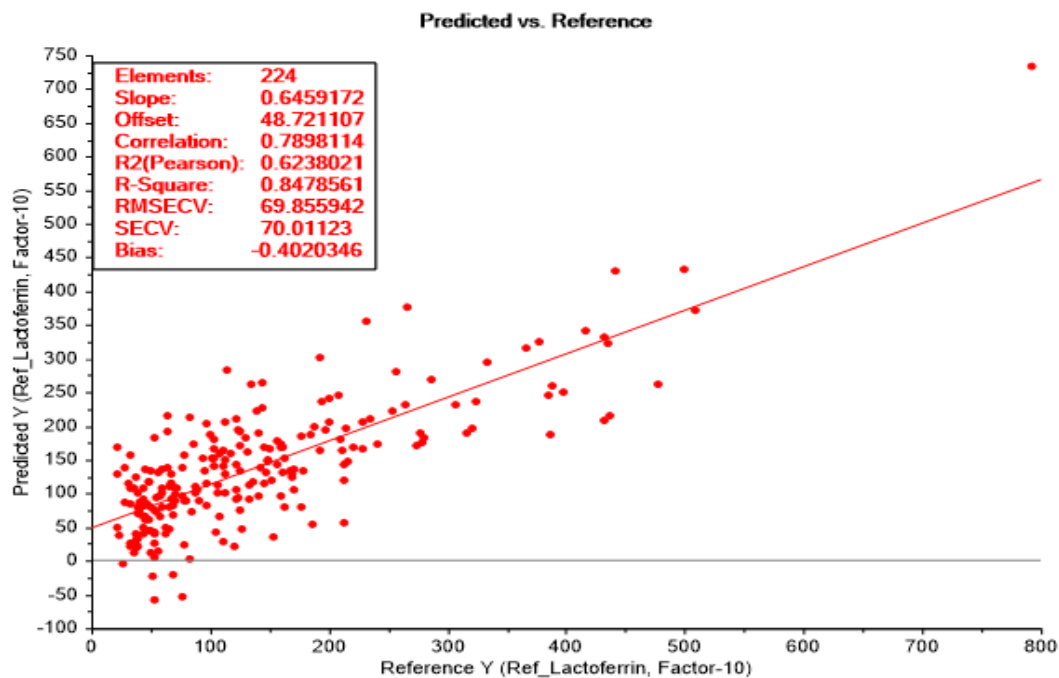
MATERIÁL A METODIKA

Byly odebírány individuální vzorky mléka dojníc při kontrole užitkovosti v zimním a letním období od plemene holštýn (H) a české strakaté (C). Soubory: I $n = 120$, při zvýšené selekci vzorků podezřelých ze subklinické mastitidy (H a C, 1 : 1); II $n = 91$; III $n = 21$, H a C. Soubory pak byly podle účelu hodnocení slučovány. Dále bylo odebráno 24 vzorků kozího mleziva, 2. (12) a 5. (12) den laktace. Referenční analýzy (LF a LYS) byly provedeny vysoceúčinnou kapalinovou chromatografií (HPLC): Alliance 2695 s PDA 2996 detektorem (Waters, USA) a kolonou Poroshell (Agilent Technologies, USA). Složení vzorků bylo měřeno na analyzátoru mléka (MIR-FT) DairySpec FT (Bentley Instruments, Chaska, Minnesota, USA). Obsah laktózy byl vyjádřen jako % monohydrátu laktózy. Kalibrace infraanalyzátoru (MIR-FT) pro měření LF byla instalována firemně (Craig Parsons, Bentley Instruments, Chaska, Minnesota, USA). Počet somatických buněk (PSB) v mléce byl stanoven pomocí metody průtočné cytometrie na fluoro-opto-elektronickém čítači částic Somacount 300 (Bentley Instruments, Chaska, Minnesota, USA). Měrná vodivost byla stanovena na konduktometru Hanna Instruments HI5321-02 (Woonsocket, USA). Přístroj byl kalibrován příslušným solným roztokem (KCl; $10,2 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$) pro měření každé sady vzorků mléka. Bod mrznutí mléka (BMM) byl stanoven kryoskopem Cryo-Star automatic (Funke-Gerber, Německo). Přístroj byl pravidelně kalibrován standardy solných roztoků (Funke-Gerber, Německo). Statistická analýza byla provedena výpočtem základních charakteristik mléčných ukazatelů. Výsledky ukazatelů PSB a LF byly logaritmicky transformovány. Při tvorbě kalibračních modelů (metoda PLS) a hodnocení vztahů mezi ukazateli a jejich výsledky byla použita lineární regrese a korelační analýza. Všechny operace byly provedeny v programu MS Excel (Microsoft, Redmond, Washington, USA).

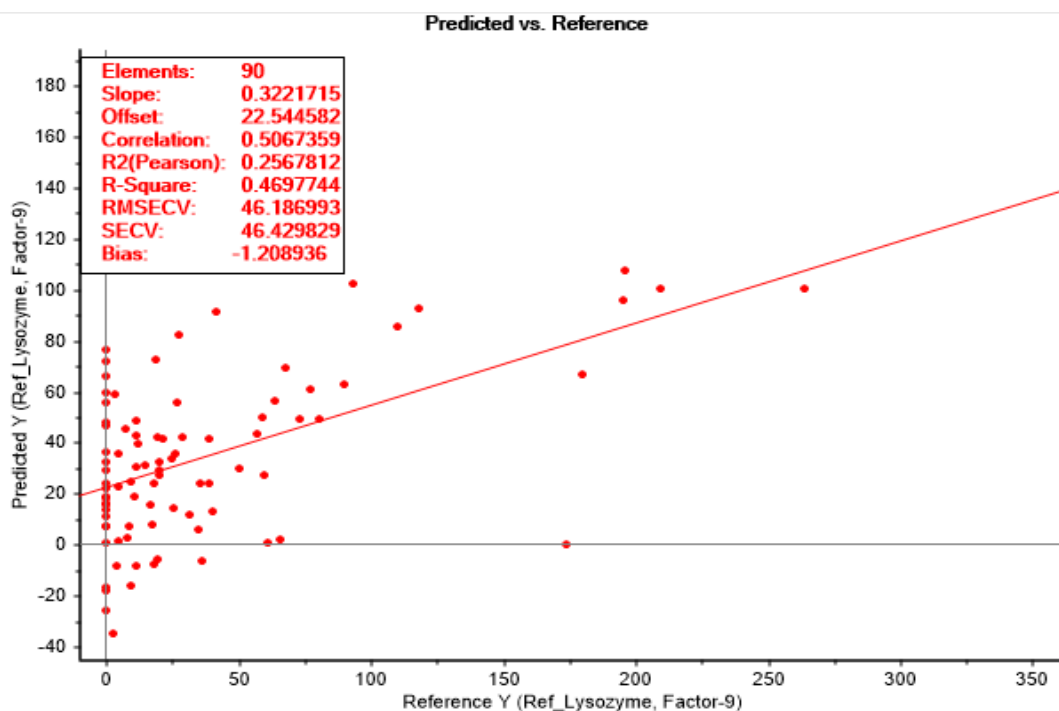
VÝSLEDKY A DISKUZE

Po vyhodnocení vztahů infraskpekter k referenčním hodnotám LF a LYS byly derivovány případné kalibrační modely pro nepřímou metodu MIR-FT. Korelační koeficienty těchto modelů, mezi výsledky metody referenční a nepřímé činily 0,79 a 0,51 (obr. 1 a 2; $p < 0,001$). Ukázalo se tak, že zatímco model LF by mohl být prakticky využitelný k rutinním odhadům koncentrace LF v mléce, např. v kontrole mléčné užitkovosti k dokumentaci dynamiky zdraví vemene, model LYS může naznačit jen velmi hrubý odhad. Důvodem pro nižší spolehlivost výtěžnosti signálu MIR-FT u LYS může být výrazně nižší obsah LYS v porovnání k LF. Zajímavý výsledek byl dosažen při v podstatě „nestandardním měření“ LF v kozím mlezivu (obr. 3) pomocí MIR-FT s LF kalibrací na kravské mléko. Korelační koeficient činil 0,91 ($p < 0,001$). Výsledek je příznivý z analytického pohledu, jakkoliv je postup nestandardní. Příznivý výsledek lze metodicky vysvětlit výrazně vyšším obsahem LF v mlezivu oproti zralému mléku.

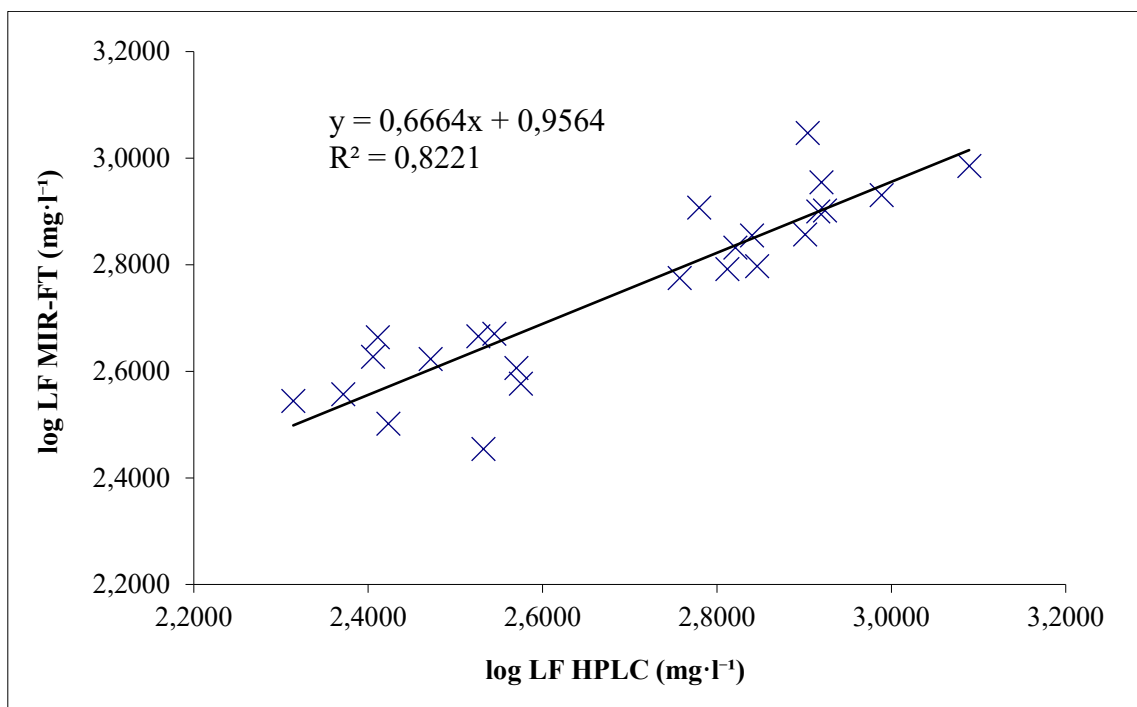
Dále byly prokázány některé vztahy LF a LYS k vybraným ukazatelům zdravotního stavu mléčné žlázy. V kravském mléce byly vypočteny korelace mezi LF HPLC a laktózou -0,45 ($p < 0,001$), PSB 0,53 ($p < 0,001$), konduktivitou 0,33 ($p < 0,01$) a BMM -0,15 ($p > 0,05$). V kozím mlezivu to byl vztah mezi LF MIR-FT a log PSB a laktózou: 0,251 ($p > 0,05$) a -0,84 ($p < 0,001$). V případě LYS kravského mléka byl zajímavý korelační vztah poměrně logicky pozorován k obsahu laktózy, -0,56 ($p < 0,001$; $n = 64$).



Obrázek 1: Kalibrační model MIR-FT pro obsah laktoferinu získaného referenční metodou HPLC; (n = 224), $r = 0,79$ ($p < 0,001$), 10 PLS faktorů; Craig Parsons (2024)



Obrázek 2: Kalibrační model MIR-FT pro obsah lysozymu získaného referenční metodou HPLC; (n = 90), $r = 0,51$ ($p < 0,001$), 10 PLS faktorů; Craig Parsons (2024)



Obrázek 3: Vztah mezi výsledky stanovení laktoferinu v kozím mlezivu metodou MIR-FT (s kalibrací na metodu ELISA v kravském mléce) a metodou referenční (HPLC); $n = 24$; $r = 0,907$ ($p < 0,001$)

ZÁVĚR

Ověření způsobilosti nepřímé metody MIR-FT k rutinní analýze obsahu bioaktivních proteinů, laktoferinu a lysozymu, v mléce podle referenčních výsledků HPLC přineslo poznatky k možnostem použití těchto hodnot k praktickým účelům, např. při kontrole mléčné užitkovosti. Po náznaku vztahů LF k ukazatelům zdraví mléčné žlázy se ukazuje prostor k aplikacím v kontrole zdraví vemene a aplikaci prevence subklinických mastitid.

PODĚKOVÁNÍ

Práce vznikla za podpory projektů MZe RO 1426 a NAZV Země QK 21010326.

LITERATURA

- Arnold, R. R., Russell, J. E., Champion, W. J., Brewer, M., Gauthier, J. J. (1982): Bactericidal Activity of Human Lactoferrin: Differentiation from the Stasis of Iron Deprivation. *Infection and Immunity*, 35, 792–799. Dostupné z: <https://doi.org/10.1128/iai.35.3.792-799.1982>
- Ghosh, S., Khan, N. I., Tsavalas, J. G., Song, E. (2018): Selective detection of lysozyme biomarker utilizing large area chemical vapor deposition-grown graphene-based field-effect transistor. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 6, 29. Dostupné z: <https://doi.org/10.1128/iai.35.3.792-799.1982>
- Hanuš, O., Bartáková, K., Nejeschlebová, H., Vorlová, L., Navrátilová, P., Klimešová, M., Kopecký, J., Jedelská, R., Nejeschlebová, L. (2025): CM 47 – Postup rychlého aproximačního odhadu obsahu lysozymu v mléce rutinní metodou infračervené spektrometrie. Metodika, ISBN 978-80-88390-11-4.
- Nejeschlebová, H., Hanuš, O., Bartáková, K., Parsons, C., Samková, E., Vorlová, L., Thompson, G., Hasoňová, L., Konečný, R., Navrátilová, P., Klimešová, M. (2025): Lactoferrin content determined in bovine milk by HPLC and mid-infrared spectrometry – Relation to udder health and potential for detection of milk adulteration. *Czech Journal of Animal Science*, 70(11), 467–479. Dostupné z: <https://doi.org/10.17221/114/2025-CJAS>

Soyeurt, H., Bastin, C., Colinet, F. G., Arnould, V. M. R., Berry, D. P., Wall, E., Dehareng, F., Nguyen, H. N., Dardenne, P., Schefers, J., Vandenplas, J., Weigel, K., Coffey, M., Theron, L., Detilleux, J., Reding, E., Gengler, N., McParland, S. (2012): Mid-infrared prediction of lactoferrin content in bovine milk: potential indicator of mastitis. *Animal*, 6(11), 1830–1838. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/S1751731112000791>

Soyeurt, H., Colinet, F. G., Arnould, V. M. R., Dardenne, P., Bertozzi, C., Renaville, R., Portetelle, D., Gengler, N. (2007): Genetic variability of lactoferrin content estimated by mid-infrared spectrometry in bovine milk. *Journal of Dairy Science*, 90(9), 4443–4450. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2006-827>

Soyeurt, H., Grelet, C., McParland, S., Calmels, M., Coffey, M., Tedde, A., Delhez, P., Dehareng, F., Gengler, N. (2020): A comparison of 4 different machine learning algorithms to predict lactoferrin content in bovine milk from mid-infrared spectra. *Journal of Dairy Science*, 103 (12), 11585–11596. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18870>

Kontaktní adresa: prof. Ing. Oto Hanuš, Ph.D., Výzkumný ústav mlékárenský, Ke Dvoru 12a, 160 00, Praha, e-mail: oto.hanus@vuchs.cz

VLIV ÚPRAVY A SKLADOVÁNÍ NA VYBRANÉ KVALITATIVNÍ PARAMETRY LAREV POTEMNÍKA MOUČNÉHO (*TENEBRIO MOLITOR*)

THE INFLUENCE OF PROCESSING AND STORAGE ON THE SELECTED QUALITATIVE PARAMETERS OF THE YELLOW MEALWORM LARVAE (*TENEBRIO MOLITOR*)

Veronika Božena Hendrychová¹ – Šárka Nedomová¹ – Barbora Odehnalová¹

Andrea Roztočilová¹ – Jan Slováček¹ – Adam Kovál¹

¹ Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0080>



ABSTRAKT

Larvy potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) vykazují velký potenciál pro využití v potravinářském průmyslu, přičemž způsob technologického zpracování ovlivňuje kvalitativní parametry. Byly připraveny dvě varianty larev: K (blanširované ve vodě) a C (blanširované ve 2% roztoku kyseliny citronové), larvy byly poté skladovány po dobu 6 měsíců. Varianta K vykazovala vyšší hmotnostní i objemový výtěžek (38,81 %; 172,80 %) než varianta C (33,51 %; 140,54 %). U varianty C bylo za stejných podmínek dosaženo vyššího stupně vysušení a vyšší objemové hustoty, která může souviset s plošším tvarem larev. Hodnoty pH byly u varianty C v průměru o 0,35 nižší než u varianty K. Geometrické parametry larev variant K i C byly během skladování relativně stabilní. U obou variant došlo při skladování ke statisticky významnému poklesu světlosti (L^*) a zintenzivnění červeného odstínu (a^*).

Klíčová slova: jedlý hmyz, sušení, skladování, geometrické parametry, barva

ABSTRACT

Mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) show a great potential for their use in the food industry, while the quality parameters of the product are affected by the method of technological processing. Two variants of the larvae were prepared: K (blanched in water) and C (blanched in a 2% citric acid solution). The larvae were then stored for 6 months. K variant showed a higher weight and volume yield (38.81%; 172.80%) compared to the C variant (33.51%; 140.54%). Under the same processing conditions, with the C variant the higher degree of drying and higher volume density was achieved. Higher volume density then may be associated with the flatter shape of the larvae. The pH values of the C variant were on average 0.35 lower than for the K variant. The geometric parameters of the larvae in K and C variants were relatively stable during storage. In both variants, there was a statistically significant decrease in the lightness (L^*) and an intensification of the red shade intensity (a^*) during storage.

Keywords: edible insects, drying, storage, geometric parameters, color

ÚVOD

Jedlý hmyz je považován za cennou komoditu a perspektivní surovinu pro potravinářský průmysl nejen z hlediska jeho nutričního složení, ale také z hlediska řešení globálních výzev v oblasti udržitelné produkce potravin (Pippinato et al., 2020; Cho a Ryu, 2021). Nutričně cennou komoditou je hmyz zejména pro svůj vysoký obsah bílkovin se zastoupením všech esenciálních aminokyselin, který u larev potemníka moučného může v sušině dosahovat až 55 % (Machona et al., 2022; Brogan et al., 2021).

Technologické zpracování hmyzu sestává z na sebe navazujících procesů, které nejčastěji zahrnují vyláčení hmyzu před samotným usmrcením, dále usmrcení následované blanširováním suroviny ve vroucí vodě,

vysušení a balení s možností skladování (Klunder et al., 2012; Saucier et al., 2021). Usmrcení je nejčastěji uskutečněno prostřednictvím šokového zmrazení, nebo ponořením do vroucí vody. Zařazením kroku blanširování lze dosáhnout snížení celkového počtu mikroorganismů a inaktivace endogenních enzymů, které mohou při skladování produktu způsobit enzymatický rozklad tuku (Megido et al., 2013). Pro snížení obsahu vlhkosti je poté nutno surovinu vysušit, kdy pro tento krok je využíváno zpravidla mikrovlnného záření, horkého vzduchu či lyofilizace (Saucier et al., 2021; Tobolková et al., 2021; Ribeiro et al., 2024).

Technologické zpracování jedlého hmyzu musí být co nejšetrnější s cílem produkce nutričně a spotřebitelsky cenného produktu, současně musí být však výsledný produkt zdravotně nezávadný a bezpečný pro konzumaci (Ojha et al., 2021; Saucier et al., 2021). Bezpečnost a odpovídající spotřebitelskou jakost si poté takto zpracovaný produkt musí zachovat po celou dobu skladování, je proto nutno zvolit adekvátní podmínky a dobu skladování (Rossi et al., 2023). Vyláčením hmyzu před jeho usmrcením lze zvýšit mikrobiologickou bezpečnost zpracovaného produktu a z hlediska dlouhodobého skladování a snížení rizika mikrobiální zkázy je nezbytné u produktu zachovat obsah vlhkosti pod 7 % (Kröncke et al., 2018; Vandeweier et al., 2017). Mimo mikrobiální bezpečnosti je nezbytné, aby u hmyzí suroviny byly zachovány i jakostní parametry klíčové zejména pro spotřebitele. Tyto parametry zahrnují zejména barvu produktu a vlhkost, která může být při neadekvátním způsobu skladování přijímána z vnějšího prostředí. S obsahem vlhkosti se poté pojí i texturní parametry produktu, zejména jeho pevnost a křupavost (Tobolková et al., 2021; Yener et al., 2024).

Cílem práce bylo stanovit vliv úpravy a skladování na vybrané kvalitativní parametry larev potměníka moučného (*Tenebrio molitor*).

MATERIÁL A METODIKA

Hmyzí surovina

Larvy potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) pocházely ze specializovaného českého farmového chovu hmyzu, produkujícího larvy vhodné i pro potravinářský průmysl. Larvy byly dále zpracovány technologickými procesy zahrnujícími usmrcení, blanširování či sušení.

Stanovení technologických a popisných parametrů zpracovaných a skladovaných larev

U zpracovaných produktů byly stanoveny technologické parametry – hmotnostní výtěžek (vypočítán dle vzorce: $(\text{hmotnost vysušených larev} / \text{hmotnost živých larev}) \times 100 [\%]$), objemový výtěžek (vypočítán dle vzorce: $(\text{objem vysušených larev} / \text{objem živých larev}) \times 100 [\%]$). Dále objemová hustota (vypočtena dle vztahu: $\text{hmotnost} / \text{objem} [\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}]$), obsah vlhkosti (analyzátozem vlhkosti) a pH. Vážením na laboratorních vahách byla stanovena individuální hmotnost jedné larvy, pomocí posuvného měřidla poté individuální délka a průměr jedné larvy.

Technologické zpracování a skladování larev

Živé larvy byly lačněny po dobu 48 hodin. Larvy byly usmrceny varem (100 °C/1 min). Blanširovány byly larvy dvěma způsoby a byly připraveny dvě varianty larev: kontrolní (blanširovány ve vroucí vodě po dobu 4 min; značeny K), s kyselinou citronovou (blanširovány ve 2% roztoku kyseliny citronové při 100 °C po dobu 4 min; značeny C). Larvy byly sušeny za využití kombinace mikrovlnného záření (350 W) a horkého vzduchu (200 °C) po dobu 18 min a pak vakuově uzavřeny a skladovány při teplotě 22 °C po dobu 6 měsíců.

Barevné parametry larev

Barevné parametry larev po technologickém zpracování a při skladování byly měřeny spektrofotometricky ve třech opakováních (Konica Minolta CM 3500d, Japonsko) v barevném prostoru CIELAB. Stanoveny byly barevné parametry L^* (světlost), a^* (zelený až červený odstín) a b^* (modrý až žlutý odstín).

Statistické zpracování

Data byla statisticky vyhodnocena s využitím softwaru STATISTICA 14; testy pro ověření normality rozdělení dat (Shapiro-Wilkův test), ověření homogenity rozptylů (Leveneův test), parametrická jednofaktorová analýza rozptylu ANOVA a post-hoc Tukeyův HSD test, v případě nesplnění požadavků na normalitu a homogenitu výběru byl proveden neparametrický Kruskal-Wallisův test. Testy byly provedeny na hladině významnosti 95 % ($p < 0,05$).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Hmotnostní výtěžek byl u varianty K $38,81 \pm 2,12$ %, u varianty C poté $33,51 \pm 1,57$ %. Objemový výtěžek byl u varianty K $172,80 \pm 9,64$ %, u varianty C poté $140,54 \pm 10,13$ %. U varianty K bylo dosaženo vyššího hmotnostního i objemového výtěžku larev než u varianty C, kdy vyšší hmotnostní výtěžek svědčí o vyšším obsahu vlhkosti u této varianty zpracovaných larev. Obsah sušiny a hodnoty pH u zpracovaných a skladovaných larev jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Obsah sušiny a hodnoty pH po technologickém zpracování a při skladování larev potměníka moučného

Varianta, doba skladování	Sušina [%]	pH
K, 0	$94,72 \pm 3,05$	$7,01 \pm 0,00$
K, 3 měsíce	$94,85 \pm 0,01$	$7,07 \pm 0,02$
K, 6 měsíců	$94,60 \pm 0,01$	$7,11 \pm 0,05$
C, 0	$96,77 \pm 3,29$	$6,88 \pm 0,04$
C, 3 měsíce	$95,77 \pm 0,08$	$6,56 \pm 0,00$
C, 6 měsíců	$94,89 \pm 0,01$	$6,59 \pm 0,04$

Legenda: Data prezentována jako průměrná hodnota $\pm$ směrodatná odchylka

Při stejném způsobu a době sušení bylo u varianty C dosaženo vyššího stupně vysušení v porovnání s variantou K a toto naznačuje vliv kyseliny citronové na strukturu buněk a zvýšení jejich propustnosti pro odpar vody při sušení. K obdobnému závěru dospěli i Darshan et al. (2025), kteří uvádějí urychlení procesu sušení o 36–63 % po předúpravě suroviny v roztoku kyseliny citronové. V průběhu skladování nedocházelo k významným změnám v obsahu sušiny u varianty K, u varianty C poté došlo k mírnému snížení obsahu sušiny vlivem absorpce vzdušné vlhkosti. V průběhu celého skladování byly hodnoty pH larev variant C v průměru o 0,35 nižší oproti larvám varianty K. U zpracovaných a skladovaných larev byla stanovena objemová hustota, která je uvedena v tabulce 2.

Tabulka 2: Objemová hustota (ρ) po technologickém zpracování a při skladování larev potměníka moučného

Varianta, doba skladování	ρ zpracování [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	ρ skladování [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]
K, 0	0,131	0,131
K, 3 měsíce	0,114	0,115
K, 6 měsíců	0,131	0,131
C, 0	0,163	0,163
C, 3 měsíce	0,140	0,126
C, 6 měsíců	0,163	0,163

Legenda: ρ zpracování = objemová hustota larev po technologickém zpracování, ρ skladování = objemová hustota larev v průběhu skladování, data prezentována jako průměrná hodnota

Hodnoty objemové hustoty byly vyšší u varianty C oproti variantě K, kdy nižší hodnoty objemové hustoty u varianty K lze považovat za důsledek zvětšení objemu larev během skladování, případně jako kombinaci úbytku hmotnosti při zachování objemu. U varianty C při skladování zpravidla poklesl objem i celková hmotnost larev. Nižší hodnoty objemové hustoty poté naznačují plnější tvar larev, který je důležitý zejména z hlediska spotřebitelského. U larev zpracovaných a skladovaných byly stanoveny geometrické parametry (délka, průměr) a individuální hmotnost 1 larvy, kdy tyto parametry jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Průměrná hmotnost, délka a průměr 1 larvy po technologickém zpracování a při skladování

Varianta, doba skladování	n	Hmotnost [mg]	Délka [mm]	Průměr [mm]
K, 0	25	25,15 ± 5,87	23,46 ± 1,35	2,71 ± 0,20
K, 3 měsíce	25	36,69 ± 8,14	24,41 ± 1,53	2,85 ± 0,23
K, 6 měsíců	25	32,98 ± 8,04	25,13 ± 1,47	2,74 ± 0,23
C, 0	25	29,43 ± 9,64	24,59 ± 1,58	2,77 ± 0,29
C, 3 měsíce	25	27,59 ± 5,98	23,24 ± 1,59	2,58 ± 0,20
C, 6 měsíců	25	28,97 ± 6,61	24,35 ± 1,45	2,73 ± 0,27

Legenda: Data prezentována jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka

Hmotnost larev byla obecně v průběhu skladování více variabilní než jejich délka a průměr, změny délky a průměru larev byly ve většině případů zanedbatelné a zůstávaly při skladování relativně neměnné – statisticky významné rozdíly zjištěny nebyly. U larev byly dále stanoveny barevné parametry, kdy hodnoty jednotlivých parametrů (L^* , a^* a b^*) u zpracovaných a skladovaných variant larev jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4: Barevné parametry po technologickém zpracování a při skladování larev potměníka moučného

Varianta, doba skladování	L^*	a^*	b^*
K, 0	39,27 ± 0,88 ^a	3,67 ± 0,35 ^a	6,03 ± 0,89 ^a
K, 3 měsíce	30,89 ± 3,98 ^b	6,35 ± 0,39 ^b	15,83 ± 3,33 ^b
K, 6 měsíců	28,57 ± 1,20 ^b	6,86 ± 0,28 ^b	16,96 ± 0,44 ^b
C, 0	34,62 ± 0,79 ^a	5,87 ± 0,53 ^a	15,14 ± 0,50 ^a
C, 3 měsíce	25,04 ± 1,14 ^b	7,17 ± 0,11 ^b	12,48 ± 0,78 ^a
C, 6 měsíců	25,94 ± 1,06 ^b	7,32 ± 0,06 ^b	13,68 ± 0,24 ^a

Legenda: Odlišná písmena horních indexů ve stejném sloupci a sekci tabulky (dělené dle varianty larev – K a C) značí statisticky významný rozdíl mezi variantami ($p < 0,05$); data prezentována jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka

Barva produktu je důležitá zejména pro spotřebitele, kteří mají obecně tendenci upřednostnit světlejší odstín barvy před tím tmavším – příliš tmavý odstín může být spojován s očekáváním spálené a hořké chuti a aroma. U variant K i C došlo během skladování ke statisticky významnému poklesu ve světlosti larev ($p < 0,05$), a tedy při skladování obě varianty larev ztmavly. Obě varianty byly poté světlejší oproti larvám sušeným mikrovlnným zářením ve studii autorů Lenaerts et al. (2018) ($L^* = 25,9$), avšak výrazně tmavší oproti larvám sušeným zářením v kombinaci s horkým vzduchem ze studie autorů Tobolková et al. (2021) ($L^* = 72,42$).

Opačný trend byl pro obě varianty larev zaznamenán u parametru a^* a tedy při skladování došlo po 3 měsících k významnému zintenzivnění červeného odstínu ($p < 0,05$). Obě varianty larev měly ihned po zpracování méně výrazné červené zbarvení v porovnání se studií autorů Lenaerts et al. (2018), kde $a^* = 6,84$, ovšem po 3 měsících skladování byla intenzita tohoto odstínu u larev varianty K srovnatelná s touto studií, u larev varianty C byla poté intenzita červeného zbarvení vyšší. Po technologickém zpracování byla poté intenzita červeného zbarvení variant K i C srovnatelná s hodnotou uváděnou autory Tobolková et al. (2021),

kde $a^* = 4,21$ pro larvy sušené mikrovlnným zářením v kombinaci s horkým vzduchem. U larev varianty K poté došlo během skladování ke statisticky významnému zintenzivnění žlutého odstínu ($p < 0,05$), zatímco u larev varianty C k mírnému poklesu žlutého zbarvení. Intenzita žlutého zbarvení však byla u těchto larev výrazně vyšší v porovnání s larvami ze studie autorů Tobolková et al. (2021), kde $b^* = 5,81$.

ZÁVĚR

Na základě dosažených výsledků lze konstatovat, že blanšírování larev potměníka moučného v roztoku kyseliny citronové má vliv na průběh sušení i následné vlastnosti produktu. U varianty s kyselinou citronovou byl při stejných podmínkách sušení stanoven nižší hmotnostní i objemový výtěžek, avšak vyšší obsah sušiny oproti kontrolní variantě. Během skladování byly u obou variant zachovány relativně stabilní geometrické parametry larev (hmotnost, délka a průměr 1 larvy). Celkově lze říci, že kyselina citronová ovlivňuje proces sušení, avšak vede k produkci larev s méně plným tvarem.

PODĚKOVÁNÍ

Tento výzkum byl realizován za podpory IGA AF MENDELU: IGA25-AF-IP-052 „Vliv podmínek zpracování a skladování na kvalitu produktů z larev potměníka moučného (*Tenebrio molitor*)“.

LITERATURA

- Brogan, E., Park, Y. L., Matak, K. E., Jaczynski, J. (2021): Characterization of protein in cricket (*Acheta domesticus*), locust (*Locusta migratoria*) and silk worm pupae (*Bombyx mori*) insect powders. *LWT – Food Science and Technology*, 152. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112314>
- Darshan, G., Pawase, P. A., Goswami, C., Kashyap, P. (2025): Refractance window drying of dragon fruit: drying kinetics, mass transfer parameters and structural analysis. *Food Science and Biotechnology*, 34(12), 2785–2797. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10068-025-01909-9>
- Cho, S. Y., Ryu, G. H. (2021): Effects of mealworm larva composition and selected process parameters on the physicochemical properties of extruded meat analog. *Food Science and Nutrition*, 9(8), 4408–4419. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/fsn3.2414>
- Klunder, H. C., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J. M., Nout, M. J. R. (2012): Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control*, 26(2), 628–631. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.02.013>
- Kröncke, N., Bösch, V., Woyzuchowski, J., Demtröder, S., Benning, R. (2018): Comparison of suitable drying processes for mealworms (*Tenebrio molitor*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 50, 20–25. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.10.009>
- Lenaerts, S., Van Der Borght, M., Callens, A., Van Campenhout, L. (2018): Suitability of microwave drying for mealworms (*Tenebrio molitor*) as alternative to freeze drying: Impact on nutritional quality and colour. *Food Chemistry*, 254, 129–136. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.006>
- Machona, O., Matongorere, M., Chidzwondo, F., Mangoyi, R. (2022): Evaluation of Nutritional Content of the Larvae of *Tenebrio Molitor*, and Formulation of Broiler Stockfeed. *Entomology and Applied Science Letters*, 9(4), 44–56. Dostupné z: <https://doi.org/10.51847/1WgQiAHwj4>

Megido, R. C., Sablon, L., Geuens, M., Brostaux, Y., Alabi, T., Blecker, Ch., Drugmand, D., Haubruge, É., Francis, F. (2013): Edible Insects Acceptance by Belgian Consumers: Promising Attitude For Entomophagy Development. *Journal of Sensory Studies*, 29(1), 14–20. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/joss.12077>

Ojha, S., Bußler, S., Psarianos, M., Rossi, G., Schlüter, O. K. (2021): Edible insect processing pathways and implementation of emerging technologies. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5). 877–900. Dostupné z: <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0121>

Pippinato, L., Gasco, L., Di Vita, G., Mancuso, T. (2020): Current scenario in the European edible-insect industry: a preliminary study. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(4), 371–381. Dostupné z: <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0008>

Ribeiro, J. C., Marques, J. P., Fernandes, T. R., Pintado, M. E., Carvalho, S. M. P., Cunha, L. M. (2024): Effect of blanching, storage and drying conditions on the macro-composition, color and safety of mealworm *Tenebrio molitor* larvae. *LWT – Food Science and Technology*, 191. 115646. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115646>

Rossi, G., Ojha, S., Pathak, N., Mahajan, P., Schlüter, O. K. Storage and Packaging of Edible Insects. In: Grasso, S., Bordiga, M. (Eds.), (2023): Edible insects processing for food and feed: from startups to mass production, First edition. ed. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton. ISBN 9781003165729

Saucier, L., M'ballou, C., Ratti, C., Deschamps, M.-H., Lebeuf, Y., Vandenberg, G. W. (2021): Comparison of black soldier fly larvae pre-treatments and drying techniques on the microbial load and physico-chemical characteristics. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(1), 45–64. Dostupné z: <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0002>

Tobolková, B., Takáč, P., Mangová, B., Kozánek, M. (2021): A comparative study of colour characteristics of thermally/non-thermally treated mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) by means of UV/Vis spectroscopy and multivariate analysis. *Food Measure*, 15(4), 3791–3799. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00957-z>

Vandeweyer, D., Lenaerts, S., Callens, A., Van Campenhout, L. (2017): Effect of blanching followed by refrigerated storage or industrial microwave drying on the microbial load of yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). *Food Control*, 71, 311–314. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.011>

Yener, S., Mishyna, M., Zhao, L., Velazco, O. N., Cadesky, L., Lakemond, C., Fogliano, V. (2024): Volatile compounds and quality changes of lesser mealworm larvae: effect of blanching, storage temperature and time. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1–12. Dostupné z: <https://doi.org/10.1163/23524588-00001051>

Kontaktní adresa: Ing. Veronika Božena Hendrychová, Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: xhendry1@mendelu.cz

HODNOCENÍ MODELOVÉ RECEPTURY PODLE METODIKY EUROFIR PRO NÁRODNÍ DATABÁZI POTRAVIN

EVALUATION OF MODEL RECIPES ACCORDING TO THE EUROFIR METHODOLOGY FOR THE NATIONAL FOOD DATABASE

Alžbeta Jarošová¹ – Miroslav Jůzl¹ – Tomáš Gregor¹

Markéta Janík Piechowiczová¹ – Luděk Hřivna¹ – Viera Šottníková¹

Alena Saláková¹ – Marie Macháčková² – Zuzana Šmídová²

**¹ Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika**

**² Ústav zemědělské ekonomiky a informací,
Knihovna Antonína Švehly, Slezská 100/7, 120 00 Praha, Česká republika**

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0086>



ABSTRAKT

NutriDatabáze představuje moderní online nástroj zaměřený na systematické shromažďování, analýzu a zpřístupňování nutričních informací o potravinách dostupných na českém trhu. Uživatelům nabízí detailní přehled o energetické hodnotě, makroživinách, mikroživinách a dalších parametrech důležitých pro zdravé stravování. Databáze usnadňuje orientaci v nutriční kvalitě potravin, podporuje informované rozhodování spotřebitelů a slouží jako užitečný zdroj dat pro odborníky v oblasti výživy, výzkumníky i širokou veřejnost. Současně má významný aplikační potenciál v klinické praxi, kde může sloužit jako podpůrný nástroj při tvorbě individuálních dietních plánů. Ústav technologie potravin AF Mendelu se v průběhu let 2018–2022 podílel na technologii výroby a analýzách jednotlivých složek 13 potravinářských výrobků s cílem provést hodnocení modelových receptur vybraných potravin. Analyzované hodnoty byly srovnány s vypočtenými hodnotami. Celkem u 6 potravin byly všechny vypočtené hodnoty v rozmezí stanovených odchylek. Vypočtený obsah mastných kyselin neodpovídal stanoveným hodnotám celkem u 6 výrobků. Celkem 11 výrobků bylo vloženo do české NutriDatabáze. Protokoly tří výrobků posloužily dále jako příloha k příručce EuroFIR: Výpočet výživové hodnoty potravin: Praktické ukázky výpočtu. Data byla zpracována v souladu s požadavky sítě excellence EuroFIR (European Food Information Resource).

Klíčová slova: nutriční hodnocení, složení potravin, volba potravin

ABSTRACT

NutriDatabase is a modern online tool designed for the systematic collection, analysis, and dissemination of nutritional information on foods available on the Czech market. It provides users with a detailed overview of energy value, macronutrients, micronutrients, and other parameters relevant to healthy eating. The database facilitates orientation in the nutritional quality of foods, supports informed consumer decision-making, and serves as a valuable data source for nutrition professionals, researchers, and the general public. Furthermore, it has significant application potential in clinical practice, where it can be used as a supportive tool in the planning of individualized dietary interventions. Between 2018 and 2022, the Institute of Food Technology at Mendel University participated in the development of production technologies and in the analysis of individual components of 13 food products, with the aim of evaluating model formulations of selected foods. The analyzed values were compared with the calculated values. For a total of six food products, all calculated values were within the established tolerance ranges. For six products, the calculated fatty acid content did not correspond to the determined values. A total of eleven products were

entered into the Czech Nutrition Database (NutriDatabáze). The protocols of three products were further used as an appendix to the EuroFIR handbook *Food Composition Calculation: Practical Examples of Calculation*. The data were processed in accordance with the requirements of the EuroFIR Network of Excellence (European Food Information Resource).

Keywords: nutritional assessment, food composition, food choice

ÚVOD

Zajištění objektivních a vědecky podložených informací o nutričním složení potravin a surovin je klíčové pro další výzkum a vývoj v oblasti potravinářství a výživy člověka. V České republice tuto roli plní odborná platforma www.nutridatabase.cz, která poskytuje údaje o potravinách nebo surovinách dostupných na českém trhu. Databáze je využívána širokou skupinou uživatelů od odborníků v oblasti výživy, vědeckých pracovníků, výrobců potravin až po spotřebitelskou veřejnost.

Správu a rozvoj NutriDatabáze zajišťuje oddělení informačních služeb Knihovny Antonína Švehly, které provozuje Ústav zemědělské ekonomiky a informací (ÚZEI). Realizace projektu probíhá za podpory Ministerstva zemědělství ČR (MZe) a je výsledkem úzké spolupráce s evropskou neziskovou organizací EuroFIR AISBL (FIR – European Food Information Resource), která má sídlo v Belgii.

Organizace EuroFIR AISBL vznikla jako přímý nástupce projektu *EuroFIR Network of Excellence* (2005–2010), financovaného Evropskou komisí v rámci 6. rámcového programu Evropského společenství (Priorita 5: Kvalita a bezpečnost potravin). Posláním organizace je nezávislé poskytování validovaných informací o složení potravin v celé Evropě i mimo ni, a to ve spolupráci s FAO INFOODS (International Network of Food Data Systems). Aktuálně EuroFIR sdružuje databáze z 26 evropských zemí, ale také Kanady, USA, Japonska a Nového Zélandu, a poskytuje jednotný přístup k více než 54 000 položkám. Data jsou zpracována a dokumentována podle mezinárodních standardů sítě excellence EuroFIR pro tvorbu a správu databází složení potravin. Důraz je kladen na tzv. FAIR principy (Findable – dohledatelná, Accessible – dostupná, Interoperable – standardizovaná, Reusable – opakovatelně použitelná).

EuroFIR nově spolupracuje s EFSA na tvorbě Evropské databáze složení potravin EFSA (kontaktní osoba za českou databázi RNDr. Mgr. Zuzana Šmídová, Ph.D.) V současnosti probíhá přenos dat jednotlivých států do databáze EFSA, přičemž česká data byla přenesena na podzim a v zimě 2025.

V současné době poskytuje česká NutriDatabáze (verze 10.25) údaje o 1129 potravinách. Záznamy o potravinách jsou rozděleny na základní a rozšířené. Na obrázku 1 je zobrazen základní záznam k potravíně, který lze dohledat na portálu www.nutridatabase.cz. Základní záznam obsahuje následující údaje: kód potraviny, název potraviny v českém a anglickém jazyce, koeficient pro jedlý podíl a obsah základních nutrientů – energetická hodnota, tuky celkové, nasycené mastné kyseliny, sacharidy využitelné, cukry celkové, bílkoviny celkové, sůl. Některé záznamy jsou doplněny také o fotografii. V rozšířeném záznamu, který je částečně zobrazen na obrázku 2, jsou navíc uvedeny kódy EuroFIR pro jednotlivé nutrienty. Záznam může být rozšířen také o další nutrienty – vláknina, popel, voda, ethanol, dusík, polyoly, škrob, organické kyseliny, mastné kyseliny a cholesterol, vitaminy a minerální látky, aminokyseliny. K dispozici mohou být také citace zdrojů dat.

FCDB ID 1107

TABULKOVÁ MLÉČNÁ ČOKOLÁDA, MODELOVÁ RECEPTURA

Milk chocolate, model recipe

ZÁKLADNÍ INFORMACE

ROZŠÍŘENÉ INFORMACE

Obsah ve 100 g jedlého podílu

Koeficient pro jedlý podíl 1

Název nutrientu	Hodnota	Jednotka
Energetická hodnota (kJ)	2343	kJ
Energetická hodnota (kcal)	561	kcal
Tuky celkové	33.8	g
Nasycené mastné kyseliny	21.2	g
Sacharidy využitelné	56.2	g
Cukry celkové	54.6	g
Bílkoviny celkové	6.9	g
Sůl	0.21	g

Obrázek 1: Základní záznam pro tabulkovou čokoládu (www.nutridatabase.cz, verze 10.25.)

FCDB ID 1107

TABULKOVÁ MLÉČNÁ ČOKOLÁDA, MODELOVÁ RECEPTURA

Milk chocolate, model recipe

ZÁKLADNÍ INFORMACE

ROZŠÍŘENÉ INFORMACE

☐ Používat kompletní výpis jako výchozí☐ Zobrazit popis potraviny mezinárodními klasifikačními systémy[Umístit potravinu do schránky](#)

Obsah ve 100 g jedlého podílu

Koeficient pro jedlý podíl 1

Název nutrientu	Kód EuroFIR	Jednotka	Hodnota	Citace
Nutrienty základní				
Energetická hodnota (kJ)	ENERC	kJ	2343	00012
Energetická hodnota (kcal)	ENERC	kcal	561	00012
Bílkoviny celkové [NCF:6.25]	PROT	g	6.9	00012
Dusík celkový	NT	g	1.11	00095
Tuky celkové [FACF:0.800]	FAT	g	33.8	00095
Sacharidy celkové	CHOT	g	56.2	00012
Sacharidy využitelné	CHO	g	56.2	00012
Vláknina potravy	FIBT	g	2.4	00095
Voda celková	WATER	g	1.5	00095
Ethanol	ALC	g		
Popel	ASH	g	0.7	00095
Vitaminy				

Obrázek 2: Část rozšířeného záznamu pro tabulkovou čokoládu (www.nutridatabase.cz, verze 10.25.)

Na rozvoji NutriDatabáze se v letech 2018–2022 podílel také Ústav technologie potravin Agronomické fakulty Mendelovy univerzity v Brně. Cílem práce bylo hodnocení modelových receptur podle metodiky EuroFIR.

MATERIÁL A METODIKA

Pro provedení hodnocení modelových receptur vybraných potravin bylo na Ústavu technologie potravin AF Mendelu, dle normovaných receptur a příslušné legislativy, v rozmezí let 2018–2022 vyrobeno 13 modelových potravin, a to: Gothajský salám, Vysočina, tlačénka, Špekáček, játrová paštika, selské maso ve vlastní šťávě, Lovecký salám, Poličan, tabulková mléčná čokoláda, pralinky z mléčné čokolády, vaječné těstoviny, rohlík a mražený krém (obrázky 3–15).

Výrobky byly následně analyzovány. Byly stanoveny obsahy těchto nutrientů: tuky (AOAC 923.03), mastné kyseliny (plynová chromatografie s FID detekcí), cukry (AOAC 982.14, HPLC s RI detektorem), bílkoviny (metoda dle Kjeldahla), sodík (emisní spektrometrie ICP-OES), vláknina (AOAC 985.29), popel a voda (AOAC 923.03). Všechny analýzy byly provedeny na Ústavu technologie potravin Agronomické fakulty Mendelovy univerzity v Brně, kromě stanovení obsahu sodíku, který byl stanoven formou subdodávky na Chemické fakultě Vysokého učení technického v Brně, pracoviště Ústav potravinářské chemie a biotechnologie, Purkyňova 118, Brno. Pro analýzu bylo vždy odebráno cca 500 g vzorku z maloobchodního balení daného výrobku a vzorek byl zhomogenizován pomocí nožového mixéru. Pokud vzorek nebyl ihned analyzován, byl skladován do doby analýzy při -18 °C. Pro analýzu jednotlivých parametrů byly prováděny vždy dvě paralelní stanovení a výsledná hodnota je průměrem získaných hodnot.

Obsahy dalších nutrientů byly dopočítány z analyzovaných hodnot: energetická hodnota, obsah sacharidů, obsah soli, obsah nasycených, mononenasycených, polynenasycených a trans-mastných kyselin.

Nutriční hodnota byla dále stanovena výpočtem z hodnot uvedených v tabulkách složení potravin nebo uvedených na etiketách potravin, a to v souladu s postupy doporučenými Evropskou organizací pro informační zdroje o potravinách EuroFIR AISBL (www.eurofir.org). Na závěr byly vypočtené hodnoty srovnány s analyzovanými. Byl hodnocen soulad s tolerancemi ve vztahu k nařízení Evropské unie 1169/2011.



Obrázek 3: Gothajský salám



Obrázek 4: Vysočina



Obrázek 5: Tlačénka



Obrázek 6: Špekáčky



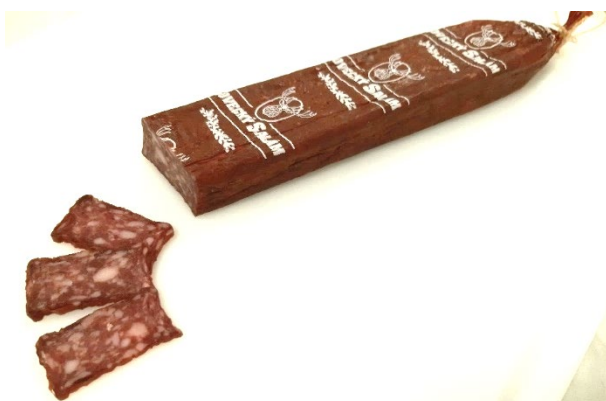
Obrázek 7: Mražený krém



Obrázek 8: Játrová paštika



Obrázek 9: Selské maso ve vlastní šťávě



Obrázek 10: Lovecký salám



Obrázek 11: Poličan



Obrázek 12: Tabulková mléčná čokoláda



Obrázek 13: Pralinky z mléčné čokolády



Obrázek 14: Vaječné těstoviny



Obrázek 15: Rohlík

VÝSLEDKY

Pro všechny výše uvedené potraviny byl ze získaných výsledků zpracován podrobný protokol. Pro názornost uvádíme protokol výrobku Játrová paštika. Tabulky z protokolu výrobku Játrová paštika jsou uvedeny níže (tabulky 1–4). První list záznamu obsahuje: název potraviny, zdroj receptury, výrobní postup, kulinární metodu, teplotu vaření, dobu vaření, jedlý podíl, informace o použitých surovinách (hrubá hmotnost před opracováním, hmotnost v kuchyňské úpravě, hmotnost ve zpracované potravíně, celková hmotnost surovin, konečná hmotnost) a vypočtené ztráty (tab. 1). V tabulce 2 je uvedeno složení výchozích surovin na 100 g jedlého podílu játrové paštiky. Hodnoty byly zjištěny z etiket nebo databází a byla zohledněna výtěžnost. V tabulce 3 je vypočten obsah nutrientů ve 100 g hotového výrobku. V tabulce 4 jsou vypočtené hodnoty porovnány s těmi analyzovanými a je uvedeno, zda jsou odchylky v souladu s nařízením EU 1169/2011 (tab. 5).

Tabulka 1: Modelová receptura pro výrobek: Játrová paštika

Název potraviny	Játrová paštika			
Zdroj receptury	Jůzl a Piechowiczová (2019)			
Výrobní postup	Očištěné droby a maso navážíme do beden, dusitanovou solicí směs (dále DSS), koření do krabiček. Vepřový lalok a plec vložíme do kotle, uvaříme do měkka. Játra vložíme na kotle a necháme uvařit pouze tak, aby byla na řezu ne úplně provařená. Pomeleme na řezačce nebo robotu s jemnou deskou dle žádané struktury částic. Plníme do skleněných obalů a sterilujeme v konvektomatu.			
Kulinární metoda	sterilace			
Teplota vaření (°C)	121			
Doba vaření (min)	150			
Jedlý podíl	100 %			
Suroviny	Poznámka	Hrubá hmotnost (g)	Hmotnost v kuchyňské úpravě (g)	Hmotnost zpracované potraviny (g)
vepřový lalok		2600	2168	2890
vepřová plec		1150	1000	740
vepřová játra		2620	2500	1930
sádlo škvařené		100	100	100
voda		700	700	700
cukr		10	10	10
DSS		100	100	100
cibule		400	350	350
pepř černý mletý		28	28	28
zázvor mletý		14	12	12
skořice mletá		21	21	17
muškátový ořech mletý		14	14	12
nové koření mleté		14	14	12
Hmotnost surovin (g)		7761	7019	
Konečná hmotnost (g)				6901
Výtěžnost				0,98

Tabulka 2: Složení výchozích surovin na 100 g jedlého podílu výrobku: Játrová paštika

Seznam surovin	Hmotnost surovin v kuchyňské úpravě g	Složení výchozích surovin na 100 g jedlého podílu							
		Tuk	Nasycené mastné kyseliny	Sacharidy	Cukry	Vláknina	Bílkoviny	Sodík	Sůl
		FAT	SFA	CHO	SUGAR	FIBT	PROT	NA	NACL
		g	g	g	g	g	g	g	g
vepřový lalok	2168	64,200	18,530	0,100	0,000	0,000	7,900	0,050	0,140
vepřová plec	1000	18,200	4,780	0,200	0,000	0,000	17,300	0,074	0,190
vepřová játra	2500	2,700	0,420	3,900	0,000	0,000	19,400	0,097	0,300
sádlo škvařené	100	99,500	43,690	0,000	0,000	0,000	0,200	0,020	0,000
voda	700	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
cukr	10	0,000	0,000	99,900	99,800	0,000	0,000	0,000	0,000
DSS	100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	41,420	99,400
cibule	350	0,250	0,000	8,900	6,100	2,600	1,400	0,011	0,000
černý pepř mletý	28	8,600	0,000	63,400	0,000	20,200	11,800	0,142	0,510
zázvor mletý	12	4,700	0,000	71,900	0,000	12,500	7,100	0,032	0,100
skořice mletá	21	1,900	0,000	80,800	1,800	59,500	3,800	0,003	0,010
muškátový ořech mletý	14	36,300	0,000	43,900	0,000	20,800	7,100	0,016	0,040
nové koření mleté	14	7,000	0,000	53,200	0,000	21,600	5,600	0,077	0,200
Hmotnost surovin (g)	7017								
Konečná hmotnost (g)	6901								
Výtěžnostní koeficient	0,98								

Hodnoty zjištěné z obalu: DSS

Hodnoty zjištěné z www.nutridatabaze.cz: vepřová játra, cukr, zázvor mletý, skořice mletá, muškátový ořech mletý, nové koření mleté

Hodnoty zjištěné ze slovenské potravinové banky: vepřová plec, vepřový lalok, sádlo škvařené, voda, cibule, černý pepř mletý

Tabulka 3: Výpočet obsahu živin ve 100 g hotového výrobku: Játrová paštika

Seznam surovin	Seznam surovin na 100 g výrobku s ohledem na výtěžnost	Tuk	Nasycené mastné kyseliny	Sacharidy	Cukry	Vláknina	Bílkoviny	Sodík	Sůl	Energetická hodnota	
		FAT	SFA	CHO	SUGAR	FIBT	PROT	NA	NACL	ENERC	ENERC
		g	g	g	g	g	g	g	g	kJ	kcal
vepřový lalok	30,79	20,169	5,821	0,031	0,000	0,000	2,482	0,016	0,044	788,975	191,573
vepřová plec	14,20	2,637	0,693	0,029	0,000	0,000	2,507	0,011	0,028	140,690	33,879
vepřová játra	35,50	0,978	0,152	1,413	0,000	0,000	7,028	0,035	0,109	179,684	42,566
sádlo škvařené	1,42	1,442	0,633	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	53,397	12,988
voda	9,94	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
cukr	0,14	0,000	0,000	0,145	0,145	0,000	0,000	0,000	0,000	2,461	0,579
DSS	1,42	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,600	1,440	0,000	0,000
cibule	4,97	0,013	0,000	0,451	0,309	0,132	0,071	0,001	0,000	10,405	2,467
pepř černý mletý	0,40	0,035	0,000	0,257	0,000	0,082	0,048	0,001	0,002	7,134	1,698
zázvor mletý	0,17	0,008	0,000	0,125	0,000	0,022	0,012	0,000	0,000	2,812	0,667
skořice mletá	0,30	0,006	0,000	0,022	0,005	0,181	0,012	0,000	0,000	2,237	0,549
muškátový ořech mletý	0,20	0,074	0,000	0,089	0,000	0,042	0,014	0,000	0,000	4,821	1,161
nové koření mleté	0,20	0,014	0,000	0,108	0,000	0,044	0,011	0,000	0,000	2,904	0,693
Obsah živiny v hotové potravine na 100 g - HODNOTA VYPOČTENÁ		25,376	7,299	2,671	0,459	0,503	12,188	0,663	1,623	1195,518	288,821

Tabulka 4: Kontrola shody vypočtených hodnot s hodnotami z chemické analýzy u jádrové paštiky

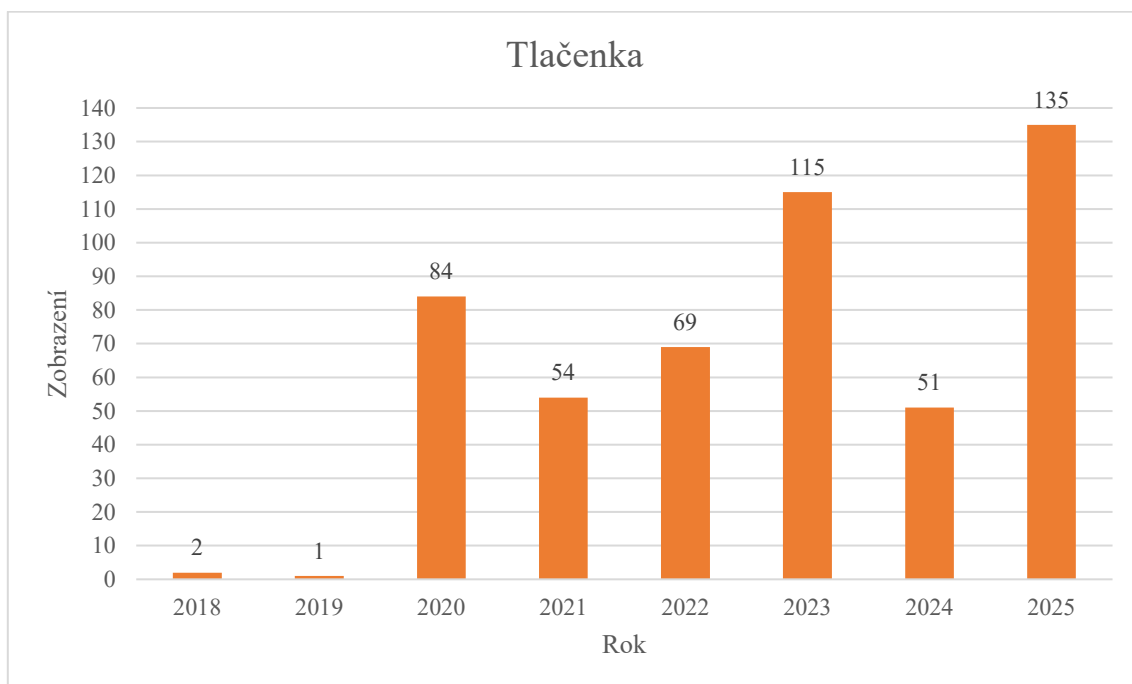
	Tuk	Nasycené MK	Sacharidy	Cukry	Vláknina	Bílkoviny	Sodík	Sůl	Energetická hodnota	
Obsah živiny v hotové potravíně na 100 g - HODNOTA VYPOČTENÁ - zaokrouhlení hodnot podle požadavků legislativy	25	7,3	2,7	0,5	0,5	12	0,66	1,6	1196	289
Rozmezí hodnoty pro stanovení přípustné odchylky v g na 100 g	10-40 g	≥4 g	<10 g	<10 g	<10 g	10-40 g	≥0,5	≥1,25		
Zaokrouhlení - dolní hodnota	24,5	7,25	2,65	0,45	0,45	11,5	0,655	1,55		
Zaokrouhlení - horní hodnota	25,4	7,34	2,74	0,54	0,54	12,4	0,664	1,64		
Dolní přípustná odchylka	20%	20%	2	2	2	20%	20%	20%		
Horní přípustná odchylka	20%	20%	2	2	2	20%	20%	20%		
Dolní hranice přípustné odchylky	19,600	5,800	0,650	-1,550	-1,550	9,200	0,524	1,240		
Horní hranice přípustné odchylky	30,480	8,808	4,740	2,540	2,540	14,880	0,797	1,968		
Dolní hranice přípustné odchylky - po zaokrouhlení	20	5,8	0,7	0	0	6	0,52	1,2		
Horní hranice přípustné odchylky - po zaokrouhlení	30	8,8	4,7	2,5	2,5	15	0,8	2,0		
Obsah živiny v hotové potravíně na 100 g - CHEMICKÁ ANALÝZA	17,96	7,3	0,7	0,64	0,2	16,97	0,87	2,17	966	227
Je dosažena shoda hodnoty vypočtené s hodnotou z chemické analýzy	ne	ano	ano	ano	ano	ne	ne	ne		

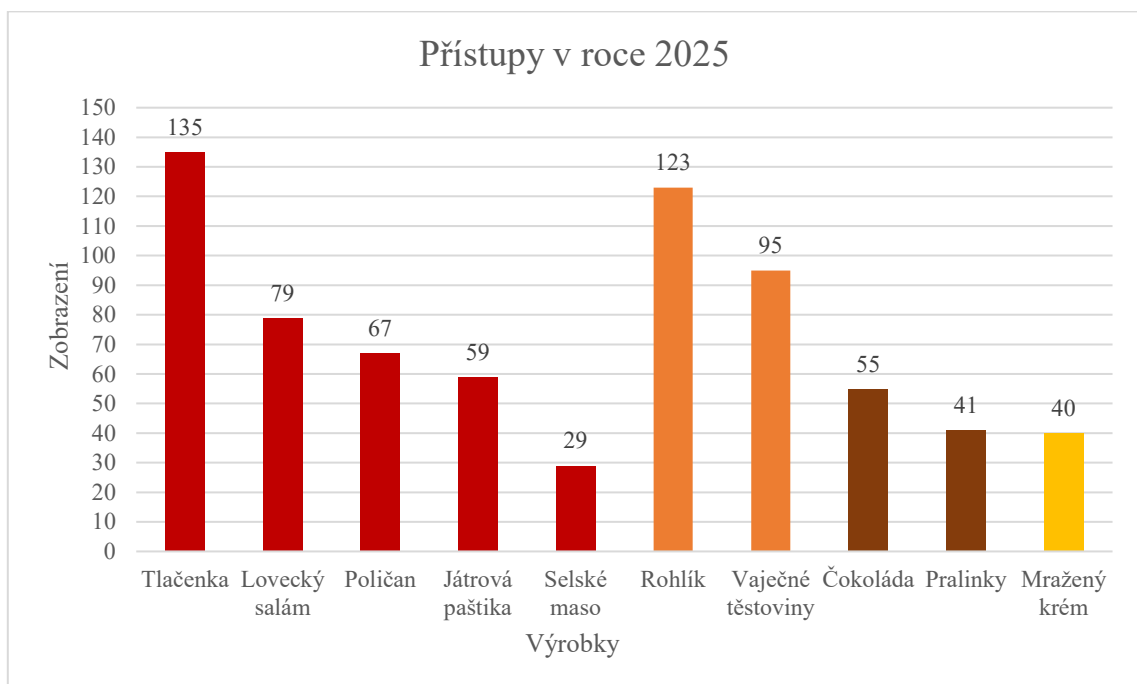
Tabulka 5: Příпустné odchylky pro potraviny kromě doplňků stravy (EU 1169/2011)

Příпустné odchylky pro potraviny (včetně nejistoty měření)		
Vitaminy	+ 50 %	-35 %
Minerální látky	+ 45 %	-35 %
Sacharidy		
Cukry	<10 g na 100 g:	±2 g
Bílkoviny	10–40 g na 100 g:	±20 %
Vláknina	>40 g na 100 g:	±8 g
	<10 g na 100 g:	±1,5 g
Tuky	10–40 g na 100 g:	±20 %
	>40 g na 100 g:	±8 g
Nasycené mastné kyseliny	<4 g na 100 g:	±0,8 g
Mononenasycené mastné kyseliny	≥4 g na 100 g:	±20 %
Polynenasycené mastné kyseliny		
Sodík	<0,5 g na 100 g:	±0,15 g
	≥0,5 g na 100 g:	±20 %
Sůl	<1,25 g na 100 g:	±0,375 g
	≥1,25 g na 100 g:	±20 %

Obdobným způsobem bylo zpracováno všech 13 potravinářských výrobků. U následujících potravin byly všechny vypočtené hodnoty v rozmezí stanovených odchylek: Špekáček, Lovecký salám, Poličan, tabulková mléčná čokoláda, vaječné těstoviny a mražený krém. Obsah mastných kyselin neodpovídal celkem u 6 výrobků ze 13: Gothajský salám, Vysočina, tlačěnka, selské maso ve vlastní šťávě, pralinky z mléčné čokolády a rohlík. Selské maso ve vlastní šťávě navíc nesplňovalo odchylky pro celkový obsah tuku; rohlík pro bílkoviny a sodík. V případě játrové paštiky nebyly splněny odchylky pro tuk, bílkoviny, sodík a sůl.

Celkem 11 výrobků bylo vloženo do české NutriDatabáze (2 výrobky procházejí upřesněním ze strany ÚZEI). Na obrázku 16 jsou uvedeny počty zobrazení pro tlačěnku v letech 2018–2025. Na obrázku 17 jsou uvedeny počty zobrazení v roce 2025 pro jednotlivé výrobky. Nejvyšší počet zobrazení je viditelný u tlačěnky a rohlíku, nejmenší u selského masa ve vlastní šťávě.

**Obrázek 16:** Počty zobrazení záznamu výrobku tlačěnka v letech 2018–2025 (www.nutridatabase.cz)



Obrázek 17: Počty zobrazení záznamu v roce 2025 pro jednotlivé výrobky (www.nutridatabaze.cz)

Výsledné protokoly pro selské maso ve vlastní šťávě, jádrovou paštiku a Špekáčky posloužily dále jako příloha k příručce EuroFIR: Výpočet výživové hodnoty potravin: Praktické ukázky výpočtu.

ZÁVĚR

Ústav technologie potravin AF Mendelu se v průběhu let 2018–2022 podílel na technologii výroby a analýzách jednotlivých složek 13 potravinářských výrobků s cílem provést hodnocení modelových receptur vybraných potravin podle metodiky EuroFIR pro Národní databázi potravin.

Analyzované hodnoty byly srovnány s vypočtenými hodnotami. Bylo počítáno s přípustnými odchylkami stanovenými nařízením EU 1169/2011. Celkem u 6 potravin byly všechny vypočtené hodnoty v rozmezí stanovených odchylek. Vypočtený obsah mastných kyselin neodpovídal stanoveným hodnotám celkem u 6 výrobků. S ohledem na tuto skutečnost NutriDatabáze uvádí na svých stránkách, aby výrobci, pokud je to možné, vždy upřednostili chemickou analýzu (www.nutridatabaze.cz, verze 10.25.)

Celkem 11 výrobků bylo vloženo do české NutriDatabáze. Nejvyšší počet zobrazení z analyzovaných výrobků má tlačenka a rohlík, nejmenší pak selské maso ve vlastní šťávě. Protokoly tří výrobků posloužily dále jako příloha k příručce EuroFIR: Výpočet výživové hodnoty potravin: Praktické ukázky výpočtu. Výstupy z hodnocení receptur jsou součástí praktické části této příručky a pomáhají uživatelům se orientovat v metodice výpočtu nutričního složení potravin (Macháčková et al., 2016).

Na podzim a v zimě 2025 byla data z české NutriDatabáze přenesena do Evropské databáze složení potravin EFSA.

PODĚKOVÁNÍ

Projekt byl realizován na základě objednávky Ústavu zemědělské ekonomiky a informací (ÚZEI) v rámci projektu „Národní databáze složení potravin – Centrum pro národní databázi složení potravin“. Založením „Centra“ byl ÚZEI pověřen Ministerstvem zemědělství ČR. Odborným garantem je Úřad pro potraviny.

LITERATURA

Evropská komise (2012): Pokyny pro příslušné orgány pověřené kontrolou shody s právními předpisy EU k: nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům ... s ohledem na stanovení přípustných odchylek od nutričních hodnot uvedených na etiketě. Str. 62–75. Dostupné z: http://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/publikace/2014_Prirucka_pro_PPP_final_MZe.pdf

Centrum pro databázi složení potravin: Databáze složení potravin ČR, verze 10.25 [online]. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací, 2025. Dostupné z: <http://www.nutridatabase.cz/>

Macháčková, M., Giertlová, A., Porubská, J. (2016): Příručka EuroFIR: Výpočet výživové hodnoty potravin – příručka pro provozovatele potravinářských podniků.

Dostupné z: https://www.nutridatabase.cz/obj/files/3/sys_media_1650.pdf

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům. Úřední věstník Evropské unie, L304, 22.11.2011. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:304:0018:0063:CS:PDF>

Kontaktní adresa: prof. Ing. Alžbeta Jarošová, Ph.D., Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: alzbeta.jarosova@mendelu.cz

MICROBIOLOGICAL STABILITY OF DRIED MARJORAM DURING STORAGE: THE ROLE OF WATER ACTIVITY AND PACKAGING

Justyna Jaśniewicz¹ – Dominika Matuszek¹ – Ewa Polańczyk¹ – Łukasz Bilos¹ – Jessica Świerc¹
Żaneta Grzywacz¹ – Anna Hnydiuk-Stefan² – Krzysztof Barabosz³

¹ Katedra Inżynierii Biosystemów i Procesów Chemicznych, Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki,
Politechnika Opolska, ul. Mikołajczyka 5, 45-271 Opole, Poland

² Katedra Inżynierii Procesowej i Środowiska, Wydział Mechaniczny, Politechnika Opolska,
ul. Mikołajczyka 5, 45-271 Opole, Poland

³ Szkoła Doktorska, Wydział Mechaniczny, Politechnika Opolska,
ul. Mikołajczyka 5, 45-271 Opole, Poland

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0099>



ABSTRACT

The aim of the study was to evaluate the microbiological stability of dried marjoram during a 6-month storage period under controlled conditions (20 °C, RH 50 ± 5%) and to determine the role of water activity and packaging type (paper vs. foil). Microbiological determinations were performed on the stored material for *Bacillus cereus*, *Clostridium* spp. and moulds. Due to the lack of possibility of reliable colony counting in a part of the samples, the results were analysed using a qualitative 0/1 system (presence/absence). The most frequently detected microorganisms were *Clostridium* spp. spores, whereas detections of *B. cereus* and moulds were sporadic and showed no time trend. During the same period, water activity and total water content were determined. The water activity of marjoram remained within the range typical for low-aw products (0.35–0.61), which mechanistically explains the observed microbiological stability. Under the tested conditions, no systematic influence of packaging type on the frequency of microorganism detection was found.

Keywords: marjoram, water activity, packaging, *Bacillus cereus*, *Clostridium* spp., moulds

INTRODUCTION

Dried herbs and spices are natural products widely used in the food industry. Due to their low water activity, they are considered microbiologically stable; however, they may contain diverse microflora originating from soil and the cultivation environment (Witkowska et al., 2011; Fogelet al., 2018). Numerous studies have demonstrated the presence of high numbers of microorganisms in spices, including spore-forming bacteria such as *Bacillus cereus* and *Clostridium* spp., as well as moulds capable of producing mycotoxins (Fogelet al., 2018; McKee, 1995; García et al., 2001). Water activity (aw) is an important factor determining the possibility of microbial growth. Values of aw below 0.60 practically exclude the development of bacteria and significantly limit the growth of moulds (ISO 18787:2017; Beuchat et al., 2013). Under such conditions, observed detections of microorganisms most often reflect their survival rather than multiplication (Beuchat, 1981; Rahman, 2009). The type of packaging may influence product stability through different barrier properties against water vapour (Cicero et al., 2022; Robertson, 2016; Karam et al., 2021). However, under conditions of stable temperature and ambient humidity, this effect may be limited.

The aim of the study was to assess the microbiological stability of dried marjoram and to determine the role of water activity and packaging type in shaping the microbiological quality of the product.

MATERIALS AND METHODS

Research material and storage conditions

Dried marjoram originating from three producers was subjected to analysis. The product was stored for 6 months in two types of packaging: paper (P) and foil (F). Samples were analysed at 0, 2, 4 and 6 months. Storage was carried out in a climatic chamber under controlled conditions: temperature 20 ± 1 °C and relative air humidity $50 \pm 5\%$.

Sample preparation

From each batch, 1 g of material was weighed and homogenised in 9 ml of 0.1% peptone water, which constituted a 10^{-1} dilution.

Microbiological determinations

Determinations for *Bacillus cereus* were performed in accordance with PN-EN ISO 21871:2007. Vegetative forms were plated from a 10^{-3} dilution on MYP agar (48 h, 30 °C). In parallel, CompactDry BC plates were used in accordance with the manufacturer's documentation (Shimadzu Diagnostics Europe, France). In order to detect spore forms, a heat-shock procedure was applied (80 °C, 10 min).

Detection and determination of *Clostridium* spp. were carried out in accordance with PN-ISO 15213:2005. Vegetative forms were plated from a 10^{-3} dilution on TSC agar with selective supplement, and incubation was conducted under anaerobic conditions at 37 °C for 48 hours. In order to detect spore forms, a heat-shock procedure was applied (80 °C, 10 min). Identification of isolated strains was performed using API rapid ID 32 A biochemical tests (bioMérieux, France), in accordance with the manufacturer's instructions, which enabled confirmation of the affiliation of selected isolates to the genus *Clostridium*.

Mould determinations were carried out in accordance with PN-ISO 21527-2:2009. Plating was performed using the surface method on PDA and SDA media, and incubation was carried out at 25 °C for 5 days. In the first sampling term, determinations on SDA medium were not performed for logistical reasons.

Determination of total water content and water activity

Water content was determined in accordance with PN-91/R-87019. Water activity was measured in accordance with ISO 18787:2017 using a Rotronic HygroPalm 23-AW-A meter.

RESULTS

Water activity and total water content

The obtained aw values were within the range typical for low-water foods and showed no significant changes over time (Figure 1). Under conditions of RH $50 \pm 5\%$, the product remained close to hygroscopic equilibrium, which limited the possibility of rehydration (ISO 18787:2017; Beuchat et al., 2013). In contrast, the analysis of total water content in marjoram revealed slight fluctuations between subsequent sampling terms; however, these changes were not systematic and did not show consistent differences between paper and foil packaging (Figure 2).

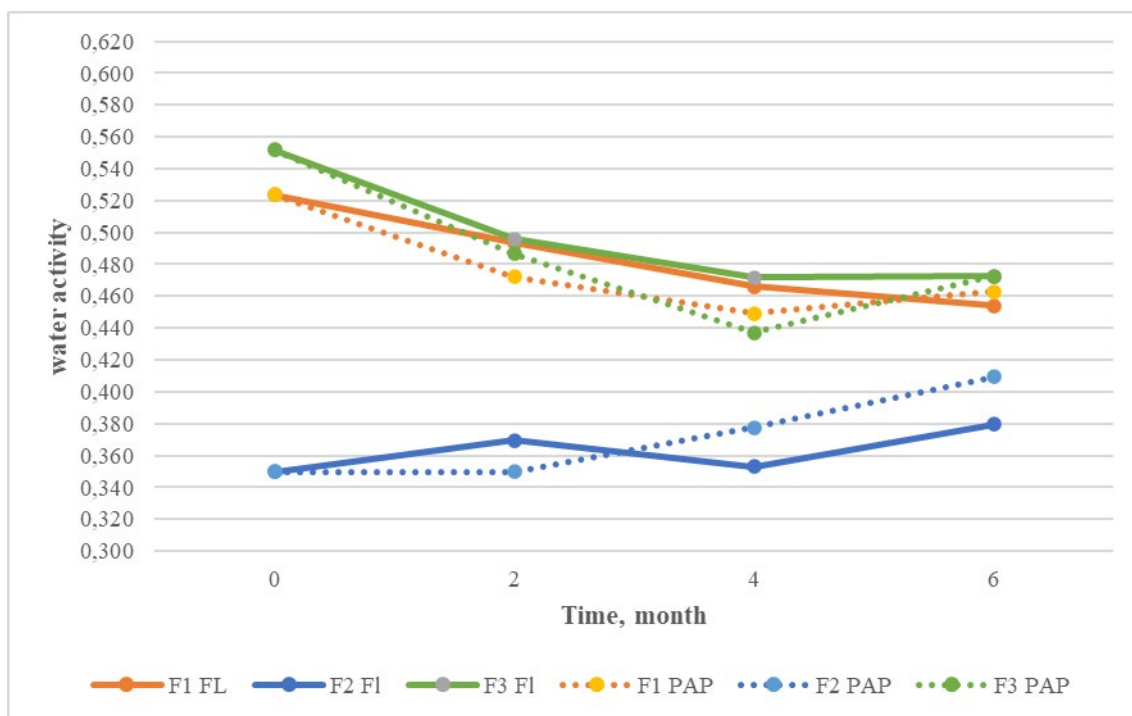


Figure 1: Water activity results during storage according to company and packaging type

Notes: PAP – paper packaging; FL – foil packaging; F1, F2, F3 - producers (companies) of dried marjoram

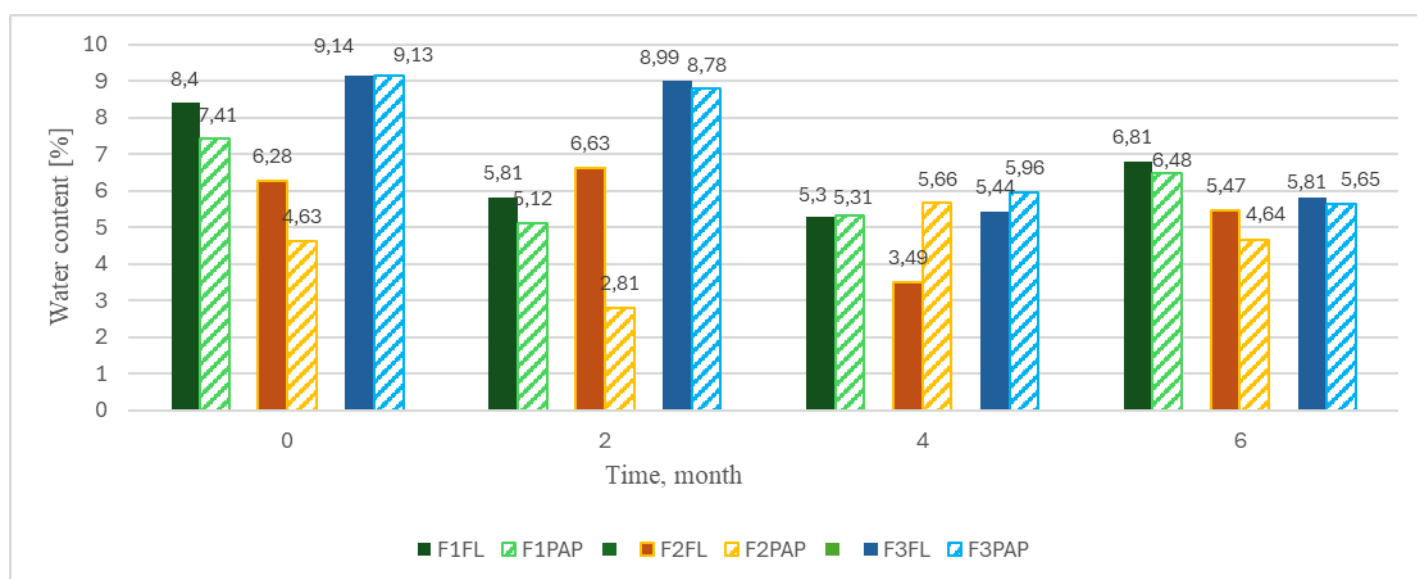


Figure 2: Total water content over time according to company and packaging type

Notes: PAP – paper packaging; FL – foil packaging; F1, F2, F3 - producers (companies) of dried marjoram

Microbiological profile

The dominant group of microorganisms were *Clostridium* spp. spores, which is consistent with literature data concerning herbs and spices (Fogele et al., 2018; McKee, 1995; García et al., 2001; Schweiggert et al., 2007; Banerjee and Sarkar, 2003) (Tables 1 and 2). Vegetative forms of *Bacillus cereus* and moulds were detected only sporadically (Schweiggert et al., 2007; Banerjee and Sarkar, 2003) (Tables 1 and 2). The absence of a time trend confirms that the observed detections mainly reflected microbial survival rather than growth.

Table 1: Influence of packaging type on the frequency of microorganism detection in marjoram

Parameter	Form	nP	%P	nF	%F	pp (p.p.)	RR	95% CI (RR)	p-value
<i>B. cereus</i>	vegetative	12	8.3	12	8.3	0.0	1.00	0.07–14.21	1.000
<i>B. cereus</i>	spores	12	25.0	12	25.0	0.0	1.00	0.25–4.00	1.000
<i>Clostridium</i> spp.	vegetative	12	41.7	12	33.3	–8.3	0.80	0.28–2.27	1.000
<i>Clostridium</i> spp.	spores	12	75.0	12	66.7	–8.3	0.89	0.53–1.49	1.000
Moulds (PDA)	–	12	8.3	12	25.0	+16.7	3.00	0.36–24.92	0.590
Moulds (SDA)*	–	9	11.1	9	22.2	+11.1	2.00	0.22–18.33	1.000

Notes: nP – number of samples analysed in paper packaging; nF – number of samples analysed in foil packaging; %P – percentage of samples with detected microorganisms in paper packaging; %F – percentage of samples with detected microorganisms in foil packaging; pp (p.p.) – percentage point difference between packaging types (P vs. F); RR – relative risk (ratio of detection frequency in foil packaging to paper packaging); 95% CI (RR) – 95% confidence interval for relative risk; p-value – significance level from Fisher's exact test

* For SDA n = 9/9 (no data available in the first sampling term)

No statistically significant differences were found between paper and foil packaging in the frequency of detection of any of the analysed microorganisms ($p > 0.05$). The observed point differences were characterised by wide confidence intervals, which resulted from the small sample size and the binary nature of the assessment (Table 1).

Table 2: Differences between companies – frequency of microorganism detection in marjoram

Parameter	Form	F1 % (n = 8)	F2 % (n = 8)	F3 % (n = 8)
<i>B. cereus</i>	vegetative	0.0	0.0	25.0
<i>B. cereus</i>	spores	12.5	0.0	62.5
<i>Clostridium</i> spp.	vegetative	12.5	37.5	62.5
<i>Clostridium</i> spp.	spores	62.5	75.0	75.0
Moulds (PDA)	–	25.0	12.5	12.5
Moulds (SDA)*	–	16.7	16.7	16.7

Notes: F1, F2, F3 – producers (companies) of dried marjoram; % – percentage of samples with detected microorganism; n – number of analysed samples per company

* SDA: n = 6 per company

The highest frequencies of detection of *B. cereus* (particularly spores) were observed in samples from company F3. For *Clostridium* spp., spores occurred with high frequency in all companies, which indicates the dominant nature of this group of microorganisms regardless of the producer (Table 2).

DISCUSSION

The aim of the study was to evaluate the microbiological stability of dried marjoram during a 6-month storage period and to determine whether the type of packaging (paper vs. foil) affects the frequency of detection of selected microorganisms. Additionally, the role of water activity (aw) and total water content as potential factors influencing the microbiological quality of the product was analysed.

Influence of water activity and water content

The water activity values of marjoram obtained in this study were within the range characteristic for low-aw products (0.35–0.61) and showed no significant changes during storage (Figure 1). At the same time, total water content exhibited slight fluctuations between sampling terms and packaging types, which is a phenomenon typical for hygroscopic products stored under controlled relative humidity conditions (Figure 2).

It should be emphasised that water activity and water content are not equivalent parameters (Rahman, 2009). Water content indicates the amount of water present in the product, whereas aw determines its biological availability. In the analysed material, the observed changes in water content did not translate into significant changes in aw. This means that any differences in moisture between packaging types concerned mainly the bound water fraction, which does not affect the ability of microorganisms to grow. Stable, low aw values were therefore the main factor limiting microbial development during storage (Beuchat, 1981; Rahman, 2009).

The storage conditions applied in the experiment (20 °C, RH 50 ± 5%) favoured the maintenance of hygroscopic equilibrium of the product and minimised the risk of secondary rehydration. Under such conditions, the growth of vegetative bacteria and most moulds is practically impossible, which is reflected in the obtained microbiological results.

Frequency of microorganism detection in marjoram

The microorganisms most frequently detected in the analysed samples were *Clostridium* spp. spores. The high frequency of their presence (66.7–75.0%) is consistent with literature data indicating that spores of anaerobic bacteria are a typical component of plant raw material microflora and exhibit high resistance to environmental factors (Schweiggert et al., 2007; Banerjee and Sarkar, 2003). The presence of these forms should be interpreted as a remnant of the primary microflora rather than as a result of multiplication during storage.

Detections of vegetative forms of *Bacillus cereus* were sporadic in nature (8.3% of samples), which is consistent with low aw values preventing their growth. Similarly, detections of moulds on PDA and SDA media were infrequent and showed no increasing trend over time, confirming that the observed isolates mainly represented spore forms or spores already present in the initial product.

The absence of clear changes in the frequency of microorganism detection between successive sampling terms indicates the stable nature of marjoram microflora under storage conditions with low aw. These results confirm that in products with water activity below 0.60, the predominant phenomenon is microbial survival rather than multiplication.

Influence of packaging type

Comparison of microorganism detection frequencies between paper and foil packaging showed no statistically significant differences for any of the analysed parameters (Table 1). For all microorganisms, p-values obtained in Fisher's exact test exceeded the significance level of 0.05. Point differences (pp) between packaging types were small and were characterised by wide confidence intervals for the relative risk (RR).

The largest difference was observed in the case of moulds determined on PDA medium (pp = +16.7 p.p.; RR = 3.0); however, even in this case the result did not reach statistical significance, and the wide confidence interval indicates a substantial influence of the small sample size.

The obtained results suggest that under conditions of low and stable water activity, the type of packaging does not play a significant role in shaping the microbiological quality of dried marjoram. This means that potential differences in the barrier properties of packaging materials against water vapour were not sufficient to affect the aw level of the product to a biologically relevant extent.

Study limitations

An important limitation of the present study was the binary nature of microbiological assessment (0/1). The use of such an approach resulted from the lack of possibility of reliable colony counting in a part of the samples, which prevented quantitative analysis. Nevertheless, the qualitative method allows for a reliable assessment of microorganism presence and is acceptable in the case of products with very low microbial counts (International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF), 2018).

An additional limitation was the lower number of mould determinations on SDA medium in the first sampling term (limitations independent of the research team). For this reason, analyses concerning SDA were based on a slightly smaller number of observations.

CONCLUSIONS

Dried marjoram stored for 6 months under controlled conditions (20 °C, RH 50 ± 5%) was characterised by high microbiological stability, which resulted primarily from the low water activity of the product. Water activity values (*aw*) remained at a level below 0.60 throughout the entire storage period, effectively limiting the possibility of bacterial and mould growth. The microorganisms observed mainly represented spore forms present in the initial raw material. The most frequently detected microorganisms were *Clostridium* spp. spores, whereas detections of vegetative forms of *Bacillus cereus* and moulds were sporadic in nature and showed no increasing tendency over time. No statistically significant influence of packaging type (paper vs. foil) on the frequency of detection of *B. cereus*, *Clostridium* spp. or moulds was found. The differences obtained between packaging types were small, statistically non-significant and fell within wide confidence intervals. Changes in total water content observed between packaging types and storage terms did not translate into significant changes in water activity, which confirms that *aw* – rather than percentage water content – is the key parameter determining the microbiological stability of spices. The applied binary assessment method (0/1) enabled reliable analysis of microorganism presence in a product with a very low microbial load, although it limited the possibility of quantitative differentiation of contamination levels.

Under conditions of low and stable water activity, packaging type has no significant impact on the microbiological quality of dried marjoram. Both paper and foil packaging can be used for storage of this product without increasing microbiological risk, provided that appropriate storage conditions are maintained. An important element in ensuring the microbiological safety of spices is the maintenance of low water activity of the raw material and control of environmental conditions during storage and distribution (Beuchat, 1981; Rahman, 2009; Robertson, 2016). The obtained results indicate that technological and logistical measures should focus primarily on preventing secondary rehydration of products rather than on the selection of a specific type of packaging material.

REFERENCES

- PN-EN ISO 21871:2007 – Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the determination of small numbers of presumptive *Bacillus cereus*.
- Nissui Pharmaceutical – CompactDry BC Technical Documentation.
- PN-ISO 15213:2005 – Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of sulfite-reducing bacteria growing under anaerobic conditions.
- PN-ISO 21527-2:2009 – Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds – Part 2: Colony count technique in products with water activity less than or equal to 0.95.
- ISO 18787:2017 – Determination of water activity.

- Banerjee, M., Sarkar, P. K. (2003): Microbiological Quality of Some Retail Spices in India. *Food Research International*, 36 (December), 469–474. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(02\)00194-1](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(02)00194-1)
- Beuchat, L. (1981): Microbial Stability as Affected by Water Activity. *Cereal Foods World*, July 1. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/Microbial-stability-as-affected-by-water-activity.-Beuchat/b9338c944213231682a70381926d5d28c7dd4603>
- Beuchat, L. R., Komitopoulou, E., Beckers, B. et al. (2013): Low-Water Activity Foods: Increased Concern as Vehicles of Foodborne Pathogens. *Journal of Food Protection*, 76 (1), 150–172. Available at: <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-211>
- Cicero, N., Gervasi, T., Durazzo, A. et al. (2022): Mineral and Microbiological Analysis of Spices and Aromatic Herbs. *Foods* (Basel, Switzerland), 11 (4), 548. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods11040548>.
- Fogele, B., Granta, R., Valciņa, O., Bērziņš, A. (2018): Occurrence and Diversity of *Bacillus Cereus* and Moulds in Spices and Herbs. *Food Control*, 83 (January), 69–74. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.05.038>
- García, S., Iracheta, F., Galván, F., Heredia, N. (2001): Microbiological Survey of Retail Herbs and Spices from Mexican Markets. *Journal of Food Protection*, 64 (1), 99–103. Available at: <https://doi.org/10.4315/0362-028x-64.1.99>
- International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF), (2018). *Microorganisms in Foods 7*. Springer International Publishing. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68460-4>
- Karam, L., Salloum, T., El Hage, R., Hassan, H., Hassan, H. F. (2021): How Can Packaging, Source and Food Safety Management System Affect the Microbiological Quality of Spices and Dried Herbs? The Case of a Developing Country. *International Journal of Food Microbiology*, 353 (September), 109295. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109295>
- McKee, L. H. (1995): Microbial Contamination of Spices and Herbs: A Review. *LWT – Food Science and Technology*, 28 (1), 1–11. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80004-2](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80004-2)
- Rahman, M. S. (2009): Food Stability beyond Water Activity and Glass Transition: Macro-Micro Region Concept in the State Diagram. *International Journal of Food Properties*, 12 (4), 726–740. Available at: <https://doi.org/10.1080/10942910802628107>
- Robertson, G. L. (2016): *Food Packaging: Principles and Practice, Third Edition*. 3rd edn. CRC Press. Available at: <https://doi.org/10.1201/b21347>
- Schweiggert, U., Carle, R., Schieber, A. (2007): Conventional and Alternative Processes for Spice Production – a Review. *Trends in Food Science and Technology*, 18 (5), 260–268. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.01.005>
- Witkowska, A. M., Hickey, D. K., Alonso-Gomez, M., Wilkinson, M. G. (2011): The Microbiological Quality of Commercial Herb and Spice Preparations Used in the Formulation of a Chicken Supreme Ready Meal and Microbial Survival Following a Simulated Industrial Heating Process. *Food Control*, 22 (3), 616–25. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.10.014>

Contact Information: Mgr. Justyna Jaśniewicz, Politechnika Opolska, Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki, Katedra Inżynierii Biosystemów i Procesów Chemicznych, ul. Mikołajczyka 5, 45-271 Opole, e-mail: j.jasniewicz@po.edu.pl

HODNOCENÍ BAREVNÝCH A SENZORICKÝCH PARAMETRŮ BUVOLÍHO MLÉKA

EVALUATION OF COLOR AND SENSORY PARAMETERS OF BUFFALO MILK

František Ježek¹ – Klára Bartáková¹ – Michaela Králová¹ – Šárka Bursová¹
Fouad Ali Abdullah Abdullah¹

¹ Ústav hygieny a technologie potravin živočišného původu a gastronomie, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0107>



ABSTRAKT

Buvolí mléko je mléko získávané od buvola domácího (*Bubalus bubalis*), přičemž Itálie je dominantní producent v EU. V práci byly měřeny barevné parametry L^* - světlost, a^* - poměr červené a zelené, b^* - poměr žluté a modré, C^* - sytost barvy a h° - barevný odstín. Celkem bylo analyzováno 72 vzorků buvolího mléka. Byly prokázány rozdíly v parametrech a^* , b^* a C^* jak mezi farmami, tak mezi individuálními a bazénovými vzorky mléka ($p < 0,05$). Senzorickým hodnocením bylo posuzováno mléko buvolí, kravské, ovčí a kozí, přičemž byly zjištěny významné rozdíly v barvě, intenzitě a příjemnosti vůně, konzistenci, tučnosti, sladkosti, intenzitě a příjemnosti chuti. Zkouškou dle Friedmana byly zjištěny rozdíly v pořadí vzorků ($p < 0,05$). S ohledem na preference spotřebitelů bylo nejlépe hodnoceno mléko buvolí a kravské, nejhůře mléko kozí. Práce prokázala výborné senzorické vlastnosti buvolího mléka a lze jej doporučit jako vhodnou alternativu na trhu.

Klíčová slova: buvol, karotenoidy, viskozita, chutnost, CIELab

ABSTRACT

Buffalo milk is obtained from the domestic water buffalo (*Bubalus bubalis*), when Italy being the dominant producer in the EU. In this study, color parameters were measured, including L^* (lightness), a^* (red–green axis), b^* (yellow–blue axis), C^* (chroma or color saturation), and h° (hue angle). A total of 72 buffalo milk samples were analyzed. Significant differences were found in the a^* , b^* , and C^* parameters both between farms and between individual and bulk milk samples ($p < 0.05$). Sensory evaluation included buffalo, cow, sheep, and goat milk, revealing significant differences in color, intensity and pleasantness of aroma, consistency, fat perception, sweetness, taste intensity, and taste pleasantness. Friedman tests indicated significant differences in sample rankings ($p < 0.05$). Based on consumer preferences, buffalo and cow milk were scored the highest, while goat milk scored the lowest. The study demonstrated excellent sensory qualities of buffalo milk, supporting its recommendation as a suitable market alternative.

Keywords: buffalo, carotenoids, viscosity, flavor, CIELab

ÚVOD

Buvolí mléko je mléko získávané od buvola domácího (*Bubalus bubalis*), který bývá označován také jako buvol vodní (Garau et al., 2021). V EU se buvoli chovají v několika státech, především Itálii, Bulharsku, Švýcarsku, Rumunsku a Řecku. Celková produkce buvolího mléka činila v rámci EU v roce 2024 podle odhadů CLAL 289 tis. tun (CLAL, 2026). Itálie je dominantní producent buvolího mléka v EU (v roce 2023 238 630 tun), daleko před ostatními státy.

Senzorické vnímání mléka je silně ovlivněno rovnováhou jeho makronutrientů. Mléčný tuk hraje v senzorickém vnímání mléka klíčovou roli. Vizuální, texturní a chuťové vlastnosti mléka jsou ovlivněny mléčným tukem. Deskriptivní senzorická analýza mlék s různým procentem tuku ukázala, že s obsahem tuku

se zvyšuje neprůhlednost, hutnost, krémovitost, viskozita, příchut' po mléčném tuku a žlutá barva. Homogenizace zlepšuje senzorické vlastnosti čerstvého mléka, jako je barva, krémovitost a pocit v ústech. Tyto pozitivní chuťové a texturní vlastnosti se v homogenizovaném mléce obvykle zachovávají po celou dobu trvanlivosti, za předpokladu, že je mléko vhodně chlazeno a chráněno před světlem (Schiano, Harwood a Drake, 2017).

Buvolí mléko obsahuje téměř dvojnásobné množství tuku než kravské mléko, minimální obsah tuku je 5 %. Tukové globule buvolího mléka jsou větší, ale méně stabilní a obsahují méně membránových materiálů než tukové globule kravského mléka. V důsledku nižšího obsahu karotenů má zářivě bílou barvu a oproti kravskému mléku obsahuje navíc modrozelený pigment biliverdin. Fyzikálně chemické vlastnosti buvolího mléka jsou rovněž odlišné od mléka kravského (Milovanovic et al., 2020; Zábrowská, 2022). Rozdíly v barvě mléka mohou být také spojeny s přítomností abnormalit v mléce. Například mastitida způsobená infekcí *Streptococcus esculin* vede k tomu, že mléko má více načervenalé až nažloutlé zabarvení, mastitida vyvolaná *Streptococcus dysgalactiae* rovněž způsobuje změnu barvy mléka (McDermott et al., 2016). Monitorování těchto barevných charakteristik je klíčové pro hodnocení zdravotního stavu a užitkovosti zvířat, protože poskytuje cenné informace o výživovém stavu, náchylnosti k onemocněním a celkové kondici zvířat, a tím umožňuje cílené zásahy ošetřovatelů k optimalizaci řízení stáda a kvality mléka (Al-Rabiey a Al-Kanaan, 2025). Chromatické rozdíly pozorované mezi mlékem různých druhů zvířat poukazují na to, že barva může souviset se specifickými charakteristikami jednotlivých typů mléka (Garzón et al., 2024).

Významnou součástí jakosti je kromě fyzikálně-chemických a mikrobiologických aspektů především smyslová neboli senzorická jakost, která zásadně ovlivňuje množství přijímaných potravin. Je určena přítomností senzoricky aktivních látek, které ovlivňují smyslové znaky (vůni, chuť, barvu a texturu) a které jsou pro konzumenta prvotní informací o dané potravíně. Výzkum buvolího mléka je častěji aplikovaný na produkty jako sýr (Murtaza et al., 2014), jogurt (Ergin et al., 2024), pudink (Vasile et al., 2023) nebo čokoládové mléko (Juvinal et al., 2023). Syrové buvolí mléko samotné je méně předmětem senzorické analýzy, protože jeho běžná spotřeba je v mnoha zemích omezená a méně významná.

Cílem práce bylo analyzovat barevné parametry buvolího mléka, porovnat jeho senzorické vlastnosti s jinými druhy konzumních mlék a zjistit preference hodnotitelů.

MATERIÁL A METODIKA

Původ vzorků

Vzorky buvolího mléka pro měření barevných parametrů byly získány ze dvou buvolích farem v Čechách ($n_1 = 49$, $n_2 = 23$). Vzorky byly odebírány přímo na farmách jako individuální vzorky od jednotlivých zvířat ($n = 40$) a také jako bazénové (směsné) vzorky od více zvířat ($n = 32$). Celkem 72 vzorků buvolího mléka bylo odebráno v období od května do října 2025. Vzorky byly odebírány ve spotřebitelských baleních o objemu 1000 ml a přepraveny v chladícím boxu do laboratoří Ústavu hygieny a technologie potravin živočišného původu a gastronomie VETUNI k jednotlivým analýzám. Vzorky pro senzorické hodnocení pocházely z výše uvedených farem v případě buvolího mléka. Srovnávané vzorky mléka (kravské, kozí a ovčí) byly zakoupeny v tržní síti ČR. Pro senzorické hodnocení bylo odebráno celkem 24 vzorků mléka a ve všech případech se jednalo o vzorky pasterované.

Měření barvy

Instrumentální hodnocení barvy bylo provedeno pomocí spektrofotometru Konica Minolta CM-5 (Konica Minolta, Japonsko). Přístroj byl nastaven na zdroj světla D65 a standardní úhel pozorovatele 10°, měřící šterbina 36 mm. Měření probíhalo v režimu SCE (Specular Component Excluded). Kalibrace byla provedena na černou a bílou barvu. Vzorky byly měřeny v kyvetách z borosilikátového skla o průměru 45 mm a výšce

52 mm. Do kyvety bylo odměřeno vždy 50 ml mléka, aby byla zachována stejná výška měřeného vzorku. Každý vzorek byl měřen 5× vždy po promíchání skleněnou tyčinkou. Hodnoceny byly parametry L^* - světlost, a^* - poměr červené a zelené, b^* - poměr žluté a modré, C^* - sytost barvy (chroma) a h° - barevný odstín (měrný úhel barevného tónu).

Senzorická analýza

Senzorické hodnocení bylo provedeno v rámci čtyř opakování. Vzorky mléka byly pro zachování anonymity označeny náhodným trojmístným číselným kódem. Senzorická hodnocení probíhala ve speciálně vybavené laboratoři (ČSN ISO 8589) na Ústavu hygieny a technologie potravin živočišného původu a gastronomie, VETUNI. Hodnocení se účastnilo celkem 13 proškolených hodnotitelů. Pro senzorické hodnocení byly použity grafické nestrukturované stupnice o délce 100 mm (100 bodů) se slovním popisem na obou koncích (ČSN ISO 4121). Hodnoceny byly vnější vzhled (0 = nevyhovující, 100 = výborný), barva (0 = čistě bílá, 100 = intenzivně žlutá), příjemnost barvy (0 = velmi špatná, 100 = vynikající), intenzita vůně (0 = neznatelná, 100 = velmi silná), příjemnost vůně (0 = velmi špatná, 100 = vynikající), konzistence (0 = řídká, 100 = hustá), tučnost (0 = neznatelná, 100 = velmi silná), sladkost (0 = neznatelná, 100 = velmi silná), intenzita chuti (0 = velmi slabá, prázdná, 100 = velmi silná) a příjemnost chuti (0 = velmi špatná, 100 = vynikající). Dále měli hodnotitelé seřadit vzorky mléka hodnocené v rámci jednoho sezení od nejlepšího po nejhorší. Jako neutralizační sousto byla k dispozici pitná voda.

Statistické zpracování

Pro vyhodnocení výsledků byl použit program Statistica 7.1 (StatSoft CZ, Česká republika). Data byla analyzována pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu s post-hoc Tukeyovým testem. Pro vyhodnocení pořadové zkoušky byla použita Friedmanova zkouška (ČSN ISO 8587). Hodnoty $p < 0,05$ byly považovány za významné.

VÝSLEDKY A DISKUZE

V případě barvy mléka je možné, že rozdíly souvisejí s krmením a plemenem, počtem laktací a měsícem testu a sezónním otelením (Milovanovic et al., 2020). V tabulce 1 je uvedeno porovnání barevných parametrů buvolího mléka z farmy 1 a 2. Rozdíly ($p < 0,05$) byly zjištěny v hodnotách a^* i b^* a rovněž v sytosti barvy C^* . Mléko z farmy 1 vykazovalo méně zelenou a žlutou barvu a rovněž sytost barvy byla nižší. Parametry a^* a b^* barvy mléka jsou ovlivněny řadou faktorů souvisejících s koncentrací přirozených pigmentů v mléce. Zelené zabarvení mléka je způsobeno obsahem riboflavinu. Zpracování může vést ke vzniku produktů Maillardovy reakce, které zvyšují červený odstín (Ponnal et al., 2021). Hodnota a^* představuje spolu s dalšími ukazateli spolehlivý biomarker mléka pro konstrukci přesných predikčních modelů určujících procentní podíl krmiva založeného na pastvě v krmné dávce zvířat (%GB; % Grassland-Based) (Birkinshaw et al., 2023). V zelené pastvě se ve velkém množství nacházejí lutein a zeaxantin a mohou se dostávat do ovčího mléka, čímž mu dodávají žlutavý odstín. Zatímco ovčí a kozí mléko β -karoten prakticky neobsahuje, u kravského mléka jsou právě karotenoidy hlavními zdroji žluté barvy (Milovanovic et al., 2020). Buvolí mléko obecně obsahuje méně β -karotenu než kravské mléko, protože buvoli jej účinněji přeměňují na vitamin A, který je bezbarvý. Výsledkem je bělejší vzhled mléka (El-Sayed et al., 2012).

Tabulka 1: Porovnání barevných parametrů buvolího mléka z dvou různých farem

Místo odběru	L^*	a^*	b^*	C^*	h°
Farma 1	91,79 ± 0,45	-2,10 ± 0,55 ^a	7,81 ± 1,05 ^a	8,12 ± 1,00 ^a	105,59 ± 4,20
Farma 2	91,77 ± 0,13	-2,48 ± 0,28 ^b	8,77 ± 0,49 ^b	9,12 ± 0,51 ^b	105,75 ± 1,52
p	0,846	0,003	<0,001	<0,001	0,858

Legenda: a, b – rozdílné horní indexy ve stejném sloupci ukazují statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$)

Tabulka 2 uvádí porovnání barevných parametrů mezi individuálními a bazénovými vzorky buvolího mléka. Rozdíly ($p < 0,05$) byly zjištěny v hodnotách a^* , b^* a C^* . Individuální vzorky od jednotlivých zvířat vykazovaly méně zelenou a žlutou barvu mléka, než bazénové vzorky a jeho sytost byla nižší. Studie, která by řešila konkrétně barevné parametry individuálních a bazénových vzorků mléka přímo, neexistuje. Princip variability bude ale stejný, jako pro jiné atributy (např. chemické složení nebo mikrobiální kvalitu). Pavlata et al. (2015) analyzovali korelaci mezi výsledky individuálních vzorků a bazénových vzorků mléka, přičemž zjistili, že různé parametry (např. močovina a jiné chemické složky) se liší mezi typy vzorků a že bazénový vzorek má průměrné hodnoty, které nemusí plně reflektovat individuální variabilitu.

Tabulka 2: Porovnání barevných parametrů individuálních a bazénových vzorků buvolího mléka

Typ vzorku	L^*	a^*	b^*	C^*	h°
Individuální	$91,75 \pm 0,48$	$-2,11 \pm 0,61^a$	$7,71 \pm 1,07^a$	$8,03 \pm 1,03^a$	$105,86 \pm 4,38$
Bazénový	$91,83 \pm 0,17$	$-2,36 \pm 0,32^b$	$8,62 \pm 0,66^b$	$8,94 \pm 0,66^b$	$105,37 \pm 2,15$
p	0,401	0,036	<0,001	<0,001	0,560

Legenda: a, b – rozdílné horní indexy ve stejném sloupci ukazují statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$)

Výsledky senzorického hodnocení buvolího, kravského, ovčího a kozího mléka jsou uvedeny v tabulce 3. Barva buvolího a kozího mléka byla posouzena jako významně méně žlutá než barva kravského mléka ($p < 0,05$). Tyto rozdíly jsou dány zřejmě rozdílným metabolismem karotenoidů, jelikož jak buvoli (El-Sayed et al., 2012), tak kozy (Milovanovic et al., 2020) účinněji přeměňují β -karoten na vitamin A. Rovněž ovčí mléko vykazovalo méně žlutou barvu než mléko kravské, ale rozdíl nebyl jednoznačný ($p > 0,05$). Buvolí a kozí mléko vykazovalo intenzivnější vůni ($p < 0,05$) než mléko kravské. Výrazně příjemnější vůni, než mléko ovčí a kozí, mělo mléko buvolí ($p < 0,05$). Kravské mléko se od buvolího nelišilo a mělo příjemnější vůni než mléko kozí ($p < 0,05$). Buvolí, kravské, ovčí a kozí mléko obsahují velmi podobné spektrum těkavých aromatických látek, přičemž rozdíly ve vůni jsou dány především jejich rozdílným kvantitativním zastoupením. Základ aromatického profilu všech mlék tvoří zejména ethylestery mastných kyselin, přičemž dimethylsulfon představuje přibližně 25 % těkavých složek v kravském, kozím a ovčím mléce, zatímco v buvolím mléce pouze asi 4 %. Obsah alkoholů se mezi druhy rovněž liší a pohybuje se přibližně od 1,5 % u kravského mléka do 5 % u buvolího mléka, přičemž významnou roli hrají zejména 1-octen-3-ol a fenylethanol. Buvolí mléko se dále vyznačuje vyšším obsahem ketonů a specifických aldehydů, zatímco kozí a ovčí mléko obsahují vyšší množství aromaticky aktivních fenolických sloučenin, což vysvětluje jejich výraznější a charakterističtější vůni ve srovnání s mlékem kravským (Moio et al., 1993). Buvolí mléko mělo nejhustější konzistenci, bylo evidentně hustější než mléko kozí ($p < 0,05$). Tučnost byla hodnocena jako nejvyšší u buvolího mléka. Kravské a kozí mléko hodnotitelé vnímali jako méně tučné ($p < 0,05$). Rozdíl v konzistenci mezi buvolím a kozím mlékem souvisí především s jejich odlišným složením. Buvolí mléko obsahuje v průměru přibližně 8,3 % tuku, zatímco kozí mléko pouze kolem 3,8 %, což představuje více než dvojnásobný rozdíl. Kromě toho je u buvolího mléka výrazně vyšší i celkový obsah pevných látek, bílkovin a minerálních látek, zatímco kozí mléko má podíl těchto složek nižší (Kapadiya et al., 2016). Vyšší koncentrace tuku a bílkovin u buvolího mléka tak vede k jeho hustší, krémovější a viskóznější konzistenci, zatímco kozí mléko působí řidším a lehčím dojmem. Jako nejsladší bylo posouzeno buvolí mléko, které bylo výrazně sladší než mléko kravské, ovčí a kozí ($p < 0,05$). Kozí mléko bylo posouzeno jako nejméně sladké ($p < 0,05$). To by odpovídalo zjištění autorů Kapadiya et al. (2016), kteří u kozího mléka naměřili nižší obsah laktózy než u mléka buvolího a kravského ($p < 0,05$). Kravské mléko vykazovalo nejnižší intenzitu chuti v porovnání s ostatními druhy mlék ($p < 0,05$). Ovčí a kozí mléko vykazovalo nižší příjemnost chuti než mléko buvolí a kravské ($p < 0,05$), přičemž ovčí mléko bylo příjemnější na chuť než mléko kozí ($p < 0,05$). Srovnávací studie (Moio et al., 1993) identifikovala asi 80 těkavých aromatických sloučenin v syrovém kravském, ovčím, kozím a buvolím mléce, které se významně podílejí na jeho chuti a vůni. Přestože typy

sloučenin jsou podobné, jejich kvantitativní zastoupení se liší mezi druhy, což vysvětluje rozdíly v senzorickém vnímání mléka. Například fenylethanol s květinově-ovocným aroma byl u buvolího mléka 100× vyšší než u kravského. Karboxylové kyseliny, jako kapronová a kaprinová, pak přispívají k charakteristickým „mléčným“, „sýrovým“ či „goaty“ tónům, zatímco aldehydy jako benzaldehyd a phenylacetaldehyd dominují v kozím mléce a dodávají mu mandlové a ovocné nuance. V parametrech „vnější vzhled“ a „příjemnost barvy“ nebyly zjištěny významné rozdíly ($p > 0,05$).

Tabulka 3: Porovnání senzorických parametrů buvolího, kravského, ovčího a kozího mléka

Parametr	Druh mléka			
	Buvolí	Kravské	Ovčí	Kozí
Vnější vzhled	80,80 ± 15,47	78,04 ± 19,72	79,88 ± 15,77	82,53 ± 14,34
Barva	30,66 ± 20,60 ^a	51,08 ± 24,39 ^b	42,00 ± 21,77 ^{ab}	30,29 ± 19,89 ^a
Příjemnost barvy	80,88 ± 15,14	77,92 ± 16,80	79,52 ± 15,82	80,86 ± 15,87
Intenzita vůně	56,66 ± 27,07 ^a	38,87 ± 22,73 ^b	53,64 ± 28,19 ^{ab}	54,55 ± 29,73 ^a
Příjemnost vůně	70,62 ± 18,48 ^a	69,33 ± 17,10 ^{ab}	59,20 ± 17,86 ^{bc}	56,24 ± 21,68 ^c
Konzistence	52,20 ± 23,90 ^a	44,02 ± 23,06 ^{ab}	48,80 ± 22,07 ^{ab}	38,81 ± 20,27 ^b
Tučnost	67,89 ± 17,29 ^a	56,78 ± 18,90 ^b	65,16 ± 19,52 ^{ab}	54,50 ± 19,42 ^b
Sladkost	75,47 ± 16,93 ^a	57,26 ± 18,16 ^b	63,04 ± 19,59 ^b	47,19 ± 24,80 ^c
Intenzita chuti	76,33 ± 15,97 ^a	60,64 ± 16,59 ^b	77,64 ± 14,24 ^a	78,28 ± 16,10 ^a
Příjemnost chuti	71,99 ± 18,17 ^a	76,58 ± 17,70 ^a	56,40 ± 23,11 ^b	39,22 ± 22,25 ^c

Legenda: a, b, c – rozdílné horní indexy ve stejném řádku ukazují statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$)

Tabulka 4: Pořadová zkouška podle preferencí vzorků mléka hodnotiteli

Odběr	Nejlepší	→	→	→	→	→	Nejhorší
1	buvolí ^a	buvolí ^{ab}	kravské ^{ab}	kozí ^b			
2	kravské ^a	kravské ^a	buvolí ^{ab}	buvolí ^{abc}	ovčí ^{bc}	kozí ^c	kozí ^c
3	kravské ^a	buvolí ^a	buvolí ^a	kravské ^{ab}	kravské ^{ab}	kozí ^b	
4	kravské ^a	buvolí ^a	kravské ^a	kravské ^a	buvolí ^a	ovčí ^{ab}	kozí ^b

Legenda: a, b, c – rozdílné horní indexy ve stejném řádku ukazují statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$); zkouška dle Friedmana

Výsledky senzorického hodnocení prokázaly rozdíly ve většině sledovaných parametrech. Na základě pořadové zkoušky hodnotitelé posoudili jako nejlepší mléko buvolí a kravské, nejhůře mléko kozí. Pořadí jednotlivých vzorků při hodnocení a významnost rozdílů mezi vzorky uvádí tabulka 4.

ZÁVĚR

Analýza barevných parametrů prokázala rozdíly v barvě mléka z jednotlivých farem a v barvě mléka individuálních a bazénových vzorků. V obou případech šlo o rozdíly v zelené a žluté barvě doprovázené rozdíly v sytosti barvy. Rozdíl mezi farmami je přisuzován především odlišností v krmení, počtu laktací, měsíci odběru a otelení. Diference mezi individuálními a bazénovými vzorky jsou dány do souvislosti se složením těchto vzorků. Senzorickou analýzou bylo prokázáno, že buvolí mléko je bělejší než mléko kravské, má vyšší intenzitu vůně než mléko kravské a kozí, má příjemnější vůni než mléko ovčí a kozí, má hustší konzistenci než mléko kozí, je vnímáno jako tučnější než mléko kravské a kozí, vykazuje nejvyšší sladkost, má intenzivnější chuť než mléko kravské a příjemnější chuť než mléko ovčí a kozí. Buvolí mléko dosáhlo v této studii vysokého senzorického skóre a lze ho doporučit jako vhodnou alternativu ke kravskému i ostatním druhům mlék.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena grantem Interní tvůrčí agentury VETUNI č. 2025ITA21.

LITERATURA

Al-Rabiey, A. J. A., Al-Kanaan, A. J. J. (2025): The influence of physiological and lactational factors and their association with milk yield, color parameters and composition in Holstein cows. *Journal of Animal Health and Production*, 13(s1), 587–599.

Dostupné z: <https://doi.org/10.17582/journal.jahp/2025/13.s1.587.599>

Birkinshaw, A., Sutter, M., Reidy, B., Jungo, L., Mueller, S., Kreuzer, M., Terranova, M. (2023): Evaluation and quantification of associations between commonly suggested milk biomarkers and the proportion of grassland-based feeds in the diets of dairy cows. *PLoS One*, 18(3), e0282515. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282515>

CLAL (2026): EU-27: Dairy sector [online].

Dostupné z: https://www.clal.it/en/index.php?section=stat_ue15&utm_source=chatgpt.com

ČSN ISO 4121 Senzorická analýza – Obecné pokyny pro použití kvantitativních odpovědních stupnic. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2009, 16 s.

ČSN ISO 8587 Senzorická analýza – Metodologie – Pořadová zkouška. Český normalizační institut, Praha, 2008, 24 s.

ČSN ISO 8589 Senzorická analýza – Obecné pokyny pro uspořádání senzorického pracoviště. Český normalizační institut, Praha, 2008, 20 s.

El-Sayed, S. M., Hagrass, A. B., Askar, A. A., Malhat, F. M., El-Sayed, M. M., El-Salm, M. H. A. (2012): Simultaneous determination of retinol, α -tocopherol and β -carotene contents using HPLC method in some dairy products marketed in Cairo area. *Egyptian Journal of Dairy Science*, 40, 149–158. Dostupné z: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20133027471?utm_source=chatgpt.com

Ergin Ö. S., Gün, İ., Kara, R., Soyucok, A., Karaoğlu A. A. (2024): The physicochemical, textural, microbiological and sensory properties of skimmed buffalo milk yoghurt with tragacanth gum during storage. *Food Technology and Biotechnology*, 62(2), 205–217. Dostupné z: <https://doi.org/10.17113/ftb.62.02.24.8259>

Garau, V., Manis, C., Scano, P., Caboni, P. (2021): Compositional Characteristics of Mediterranean Buffalo Milk and Whey. *Dairy*, 2(3), 469–488. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/dairy2030038>

Garzón, A., Perea, J. M., Angón, E., Ryan, E. G., Keane, O. M., Caballero-Villalobos, J. (2024): Exploring interrelationships between colour, composition, and coagulation traits of milk from cows, goats, and sheep. *Foods*, 13(4), 610. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods13040610>

Juvinal, J. G., De Steur, H., Schouteten, J. J., Muhammad, D. R. A., De Leon, A. A., Dewettinck, K., Gellynck, X. (2023): Physico-chemical property, sensory profile and consumer acceptability of water buffalo (*Bubalus bubalis* L.) chocolate milk using alkalized and natural cocoa powder. *Foods*, 12(9), 1797. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods12091797>

Kapadiya, D. B., Prajapati, D.B., Jain, A. K., Mehta, B. M., Darji, V.B., Aparnathi, K. D. (2016): Comparison of Surti goat milk with cow and buffalo milk for gross composition, nitrogen distribution, and selected minerals content. *Veterinary World*, 9(7), 710–716. Dostupné z: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.710-716>

McDermott, A., Visentin, G., McParland, S., Berry, D. P., Fenelon, M. A., De Marchi, M. (2016) Effectiveness of mid-infrared spectroscopy to predict the color of bovine milk and the relationship between milk color and traditional milk quality traits. *Journal of Dairy Science*, 99(5), 3267–3273. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10424>

Milovanovic, B., Djekic, I., Miocinovic, J., Djordjevic, V., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Mörlein, D., Tomasevic, I. (2020): What is the color of milk and dairy products and how is it measured? *Foods*, 9(11), 1629. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods9111629>

Moio, L., Dekimpe, J., Etievant, P., Addeo, F. (1993): Neutral volatile compounds in the raw milks from different species. *Journal of Dairy Research*, 60(2), 199–213. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/S0022029900027515>

Murtaza, M. A., Huma, N., Sameen, A., Murtaza, M. S., Mahmood, S., Mueen-ud-Din, G., Meraj, A. (2014): Texture, flavor, and sensory quality of buffalo milk Cheddar cheese as influenced by reducing sodium salt content. *Journal of Dairy Science*, 97(11), 6700–6707. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8046>

Pavlata, L., Mrkvicová, E., Doležal, P. (2015): Kontrola výživy a zdraví dojníc analýzou výsledků vyšetření individuálních a bazénových vzorků mléka. In *Sborník přednášek z konference XI. Kábrtovy dietetické dny. Konference s mezinárodní účastí o bezpečnosti a produkční účinnosti krmiv*. Tribun EU s. r. o., Brno, s. 151–156. ISBN 978-80-263-0901-7

Ponnal, R. P., Wood, J. E., Gill, B. D., Bergonia, C. A., Longstaff, W. M., Slabbert, V., Bainbridge-Smith, L. C., Crawford, R. A. (2021): Colorimetry of dairy products. *International Dairy Journal*, 113, 104886. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104886>

Schiano, A. N., Harwood, W. S., Drake, M. A. (2017): A 100-Year Review: Sensory analysis of milk. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 9966–9986. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13031>

Vasile, F. E., Hryczyński, L. M., Fernandez, A. B., Bustos, L. F., Romero, A. M., Mazzobre, M. F. (2023): Exploring the sensory properties of buffalo (*Bubalus bubalis*) milk custards through a consumer-based study performed with children. *International Journal of Dairy Technology*, 76(1), 252–260. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12916>

Zábrodská, B. (2022): Výsledky analýz mléka buvolů chovaných v České republice. *Výzkum v chovu skotu*, 64(4), 3–11. Dostupné z: https://www.agrovyzkum.cz/soubory/bulletin/2022/4/bull_4_2022_03-11_zabrodskas.pdf

Kontaktní adresa: Ing. František Ježek, Ph.D., Ústav hygieny a technologie potravin živočišného původu a gastronomie, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, e-mail: fjezek@vfu.cz

**VYHODNOCENÍ PRODUKCE 24,25-DIHYDROXYVITAMINU D₃ SE ZVYŠUJÍCÍMI
SE DÁVKAMI SUPLEMENTACE VITAMINEM D U ZDRAVÝCH MLADÝCH DOSPĚLÝCH**
**EVALUATION OF 24,25-DIHYDROXYVITAMIN D₃ PRODUCTION WITH INCREASING
DOSES OF VITAMIN D SUPPLEMENTATION IN HEALTHY YOUNG ADULTS**

Michal Jirásko^{1,2} – Eliška Fousková¹ – Radek Kučera^{1,2} – Hedvika Hatáková^{1,2}

**¹ Ústav farmakologie a toxikologie, Univerzita Karlova,
Lékařská fakulta v Plzni, Alej Svobody 76, 323 00 Plzeň, Česká republika**

**² Oddělení imunochemické diagnostiky, Fakultní nemocnice Plzeň,
Edvarda Beneše 1128/13, 305 99 Plzeň, Česká republika**

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-014>



ABSTRAKT

Rostoucí zájem o suplementaci vitaminu D s sebou přinesl obavy ohledně optimálního dávkování a potenciálního rizika toxicity. Nejnovější důkazy naznačují, že toxicita vitaminu D může být přeceňována; identifikace dalších metabolických inaktivačních drah totiž poukazuje na komplexnější regulaci jeho metabolismu. Jedna z těchto cest zahrnuje 25-hydroxyvitamin D₃ 24-hydroxylázu, která přeměňuje 25-hydroxyvitamin D₃ (25OHD₃) na jeho neaktivní metabolit, 24,25-dihydroxyvitamin D₃ [24,25(OH)₂D₃]. V této studii jsme zkoumali vztah mezi suplementací vitaminu D a hladinami 24,25(OH)₂D₃ v séru u 38 zdravých mladých dospělých (průměrný věk 22 let) po dobu dvou let během zimních měsíců. Účastníci dostávali rostoucí dávky olejové emulze vitaminu D v rozmezí od 1 000 do 8 000 IU denně. Koncentrace 25OHD₃ a 24,25(OH)₂D₃ v séru byly kvantifikovány pomocí kapalinové chromatografie a hmotnostní spektrometrie a parametry tělesného složení, včetně indexu tělesné hmotnosti (BMI), procenta tělesného tuku, tukové hmoty a kostní svalové hmoty, byly hodnoceny pomocí systému InBody S10. Byla pozorována silná pozitivní korelace mezi koncentracemi 25OHD₃ a 24,25(OH)₂D₃ v séru. Produkce 24,25(OH)₂D₃ byla nejvýraznější při středních dávkách suplementace a zůstala stabilní i při nejvyšší dávce 8 000 IU. Poměr 25OHD₃/24,25(OH)₂D₃ byl vyšší u mužů a vykazoval významnou korelaci s BMI. Celkově metabolická inaktivace vitaminu D přetrvávala u všech dávek suplementace, přičemž poměr metabolitů byl relativně stabilní, což naznačuje, že denní suplementace až do 8 000 IU v zimních měsících nepřekračuje metabolickou kapacitu a jeví se jako bezpečná u zdravých mladých dospělých pro prevenci sezónního nedostatku vitaminu D.

Klíčová slova: vitamin D, suplementace, toxicita

ABSTRACT

Increasing interest in vitamin D supplementation has raised concerns regarding optimal dosing and the potential risk of toxicity; however, recent evidence suggests that vitamin D toxicity may be overestimated due to the presence of additional metabolic inactivation pathways. One such pathway involves 25-hydroxyvitamin D₃ 24-hydroxylase, which converts 25-hydroxyvitamin D₃ (25OHD₃) to its inactive metabolite, 24,25-dihydroxyvitamin D₃ [24,25(OH)₂D₃]. In this study, we examined the relationship between vitamin D supplementation and serum 24,25(OH)₂D₃ levels in 38 healthy young adults (mean age 22 years) over a two-year period during winter months. Participants received increasing doses of oil-based vitamin D supplementation ranging from 1,000 to 8,000 IU per day. Serum concentrations of 25OHD₃ and 24,25(OH)₂D₃ were quantified using liquid chromatography–mass spectrometry, and body composition parameters, including body mass index (BMI), body fat percentage, fat mass, and skeletal muscle mass, were assessed

using the InBody S10 system. A strong positive correlation was observed between serum 25OHD₃ and 24,25(OH)₂D₃ concentrations. The production of 24,25(OH)₂D₃ was most pronounced at moderate supplementation doses and remained stable even at the highest dose of 8,000 IU. The 25OHD₃/24,25(OH)₂D₃ ratio was higher in males and showed a significant association with BMI. Overall, vitamin D metabolic inactivation persisted across all supplementation doses, with a relatively stable metabolite ratio, suggesting that daily supplementation up to 8,000 IU during winter months does not exceed metabolic capacity and appears safe in healthy young adults for preventing seasonal vitamin D deficiency.

Keywords: vitamin D, 25-hydroxyvitamin D, 24,25-dihydroxyvitamin D, toxicity

ÚVOD

Vitamin D představuje pleiotropní hormon s účinky daleko přesahujícími regulaci kalciofosfátového metabolismu a kostní denzity. Receptor pro vitamin D (VDR) je exprimován téměř ve všech tkáních lidského organismu a v genomu bylo identifikováno několik tisíc vazebných míst pro VDR, což umožňuje ovlivnění exprese stovek genů. V posledních letech proto narůstá zájem o extraskeletální účinky vitaminu D, zejména v oblasti imunity a celkového metabolického zdraví. Zatímco pro udržení kostní denzity jsou považovány za dostatečné sérové koncentrace 25-hydroxyvitaminu D vyšší než 50 nmol/l, pro extraskeletální účinky jsou často doporučovány vyšší hladiny, přibližně 75–125 nmol·l⁻¹, případně až 150 nmol·l⁻¹.

V podmínkách střední Evropy je dosažení těchto koncentrací, zejména během zimních měsíců, bez suplementace obtížné. Rostoucí užívání vyšších dávek vitaminu D však vyvolává obavy z možného předávkování, především ve vztahu k riziku vzniku hyperkalcemie. Metabolismus vitaminu D je přitom přísně regulován enzymatickými drahami, z nichž klíčovou roli v inaktivaci vitaminu D hraje enzym 24-hydroxyláza (CYP24A1). Tento enzym zajišťuje přeměnu 25-hydroxyvitaminu D₃ (rovněž 1,25-hydroxyvitaminu D₃) na 24,25-dihydroxyvitamin D₃ (resp. 1,24,25-trihydroxyvitamin D₃), který představuje významný marker katabolismu vitaminu D. Přítomnost této metabolické inaktivační dráhy svědčí o existenci komplexních regulačních mechanismů metabolismu vitaminu D, které mohou hrát roli v omezení jeho nadměrných biologických účinků, a je proto relevantní při hodnocení potenciální toxicity vitaminu D.

Cílem této studie bylo sledovat hladiny 24,25-dihydroxyvitaminu D₃ v souvislosti se zvyšujícími se dávkami suplementace vitaminu D₃ u zdravé mladé populace a posoudit kapacitu metabolické inaktivace vitaminu D při vyšších suplementačních dávkách.

MATERIÁL A METODIKA

Do studie bylo zařazeno celkem 35 zdravých dobrovolníků (24 žen a 11 mužů), studentů lékařské fakulty, bez anamnézy poruch metabolismu vápníku, fosforu nebo vitaminu D. Průměrný věk probandů byl 22 let (rozmezí 20–26 let) a medián indexu tělesné hmotnosti činil 21,91 kg·m⁻² (rozmezí 18,3–29,3). BMI, procento tělesného tuku, tuková hmota a kostní svalová hmota byly hodnoceny pomocí systému InBody S10. Všichni účastníci byli považováni za klinicky zdravé a neužívali žádnou farmakoterapii, která by mohla ovlivnit metabolismus kalcia, fosforu či vitaminu D. Studie probíhala v období od října 2021 do března 2023, vždy v podzimních a zimních měsících (říjen–únor), kdy je endogenní syntéza vitaminu D minimální. Probandi podstupovali postupně zvyšující se suplementaci vitaminem D₃ ve formě olejového roztoku. Podávané dávky činily 1 000 IU, 2 000 IU, 4 000 IU a 8 000 IU denně. Odběry vzorků séra byly prováděny v souvislosti s dávkovacím režimem. Harmonogram suplementace a odběru krve je uveden v tabulce (tab. 1).

Tabulka 1: Harmonogram suplementace vitamínu D a odběrů krve

Měsíc studie	Suplementační dávka vitamínu D	Harmonogram odběru krve
Říjen 2021	1 000 IU	Před začátkem suplementace
Listopad 2021	1 000 IU	Po 60 dnech suplementace
Prosinec 2021	30 ± dní bez suplementace	Po 30denní pauze
Leden 2022	2 000 IU	
Únor 2022	2 000 IU	Po 60 dnech suplementace
Březen 2022	30 ± dní bez suplementace	Po 30denní pauze
Říjen 2022	4 000 IU	Před začátkem suplementace
Listopad 2022	4 000 IU	Po 60 dnech suplementace
Prosinec 2022	30 ± dní bez suplementace	Po 30denní pauze
Leden 2023	8 000 IU	
Únor 2023	8 000 IU	Po 60 dnech suplementace
Březen 2023	30 ± dní bez suplementace	Po 30denní pauze

Vzorky periferní krve byly odebrány do zkumavek VACUETTE® CAT Serum Separator Clot Activator (Greiner Bio-One, Kremsmünster, Rakousko). Do dvou hodin od odběru byly pro oddělení séra zkumavky centrifugovány při 1 700 otáčkách za minutu po dobu deseti minut. Každý vzorek séra byl poté rozdělen na tři alikvoty o stejném objemu 500 µl.

Stanovení metabolitu 24,25(OH)₂D₃ bylo provedeno metodou kapalinové chromatografie a tandemové hmotnostní spektrometrie (LC-MS/MS). Chromatografická separace byla realizována pomocí systému 1290 Infinity II LC (Agilent Technologies) vybaveného kolonou Agilent RRHD Eclipse Plus C18 (2,1 × 50 mm, velikost částic 1,8 µm). Před analýzou byly vzorky uchovávány v –80 °C a poté rozmrazeny ve vodní lázni při 30 °C, následně byly zvortexovány po dobu 10 sekund a podrobeny precipitaci proteinů za pokojové teploty (100 µl vzorku séra + 400 µl acetonitrilu (ACN) s 4% roztokem ZnSO₄). Pro odstranění lipidů bylo 100 µl každého vzorku séra smícháno se 400 µl roztoku interního standardu a nanášeno na kolonu Captiva EMR-Lipid. K uvolnění analytů adsorbovaných na sorbentu bylo přidáno 400 µl čistého ACN. Eluované vzorky byly odpařeny ve vyhřívaném koncentrátoru pod proudem dusíku. Před vlastní analýzou byly vzorky derivatizovány po dobu jedné hodiny při laboratorní teplotě přidavkem 100 µl derivatizačního činidla PTAD v ACN (1 mg·ml⁻¹) a následně přeneseny do měřicích lahvíček. Nástřik do LC-MS/MS činil 3 µl vzorku. Separace proběhla při 30 °C.

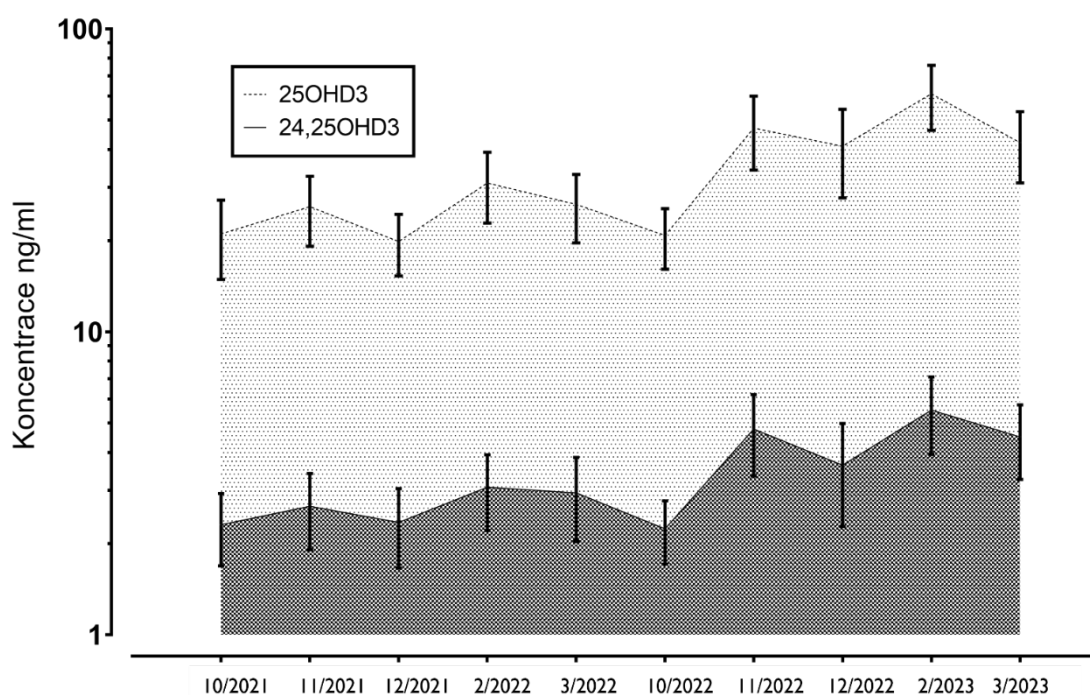
Analýza metabolitu 25OHD₃ byla provedena obdobně – po eluci a filtraci pro odstranění lipidů byl proveden nástřik 5 µl vzorku do LC-MS/MS. Identifikace a kvantifikace analytu byla provedena na stejném přístroji jako předchozí metabolit. Chromatografická separace byla provedena na koloně Poroshell 120 PFP (4,6 × 50 mm, velikost částic 2,7 µm, Agilent). Separace byla provedena při teplotě 20 °C s objemem injekce 5 µl. Před analýzou byly vzorky skladovány v autosampleru při teplotě 15 °C.

Hladiny PTH byly měřeny pomocí soupravy ACCESS Intact PTH na analyzátoru Unicel® DxI 800 (Beckman Coulter, Brea, CA, USA). Koncentrace vápníku a hořčíku byly kvantifikovány pomocí systému Cobas (Cobas 8000, Cobas c702, Roche Diagnostics, Basilej, Švýcarsko).

VÝSLEDKY A DISKUZE

V průběhu studie došlo u všech sledovaných dávek suplementace vitamínu D₃ k nárůstu sérových koncentrací 25OHD₃ i 24,25(OH)₂D₃. Mezi hladinami 25OHD₃ a 24,25(OH)₂D₃ byla zjištěna silná pozitivní korelace ($r = 0,877$; $p < 0,0001$), což svědčí o úzké vazbě mezi zásobní formou vitamínu D a jeho metabolickou inaktivací.

Po zahájení suplementace dávkou 1 000 IU/den došlo ke zvýšení koncentrace 25OHD₃ o 23,0 %, zatímco hladina 24,25(OH)₂D₃ vzrostla o 15,3 %. Při dávce 2 000 IU/den byl zaznamenán nárůst 25OHD₃ o 30,3 % a výraznější zvýšení 24,25(OH)₂D₃ o 56,2 %. Nejvýraznější změny byly pozorovány při dávce 4 000 IU/den, kdy koncentrace 25OHD₃ vzrostla o 113,4 % a 24,25(OH)₂D₃ o 126,2 %. Při nejvyšší dávce 8 000 IU/den byl nárůst obou metabolitů opět mírnější, přičemž 25OHD₃ se zvýšil o 52,2 % a 24,25(OH)₂D₃ o 49,0 %. Změny hladin obou metabolitů v průběhu studie jsou znázorněny na obrázku 1. Tento náález naznačuje, že kapacita 24-hydroxylázy není při testovaných dávkách vyčerpána a že metabolická inaktivace vitamínu D probíhá efektivně i při vyšší suplementační zátěži.



Obrázek 1: Graf znázorňující vztah mezi sérovými koncentracemi 25OHD₃ a 24,25(OH)₂D₃ u zdravých mladých dospělých v průběhu postupně zvyšované suplementace vitamínem D₃

Legenda: Zobrazeny jsou průměrné hodnoty sérových hladin metabolitů vitamínu D ± směrodatná odchylka. Pro lepší přehlednost jsou hodnoty na ose y znázorněny v logaritmické stupnici.

Poměr 25OHD₃ ku 24,25(OH)₂D₃ se mezi pohlavími nelišil v absolutních hodnotách, nicméně dynamika změn tohoto poměru v průběhu suplementace byla významně odlišná. U mužů byl pozorován výraznější nárůst poměru 25OHD₃/24,25(OH)₂D₃ ve srovnání se ženami ($p < 0,0001$). Analýza vztahu mezi sledovanými metabolity a parametry tělesného složení prokázala statisticky významnou korelaci mezi poměrem 25OHD₃/24,25(OH)₂D₃ a BMI, přičemž vyšší BMI bylo asociováno s vyšším poměrem těchto metabolitů ($r = 0,196$; $p = 0,0001$). Slabší, avšak statisticky významná korelace byla zjištěna také mezi poměrem 25OHD₃/24,25(OH)₂D₃ a množstvím kosterní svalové hmoty ($r = 0,101$; $p = 0,0491$). Přímý vztah mezi absolutními koncentracemi 24,25(OH)₂D₃ a ostatními parametry tělesného složení nebyl výrazný.

Po celou dobu suplementace zůstávaly hladiny vápníku, fosfátu, hořčíku i parathormonu v referenčních mezích a nebyly zaznamenány žádné klinické známky poruch kalciofosfátového metabolismu. Tato skutečnost dále podporuje předpoklad, že suplementace vitaminem D₃ v dávkách až 8 000 IU/den je u zdravých mladých dospělých dobře tolerována a nevede k poruchám minerálového metabolismu. Tyto výsledky jsou v souladu s představou, že enzymatické regulační mechanismy metabolismu vitaminu D představují důležitý ochranný faktor proti jeho nadměrnému biologickému působení. Je však nutné zdůraznit, že studie byla provedena na relativně malé a homogenní skupině zdravých mladých jedinců, což omezuje zobecnitelnost výsledků na jiné populační skupiny, zejména starší osoby, pacienty s renálním onemocněním nebo poruchami metabolismu vitaminu D. Další studie zaměřené na dlouhodobé podávání vysokých dávek vitaminu D a na různé populační skupiny jsou proto žádoucí.

ZÁVĚR

Výsledky této studie ukazují, že metabolická inaktivace vitaminu D, hodnocená prostřednictvím hladin 24,25(OH)₂D₃, zůstává zachována i při postupně zvyšovaných dávkách suplementace až do 8 000 IU denně u zdravých mladých dospělých. Silná vazba mezi koncentracemi 25OHD₃ a jeho metabolitu svědčí o účinné a flexibilní regulaci metabolismu vitaminu D. Zjištěné rozdíly v dynamice poměru 25OHD₃/24,25(OH)₂D₃ mezi pohlavími a jeho asociace s BMI naznačují, že odpověď na suplementaci může být ovlivněna individuálními faktory tělesného složení. Absence změn v parametrech kalciofosfátového metabolismu podporuje předpoklad dobré tolerance vyšších dávek vitaminu D₃ v rámci testovaného rozmezí. Tyto nálezy přispívají k lepšímu pochopení regulačních mechanismů metabolismu vitaminu D a podporují racionální přístup k jeho suplementaci u zdravé populace.

LITERATURA

Holick, M. F. (2003): Vitamin D deficiency: what a pain it is. *Mayo Clinic proceedings*, 78(12), 1457–1459. Dostupné z: <https://doi.org/10.4065/78.12.1457>

Marcinowska-Suchowierska, E., Kupisz-Urbańska, M., Łukaszkiwicz, J., Płudowski, P., Jones, G. (2018): Vitamin D Toxicity-A Clinical Perspective. *Frontiers in endocrinology*, 9, 550. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00550>

Bikle, D. D. (2025): Vitamin D: Production, Metabolism, and Mechanism of Action. [Updated 2025 Jun 15]. In: Feingold KR, Adler RA, Ahmed SF, et al., editors. Endotext [Internet]. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2000-. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK278935/>

Kralova, M., Jirasko, M., Dedekova, E., Hatakova, H., Broz, P., Simanek, V., Slouka, D., Pecen, L., Kucera, R. (2025): Comparison of Vitamin D3 Supplementation Doses of 1,000, 2,000, 4,000 and 8,000 IU in Young Healthy Individuals. *In Vivo*, 39(1): 452–458. Dostupné z: <https://doi.org/10.21873/invivo.13848>

Kontaktní adresa: MUDr. Michal Jirásko, Ph.D., Ústav farmakologie a toxikologie, Univerzita Karlova, Lékařská fakulta v Plzni, Alej Svobody 76, 323 00 Plzeň, e-mail: michal.jirasko@lfp.cuni.cz

PŘIPOMENUTÍ VÝZNAMU A ODKAZU PROFESORA KYZLINKA

SIGNIFICANCE AND LEGACY OF PROFESSOR KYZLINK

Miroslav Jůzl¹ – Libor Kalhotka¹ – Petr Kouřil¹ – Aleš Rajchl²

¹ Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

² Ústav konzervace potravin, Fakulta potravinářské a biochemické technologie,
VŠCHT v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6 – Dejvice, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0119>



ABSTRAKT

Odborná veřejnost by si měla připomínat nejen obecná výročí významných událostí, ale zejména taková data a takové osobnosti, které se váží k ní samotné. I bez konkrétního výročí vázané nejčastěji k narození nebo úmrtí. Konference mají významnou společenskou roli, která akademickým pracovníkům obtížně zapadá do naplňování scientometrie. Záměrem tohoto druhu příspěvku je připomínat si na Ingrových dnech významné osobnosti zemědělství a potravinářství. Profesor Kyzlink se stal zakladatelem moderního konzervárenství u nás. Specializoval se zejména na otázky konzervace rostlinných produktů, především ovoce a zeleniny, problematiku konzervace potravin živočišného původu. Vystudoval Vysokou školu zemědělskou v Brně, kde získal i doktorát technických věd a úspěšně se habilitoval a byl jmenován profesorem, tedy ve svých 33 letech. V roce 1953 byl převeden na nově zřízenou fakultu potravinářské technologie VŠCHT v Praze, kde působil až do roku 1983 jako profesor konzervářské technologie. Za nejvýznamnější úseky a výsledky jeho vědeckovýzkumné činnosti lze mezi mnoha dalšími označit studie o stabilitě vitamínu C ve zpracovávané zelenině, o výrobě pektinových preparátů a návrhu analýz pektinů, formuloval metody pro kontrolu údržnosti konzervace termosterilací a propracoval původní systém metod konzervace potravin. Publikoval více než stovku původních prací, z toho 30 cizojazyčných, a dosáhl tak význačného mezinárodního ohlasu.

Klíčová slova: potravinářství, historie, zdravotní nezávadnost, konzervace

ABSTRACT

The professional public should commemorate not only general anniversaries of significant events, but especially such dates and such personalities that are connected to them themselves. Even without a specific anniversary, most often tied to birth or death. Conferences have also an important social role, which academics find difficult to fit into the fulfillment of scientometrics. The intention of this type of contribution is to commemorate significant personalities of agriculture and food industry on Ingr's Days. Professor Kyzlink became the founder of modern canning in our country. He specialized mainly in issues of preservation of plant products, especially fruits and vegetables, and the issue of preservation of foods of animal origin. He graduated from the University of Agriculture in Brno, where he also received a doctorate in technical sciences and successfully habilitated and was appointed professor (at the age of 33). In 1953, he was transferred to the newly established Faculty of Food Technology of the Institute of Chemical Technology in Prague (now, University of Chemistry and Technology), where he worked until 1983 as a professor of food preservation. The most significant sections and results of his scientific research activities include, among many others, studies on the stability of vitamin C in processed vegetables. Also, he aimed on the production of pectin preparations and the design of pectin analyses. He formulated methods for checking the shelf life of preservation by thermosterilization and elaborated the original system of food preservation methods.

He published more than a hundred original works, 30 of which were in international journals and books, and thus achieved significant international acclaim.

Keywords: food industry, history, food safety, preservation

ÚVOD

Agronomická fakulta prostřednictvím tehdejšího pana děkana prof. Ing. Jiřího Zelenky, CSc. v těsné součinnosti se Zahradnickou fakultou tehdejší VŠZ v Brně navrhla k udělení čestné vědecké hodnosti doktora zemědělsko-lesnických věd panu profesoru Dr. Ing. Vladimírovi Kyzlinkovi, DrSc. Návrh se opíral o vynikající mnohostranné kvality pana profesora, kterého si mnozí stále hluboce váží jako člověka, jako vysokoškolského učitele, a jako vědce, a jehož život je úzce spojen s Vysokou školou zemědělskou v Brně. Aby vzpomínky (Pipek, 2008; Jůzl, 2026) na pana profesora nezapadly, aby byly připomenuty, dovolili jsme si ve spolupráci s kolegy z VŠCHT zveřejnit níže uvedený text v neupraveném a nedoplněném textu (Zelenka, 1992), jak zazněl z úst tehdejšího pana děkana Agronomické fakulty VŠZ v Brně pana prof. Ing. Jiřího Zelenky, CSc., který nám jej poskytnul.

STRUČNĚ ZE ŽIVOTOPISU PANA PROFESORA KYZLINKA

Narodil se 29. ledna 1915 v Brně v úřednické rodině, jeho tatínek byl vrchním poštovním ředitelem. Vystudoval reálku a v roce 1933 byl přijat ke studiu zemědělského inženýrství na Vysoké škole zemědělské v Brně. Studium ve specializaci agrikulturní chemie ukončil s vyznamenáním v roce 1937, přičemž v posledních dvou ročnících byl činný jako pomocná vědecká síla, rozpracovávající doktorát. Doktorát technických věd (Dr. techn.) získal v roce 1938 na VŠZ v Brně z oboru agrochemie zaměřené na potraviny po obhajobě disertační práce „Vliv umělé výživy na chemické složení semene, stonků a kořenů olejného lnu“. V roce 1939 se přihlásil k mimořádnému studiu na přírodovědecké fakultě Masarykovy university. Jeho studium bylo přerušeno uzavřením českých vysokých škol.

Od ledna 1938 do října 1939 pracoval na Ústavu analytické a agrikulturní chemie VŠZ v Brně jako volentér a nehonorovaný asistent. Od října 1939 do září 1948 byl zaměstnán jako výzkumný chemik a vedoucí laboratoří a výzkumného oddělení zemědělských lučebních závodů Biochema, a.s. v Modřicích u Brna.

V roce 1946 předložil na VŠZ v Brně habilitační spis „Poznatky a zkušenosti získané při studiu podmínek určujících jakost sušené zeleniny“, habilitoval se pro obor Technologie zemědělského průmyslu a pak zde přednášel jako soukromý docent. Byl zvolen jako zástupce docentů do profesorského sboru školy.

Profesorem Vysoké školy zemědělské v Brně byl jmenován v září 1948, tedy ve svých 33 letech, a to pro obor Konzervační technologie. Profesorem byl ustanoven od 1. 10. 1948, kdy také znovu nastoupil do pracovního poměru na VŠZ v Brně. Působil zde do konce roku 1952.

Od 1.1.1953 byl převeden na nově zřízenou fakultu potravinářské technologie Vysoké školy chemicko-technologické v Praze, na které působil jako profesor konzervářské technologie do roku 1983. Od této doby je v důchodu, ale dodnes na VŠCHT v Praze působí ve zkrácených pracovních úvazcích.

Profesor Kyzlink sám se považuje za demokrata, stoupence Masarykovy filosofické školy. Tvrdí o sobě, že velký vliv na jeho život a životní postoje měla jeho velmi aktivní účast ve skautském hnutí od roku 1928 do roku 1939. Účastníkem tohoto hnutí byl i v poválečných letech, dodnes s ním sympatizuje a dodnes je zván na jeho nejvyšší činovnícké sněmy.

VĚDECKÁ ČINNOST PROFESORA KYZLINKA

Profesor Kyzlink inklinoval k vědecké práci již během vysokoškolského studia. Nejdříve spolupracoval s profesory Trnkou a Hošpesem, ale velmi brzy se specializoval na studium vlastností a zpracování ovoce a zeleniny a na teorii konzervace potravin vůbec.

Za nejvýznamnější úseky a výsledky jeho vědeckovýzkumné činnosti lze mezi mnoha dalšími označit:

- Studie o stabilitě vitamínu C ve zpracovávané zelenině.
- Studie k výrobě pektinových preparátů a k návrhu metod analýzy pektinů.
- Formulaci metody pro kontrolu účinnosti konzervace termosterilací. Tato práce měla velkou mezinárodní odezvu včetně udělení stříbrné medaile mezinárodní komisí zemědělského a potravinářského průmyslu se sídlem v Paříži v roce 1960.
- Pan prof. Kyzlink formuloval a propracoval původní systém metod konzervace potravin. Práce byla uznána obhájením doktorské disertace a udělením vědecké hodnosti DrSc. v roce 1957. Bylo dosaženo jejího mezinárodního uznání kladným hodnocením monografie *Principles of Food Preservation*.
- Prof. Kyzlink byl pověřen zpracováním charakteristiky souborů chemických, enzymových a mikrobiologických dějů významných pro uchování potravin do stati *Storage Stability* nakladatelstvím Academic Press v Londýně právě vydávané (1992) britské encyklopedie o potravinách a výživě; zde je potřebné zdůraznit okolnost, že prof. Kyzlink je jedním ze dvou občanů Československa, kteří byli k této spolupráci přizváni a kterým se dostalo pocty být spoluautory této věhlasné encyklopedie.

Prof. Kyzlink vydal šest knižních monografií počínaje *Konzervačními metodami*, vydanými v Průmyslovém nakladatelství Praha v roce 1951 a konče celostátní vysokoškolskou učebnicí *Teoretické základy konzervace potravin*, vydanou Státním nakladatelstvím technické literatury v Praze v roce 1988 (511 s.) a již zmíněnou knihou *Principles of Food Preservation*, vydanou světově proslulým nakladatelstvím Elsevier Amsterdam – London – New York v roce 1990 o rozsahu 598 s.

Dále dosud publikoval 106 původních prací, z toho 30 cizojazyčných a dlouhou řadu odborných a popularizačních prací. Přednášel a dosud přednáší na potravinářských symposiích a konferencích.

Profesor Kyzlink byl a je členem několika vědeckých institucí, redakčních rad a vědeckých rad. Již v roce 1947 se stal řádným členem IV. odboru Československé akademie zemědělské a v roce 1990 byl zvolen čestným členem Akademie zemědělských věd ČSFR. Za svoji vědeckou práci obdržel ocenění zahraniční a československá, mezi nimi i dvě záslužné medaile Vysoké školy zemědělské v Brně.

VZTAHY PROF. KYZLINKA K VYSOKÉ ŠKOLE ZEMĚDĚLSKÉ V BRNĚ

Činnost profesora Kyzlinka jako studenta a nehonorovaného asistenta z období let 1933 až 1939 byla již zmíněna. V letech 1946 a 1947 přednášel jako soukromý docent doporučený předmět *Ovocnický průmysl* a v této době se již iniciativně a intenzivně účastnil na organizační přípravě zahradnického a o něco později i technologického studijního směru (byl svolavatelem a předsedou příslušných komisí). Ve studijním roce 1947/1948 byl již i správcem nově zřízeného ústavu ovocnické a zelinářské technologie v Brně.

Oba připravované studijní směry (zahradnický s výukou vinařství a konzervářské technologie a dále technologický – potravinářský) se staly skutečností a zásluhy profesora Kyzlinka o ně jsou nesporné. Technologický (potravinářský) směr vychoval ve dvou ročnících 56 absolventů, z nichž někteří dnes zastávají významná místa ve školství, ve výzkumu a v průmyslu.

Profesor Kyzlink a jeho spolupracovníci připravovali koncem čtyřicátých a počátkem padesátých let vznik potravinářské fakulty v Brně, a to v souvislosti s přechodem potravinářství na průmyslovou bázi. Fakulta byla připravena, byl jí přidělen nynější chemický pavilon vojenské akademie na Žižkově ulici, ale veškeré přípravné práce byly zmařeny rozhodnutím o zřízení vojenské akademie v Brně v roce 1952. Došlo proto k tomu, že pro Brno připravovaná potravinářská fakulta byla připojena k nově vznikající Vysoké škole chemicko-technologické v Praze. Brněnští učitelé z Vysoké školy zemědělské – prof. Prokš, prof. Kyzlink, prof. Lom a doc. Slavíček – se tak stali významnou součástí profesorského sboru nově vzniklé pražské potravinářské fakulty.

Po přeložení do Prahy prof. Kyzlink obětavě dojížděl celé dva roky přednášet do Lednice na Moravě, aby pomohl udržet dobrou úroveň výuky na zahradnickém oboru agronomické fakulty.

Prof. Kyzlink popsal tradice výuky potravinářství na Vysoké škole zemědělské v Brně ve své monografii o historii studia potravinářské technologie na celém území ČR. Monografie byla vydána jako svazek A 26 Sborníku VŠCHT v Praze v roce 1983. V roce 1989 významně přispěl svým článkem „Studium technologie potravin na Vysoké škole zemědělské v Brně“ v časopise Průmysl potravin, jehož číslo 8/1989 bylo věnováno 70. výročí vzniku naší vysoké školy.

Profesor Kyzlink již několik let podporoval úsilí o zavedení rozšířené výuky potravinářství na naší škole, a i díky jeho významné a soustavné podpoře bylo ve školním roce 1992/1993, tedy letos, zahájeno studium na nově vzniklém studijním oboru agronomické fakulty nazvaném Zpracování zemědělských produktů. O rok dříve bylo otevřeno studium na obdobném oboru Zpracování zahradnických produktů na zahradnické fakultě naší vysoké školy v Lednici na Moravě.

Profesor Kyzlink se pravidelně aktivně zúčastňuje celostátního semináře o jakosti potravin v Brně, který je již řadu let pořádán za spoluúčasti naší školy a fakulty. Svou přítomností, aktivitou, zkušeností a životní moudrostí vždy účinně přispívá k velmi dobré úrovni tohoto semináře. Profesor Kyzlink se trvale zajímá o život naší vysoké školy a vždy ochotně konzultuje vědecké a odborné problémy s našimi učiteli.

Z uvedeného stručného přehledu o životě a díle pana profesora Kyzlinka je naprosto zřetelný jeho celoživotní vztah k naší vysoké škole. Vykročil z ní jako velmi úspěšný absolvent do úspěšného a bohatého života pedagoga a vědce a vyšel z ní i jako její profesor. Vždy se k ní upřímně hlásí a svou celoživotní vědeckou a pedagogickou prací a jejími výsledky přispívá k jejímu věhlasu u nás i v zahraničí.

Je proto nanejvýš spravedlivé, že mu Vysoká škola zemědělská v Brně uděluje své nejvyšší ocenění – čestný doktorát zemědělsko-lesnických věd.

V Brně 11. prosince 1992.

ZÁVĚR

Tato stať má připomenout význam, ale i odkaz pana profesora Kyzlinka, který odešel 3. ledna 2008. Profesor Vladimír Kyzlink byl zakladatelem a po několik desetiletí nositelem základní obecné konzervace potravin. Zároveň se věnoval technologii neúdržných potravin rostlinného původu. Ač se pan profesor Kyzlink spolu s dalšími profesory stali významnou součástí profesorského sboru vzniklé pražské potravinářské fakulty (tehdy FPT, VŠCHT), a byl zakladatelem tehdejší Katedry konzervářské technologie, má nezanedbatelný význam i pro současný ústav technologie potravin AF MENDELU. Položil základy a prosazoval budování rozšířené výuky potravinářství na VŠZ v Brně. Spolu se svým žákem, panem profesorem Ingrem, který připravil podklady pro výše uvedený text slavnostní řeči, se zasadil o rozvoj potravinářství na naší univerzitě. Pan profesor Kyzlink se účastnil také tehdejších seminářů o jakosti potravin a potravinových surovin, kde jsme ho někteří měli štěstí potkat, a které udržujeme každým rokem jako Ingrový dny.

PODĚKOVÁNÍ

Děkujeme panu prof. Ing. Jiřímu Zelenkovi, CSc. za poskytnutí podkladů ke slavnostní promoci pana profesora Dr. Ing. Vladimíra Kyzlinka, DrSc., dr. h. c. Děkujeme panu děkanovi Fakulty potravinářské a biochemické technologie Vysoké školy chemicko-technologické v Praze a zároveň vedoucímu Ústavu konzervace potravin panu doc. Ing. Aleši Rajchlovi, Ph.D. za součinnost a poskytnutí materiálů spojených s osobou pana profesora Kyzlinka. Děkuji Ing. Andree Roztočilové, Ph.D. za technickou součinnost.

LITERATURA

Jůzl, M. (2026): Historie. Ingrovy dny. Webová stránka [online]. *Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně* [vid. 2026-01-20]. Dostupné z: <https://www.ingrovydny.af.mendelu.cz/historie>

Pipek, P. (2008): An Abituary Notice. Prof. Dr. Ing. Vladimír Kyzlink, DrSc., Dr.h.c. deceased. *Czech Journal of Food Science*, 26(1), 71. Dostupné z: <https://cjfs.agriculturejournals.cz/pdfs/cjf/2008/01/09.pdf>

Rajchl, A. (2026): Ústav konzervace potravin VŠCHT v Praze. Webová stránka [online]. *VŠCHT v Praze* [vid. 2026-01-20]. Dostupné z: <https://ukp.vscht.cz/o-ustavu/historie>

Zelenka, J. (1992): Program slavnostní promoce Prof. Kyzlinka a Prof. Scholze dne 11. prosince 1992. VŠZ v Brně. Tiskový materiál.

Kontaktní adresa: doc. Ing. Miroslav Jůzl, Ph.D., Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: miroslav.juzl@mendelu.cz

**ZÁSADY SPRÁVNÉ VÝROBNÍ PRAXE V OBLASTI VYUŽITÍ
OCHRANNÝCH KULTUR PRO OBLAST ZPRACOVÁNÍ MASA A RYB**
**PRINCIPLES OF GOOD MANUFACTURING PRACTICE IN THE FIELD
OF USE OF PROTECTIVE MICROBIAL CULTURES IN MEAT PROCESSING**

**Miroslav Jůzl¹ – Josef Kameník² – Jan Slováček¹ – Libor Kalhotka¹ – Petr Kouřil¹
Veronika Švehlová¹ – Simona Ondruchová² – Marta Dušková² – Lukáš Harabiš³
Jan Mareš³ – Olga Cwиковá¹ – Tomáš Komprda¹**

¹ Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

² Ústav hygieny a technologie potravin živočišného původu a gastronomie,
FVHE, Veterinární univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Česká republika

³ Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0124>



ABSTRAKT

Cílem tohoto příspěvku a zprávy v podobě příručky určené pro oblast masa a ryb není rozporovat účinnost mikroorganismů, kterou by měl vyhodnotit provozovatel potravinářského podniku, nebo ten, kdo uvádí potravinu do oběhu. Ochranné kultury, jinak též protektivní mikrobiální kultury (PMK) mohou být ingrediencí, technologickou pomocí nebo inovací. Označování závisí na tom, zda zůstávají ve finálním produktu. Legislativa EU neobsahuje jasnou definici pojmu „mikrobiální kultury“, „protektivní kultury“ nebo „ochranné kultury“. Použití PMK není obecně regulováno jako přísady či složky, pokud mají historii bezpečného použití. EFSA posuzuje bezpečnost mikroorganismů v žádostech, a uděluje povolení k uvedení na trh doplňkových látek do krmiv, potravinářských přídatných látek, potravinářských enzymů, potravinářských aromat, nových potravin. Výzkum a vývoj v oboru zpracování masa a výroby masných výrobků reaguje na poptávku. V rámci inovací jsou modifikovány i mikrobiální kultury, které mohou nést ochrannou neboli protektivní funkci, která není omezena pouze na inhibici patogenních bakterií (*Listeria monocytogenes*) nebo bakterií způsobujících kažení. Výrobci potravin, tedy provozovatelé potravinářských podniků, by měli do svých interních systémů (HACCP) a dokumentace podrobněji zapracovat specifikace od dodavatelů mikrobiálních kultur, včetně určení funkce používaných mikroorganismů, ať v potravíně tyto mikroorganismy zůstávají, nebo jsou použity během výroby. Doporučujeme, aby takové zdůvodnění poskytlo přehled dozorovým orgánům, zda je označení mikroorganismů použitých v jakékoli fázi výroby a uvádění na trh v souladu s aktuální evropskou legislativou.

Klíčová slova: bezpečnost potravin, inovace, mikroorganismy, maso, ryby, Listeria monocytogenes

ABSTRACT

The aim of this contribution and report in the form of a guide for the area of meat and fish meat is not to contradict the efficacy of microorganisms, which should be evaluated by the food business operator or the person placing the food on the market. Protective cultures, also known as protective microbial cultures (PMCs), can be an ingredient, a technological aid or an innovation. Labelling depends on whether they remain in the final product. EU legislation does not contain a clear definition of the term “microbial cultures”, “protective cultures” or “protective cultures”. The use of PMCs is generally not regulated as ingredients or components, provided that they have a history of safe use. EFSA assesses the safety of microorganisms

in applications, and grants authorisations for the placing on the market of feed additives, food additives, food enzymes, food flavourings, novel foods. Research and development in the field of meat processing and meat products responds to demand. As part of the innovation, microbial cultures are also modified, which can have a protective function, which is not limited to the inhibition of pathogenic bacteria (*Listeria monocytogenes*) or spoilage bacteria. Food manufacturers, i.e. food business operators, should incorporate in more detail the specifications from suppliers of microbial cultures into their internal systems (HACCP) and documentation, including the determination of the function of the microorganisms used, whether these microorganisms remain in the food or are used during production. We recommend that such justification provides an overview to supervisory authorities whether the labelling of microorganisms used at any stage of production and marketing is in accordance with current European legislation.

Keywords: food quality, innovation, microorganisms, Listeria monocytogenes, meat, fish

ÚVOD

Tento příspěvek je ze systematických důvodů a podle zadání projektu NAZV uvedeného v poděkování vázán na konkrétní výstup a oblast. Aby byl funkční jako celek a zároveň se neodvolával na jiný dokument obsahuje některé shodné pasáže jako je uvedeno v příspěvku věnovanému oblasti mléka.

Vymezení funkce a aplikace protektivních mikrobiálních kultur do potravin živočišného původu, jak je uvedeno níže (tab. 1), je spolu s dodržáním postupu aplikace a označováním zásadní informací z dodané specifikace s odpovědností na dodavateli protektivních mikrobiálních kultur (dále PMK).

Tabulka 1: Shrnutí legislativních požadavků

Oblast Evropského práva a klíčová slova	Legislativní rámec	Dopady pro ochranné (protektivní) kultury
General Food Law	Nařízení č. 178/2002	Nutnost bezpečnosti, sledovatelnosti
QPS	EFSA seznam (EFSA, 2025)	Rychlejší posouzení bezpečnosti
Ingredience vs. proces	Nařízení č. 1169/2011	Označení, pokud je až ve finálním produktu
Mikrobiologická kritéria	Nařízení č. 2073/2005	Odkaz na splnění limitů
Přísady (nitrity)	Nařízení č. 1333/2008	Alternativa k chemickým konzervantům
Novel Food	Nařízení 2015/2283	Nutnost schválení u nových mikroorganismů

Pro rozhodnutí, jak přistupovat k deklaraci PMK v rámci procesu označování potravin, je dobré nejprve vymežit produkty, které je nutno z důvodu principu výroby a legislativních předpisů vyloučit pro aplikaci PMK, pokud nejsou součástí startovací kultury/přirozené mikrobioty produktů živočišného původu:

- Maso, mléko, vejce, zvěřinu, produkty rybolovu a akvakultury, tedy potraviny uváděné na trh jako potraviny v naturální podobě, pokud není upraveno jinak.
- Produkty s označením EU – PDO, PGI, TSG, pokud není stanoveno jinak, nebo nebude doplněno ze strany orgánů EU přes příslušnou legislativu.

V případě ostatních potravin živočišného původu je třeba rozlišit, zda mikroorganismy využívané při výrobě, zpracování a uvádění na trh byly doložitelně popsány a používány před 15. 5. 1997. Pokud mikroorganismus nebyl významně spotřebiteli konzumován, může být považován za „novou potravinu“, „novel food“

(Nařízení EU 2015/2283 o nových potravinách). Proces zahrnuje posudek EFSA a rozhodnutí Evropské komise.

Cílené použití mikroorganismů, ať startovacích kultur nebo protektivních kultur, by v rámci správné hygienické praxe mělo zahrnovat optimalizovaný výběr konkrétních mikroorganismů v použité kultuře a pro konkrétní potravinu, určení požadovaného množství KTJ/g, a harmonizaci celkového procesu výroby a standardizaci finálního produktu.

MIKROORGANISMY A JEJICH DĚLENÍ

Mikrobiální kultury ve formě startovacích kultur jsou při výrobě specifických druhů potravin tradičně využívány, podílí se na celém souboru procesů, kdy vzniká finální celková jakost potraviny. Mikrobiální kultury se používají pro různé účely od tradičního použití při výrobě potravin až po novější a cílenější aplikace, jako je konzervace potravin (MZe, 2021). Z pohledu nařízení (ES) č. 1333/2008, v platném znění, pokud jsou kultury nebo jejich vedlejší produkty přítomny v hotových potravinách, lze je považovat za běžné složky potravin (tj. jiné než potravinářské přídatné látky). Je vhodné stanovit kritéria pro určování stavu použití různých mikrobiálních kultur v potravinách, aby pomohla vnitrostátním orgánům a provozovatelům potravinářských podniků při harmonizovaném uplatňování nařízení (ES) č. 1333/2008, v platném znění. Pro vytváření a řešení systémů řízení jakosti, výroby potravin a jejich uvádění na trh je dobré mikroorganismy rozlišovat dle následujících kritérií uvedených v tabulce 2.

JAK OZNAČOVAT POUŽITÍ MIKROORGANISMŮ V POTRAVINĚ?

Pro lepší porozumění důvodu použití mikroorganismů, a to nejen v případě použití startovacích nebo protektivních mikrobiálních kultur, je třeba vzdělávat spotřebitele (Kameník et al., 2024). Lidé jsou obecně citliví na složení potravin, které si kupují. Odborná veřejnost dokáže pochopit význam aplikace mikrobiálních kultur, laickou veřejnost je vhodné v tomto směru vzdělávat. Značná část zákazníků údajům na etiketách nerozumí, jiná část je ovlivněna konceptem vnímání, které lze popsat jako *clean label*, ve které pro aditiva z kategorie konzervantů nebo jiné položky složení není příliš místa. Podle autorů různých studií, použití bakteriocinů jako přírodních konzervantů u potravin obecně splňuje požadavky spotřebitelů na vysoce kvalitní a bezpečné potraviny bez použití chemických konzervantů. Závěry z mnoha srovnávacích studií zaměřených na chování konzumentů (Asioli et al., 2017, Chauhan a Rao, 2024) potvrzují hypotézu, že ačkoli je zdraví hlavním motivem spotřebitelů, je to celá široká škála faktorů spojená nejen s označováním potravin, které hrají roli při výběru a evaluaci potraviny spotřebitelem. Jedná se o interakci označení s vnitřními nebo vnějšími vlastnostmi produktu (potraviny) a celé řady sociokulturních faktorů (spotřebitel). Výrobci potravin přirozeně zohledňují rozmanitost těchto faktorů na základě daného legislativního rámce. Použití mikroorganismů je tedy nejen legislativně jednodušší a ke spotřebiteli citlivější než přímé použití bakteriocinů jako potravinářských aditiv. Je nutné zvážit i další rozměr a důvody, jako jsou účinnost eliminace patogenů a na druhé straně jejich vysokou cenu (Silva et al., 2018). Netýká se to přirozeně pouze mikroorganismů, a zejména mikrobiálních kultur se startovací nebo protektivní funkcí. Například tradičně používané dusitany jsou v mnohých zemích vyřazovány z receptur klasických masných výrobků (Kos et al., 2025). Důvěra a preference spotřebitelů v potraviny se mezi zeměmi EU přitom výrazně liší. Obecně se dá shrnout, že bez ohledu na státní příslušnost, spotřebitelé mimo nízké ceny, vyhledávají produkty, kterým lze důvěřovat, jsou udržitelně produkovány a zpracovány, a přitom šetrné k životnímu prostředí (Murphy et al., 2021). Je tedy vhodné stanovit určité vymezení účelu pro určování důvodu použití různých mikrobiálních kultur v potravinách, aby pomohla vnitrostátním orgánům a provozovatelům potravinářských podniků při harmonizovaném uplatňování nařízení (ES) č. 1333/2008. Výrobci potravin, provozovatelé potravinářských podniků, by měli do svých interních systémů (HACCP) a dokumentace podrobněji zapracovat specifikace od dodavatelů mikrobiálních kultur, včetně určení funkce používaných mikroorganismů, ať v potravině tyto mikroorganismy zůstávají

životaschopné, nebo jsou použity během výroby a následně usmrceny. Dozorový orgán může vyžadovat úpravu označení těchto používaných potravinářských mikrobiálních kultur ve smyslu lepšího vymezení činnosti mikroorganismů. Zejména tehdy, pokud nemají pouze hlavní smysl využití jako „klasická“ startovací kultura. Zejména v souvislosti s aktualizací analýz rizika a plánem opatření vůči patogenní *Listeria monocytogenes* dochází k zařazení protektivních kultur s produkcí bakteriocinů do masné výroby a ošetření z tohoto pohledu rizikových potravin živočišného původu. To podporuje i změna aktuální legislativy (vyhláška č. 376/2025 Sb. v aktuálním znění). Pokud to není a nebude legislativou EU specifikováno jinak, tak je nutné v HACCP a interních dokumentech k příslušné specifikaci určit technologickou funkci použití mikroorganismů. Pokud se nejedná podle evropské legislativy a EFSA o přídatnou látku, pak se může jednat o „**protektivní kulturu**“, „**protektivní mikrobiální kulturu**“, nebo „**ochrannou kulturu**“, či „**ochrannou mikrobiální kulturu**“. Tyto názvy jsou pro spotřebitele i odbornou veřejnost srozumitelné a nebudou přitom ani výše zmíněným doporučením zatěžovat nebo na druhou stranu svazovat výrobce, a nejsou v rozporu s evropským právem. Jedná-li se o mikrobiální kultury použité ve směsích, je třeba posuzovat mikrobiální kultury samostatně, každou podle svého hlavního účelu, a je nutné toto uvést do interních dokumentů. Na etiketě ale nedoporučujeme používat nesrozumitelný a nekonkrétní výraz „**kultura**“. V zemích EU jsou varianty označení potravin s aplikovanou PMK nejčastěji spojeny s výrazy „**mlékařské kultury**“, „**startovací kultury**“, a to se může jednat např. i o maso ryb nebo lahůdkové saláty. Označení „**ochranné kultury**“ najdeme u potravin nejčastěji v Německu (Jůzl et al., 2024, Kos et al., 2025).

„Fermentované potraviny“ jsou potraviny nebo nápoje vyrobené řízeným mikrobiálním růstem (tj. pomocí spontánní fermentace vedoucí ke „spontánním nebo divokým fermentacím“ nebo startovacích kultur vedoucích ke „kvasům závislým na kultuře“) a přeměnou složky potravin prostřednictvím enzymatického působení, které přispívá k charakteristickým organoleptickým vlastnostem fermentovaných potravin (např. barva, textura, vůně, chuť), které se významně liší od vlastností před fermentací.

Tabulka 2: Mikrobiální kultury používané k výrobě nejen fermentovaných potravin

Označení	Funkce	Příklad
a)	Kultury přidané na začátku nebo v raných fázích výroby potravin, jejichž výsledkem jsou fermentované potraviny .	Například využití startovacích kultur při výrobě sýrů, jogurtů nebo masných výrobků.
b)	Kultury přidané na povrch potravin v jakékoli fázi výroby potravin, jejichž výsledkem jsou fermentované potraviny (povrchové části)	Například použití kultur na povrchu sýra vytvářející jedlou kůru sýra, která přispívá k charakteristickým organoleptickým vlastnostem tohoto sýra. Použité kultury jsou považovány za normální složky potravin, nikoli za potravinové přísady.
c)	Kultury přidané v jakékoli fázi výroby potravin, jejichž výsledkem jsou funkční potraviny (tj. potraviny se specifickými nutričními vlastnostmi).	Například přídavek kultur pro fyziologický účinek (probiotika). Použité kultury jejichž výsledkem jsou funkční potraviny jsou považovány za běžné složky potravin a nikoli za potravinářské přídatné látky.
d)	Kultury nebo extrakty z kultur přidávané v jakékoli fázi výroby potravin pro technologické účely . Sledovány byly například kultury používané pro jejich antimikrobiální/ bakteriostatický účinek (konzervační látky), nebo na podporu senzorických vlastností dané potraviny.	Kultury působící produkcí bakteriocinů nebo konkurenčním chováním vůči nežádoucím mikroorganismům (patogenním nebo kazícím potravin) a používanými na vařené nebo syrové maso, korbýše, klobásky, uzeného lososa, hotové saláty atd. Mohou to být dále kultury obsahující mikroorganismy přidávané z důvodu zahuštění (např. <i>Monascus purpureus</i> nebo mikrořasy) nebo jiné technologické efekty, jako je barva, vzhled, nebo podpora jiných deskriptorů. Takové použití kultur, které poskytuje technologickou funkci v potravinách, do kterých se přidávají, ale jinak nejsou jejich přirozenou součástí je považováno za záměrné použití jako potravinářské přídatné látky. V důsledku toho se má za to, že takové použití splňuje definici potravinářské přídatné látky, a proto musí splňovat podmínky stanovené v právních předpisech o potravinářských přídatných látkách a být označeny v souladu s příslušnými ustanoveními pro označování potravinářských přídatných látek.
e)	Kultury přítomné ve směsích přidávaných v jakékoli fázi výroby potravin pro různé účely sestávajících z kultur používaných pro fermentované potraviny, funkční potraviny nebo přidaných pro technologické účely.	Je třeba posuzovat samostatně, každou podle svého hlavního účelu.

DOPORUČENÍ PRO DOZOROVÝ ORGÁN, JAK KOMUNIKOVAT S PROVOZOVATELI POTRAVINÁŘSKÝCH PODNIKŮ PRO OBLAST OZNAČOVÁNÍ MIKROORGANISMŮ V INTERNÍCH DOKUMENTECH A NA ETIKETĚ

Výrobci potravin, provozovatelé potravinářských podniků, by měli do svých interních systémů (HACCP) a dokumentace podrobněji zapracovat specifikace od dodavatelů mikrobiálních kultur, včetně určení funkce používaných mikroorganismů, ať v potravině tyto mikroorganismy zůstávají v živém stavu, nebo jsou použity během výroby a jsou následně v procesu výroby usmrceny. Použité mikrobiální kultury se vykazují jako složka dané potraviny.

Dozorový orgán může vyžadovat úpravu označení těchto používaných potravinářských mikrobiálních kultur ve smyslu lepšího vymezení činnosti mikroorganismů. Zejména tehdy, pokud nemají pouze hlavní smysl využití jako klasická startovací kultura.

Na etiketě nedoporučujeme používat nesrozumitelný a nekonkrétní výraz „kultura“.

Pokud lze u potravinářské kultury, kterou lze rozumět komerčně dostupnou směs mikroorganismů, schválenou postupem dle EFSA k uvádění na trh, aplikovat:

- podle tabulky č. 2 bod a) a b), pro zařazení a označení, které se již používá pro fermentované potraviny. Nicméně, pokud je ve specifikaci k balení nebo směsi potravinářské kultury uvedena ochranná funkce vymezená dle písmene d) tabulky č. 2, měla by být každá funkce posuzována odděleně a nestačí jednotné označení zaměnitelné s běžným označením („**potravinářská kultura**“).
- podle písmene c), jedná-li se o funkční potravinu, je třeba v HACCP a interních dokumentech určit funkčnost mikroorganismů. Označení by mělo nést informaci např. „**probiotika**“ nebo „**probiotická kultura**“,
- podle písmene d), tak pokud to není legislativou EU specifikováno jinak, tak je nutné v HACCP a interních dokumentech určit technologickou funkci použití. Pokud se nejedná podle evropské legislativy a EFSA o přídatnou látku, pak se může jednat o „**protektivní kulturu**“, „**protektivní mikrobiální kulturu**“, nebo „**ochrannou kulturu**“, či „**ochrannou mikrobiální kulturu**“. Tyto názvy jsou pro spotřebitele i odbornou veřejnost srozumitelné a nebudou přitom svazovat výrobce, a nejsou v rozporu s evropským právem,
- podle písmene e), jedná-li se o mikrobiální kultury použité ve směsích je třeba posuzovat mikrobiální kulturu samostatně, každou podle svého hlavního účelu, viz body a) až d) tabulky, a je nutné toto uvést do interních dokumentů.

V případě použití mikrobiálních kultur, které poskytují výhradně technologickou funkci v potravinách, do kterých se přidávají, a nesouvisející s hygienickou jakostí, je jejich použití považováno za záměrné a pokud v potravině zůstávají, a to jak živé nebo usmrcené je na ně pohlíženo jako na složku takové potraviny. Vodítkem je tabulka 3.

Tabulka 3: Specifikace pohledu na použití mikrobiálních kultur podle rozdělení dle druhu a skupin masa a masných výrobků dle legislativy

Druh	Skupina	Technologické použití	Poznámka
Maso	všechny skupiny ¹⁾	vyloučeno z podstaty	mikrobiální kultury nelze použít
	tepelně opracovaný	jako technologická součást nebo přídatná látka při výrobě	mikrobiální kultury lze použít, pokud mají ochrannou funkci jako PMK, je nutné je deklarovat, je nutné zpracovat příslušné dokumenty do HACCP
	tepelně neopracovaný	doplňková či neoddělitelná součást startovací kultury	mikrobiální kultury lze použít, pokud mají startovací a/nebo ochrannou funkci jako PMK, je nutné je deklarovat, je nutné zpracovat příslušné dokumenty do HACCP
	tepelně neopracovaný pro tepelnou úpravu	doplňková či neoddělitelná součást startovací kultury	mikrobiální kultury lze použít, pokud mají startovací a/nebo ochrannou funkci jako PMK, je nutné je deklarovat, je nutné zpracovat příslušné dokumenty do HACCP
Masný výrobek	trvanlivý tepelně opracovaný	jako technologická součást	mikrobiální kultury lze použít, pokud mají ochrannou funkci jako PMK, je nutné je deklarovat, je nutné zpracovat příslušné dokumenty do HACCP
	trvanlivý fermentovaný	doplňková či neoddělitelná součást startovací kultury	mikrobiální kultury lze použít, pokud mají startovací a/nebo ochrannou funkci jako PMK, je nutné je deklarovat, je nutné zpracovat příslušné dokumenty do HACCP
	sušený ²⁾	doplňková či neoddělitelná součást startovací kultury	mikrobiální kultury lze použít, pokud mají startovací a/nebo ochrannou funkci jako PMK, je nutné je deklarovat, je nutné zpracovat příslušné dokumenty do HACCP
	konzerva	vyloučeno z podstaty	mikrobiální kultury lze použít, pokud mají ochrannou funkci jako PMK, je nutné je deklarovat, je nutné zpracovat příslušné dokumenty do HACCP
	polokonzerva	vyloučeno z podstaty	mikrobiální kultury lze použít, pokud mají ochrannou funkci jako PMK, je nutné je deklarovat, je nutné zpracovat příslušné dokumenty do HACCP
Masný polotovár		doplňková či neoddělitelná součást startovací kultury	mikrobiální kultury lze použít, pokud mají startovací a/nebo ochrannou funkci jako PMK, je nutné je deklarovat, je nutné zpracovat příslušné dokumenty do HACCP

¹⁾ vyjmenované v tabulce 1 Přílohy 2 vyhlášky č. 376/2025 Sb. v aktuálním znění

²⁾ podle Přílohy č. 6 vyhlášky č. 376/2025 Sb. v aktuálním znění

ZÁVĚR

Provozovatelé potravinářských podniků zpracovávající masa a ryby by měli do svých interních systémů (HACCP) a dokumentace podrobněji zapracovat specifikace od dodavatelů mikrobiálních kultur, včetně určení funkce používaných mikroorganismů, ať v potravině tyto mikroorganismy zůstávají živé, nebo jsou usmrčeny. Doporučujeme, aby takové zdůvodnění poskytlo přehled dozorovým orgánům, zda je označení mikroorganismů použitých v jakékoli fázi výroby a uvádění potravin na trh v souladu s aktuální evropskou legislativou. Součástí této zprávy jsou i doporučení k označování protektivních neboli ochranných kultur pro oblast masa a ryb. Ty jsou vítanou inovací, kterou je třeba rozpracovávat a zároveň s pokračujícím vývojem nastavit optimální legislativní způsob označování potravin. Dále je nutné si uvědomit, že činnost mikroorganismů využívaných při výrobě potravin, zejména těch živočišného původu, není snadné jasně vymezit, zvláště pro druhy a skupiny potravin, kde byly a jsou mikroorganismy tradičně využívány. Naopak, mohou být novou přírodní alternativou k syntetickým přídatným látkám a konzervantům, a tím mají vztah ke spotřebiteli, který tuto míru bioprotekce je schopen ocenit a v budoucnu může více vyžadovat. Prodlužování doby použitelnosti i trvanlivosti je i vítaným krokem v rámci udržitelnosti a oproti jiným aktuálně řešeným strategiím nezatěžuje výrobce. Je nutné, aby v celé produkční vertikále a v rámci státního dozoru byla přijata taková opatření, aby tuto strategii nejen umožnila, ale na druhou stranu ji neposunula nežádoucím směrem.

PODĚKOVÁNÍ

Tento dokument je výstupem QK23020047-V1 s názvem Zásady správné výrobní praxe v oblasti využití ochranných kultur pro oblast masa (masa ryb, masného výrobku a masného polotovaru) v rámci projektu NAZV/Země 6 QK23020047 s názvem Ověření možností prokazování použití ochranných kultur ve výrobě potravin živočišného původu.

LITERATURA

Asioli, D., Aschemann-Witzel, J., Caputo, V., Vecchio, R., Annunziata, A., Næs, T., Varela, P. (2017): Making sense of the "clean label" trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. *Food Research International*, 99, 58–71.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.022>

Chauhan, K., Rao, A. L. (2024): Clean-label alternatives for food preservation: An emerging trend. *Heliyon*, 10(16), e35815. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35815>

EFSA (2025): Qualified presumption of safety (QPS). Citováno: 2025-10-30. Dostupné z: <https://www.efsa.europa.eu/en/applications/qps-assessment>

Jůzl, M., Kalhotka, L., Slováček, J., Zemanová, J., Cwiková, O., Dušková, M., Kameník, J. (2024): The use of protective cultures in the production of food of animal origin. In. 16th International Scientific Conference, FoodBioTech 2024. Vyhne: SPU Nitra. Oral lecture.

Kameník, J., Dušková, M., Jůzl, M. (2024): Použití ochranných kultur při zpracování masa. *Maso*, 35(3), 27–32.

Kos, I., Pleadin, J., Stvorić, M., Mirić, M., Širić, I., Lešić, T., Lazarus, M., Orct, T., Kljak, K., Stamenić, T., Ravlić, M., Jůzl, M., Vnučec, I. (2025): Impact of Incubation Conditions and Addition of Red Beet and Leek Powders as Natural Nitrate Sources on the Physicochemical and Sensory Properties of Cooked Sausages. *Processes*, 13(11), 3490. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/pr13113490>

MZe (2021): Strategie bezpečnosti potravin a výživy 2030. Ministerstvo zemědělství: Praha, 1. Vydání. 38 s. ISBN 978-80-7434-621-7.

Murphy, B., Martini, M., Fedi, A., Loera, B. L., Elliott, C. T., Dean, M. (2021): Consumer trust in organic food and organic certifications in four European countries. *Food Control*, 133, Part B, 108484. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108484>

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, v platném znění.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách. EUR-lex.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002 ze dne 28. ledna 2002, kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva, zřizuje se Evropský úřad pro bezpečnost potravin a stanoví postupy týkající se bezpečnosti potravin

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283 ze dne 25. listopadu 2015 o nových potravinách. EUR-lex.

Nařízení Komise (ES) č. 2073/2005 ze dne 15. listopadu 2005 o mikrobiologických kritériích pro potraviny, v platném znění.

Silva, C. C. G., Silva S. P. M., Ribeiro S. C. (2018): Application of Bacteriocins and Protective Cultures in Dairy Food Preservation. *Frontiers in Microbiology*, 9, 594. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00594>

Vyhláška MZe ČR č. 376/2025 Sb., kterou se mění vyhláška č. 69/2016 Sb., o požadavcích na maso, masné výrobky, produkty rybolovu a akvakultury a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich (platnost od 1. 1. 2026).

Kontaktní adresa: doc. Ing. Miroslav Jůzl, Ph.D., Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: miroslav.juzl@mendelu.cz

ZÁSADY SPRÁVNÉ VÝROBNÍ PRAXE V OBLASTI VYUŽITÍ OCHRANNÝCH KULTUR PRO OBLAST ZPRACOVÁNÍ MLÉKA

PRINCIPLES OF GOOD MANUFACTURING PRACTICE IN THE FIELD OF USE OF PROTECTIVE MICROBIAL CULTURES IN MILK PROCESSING

Miroslav Jůzl¹ – Josef Kameník² – Jan Slováček¹ – Libor Kalhotka¹ – Petr Kouřil¹

Veronika Švehlová¹ – Simona Ondruchová² – Marta Dušková² – Jana Zemanová¹

Olga Cwíková¹ – Tomáš Komprda¹

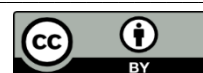
¹ Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta,

Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

² Ústav hygieny a technologie potravin živočišného původu a gastronomie,

FVHE, Veterinární univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0133>



ABSTRAKT

Cílem tohoto příspěvku a zprávy v podobě příručky určené pro oblast mlékárenství není rozporovat účinnost mikroorganismů, kterou by měl vyhodnotit provozovatel potravinářského podniku, nebo ten, kdo uvádí potravinu do oběhu. Ochranné kultury, jinak též protektivní mikrobiální kultury (PMK) mohou být ingrediencí, technologickou pomocí nebo inovací. Označování závisí na tom, zda zůstávají ve finálním produktu. Legislativa EU neobsahuje jasnou definici pojmu „mikrobiální kultury“, „protektivní kultury“ nebo „ochranné kultury“. Použití PMK není obecně regulováno jako přísady či složky, pokud mají historii bezpečného použití. EFSA posuzuje bezpečnost mikroorganismů v žádostech, a uděluje povolení k uvedení na trh doplňkových látek do krmiv, potravinářských přídatných látek, potravinářských enzymů, potravinářských aromat, nových potravin. Výzkum a vývoj v oboru zpracování mléka reaguje na poptávku. V rámci inovací jsou modifikovány i mikrobiální kultury, které mohou nést ochrannou neboli protektivní funkci, která není omezena pouze na inhibici patogenních bakterií (*Listeria monocytogenes*) nebo bakterií způsobujících kažení. Výrobci potravin, tedy provozovatelé potravinářských podniků, by měli do svých interních systémů (HACCP) a dokumentace podrobněji zpracovat specifikace od dodavatelů mikrobiálních kultur, včetně určení funkce používaných mikroorganismů, ať v potravíně tyto mikroorganismy zůstávají, nebo jsou použity během výroby. Doporučujeme, aby takové zdůvodnění poskytlo přehled dozorovým orgánům, zda je označení mikroorganismů použitých v jakékoli fázi výroby a uvádění na trh v souladu s aktuální evropskou legislativou.

Klíčová slova: bezpečnost potravin, inovace, mikroorganismy, Listeria monocytogenes, mléko, mlékárenství

ABSTRACT

The aim of this contribution and report in the form of a guide for the dairy sector is not to contradict the effectiveness of microorganisms, which should be assessed by the food business operator or the person placing the food on the market. Protective cultures, also known as protective microbial cultures (PMCs), can be an ingredient, a technological aid or an innovation. Labelling depends on whether they remain in the final product. EU legislation does not contain a clear definition of the term “microbial cultures”, “protective cultures” or “protective cultures”. The use of PMCs is generally not regulated as ingredients or components, provided that they have a history of safe use. EFSA assesses the safety of microorganisms in applications and grants marketing authorisations for feed additives, food additives, food enzymes, food flavourings and novel foods. Research and development in the field of milk processing responds to demand. As part

of the innovation, microbial cultures are also modified, which can have a protective function, which is not limited to the inhibition of pathogenic bacteria (*Listeria monocytogenes*) or spoilage bacteria. Food manufacturers, i.e. food business operators, should incorporate in more detail the specifications from suppliers of microbial cultures into their internal systems (HACCP) and documentation, including the determination of the function of the microorganisms used, whether these microorganisms remain in the food or are used during production. We recommend that such justification provides an overview to supervisory authorities whether the labelling of microorganisms used at any stage of production and marketing is in accordance with current European legislation.

Keywords: food quality, innovation, microorganisms, Listeria monocytogenes, milk, dairy

ÚVOD

Tento příspěvek je ze systematických důvodů a podle zadání projektu NAZV uvedeného v poděkování vázán na konkrétní výstup a oblast. Aby byl funkční jako celek a zároveň se neodvolával na jiný dokument obsahuje některé shodné pasáže jako je uvedeno v příspěvku věnovanému oblasti masa a ryb.

Vymezení funkce a aplikace protektivních mikrobiálních kultur do potravin živočišného původu, jak je uvedeno níže (tab. 1), je spolu s dodržáním postupu aplikace a označováním zásadní informací z dodané specifikace s odpovědností na dodavateli protektivních mikrobiálních kultur (dále PMK).

Tabulka 1: Shrnutí legislativních požadavků

Oblast Evropského práva a klíčová slova	Legislativní rámec	Dopady pro ochranné (protektivní) kultury
General Food Law	Nařízení č. 178/2002	Nutnost bezpečnosti, sledovatelnosti
QPS	EFSA seznam (EFSA, 2025)	Rychlejší posouzení bezpečnosti
Ingredience vs. proces	Nařízení č. 1169/2011	Označení, pokud je až ve finálním produktu
Mikrobiologická kritéria	Nařízení č. 2073/2005	Odkaz na splnění limitů
Přísady (nitrity)	Nařízení č. 1333/2008	Alternativa k chemickým konzervantům
Novel Food	Nařízení 2015/2283	Nutnost schválení u nových mikroorganismů

Pro rozhodnutí, jak přistupovat k deklaraci PMK v rámci procesu označování potravin, je dobré nejprve vymežit produkty, které je nutno z důvodu principu výroby a legislativních předpisů vyloučit pro aplikaci PMK, pokud nejsou součástí startovací kultury/přirozené mikrobioty produktů živočišného původu:

- Maso, mléko, vejce, zvěřinu, produkty rybolovu a akvakultury, tedy potraviny uváděné na trh jako potraviny v naturální podobě, pokud není upraveno jinak.
- Produkty s označením EU – PDO, PGI, TSG, pokud není stanoveno jinak, nebo nebude doplněno ze strany orgánů EU přes příslušnou legislativu.

V případě ostatních potravin živočišného původu je třeba rozlišit, zda mikroorganismy využívané při výrobě, zpracování a uvádění na trh byly doložitelně popsány a používány před 15. 5. 1997. Pokud mikroorganismus nebyl významně spotřebiteli konzumován, může být považován za „novou potravinu“, „novel food“ (Nařízení EU 2015/2283 o nových potravinách). Proces zahrnuje posudek EFSA a rozhodnutí Evropské komise.

Cílené použití mikroorganismů, ať startovacích kultur nebo protektivních kultur, by v rámci správné hygienické praxe mělo zahrnovat optimalizovaný výběr konkrétních mikroorganismů v použité kultuře a pro konkrétní potravinu, určení požadovaného množství KTJ/g, a harmonizaci celkového procesu výroby a standardizaci finálního produktu.

MIKROORGANISMY A JEJICH DĚLENÍ

Mikrobiální kultury ve formě startovacích kultur, nebo bakterií mléčného kysání jsou při výrobě mléčných výrobků tradičně využívány, podílí se na celém souboru procesů, kdy vzniká finální celková jakost potraviny. Mikrobiální kultury se používají pro různé účely od tradičního použití při výrobě potravin až po novější a cílenější aplikace, jako je konzervace potravin (MZe, 2021). Z pohledu nařízení (ES) č. 1333/2008, v platném znění, pokud jsou kultury nebo jejich vedlejší produkty přítomny v hotových potravinách, lze je považovat za běžné složky potravin (tj. jiné než potravinářské přídatné látky). Je vhodné stanovit kritéria pro určování stavu použití různých mikrobiálních kultur potravinách, aby pomohla vnitrostátním orgánům a provozovatelům potravinářských podniků při harmonizovaném uplatňování nařízení (ES) č. 1333/2008, v platném znění. Pro vytváření a řešení systémů řízení jakosti, výroby potravin a jejich uvádění na trh je dobré mikroorganismy rozlišovat dle následujících kritérií uvedených v tabulce 2.

JAK OZNAČOVAT POUŽITÍ MIKROORGANISMŮ V POTRAVINĚ?

Pro lepší porozumění důvodu použití mikroorganismů, a to nejen v případě použití startovacích nebo protektivních mikrobiálních kultur, je třeba vzdělávat spotřebitele (Kameník et al., 2024). Lidé jsou obecně citliví na složení potravin, které si kupují. Odborná veřejnost dokáže pochopit význam aplikace mikrobiálních kultur, laickou veřejnost je vhodné v tomto směru vzdělávat. Značná část zákazníků údajům na etiketách nerozumí, jiná část je ovlivněna konceptem vnímání, které lze popsat jako *clean label*, ve které pro aditiva z kategorie konzervantů nebo jiné položky složení není příliš místa. Podle autorů různých studií, použití bakteriocinů jako přírodních konzervantů u potravin obecně splňuje požadavky spotřebitelů na vysoce kvalitní a bezpečné potraviny bez použití chemických konzervantů. Závěry z mnoha srovnávacích studií zaměřených na chování konzumentů (Asioli et al., 2017, Chauhan a Rao, 2024) potvrzují hypotézu, že ačkoli je zdraví hlavním motivem spotřebitelů, je to celá široká škála faktorů spojená nejen s označováním potravin, které hrají roli při výběru a evaluaci potraviny spotřebitelem. Jedná se o interakci označení s vnitřními nebo vnějšími vlastnostmi produktu (potraviny) a celé řady sociokulturních faktorů (spotřebitel). Výrobci potravin přirozeně zohledňují rozmanitost těchto faktorů na základě daného legislativního rámce. Použití mikroorganismů je tedy nejen legislativně jednodušší a ke spotřebiteli citlivější než přímé použití bakteriocinů jako potravinářských aditiv. Je nutné zvážit i další rozměr a důvody, jako jsou účinnost eliminace patogenů a na druhé straně jejich vysokou cenu (Silva et al., 2018). Netýká se to přirozeně pouze mikroorganismů, a zejména mikrobiálních kultur se startovací nebo protektivní funkcí. Například tradičně používané dusitany jsou v mnohých zemích vyřazovány z receptur klasických masných výrobků (Kos et al., 2025). Důvěra a preference spotřebitelů v potraviny se mezi zeměmi EU přitom výrazně liší. Obecně se dá shrnout, že bez ohledu na státní příslušnost, spotřebitelé mimo nízké ceny, vyhledávají produkty, kterým lze důvěřovat, jsou udržitelně produkovány a zpracovány, a přitom šetrné k životnímu prostředí (Murphy et al., 2021). Je tedy vhodné stanovit určité vymezení účelu pro určování důvodu použití různých mikrobiálních kultur v potravinách, aby pomohla vnitrostátním orgánům a provozovatelům potravinářských podniků při harmonizovaném uplatňování nařízení (ES) č. 1333/2008. Výrobci potravin, provozovatelé potravinářských podniků, by měli do svých interních systémů (HACCP) a dokumentace podrobněji zpracovat specifikace od dodavatelů mikrobiálních kultur, včetně určení funkce používaných mikroorganismů, ať v potravíně tyto mikroorganismy zůstávají životaschopné, nebo jsou použity během výroby a následně usmrceny. Dozorový orgán může vyžadovat úpravu označení těchto používaných potravinářských mikrobiálních kultur ve smyslu lepšího vymezení

činnosti mikroorganismů. Zejména tehdy, pokud nemají pouze hlavní smysl využití jako „klasická“ startovací kultura. Zejména v souvislosti s aktualizací analýz rizika a plánem opatření vůči patogenní *Listeria monocytogenes* dochází k zařazení protektivních kultur s produkcí bakteriocinů. Pokud to není a nebude legislativou EU specifikováno jinak, tak je nutné v HACCP a interních dokumentech k příslušné specifikaci určit technologickou funkci použití mikroorganismů. Pokud se nejedná podle evropské legislativy a EFSA o přídatnou látku, pak se může jednat o „**protektivní kulturu**“, „**protektivní mikrobiální kulturu**“, nebo „**ochrannou kulturu**“, či „**ochrannou mikrobiální kulturu**“. Tyto názvy jsou pro spotřebitele i odbornou veřejnost srozumitelné a nebudou přitom ani výše zmíněným doporučením zatěžovat nebo na druhou stranu svazovat výrobce, a nejsou v rozporu s evropským právem. Jedná-li se o mikrobiální kultury použité ve směsích, je třeba posuzovat mikrobiální kultury samostatně, každou podle svého hlavního účelu, a je nutné toto uvést do interních dokumentů. Na etiketě ale nedoporučujeme používat nesrozumitelný a nekonkrétní výraz „**kultura**“. V zemích EU jsou varianty označení potravin s aplikovanou PMK nejčastěji spojeny s výrazy „**mlékařské kultury**“, „**startovací kultury**“, a to se může jednat např. i o maso ryb nebo lahůdkové saláty. Označení „**ochranné kultury**“ najdeme u potravin nejčastěji v Německu (Jůzl et al., 2024, Kos et al., 2025).

„Fermentované potraviny“ jsou potraviny nebo nápoje vyrobené řízeným mikrobiálním růstem (tj. pomocí spontánní fermentace vedoucí ke „spontánním nebo divokým fermentacím“ nebo startovacích kultur vedoucích ke „kvasům závislým na kultuře“) a přeměnou složky potravin prostřednictvím enzymatického působení, které přispívá k charakteristickým organoleptickým vlastnostem fermentovaných potravin (např. barva, textura, vůně, chuť), které se významně liší od vlastností před fermentací.

Tabulka 2: Mikrobiální kultury používané k výrobě nejen fermentovaných potravin

Označení	Funkce	Příklad
a)	Kultury přidané na začátku nebo v raných fázích výroby potravin, jejichž výsledkem jsou fermentované potraviny .	Například využití startovacích kultur při výrobě sýrů, jogurtů nebo masných výrobků.
b)	Kultury přidané na povrch potravin v jakékoli fázi výroby potravin, jejichž výsledkem jsou fermentované potraviny (povrchové části)	Například použití kultur na povrchu sýra vytvářející jedlou kůru sýra, která přispívá k charakteristickým organoleptickým vlastnostem tohoto sýra. Použité kultury jsou považovány za normální složky potravin, nikoli za potravinové přísady.
c)	Kultury přidané v jakékoli fázi výroby potravin, jejichž výsledkem jsou funkční potraviny (tj. potraviny se specifickými nutričními vlastnostmi).	Například přídavek kultur pro fyziologický účinek (probiotika). Použité kultury jejichž výsledkem jsou funkční potraviny jsou považovány za běžné složky potravin a nikoli za potravinářské přídatné látky.
d)	Kultury nebo extrakty z kultur přidávané v jakékoli fázi výroby potravin pro technologické účely . Sledovány byly například kultury používané pro jejich antimikrobiální/ bakteriostatický účinek (konzervační látky), nebo na podporu sensorických vlastností dané potraviny.	Kultury působící produkcí bakteriocinů nebo konkurenčním chováním vůči nežádoucím mikroorganismům (patogenním nebo kazícím potravinu) a používanými na vařené nebo syrové maso, korýše, klobásy, uzeného lososa, hotové saláty atd. Mohou to být dále kultury obsahující mikroorganismy přidávané z důvodu zahuštění (např. <i>Monascus purpureus</i> nebo mikrořasy) nebo jiné technologické efekty, jako je barva, vzhled, nebo podpora jiných deskriptorů. Takové použití kultur, které poskytuje technologickou funkci v potravinách, do kterých se přidávají, ale jinak nejsou jejich přirozenou součástí je považováno za záměrné použití jako potravinářské přídatné látky. V důsledku toho se má za to, že takové použití splňuje definici potravinářské přídatné látky, a proto musí splňovat podmínky stanovené v právních předpisech o potravinářských přídatných látkách a být označeny v souladu s příslušnými ustanoveními pro označování potravinářských přídatných látek.
e)	Kultury přítomné ve směsích přidávaných v jakékoli fázi výroby potravin pro různé účely sestávajících z kultur používaných pro fermentované potraviny, funkční potraviny nebo přidaných pro technologické účely.	Je třeba posuzovat samostatně, každou podle svého hlavního účelu.

DOPORUČENÍ PRO DOZOROVÝ ORGÁN, JAK KOMUNIKOVAT S PROVOZOVATELI POTRAVINÁŘSKÝCH PODNIKŮ PRO OBLAST OZNAČOVÁNÍ MIKROORGANISMŮ V INTERNÍCH DOKUMENTECH A NA ETIKETĚ

Výrobci potravin, provozovatelé potravinářských podniků, by měli do svých interních systémů (HACCP) a dokumentace podrobněji zapracovat specifikace od dodavatelů mikrobiálních kultur, včetně určení funkce používaných mikroorganismů, ať v potravině tyto mikroorganismy zůstávají v živém stavu, nebo jsou použity během výroby a jsou následně v procesu výroby usmrceny. Použité mikrobiální kultury se vykazují jako složka dané potraviny.

Dozorový orgán může vyžadovat úpravu označení těchto používaných potravinářských mikrobiálních kultur ve smyslu lepšího vymezení činnosti mikroorganismů. Zejména tehdy, pokud nemají pouze hlavní smysl využití jako klasická startovací kultura (bakterie mléčného kysání/kvašení, anglický ekvivalent lactic acid bacteria).

Na etiketě nedoporučujeme používat nesrozumitelný a nekonkrétní výraz „kultura“.

Pokud lze u potravinářské kultury, kterou lze rozumět komerčně dostupnou směs mikroorganismů, schválenou postupem dle EFSA k uvádění na trh, aplikovat:

- podle tabulky č. 2 bod a) a b), pro zařazení a označení, které se již používá pro fermentované potraviny. Nicméně, pokud je ve specifikaci k balení nebo směsi potravinářské kultury uvedena ochranná funkce vymezená dle písmene d) tabulky č. 2, měla by být každá funkce posuzována odděleně a nestačí jednotné označení zaměnitelné s běžným označením („**potravinářská kultura**“).
- podle písmene c), jedná-li se o funkční potravinu, je třeba v HACCP a interních dokumentech určit funkčnost mikroorganismů. Označení by mělo nést informaci např. „**probiotika**“ nebo „**probiotická kultura**“,
- podle písmene d), tak pokud to není legislativou EU specifikováno jinak, tak je nutné v HACCP a interních dokumentech určit technologickou funkci použití. Pokud se nejedná podle evropské legislativy a EFSA o přídatnou látku, pak se může jednat o „**protektivní kulturu**“, „**protektivní mikrobiální kulturu**“, nebo „**ochrannou kulturu**“, či „**ochrannou mikrobiální kulturu**“. Tyto názvy jsou pro spotřebitele i odbornou veřejnost srozumitelné a nebudou přitom svazovat výrobce, a nejsou v rozporu s evropským právem,
- podle písmene e), jedná-li se o mikrobiální kultury použité ve směsích je třeba posuzovat mikrobiální kulturu samostatně, každou podle svého hlavního účelu, viz body a) až d) tabulky, a je nutné toto uvést do interních dokumentů.

V případě použití mikrobiálních kultur, které poskytují výhradně technologickou funkci v potravinách, do kterých se přidávají, a nesouvisející s hygienickou jakostí, je jejich použití považováno za záměrné a pokud v potravině zůstávají, a to jak živé nebo usmrcené je na ně pohlíženo jako na složku takové potraviny. Vodítkem jsou tabulky 3 a 4.

Tabulka 3: Mikrobiologické požadavky na jednotlivé mléčné výrobky a na druhy živých mikroorganismů mléčného kysání v kysaných mléčných výrobcích (Vyhláška č. 377/2025 Sb.)

Výrobek	Použité mikroorganismy	Mléčná mikroflóra výrobku v 1 g
Kysané či zakysané mléčné výrobky dále neuvedené, například kysané mléko, smetanový zákys, zakysané podmásli, zakysaná smetana, kysané mléčné nápoje	monokultury nebo směsné kultury bakterií mléčného kysání	10 ⁶
Acidofilní mléko	<i>Lactobacillus acidophilus</i> a další mezofilní, případně termofilní kultury bakterií mléčného kysání	10 ⁶ <i>Lactobacillus acidophilus</i>
Jogurty včetně jogurtového mléka	symbiotická směs <i>Streptococcus thermophilus</i> a <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	10 ⁷
Kefír	zákys připravený z keřirových zrn nebo keřirové kultury, jehož mikroflóra se skládá z kvasinek zkvašujících i nezakvašujících laktózu a mezofilních a termofilních bakterií mléčného kysání, rostoucí ve vzájemném společenství	10 ⁷
Keřirové mléko	zákys skládající se z kvasinkových kultur a mezofilních a termofilních kultur bakterií mléčného kysání rostoucí ve vzájemné symbióze	bakterie mléčného kysání 10 ⁶ a kvasinky 10 ²
Kysaný mléčný výrobek s bifidokulturou	<i>Bifidobacterium</i> sp. v kombinaci s mezofilními a termofilními bakteriemi mléčného kysání	10 ⁶ bifidobakterie

Poznámka: U jogurtových výrobků mohou být kromě základní jogurtové kultury přidávány kmeny produkující kyselinu mléčnou a pomáhající dotvářet specifickou chuťovou nebo texturní charakteristiku výrobku. Musí však být zachován optimální poměr obou základních kmenů jogurtové kultury.

Tabulka 4: Specifikace pohledu na použití mikrobiálních kultur podle rozdělení dle druhu a skupin mléka a mléčných výrobků dle legislativy

Druh	Skupina	Podskupina	Poznámka
Mléko	tekuté	kategorie konzumního mléka podle bodu 1 odst. III část IV přílohy VII nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1308/2013	mikrobiální kultury nelze použít
	zahuštěné	Odtučněné nebo odstředěné, slazené nebo neslazené částečně odtučněné nebo částečně odstředěné nebo polotučné, slazené nebo neslazené plnotučné, slazené nebo neslazené	
	sušené	odtučněné nebo odstředěné částečně odtučněné nebo částečně odstředěné nebo polotučné plnotučné	
Smetana	tekutá	ke šlehání vysokotučná	mikrobiální kultury nelze použít
	zahuštěná		
	sušená		
Kysaný nebo zakysaný mléčný výrobek	jogurt		mikrobiální kultury lze použít, pokud mají startovací a/nebo ochrannou funkci jako PMK, je nutné je deklarovat, je nutné zpracovat příslušné dokumenty do HACCP
	jogurt smetanový		
	jogurt bílý		
	jogurt bílý smetanový		
	jogurtové mléko		
	acidofilní mléko		
	kefír		
	kefírové mléko		
	kysané mléko nebo smetanový zákys		
	kysaná nebo zakysaná smetana		
Mléčný výrobek tepelně ošetřený po kysacím procesu	kysané podmásli		mikrobiální kultury lze použít, pokud mají startovací a/nebo ochrannou funkci jako PMK, je nutné je deklarovat, je nutné zpracovat příslušné dokumenty do HACCP
	kysaný mléčný výrobek s bifido kulturou		
Mléčný výrobek obohacený přídavkem mléčné kultury			mikrobiální kultury lze použít, pokud mají startovací a/nebo ochrannou funkci jako PMK, je nutné je deklarovat, je nutné zpracovat příslušné dokumenty do HACCP

Druh	Skupina	Podskupina	Poznámka
Máslo mlékárenské a koncentráty mléčného tuku	másečný tuk nebo mléčný tuk bezvodý		mikrobiální kultury lze použít, pokud mají startovací a/nebo ochrannou funkci jako PMK, je nutné je deklarovat, je nutné zpracovat příslušné dokumenty do HACCP
	másečný koncentrát		
	čerstvé máslo		
	máslo		
	máslo stolní		
Tvaroh	měkký nebo odtučněný	termizovaný	mikrobiální kultury lze použít, pokud mají startovací a/nebo ochrannou funkci jako PMK, je nutné je deklarovat, je nutné zpracovat příslušné dokumenty do HACCP
	nízkotučný nebo jemný		
	polotučný tučný		
	tvrdý		
Sýr	přírodní	čerstvý	mikrobiální kultury lze použít, pokud mají startovací a/nebo ochrannou funkci jako PMK, je nutné je deklarovat, je nutné zpracovat příslušné dokumenty do HACCP
		zrající	
		zrající pod mazem	
		zrající v celé hmotě	
		s plísní na povrchu	
		s plísní uvnitř hmoty	
		dvoupříšňový	
		v solném nálevu, bílý	
		pařený	
		extra tvrdý (ke strouhání)	
		tvrdý	
		polotvrdý	
		poloměkký	
		měkký	
tavený	roztíratelný s lomem	mikrobiální kultury lze použít, pokud mají startovací a/nebo ochrannou funkci jako PMK, je nutné je deklarovat, je nutné zpracovat příslušné dokumenty do HACCP	
tavený sýrový výrobek			
tavený mléčný výrobek			
	syrovátkový		mikrobiální kultury lze použít, pokud mají startovací a/nebo ochrannou funkci jako PMK, je nutné je deklarovat, je nutné zpracovat příslušné dokumenty do HACCP
Bílkovinný mléčný výrobek	potravinářský kasein	kyselý sladký	mikrobiální kultury lze použít, pokud mají startovací a/nebo ochrannou funkci jako PMK, je nutné je deklarovat, je nutné zpracovat příslušné dokumenty do HACCP
	potravinářský kaseinát		
	mléčná bílkovina		
Mléčný výrobek ostatní			mikrobiální kultury lze použít, pokud mají startovací a/nebo ochrannou funkci jako PMK, je nutné je deklarovat, je nutné zpracovat příslušné dokumenty do HACCP

ZÁVĚR

Provozovatelé potravinářských podniků zpracovávající mléko by měli do svých interních systémů (HACCP) a dokumentace podrobněji zapracovat specifikace od dodavatelů mikrobiálních kultur, včetně určení funkce používaných mikroorganismů, ať v potravině tyto mikroorganismy zůstávají živé, nebo jsou usmrceny. Doporučujeme, aby takové zdůvodnění poskytlo přehled dozorovým orgánům, zda je označení mikroorganismů použitých v jakékoli fázi výroby a uvádění potravin na trh v souladu s aktuální evropskou legislativou. Součástí této zprávy jsou i doporučení k označování protektivních neboli ochranných kultur pro oblast mléka. Pro mlékárenství se rovněž jedná o vítanou inovaci, kterou je třeba rozpracovávat a zároveň s pokračujícím vývojem nastavit optimální legislativní způsob označování. Je nutné si uvědomit, že činnost a výskyt mikroorganismů využívaných při výrobě potravin, právě zejména mléčných výrobků, není snadné jasně vymezit. Je nutné, aby v celé produkční vertikále a v rámci státního dozoru byla přijata taková opatření, aby tuto strategii nejen umožnila, ale na druhou stranu ji neposunula nežádoucím směrem.

PODĚKOVÁNÍ

Tento dokument je výstupem QK23020047-V10 s názvem Zásady správné výrobní praxe v oblasti využití ochranných kultur pro oblast mléka v rámci projektu NAZV/Země 6 QK23020047 s názvem Ověření možností prokazování použití ochranných kultur ve výrobě potravin živočišného původu.

LITERATURA

Asioli, D., Aschemann-Witzel, J., Caputo, V., Vecchio, R., Annunziata, A., Næs, T., Varela, P. (2017): Making sense of the "clean label" trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. *Food Research International*, 99, 58–71.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.022>

Chauhan, K., Rao, A. L. (2024): Clean-label alternatives for food preservation: An emerging trend. *Heliyon*, 10(16), e35815. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35815>

EFSA (2025): Qualified presumption of safety (QPS). Citováno: 2025-10-30. Dostupné z: <https://www.efsa.europa.eu/en/applications/qps-assessment>

Jůzl, M., Kalhotka, L., Slováček, J., Zemanová, J., Cwíková, O., Dušková, M., Kameník, J. (2024): The use of protective cultures in the production of food of animal origin. In: 16th International Scientific Conference, FoodBioTech 2024. Vyhne: SPU Nitra. Oral lecture.

Kameník, J., Dušková, M., Jůzl, M. (2024): Použití ochranných kultur při zpracování masa. *Maso*, 35(3), 27–32.

Kos, I., Pleadin, J., Stvorić, M., Mirić, M., Širić, I., Lešić, T., Lazarus, M., Orct, T., Kljak, K., Stamenić, T., Ravlić, M., Jůzl, M., Vnučec, I. (2025): Impact of Incubation Conditions and Addition of Red Beet and Leek Powders as Natural Nitrate Sources on the Physicochemical and Sensory Properties of Cooked Sausages. *Processes*, 13(11), 3490. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/pr13113490>

MZe (2021): Strategie bezpečnosti potravin a výživy 2030. Ministerstvo zemědělství: Praha, 1. Vydání. 38 s. ISBN 978-80-7434-621-7.

Murphy, B., Martini, M., Fedi, A., Loera, B. L., Elliott, C. T., Dean, M. (2021): Consumer trust in organic food and organic certifications in four European countries. *Food Control*, 133, Part B, 108484. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108484>

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, v platném znění.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách. EUR-lex.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002 ze dne 28. ledna 2002, kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva, zřizuje se Evropský úřad pro bezpečnost potravin a stanoví postupy týkající se bezpečnosti potravin

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283 ze dne 25. listopadu 2015 o nových potravinách. EUR-lex.

Nařízení Komise (ES) č. 2073/2005 ze dne 15. listopadu 2005 o mikrobiologických kritériích pro potraviny, v platném znění.

Silva, C. C. G., Silva S. P. M., Ribeiro S. C. (2018): Application of Bacteriocins and Protective Cultures in Dairy Food Preservation. *Frontiers in Microbiology*, 9, 594.

Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00594>

Vyhláška Ministerstva zemědělství České republiky č. 377/2025 Sb., kterou se mění vyhláška č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje (platnost od 1. 1. 2016, resp. ustanovení v článku I bodu 7 od 14. 6. 2026).

Kontaktní adresa: doc. Ing. Miroslav Jůzl, Ph.D., Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: miroslav.juzl@mendelu.cz

EVOLUCE VÝROBY, ZPRACOVÁNÍ A DISTRIBUCE POTRAVIN V ZÁVISLOSTI NA TECHNOLOGICKÉM POKROKU: POTRAVINÁŘSTVÍ 1.0 AŽ 5.0

EVOLUTION OF FOOD PRODUCTION, PROCESSING AND DISTRIBUTION DEPENDING ON TECHNOLOGICAL PROGRESS: FOOD INDUSTRY 1.0 TO 5.0

Miroslav Jůzl¹ – Jan Slováček¹ – Aneta Kocandová¹

Martin Fajman² – Jiří Čupera² – Jindřich Svoboda³ – Miroslav Bajbár⁴

**¹ Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika**

**² Ústav techniky a automobilové dopravy, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika**

³ PRANTL Masný průmysl s.r.o., Havlíčkovo náměstí 46, 394 68 Žirovnice, Česká republika

**⁴ Ing. Miroslav Bajbár, Ph.D., Broker Operační skupiny, Nopova 3926/71,
615 00 Brno, Česká republika**

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0144>



ABSTRAKT

Cílem tohoto příspěvku a posterového sdělení je poskytnout vstupní informace k problematice digitalizace a automatizace a etapám vývoje potravinářského průmyslu. Ty lze postavit na etapách vývoje v rámci průmyslové revoluce. Jsou označovány čísly a v současnosti můžeme slyšet a číst o páté etapě. Potravinářství 1.0: Mechanizace a pára (konec 18. stol. – 19. stol.) tato fáze ukončila éru čistě ruční a domácí výroby. Hlavním motorem byla průmyslová revoluce a přechod od řemeslné výroby k prvním továrnám. Využití parního stroje pro mletí obilí nebo pohon lisů. Můžeme sem zařadit i objev konzervace v plechovkách (Nicolas Appert) a stavbu a provoz prvních velkých cukrovarů. Potravinářství 2.0: Masová výroba a rozvoj užití elektřiny (konec 19. stol. – polovina 20. stol.). S příchodem elektřiny a pásové výroby se potraviny staly průmyslovým výrobkem. Zavedení montážních linek (inspirováno jatkami v Chicagu). Rozvoj chladírenských technologií umožnil přepravu potravin na velké vzdálenosti. Pasterizace, masové balení potravin, rozvoj světové známých značek položil základy marketingu a začal mít výrazně ekonomický a společenský aspekt. Potravinářství 3.0: Automatizace spojená s informačními technologiemi (70. léta 20. stol. – počátek 21. století). Tato éra je spojena s nástupem počítačů a elektroniky do výroby. První roboti na linkách, automatizované balicí systémy a řízení zásob pomocí softwaru. Rozšíření geneticky modifikovaných organismů (GMO), mikroprocesory řídící teplotu a tlak při zpracování, vznik globálních logistických řetězců. Potravinářství 4.0: Digitalizace a chytré výrobní podniky. Označuje se rovněž jako Smart Food Manufacturing. Vše je propojeno internetem věcí (IoT). Stroje spolu komunikují v reálném čase. Vhodná, robustní a aktuální data umožňují předpovídat poptávku. Využívá se blockchain pro sledování původu potravin od farmáře až na stůl. Rozvíjí se precizní zemědělství (drony, senzory v půdě), 3D tisk potravin, vertikální farmy. Potravinářství 5.0: Trend provázání personalizace a udržitelnosti. Zatímco Průmysl 4.0 byl o strojích, 5.0 má být o příklonu k člověku, planetě a zdraví. Mluví se o spolupráci lidí a kolaborativních robotů (tzv. koboty). Důraz na cirkulární ekonomiku (bezezbytkové zpracování, minimalizace nebo i zásadní zpracování vedlejších produktů při výrobě). Vizionáři a investoři prostřednictvím nových firem razí cestu pro potraviny na míru podle DNA (personalizovaná výživa), kultivované (laboratorní) maso, využití alternativních proteinů (hmyz, řasy).

Klíčová slova: masný průmysl, robot, automatizace, práce, technologie, systém

ABSTRACT

The aim of this paper and poster presentation is to provide introductory information on the issues of digitalization and automation and the stages of development of the food industry. These can be built on the stages of development within the industrial revolution. They are indicated by numbers, and we can currently hear and read about the fifth stage. Food industry 1.0: Mechanization and steam (late 18th century – 19th century). This phase ended the era of purely manual and home production. The main driver was the industrial revolution and the transition from artisanal production to the first factories. The use of a steam engine for grinding grain or driving presses. We can also include the discovery of canning (Nicolas Appert) and the construction and operation of the first large sugar factories. Food industry 2.0: Mass production and the development of the use of electricity (late 19th century – mid-20th century). With the advent of electricity and assembly line production, food became an industrial product. Introduction of assembly lines (inspired by the slaughterhouses in Chicago). The development of refrigeration technologies enabled the transportation of food over long distances. Pasteurization, mass packaging of food, the development of world-famous brands laid the foundations of marketing and began to have a significant economic and social aspect. Food Industry 3.0: Automation combined with information technology (1970s – early 2000s). This era is associated with the introduction of computers and electronics into production. The first robots on lines, automated packaging systems and inventory management using software. The spread of genetically modified organisms (GMOs), microprocessors controlling temperature and pressure during processing, the emergence of global logistics chains. Food Industry 4.0: Digitalization and smart manufacturing plants. It is also referred to as Smart Food Manufacturing. Everything is connected by the Internet of Things (IoT). Machines communicate with each other in real time. Appropriate, robust and up-to-date data allows for forecasting demand. Blockchain is used to track the origin of food from the farmer to the table. Precision agriculture (drones, soil sensors), 3D food printing, vertical farms are developing. Food Industry 5.0: The trend of linking personalization and sustainability. While Industry 4.0 was about machines, 5.0 is supposed to be about focusing on people, the planet and health. There is talk of cooperation between people and collaborative robots (so-called cobots). Emphasis on the circular economy (residue-free processing, minimization or even substantial processing of by-products during production). Visionaries and investors are paving the way for food tailored to DNA (personalized nutrition), cultured (laboratory) meat, and the use of alternative proteins (insects, algae).

Keywords: meat industry, robot, automation, work, technology, system

ÚVOD

Lidstvo se vyvíjí, ale s tím se také, jak je obecně známo, zvyšuje počet lidí na planetě. A ty je nutné uživit. Rozevírající se nůžky na čistě kvantitativní úrovni nestačí sklápnout nebo tlačít k sobě pouze množstvím produkováných potravin, zvláště, když se zdroje mohou vyčerpat nebo být zasaženy neočekávanými událostmi. Tzv. „*potravinové řetězce*“, někdy se lze setkat s názvem „*systémy zajišťování potravin*“, v angličtině se hovoří o tzv. „*food systems*“, se stále častěji potýkají s řadou výzev, včetně změny klimatu, tlaku na přírodní zdroje, demografického růstu a geopolitické nestability, které ovlivňují jak potravinovou bezpečnost, tak udržitelnost. V této souvislosti se digitalizace stala klíčovou transformační cestou, která formuje způsob, jakým potravinové systémy tyto výzvy fungují, koordinují se a reagují na ně (Palmisano a Rocchi, 2026).

V současné době WHO uvádí aktuální počet lidí 8,3 miliardy k roku 2024 (WHO, 2024). Během jednotlivých epoch z hluboké minulosti do současnosti se vědci na mnoha úrovních touto problematikou intenzivně zabývají. Zejména s rozvojem průmyslu a intenzifikací výroby, ale na druhou stranu i s rozvojem znalostí a biotechnologií, šlechtěním na vyšší odolnost a výnos, aplikací konzervačních technik se umožnilo vypěstovat, více zpracovat k okamžité spotřebě nebo i pro delší časové období více potravin, a přitom

minimalizovat ztráty na surovině nebo výrobku. Podstatnou měrou se stalo kombinování všech faktorů ke kýženému výsledku. V naší době je hnací silou ekonomika a šetření času, což je spojeno zejména s náhradou drahé lidské síly při výrobě, ale i ostatních fázích výroby. Pojem „*food security*“, neboli zabezpečení potravinami, byl do období, než došlo k restrikcím spojeným s pandemií způsobenou SARS-CoV-2, významně převyšován významem a tlakem na „*food safety*“ (zdravotní nezávadnost). Jinými slovy, opatření byla vedena k maximální bezpečnosti potravin při výrobě a distribuci, než že by podniky řešily nedostatek suroviny. Provozní komplikace plynoucí s nedostatkem personálu, drahými vstupy, nebo jejich nestabilní (měnící) se cenou byly a jsou brány spíše jako již tradiční problém, který ale o to více zasahuje rozvoj firem. Nicméně, i přes všechny znepokojující produkční vize, země Evropské unie přecházejí z lineární na cirkulární ekonomiku s postupem směrem krok za krokem k udržitelnému rozvoji, tak jak jej chápou. Ten je dle vytýčení chápán více do ekologické oblasti (Galbreath et al., 2026).

ETAPY INDUSTRIALIZACE

Industrializace (česky zprůmyslnění) je historický proces, během kterého se zásadně mění společnost z převážně zemědělské (agrární) na společnost průmyslovou. Z lidského a ekonomického hlediska je tento proces definován třemi hlavními rysy:

- Změna práce: Ruční řemeslná výroba a práce na polích je nahrazena hromadnou strojírenskou výrobou v továrnách.
- Stěhování lidí: Dochází k masivní urbanizaci, kdy se lidé stěhují z venkova do měst za prací.
- Využití energie: Lidská a zvířecí síla je nahrazena fosilními palivy (uhlí, ropa) a novými technologiemi (pára, elektřina).

V širším slova smyslu industrializace odstartovala moderní věk a vytvořila svět, jak ho známe dnes – se všemi jeho výhodami (vyšší životní úroveň, rychlá doprava, dostupnost zboží) i negativy (znečištění životního prostředí, sociální nerovnosti).

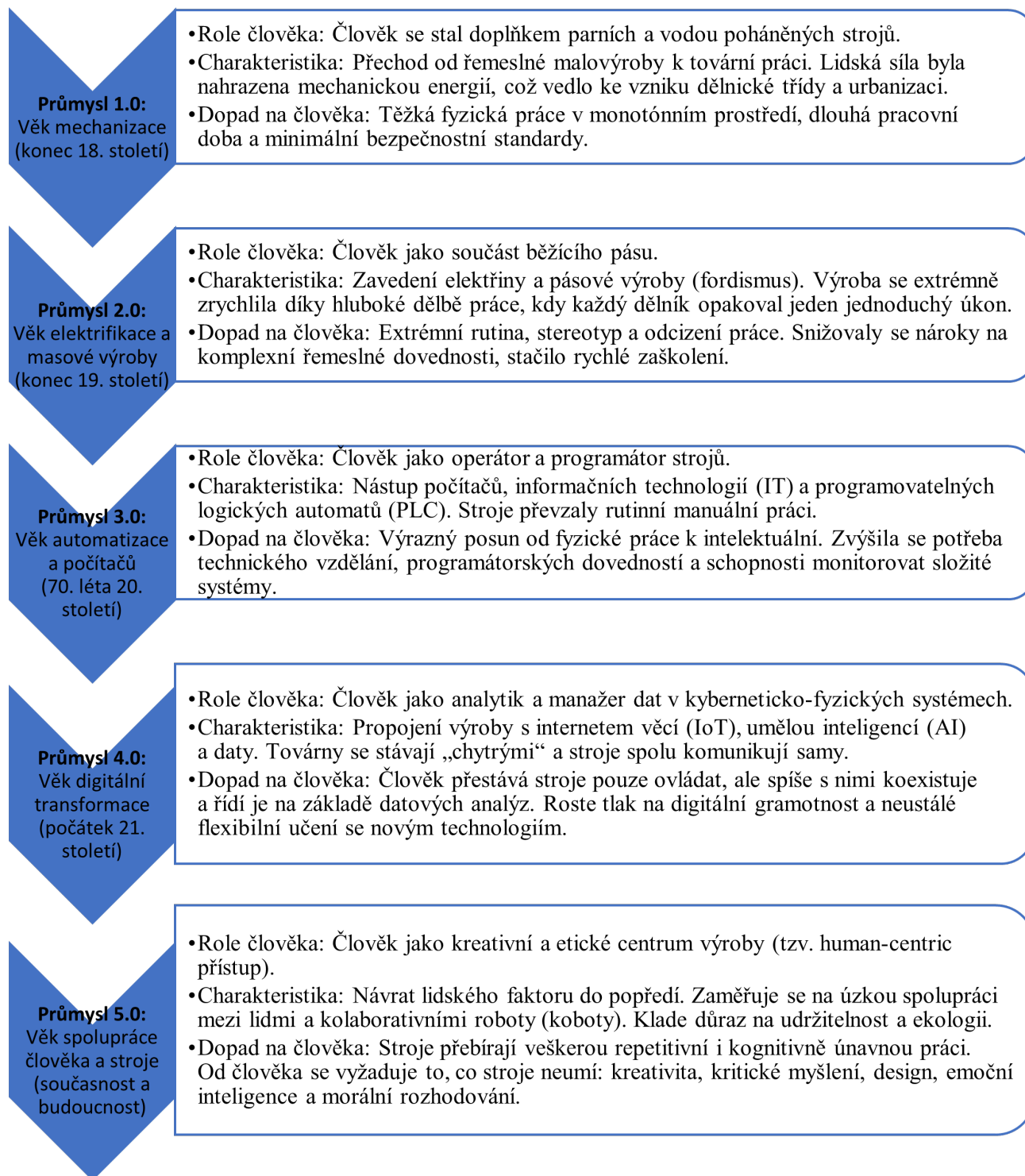
Třísektorový model, případně třísektorová teorie nebo rozdělení ekonomiky na sektory rozděluje veškerou hospodářskou činnost do tří základních sektorů (Kuznets, 1957):

- Primární sektor (Zemědělství) – Získávání surovin z přírody (zemědělství, lesnictví, rybolov, těžba).
- Sekundární sektor (Průmysl) – Zpracování surovin na hotové výrobky (průmyslová výroba, stavebnictví, energetika).
- Terciární sektor (Služby) – Poskytování služeb pro lidi a firmy (obchod, doprava, školství, zdravotnictví, bankovníctví).

V moderní ekonomii se někdy vyděluje ještě kvartérní a kvintérní sektor. Zatímco základní třísektorový model (zemědělství, průmysl, služby) vidí služby jako jeden velký celek, moderní ekonomové z něj vyčleňují další vrstvy (Acemoglu et al., 2001):

- Kvartérní sektor (též kvartér): Znalostní sektor – IT, věda, výzkum, finanční služby a školství.
- Kvintérní sektor (též kvintér): Sektor nejvyšších rozhodovacích pravomocí, veřejných služeb a neziskové sféry. Patří sem vládní představitelé, vrcholový management (CEO), policie, hasiči a klíčové oblasti sociální péče, zdravotnictví a lázeňství. V mnohém má mnoho podobného a shodného s principy Průmyslu/Potravinářství 5.0.

Na obrázku 1 jsou jednotlivé epochy v industrializaci rozděleny do pěti hlavních etap, které ukazují proměnu člověka z mechanického vykonavatele na kreativního supervizora. Průmyslový svět se stále vyvíjí. Zatímco Průmysl 4.0 způsobil revoluci ve výrobě díky automatizaci, internetu věcí a umělé inteligenci (AI), další krok – Průmysl 5.0 - vrací do centra výroby člověka. Tato nová průmyslová éra se zaměřuje na spolupráci mezi lidmi a inteligentními technologiemi, zajišťuje efektivitu a zároveň upřednostňuje udržitelnost, přizpůsobení a odolnost.



Obrázek 1: Epochy rozdělené do pěti hlavních etap

ROBOTIZACE A AUTOMATIZACE A PRŮMYSL 5.0

Slovo „robot“ je českého původu a vztahuje se ke slovu „robota“ označující namáhavou lidskou práci. Na popud Karla Čapka toto slovo navrhnul do románu R.U.R. jeho bratr Josef. Tedy více jak 100 let (od roku 1920) se slovo „robot“ používá místo původně Karlem Čapkem zvažovanému slovu „labor“.

Zatímco automatizace je nadřazený, obecný pojem, robotizace je její konkrétní, specifikovanější podkategorie. Automatizace znamená, že proces nebo systém probíhá samočinně pomocí technologií a bez nutnosti lidského zásahu. Nemusí při ní existovat žádný fyzický robot. Systém používá software, algoritmy, programovatelné logické automaty (PLC) nebo počítačové systémy. Příkladem je např. automatická plnicí linka na nápoje. Senzor zaznamená láhev, ventil se otevře, napustí přesně požadovaný objem tekutiny (vsádky) a uzavře obal například víčkem nebo uzávěrem. V případě robotizace, což je konkrétnější pojem a specifická forma automatizace, při které se používají programovatelné, fyzické stroje (roboti) vykonávají lidské pohyby nebo úkoly. Robot má mechanické tělo, ramena, klouby a senzory. Dokáže se i mechanicky přizpůsobit měnícímu se prostředí a měnit trajektorii pohybu. Příkladem v průmyslu je například robotické rameno v automobilce, které uchopí plechy, svařuje je k sobě a pak hotovou karoserii přesune na jiný pás, nebo při skládání výrobků z linky na paletu a provedení finálního přípravy pro expedici. Roboti hrají stále důležitější roli v průmyslových revolucích, od rané automatizace v Průmyslu 3.0 až po propojené systémy, které umožňují spolupráci lidských týmů v Průmyslu 4.0. Zatímco Průmysl 4.0 zavedl spolupráci lidí a robotů na výrobních linkách, Průmysl 5.0 se v tomto směru snaží posunout dále a zaměřit se na procesy zaměřené na člověka, které podporují odolnost, udržitelnost a užší symbiózu mezi lidskými pracovníky a robotickými systémy (Xu et al., 2023).

Zatímco předchozí fáze průmyslového vývoje se silně zaměřovaly na využívání robotů k maximalizaci produktivity a přesnosti, Průmysl 5.0 klade dvojí důraz na prospěšnou koexistenci a sdílenou prosperitu. To zahrnuje nejen umožnění užší týmové spolupráce mezi lidmi a stroji, ale také upřednostnění bezpečnosti pracovníků, rozvoje dovedností, tvůrčího potenciálu a celkové pohody spolu se zvyšováním efektivity. Mezi hlavní cíle Průmyslu 5.0 patří bezproblémové sdílení informací mezi lidmi a roboty, adaptivní výrobní systémy, které se dokáží rychle přizpůsobit změnám nebo chybám, a využití umělé inteligence a automatizace k rozšíření lidských schopností, nikoli k nahrazení pracovních míst.

K dosažení tohoto cíle budou klíčové pokročilé senzorové systémy, propojení s internetem věcí, cloudová analytika a řídicí mechanismy, které umožní flexibilnější, odolnější a lidsky aktivní rozhodování. Již nyní se používá zejména vzdáleného přístupu, chytrých zařízení a senzorů, zejména měření teploty a sběru a archivaci dat, které je možné kontrolovat ve smyslu HACCP systému (Barbut, 2020).

Nicméně, propojením těchto technologií se zaměřením na environmentální a sociální odpovědnost je příslibem Průmyslu 5.0 k vytvoření výrobních ekosystémů, kde si lidé a inteligentní stroje mohou symbioticky navzájem pomáhat dosahovat sdílených cílů v oblasti produktivity, kvality a udržitelnosti. Praktický úspěch této další průmyslové evoluce, a epochy, závisí na pečlivém definování rolí, schopností a odpovědností všech aktérů v těchto futuristických výrobních týmech člověk-stroj. Kolaborativní robotika, neboli „kobotika“, je hlavní technologií Průmyslu 5.0, která usiluje o zlepšení lidské obratnosti tím, že roboty povyšuje na rozšíření lidských schopností a v konečném důsledku i na členy týmů. Klíčovým prvkem, který má potenciál fungovat jako rozhraní pro týmovou aspiraci Průmyslu 5.0, je zavádění nových technologií, jako je virtuální realita (VR), rozšířená realita (AR), smíšená realita (MR) a haptika, společně označované jako „augmentace“. Průmysl 5.0 také těží z digitálních dvojčat (DT), což jsou digitální reprezentace fyzických aktiv, které slouží jako jejich protějšek – nebo dvojčata. Další nezbytnou součástí Průmyslu 5.0 je umělá inteligence (AI), která má potenciál vytvořit inteligentnější a efektivnější výrobní proces (Zafar et al., 2024). V následujících desetiletích vývoj pokročilejších senzorů a řídicích systémů umožnil robotům vzájemnou interakci ve sdíleném pracovním prostoru. To povede k vývoji sdíleného pracovního prostoru mezi roboty, ve kterém

bude více robotů spolupracovat na plnění úkolu a koordinovat svou činnost za účelem dosažení společného cíle. Roboti mohou například více a samostatně spolupracovat na sestavení produktu nebo na přepravě materiálů z jednoho místa na druhé, což již nebude ve srovnání s automatizací a linkou jako jejím typickým příkladem tolik vázáno na definovaný prostor při její konstrukci (Bouzembrak et al., 2019).

Další fází vývoje robotiky byl a je rozvoj interakce člověk-robot (HRI). To bude možné díky pokroku v technologiích senzorů a řídicích systémů. To vede k vývoji komplexního systému HRI použitelnému v reálném čase. I když však úroveň interakce postupně dosahuje stále vyšších a vyšších úrovní, bude možná relativně nízká úroveň kolaborativních úkolů, protože mezi roboty a lidmi jsou omezené možnosti (Xu et al., 2023).

ZÁVĚR

Tento příspěvek se kloní k perspektiva zaměřené do budoucnosti, kdy se předpokládá éra výroby, kde je blahobyt lidí ústředním bodem všech průmyslových systémů. Často používaná trojrozměrná systémová architektura pro implementaci Průmyslu 5.0 nabízí při plánování moderních výrobních celků vzhled do jeho technických, reálných a aplikačních dimenzí. Nastiňuje také klíčové faktory, potenciální aplikace a výzvy při realizaci realistických scénářů Průmyslu 5.0 a přispívá tak k omezenému množství výzkumu tohoto nově vznikajícího paradigmatu. Je třeba předpokládat a vnímat vyvíjející se dynamiku interakce člověka a robota na pracovišti, podnícenou nástupem Průmyslu 4.0 a Průmyslu 5.0. Přehledové studie často zkoumají vliv konstrukčních prvků robotů na lidské operátory a odhalují složité vztahy typu „mnoho k mnoha“. Zjištění podtrhují klíčovou roli efektivní komunikace mezi operátory a roboty, která ovlivňuje týmovou práci a celkový výkon. Identifikované mezery ve výzkumu v mnoha člancích zdůrazňují potřebu komplexnějších studií zabývajících se interakcí člověka a robota jako systémem. Digitalizace a chytré výrobní podniky se posouvají zvolna k propojení prostřednictvím internetu věcí, komunikaci strojů v reálném čase, využití dat pro predikci poptávky, blockchain pro sledování původu potravin, rozvoj precizního zemědělství (drony, senzory v půdě), 3D tisku potravin, vertikálním farmám. Na páté úrovni naší epochy je zmiňována potřeba příklonu k člověku, planetě a zdraví, spolupráci lidí a kolaborativních robotů s důrazem na cirkulární ekonomiku, personalizovanou výživu, nové formy biotechnologií. Tou je i například rozvoj segmentu a oblasti produkce laboratorně kultivovaného masa nebo alternativních proteinů (houby, hmyz, řasy). To je možné i částečně za pomoci hybridních výrobků, kde dochází na jedné straně k postupným inovacím, na straně druhé k zachování benefitů a pozitivních aspektů z různé strany citlivě vnímané bariéry koncovým uživatelem, v tomto případě dominantně spotřebitelem.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce vznikla jako plánovaný výstup v rámci nadstandardního šíření výsledků a byla podpořena operační skupinou a projektem „OS Prantl – Digitalizace výroby a procesů v potravinářském podniku“ Intervencí 53.77 - Podpora operačních skupin a projektů EIP v rámci Rozvoje venkova podle Strategického plánu SZP na období 2023-2027.

LITERATURA

- Acemoglu, D., Johnson, S., Robinson, J. A. (2001): The Colonial Origins of Comparative Development: An Empirical Investigation. *The American Economic Review*, 91(5), 1369–1401. Dostupné z: <https://doi.org/10.1257/aer.91.5.1369>
- Barbut, S. (2020): Meat industry 4.0: A distant future? *Animal Frontiers*, 10, 38–47. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/af/vfaa038>

Bouzembrak, Y., Kluche, M., Gavai, A., Marvin, H. J. P. (2019): Internet of Things in food safety: Literature review and a bibliometric analysis. *Trends in Food Science and Technology*, 94, 54–64. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.002>

Galbreath, J., Ljubownikow, G., Tisch, D. (2026): Circular economy outcomes in EU countries: The impact of manufacturing sectors and the moderating effects of investment, employment and trade. *Journal of Cleaner Production*, 554, 148059. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2026.148059>

Kuznets, S. (1957): Quantitative Aspects of the Economic Growth of Nations: II. Industrial Distribution of National Product and Labor Force'. *The American Economic Review*, 47(4), 1–111. Dostupné z: <https://doi.org/10.1086/449740>

Palmisano, G. O., Rocchi, L. (2026): Digitalization for Food Security and Sustainability: Innovations and Impacts. In. *Reference Module in Food Science*, Elsevier, ISBN 9780081005965. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-40334-7.00047-2>

WHO (2024): United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2024. *World Population Prospects 2024* [online]. New York: United Nations. Dostupné z: <https://population.un.org/wpp/> [vid. 3. 6. 2026].

Xu, W., He, Y., Li, J., Zhou, J., Xu, E., Wang, W., Liu, D. (2023): Robotization and intelligent digital systems in the meat cutting industry: From the perspectives of robotic cutting, perception, and digital development. *Trends in Food Science and Technology*, 135, 234–251. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.03.018>

Zafar, M. H., Langås, E. F., Sanfilippo, F. (2024): Exploring the synergies between collaborative robotics, digital twins, augmentation, and industry 5.0 for smart manufacturing: A state-of-the-art review. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 89, 102769.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2024.102769>

Kontaktní adresa: doc. Ing. Miroslav Jůzl, Ph.D., Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: miroslav.juzl@mendelu.cz

VLIV TEPELNÉ ÚPRAVY NA OBSAH MINERÁLNÍCH LÁTEK VE VEPŘOVÉM MASE

THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE CONTENT OF MINERALS IN PORK

Kateřina Kadlecová¹ – Alžbeta Jarošová¹ – Jan Slováček¹ – Andrea Ridošková²

¹ Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

² Ústav chemie a biochemie, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-77001-100-6-0151>



ABSTRAKT

Způsob tepelné úpravy vepřového masa významně ovlivňuje obsah minerálních látek. Cílem studie bylo zhodnotit vliv různých způsobů tepelné úpravy vepřového masa (vaření, pečení, grilování, sous-vide) na obsah minerálních látek, zejména železa a zinku. Výsledky ukázaly, že tepelná úprava vede ke zvýšení koncentrace minerálních látek kvůli snížení obsahu vody v masu. Nejvyšší obsah železa ($7,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) a zinku ($27 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) byl zaznamenán u pečeného masa, zatímco vařením dochází k částečnému vyluhování minerálních látek do vody. Grilování a sous-vide vedou k zachování koncentrace železa a zinku kvůli minimálním ztrátám do vody. Studie potvrzuje, že způsob tepelné úpravy významně ovlivňuje minerální složení vepřového masa.

Klíčová slova: maso, železo, zinek, výživa člověka

ABSTRACT

The method of heat treatment of pork significantly affects the content of minerals. The aim of the study was to evaluate the effect of different heat treatment methods (boiling, roasting, grilling, and sous-vide) on the mineral content of pork, especially iron and zinc. The results showed that heat treatment leads to an increase in mineral concentration due to a reduction in the water content of the meat. The highest iron ($7.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) and zinc ($27 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) contents were recorded in roasted meat, while boiling results in partial leaching of minerals into the water. Grilling and sous-vide lead to the preservation of iron and zinc concentrations due to minimal losses to water. The study confirms that the method of heat treatment significantly affects the mineral composition of pork.

Keywords: meat, iron, zinc, human nutrition

ÚVOD

Nejčastěji používanou tepelnou úpravou masa je vaření, jehož cílem je chemická změna struktury masa pro lepší chuť a zničení vegetativních forem mikroorganismů (James, James, 2014). Za vysokých teplot se tvoří heterocyklické aromatické aminy a další karcinogenní látky, jejichž množství závisí nejen na způsobu a délce tepelné úpravy, ale i na druhu masa (Shabbir, 2014). Při tepelné úpravě dochází k denaturaci bílkovin, změnám organoleptických vlastností, obsahu vitamínů a extraktivních látek (Vinnikova et al., 2019). Na konečné kvalitě masa se podílí nejen teplota a způsob tepelné úpravy, ale i způsob přenosu tepla a rychlost ohřevu (Ángel-Rendón et al., 2020). Vepřové maso je v České republice nejvíce konzumovaným druhem masa. V roce 2024 jeho spotřeba činila 43,3 kg na osobu za rok (ČSÚ, 2025). Obsahuje vysoce kvalitní plnohodnotné bílkoviny, vitamíny a minerální látky (Vicente, Pereira, 2024). Mezi moderní a oblíbené metody patří také sous-vide, které je stále více využíváno v gastronomii i potravinářském průmyslu. Tato metoda vaření ve vakuu umožňuje zachovat lepší šťavnatost a minimalizovat převaření potravin (Baldwin, 2012). Cílem této

studie bylo zjistit vliv různých tepelných úprav vepřového masa (vaření, pečení, grilování, sous-vide) na obsah minerálních látek.

MATERIÁL A METODIKA

Zpracování a tepelná úprava masa

Vepřové maso (*m. longissimus dorsi*) bylo zajištěno ze šesti prasat plemene Duroc ze zemědělského družstva Bělčice. Prasata byla ustájena volně na plastových rostech a poražena ve věku 5,5 měsíce při živé hmotnosti 120 kg (jatečná 93 kg). Maso zrállo 3–4 dny. Další zpracování a analýzy vzorků proběhly na Ústavu technologie potravin AF MENDELU, analýza minerálních látek proběhla na Ústavu chemie a biochemie AF MENDELU. Jednotlivé kusy kotlet o hmotnosti přibližně 5 kg byly zváženy a rozděleny na menší části po 1 kg a vakuově zabaleny pomocí přístroje Henkelman Boxer 35 P (Henkelman Vacuum Systems, Nizozemí) do vakuových sáčků (255×350 mm, 90 µm). Vzorky byly uloženy na 2 dny do chladírenského skladu při teplotě 4 °C. Část vzorků byla odebrána pro analýzy prováděné před tepelnou úpravou, zbývající vzorky byly zmrazeny při teplotě –18 °C a před jednotlivými tepelnými úpravami postupně rozmrazovány.

Byly provedeny čtyři tepelné úpravy vepřového masa – vaření, pečení, grilování a sous-vide. Prvním způsobem bylo vaření ve vodě při teplotě cca 90 °C po dobu přibližně 100 minut, kdy byla kotleta vařena vcelku v 6 l hrnci (Ø240 mm, 150 mm, OZTI, Istanbul, Turecko). Druhým způsobem bylo grilování masa na plátky pomocí kontaktního grilu (Tefal OptiGrill+, Rumilly, Francie), kdy teplota na povrchu masa dosahovala nad 200 °C po dobu cca 8 minut. Třetím způsobem bylo pečení plátků masa v konvektomatu (RATIONAL Landsberg am Lech, Německo) při teplotě 180 °C po dobu 40 minut. Posledním způsobem bylo vaření sous-vide (Vařič Sous-Vide systém 20 litrů, HENDI, GN 1/1, Robakowo, Polsko). Plátky masa byly zavakuovány do vakuových sáčků sous-vide (250×350 mm, 90 µm), vloženy do vodní lázně o teplotě 56,5 °C a vařeny 5,5 hodiny.

Stanovení obsahu minerálních látek

Pro rozklad bylo do teflonových rozkladných nádobek naváženo 0,2 g každého vzorku. Do každé nádoby bylo přidáno 5 ml koncentrované HNO₃ (čištěné sub-boiling destilací), 2 ml H₂O₂ a 1 ml Milli-Q vody. Nádoby byly uzavřeny a přeneseny do mikrovlnného rozkladného systému (Ethos One, Milestone, Itálie), kde byl rozklad prováděn při teplotě 210 °C po dobu 20 minut. Jako referenční materiál byl použit certifikovaný referenční materiál 1577c Bovine Liver (živočišná tkáň). Obsah zinku a železa byl stanoven pomocí plamenové atomové absorpční spektrometrie (F-AAS) za použití přístroje 240FS AA (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) za optimalizovaných podmínek. Vlnová délka byla nastavena na 213,9 nm pro zinek a 148,3 nm pro železo.

Statistické zpracování dat

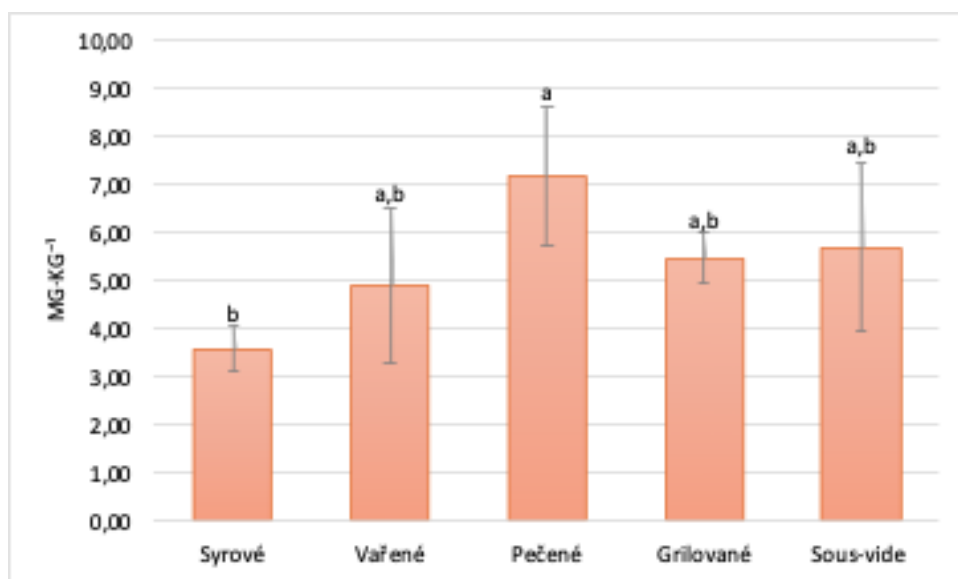
Výsledky z jednotlivých analýz byly statisticky zpracovány pomocí programu STATISTICA 14. Normalita a homogenita rozptylů byly ověřeny Shapiro–Wilkův a Leveneho testem. Při splnění předpokladů byla použita jednofaktorová ANOVA s následným Tukeyho HSD testem ($p < 0,05$). Neparametrická data byla hodnocena Kruskal–Wallisovým testem s Dunnovým porovnáním. Testy byly provedeny na hladině významnosti 95 % ($p < 0,05$).

VÝSLEDKY A DISKUZE

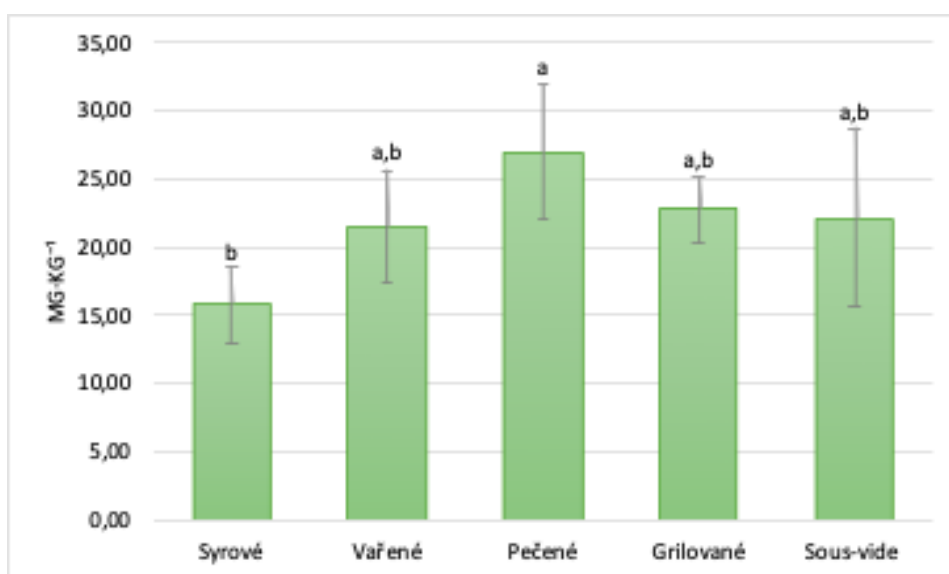
Změny obsahu železa a zinku v rámci rozdílné tepelné úpravy masa

Výsledky analýzy minerálních látek prokázaly, že tepelná úprava vepřového masa vedla ke zvýšení koncentrace železa (obr. 1) i zinku (obr. 2). Průměrná koncentrace železa v syrovém mase byla 3,60 mg·kg⁻¹ a u tepelně upravených vzorků se zvýšila na 5–7 mg·kg⁻¹, zatímco u zinku došlo k nárůstu z 15,80 mg·kg⁻¹ (syrové maso) na 22–27 mg·kg⁻¹. Tento trend si lze vysvětlit snížením obsahu vody ve svalovině během

ohřevu, což způsobuje přirozené zakonzentrování minerálních látek. Naše výsledky tak potvrzují závěry studií Gerber et al. (2009), Van Heerden a Smith (2013), Tomović et al. (2014) a Jang et al. (2019), kteří shodně uvádějí nárůst koncentrace těchto prvků po vaření, pečení i grilování. Statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$) byly v naší studii zaznamenány pouze u pečeného masa, které vykazovalo nejvyšší hodnoty obou prvků ($7,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Fe}$ a $27 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Zn}$). Naopak nejnižší koncentrace ($4,89 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Fe}$ a $21,52 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Zn}$) byly naměřeny u vařeného masa v důsledku vyluhování minerálních látek do vody. U grilování a metody sous-vide nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly ($p > 0,05$), což naznačuje šetrnost těchto metod k zachování nutrientů. Naopak studie Macharáčková et al. (2021) zaznamenala u grilovaného masa odlišné výsledky, kdy hodnota zinku zůstala na úrovni syrového masa, zatímco obsah železa se snížil. Tato neshoda může být způsobena rozdílnými podmínkami grilování, zejména delší dobou vystavení vysoké teplotě či přepálením povrchu masa, což může vést k degradaci hemového železa a následně ke snížení jeho stanoveného obsahu.



Obrázek 1: Obsah železa ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) v syrovém masu a tepelně upraveném vařením, pečením, grilováním a metodou sous-vide; rozdílné indexy nad sloupci ukazují statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$)



Obrázek 2: Obsah zinku ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) v syrovém masu a tepelně upraveném vařením, pečením, grilováním a metodou sous-vide; rozdílné indexy nad sloupci ukazují statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$)

ZÁVĚR

Studie potvrdila, že způsob tepelné úpravy ovlivňuje koncentraci minerálních látek ve vepřovém mase. Pečení vede ke zvýšení obsahu železa a zinku v důsledku snížení obsahu vody, zatímco vaření způsobuje částečné vyluhování těchto minerálních látek. Metody grilování a sous-vide umožňují zachování koncentrace minerálních látek kvůli omezenému kontaktu s vodou. Tyto výsledky ukazují význam volby vhodné tepelné úpravy pro udržení chemických vlastností masa a poskytují podklad pro další výzkum optimalizace přípravy masa z hlediska zachování jeho nutriční hodnoty.

PODĚKOVÁNÍ

Studie byla realizována s finanční podporou projektu Interní grantové agentury AF MENDELU, číslo projektu IGA25-AF-IP-008. Tento finanční přínos významně přispěl k realizaci experimentální části této studie.

LITERATURA

Ángel-Rendón, S. V., Filomena-Ambrosio, A., Hernández-Carrión, M., Llorca, E., Hernando, Quiles, A., Sotelo-Díaz, I. (2020): Pork meat prepared by different cooking methods: A microstructural, sensorial and physicochemical approach. *Meat Science*, 163, 108089.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108089>

Baldwin, D. E. (2012): Sous vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1, 15–30. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108089>

Český statistický úřad (2025): V Česku roste spotřeba masa, sýrů a zeleniny, klesá spotřeba alkoholu. Dostupné z: <https://csu.gov.cz/produkty/v-cesku-roste-spotreba-masa-syru-a-zeleniny-klesa-spotreba-alkoholu>.

Gerber, N., Scheeder, M. R. L., Wenk, C. (2009): The influence of cooking and fat trimming on the actual nutrient intake from meat. *Meat Science*, 81, 148–154.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.07.012>

Jang, A., Kim, H. J., Kim, D., Kim, J., Lee, S. (2019): Effects of doneness on the microbial, nutritional, and quality properties of pork steak of different thicknesses. *Food Science of Animal Resources*, 39, 756–767.

Dostupné z: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e63>

James, S. J., James, C. (2014): Cooking of meat: Heat processing methods. In: Dikeman, M., Devine, C. (Eds): *Encyclopedia of Meat Sciences*, 2nd ed. Elsevier, Oxford, pp. 385–390.

Macharáčková, B., Saláková, A., Bogdanovičová, K., Haruštiaková, D., Kameník, J. (2021): Changes in the concentrations of selected mineral elements in pork meat after sous-vide cooking. *Journal of Food Composition and Analysis*, 96, 103752. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103752>

Shabbir, M. A., Raza, A., Anjum, F. M., Khan, M. R., Suleria, H. A. R. (2014): Effect of thermal treatment on meat proteins with special reference to digestibility, bioactivity and functionality: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54, 682–692. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.647122>

Tomović, V. M., Vujadinović, D. D., Grujić, R. P., Jokanović, M. R., Kevrešan, Ž. S., Škaljac, S. B., Šojić, B. V., Tasić, T. A., Ikonić, P. M., Hromiš, N. M. (2014): Effect of endpoint internal temperature on mineral contents of boiled pork loin: Mineral contents of boiled pork. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 1854–1858. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12422>

Van Heerden, S. M., Smith, M. F. (2013): The nutrient composition of three cuts obtained from P-class South African pork carcasses. *Food Chemistry*, 140, 458–465.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.10.066>

Vicente, F., Pereira, P. C. (2024): Pork meat composition and health: A review of the evidence. *Foods*, 13, 1905. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods13121905>

Vinnikova, L., Synytsia, O., Kyshenia, A. (2019): The problems of meat products thermal treatment. *Food Science and Technology*, 13, 44–57. Dostupné z: <https://doi.org/10.15673/fst.v13i2.1386>

Kontaktní adresa: Ing. Kateřina Kadlecová, Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: xkadle12@mendelu.cz

ZÁSADY SPRÁVNÉ DISTRIBUČNÍ PRAXE TEPLÝCH POKRMŮ

PRINCIPLES OF GOOD DISTRIBUTION PRACTICE FOR HOT MEALS

**Josef Kameník¹ – Marta Dušková¹ – Alena Zouharová¹
Olga Cwiková² – Gabriela Franke²**

¹ Ústav hygieny a technologie potravin živočišného původu a gastronomie, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Česká republika

² Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0156>



ABSTRAKT

Zásady správné distribuční praxe teplých pokrmů definují hygienické požadavky jako základní předpoklad zajištění bezpečnosti teplých pokrmů distribuovaných mimo provozovnu stravovacích služeb. Vychází z legislativy EU a ČR, která ukládá provozovatelům potravinářských podniků primární odpovědnost za bezpečnost potravin, plnění mikrobiologických kritérií a zavedení postupů založených na zásadách HACCP. Teplé pokrmy musí být po přípravě udržovány při teplotě minimálně 60 °C a uváděny na trh v souladu s vyhláškou č. 121/2023 Sb. Distribuce musí probíhat v hygienicky nezávadných, termoizolačních obalech a v co nejkratším čase, ideálně do 1 hodiny, nejpozději do 2 hodin od převzetí kurýrem. Pokles teploty pod 50 °C představuje riziko růstu sporogenních bakterií a tvorby toxinů, přičemž klíčení spor může nastat již při ochlazování pokrmu. Zohlednění lag fáze růstu mikroorganismů podporuje požadavek dvouhodinového limitu distribuce. Spotřebitel musí být informován o nutnosti bezprostřední konzumace doručeného pokrmu. Zásady byly vypracovány v rámci projektu NAZV QK23020061 za spolupráce VETUNI a MENDELU a dozorového orgánu SZPI.

Klíčová slova: bezpečnost potravin, lag fáze, mikrobiologické požadavky, minimální teplota

ABSTRACT

The principles of good distribution practice for hot meals define hygiene requirements as a basic prerequisite for ensuring the safety of hot meals distributed outside catering establishments. It is based on EU and Czech legislation, which imposes primary responsibility for food safety on food business operators, compliance with microbiological criteria and the introduction of procedures based on HACCP principles. Hot meals must be maintained at a temperature of at least 60 °C after preparation and placed on the market in accordance with Decree No. 121/2023. Distribution must take place in hygienically safe, thermally insulated packaging and in the shortest possible time, ideally within 1 hour, at the latest within 2 hours of receipt by the courier. A drop in temperature below 50 °C poses a risk of growth of sporogenic bacteria and toxin formation, while spore germination can occur already during cooling of the meal. Taking into account the lag phase of growth of microorganisms supports the requirement of a two-hour distribution limit. The consumer must be informed of the need to consume the delivered meal immediately. The principles were developed within the framework of the NAZV QK23020061 project in cooperation with VETUNI and MENDELU and the supervisory authority SZPI.

Keywords: food safety, lag phase, microbiological requirements, minimum temperature

ÚVOD

Podle článku 14 nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002 nesmí být potravina uvedena na trh, není-li bezpečná. Potravina se nepovažuje za bezpečnou, je-li považována za i) škodlivou pro zdraví; ii) nevhodnou k lidské spotřebě. Článek 1 nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 852/2004 uvádí, že primární odpovědnost za bezpečnost potravin nese provozovatel potravinářského podniku (PPP) a dále, že je nezbytné zajistit bezpečnost potravin v celém potravinovém řetězci. V článku 4 téhož nařízení se vymezují povinnosti PPP, mimo jiné přijetí zvláštních hygienických opatření pro soulad s mikrobiologickými kritérii pro potraviny a pro soulad s požadavky na kontrolu teploty potravin. Článek 5 nařízení (ES) č. 852/2004 dále stanoví povinnost PPP vytvořit a zavést jeden nebo více stálých postupů založených na zásadách HACCP a postupovat podle nich.

Článek 3 nařízení Komise (ES) č. 2073/2005 ukládá PPP zajistit, aby potraviny splňovaly příslušná mikrobiologická kritéria podle přílohy I tohoto nařízení. Za tímto účelem musejí PPP ve všech fázích výroby, zpracování a distribuce potravin, včetně maloobchodu, v rámci svých postupů založených na zásadách HACCP spolu s uplatňováním správné hygienické praxe přijímat opatření k zajištění toho, aby: i) suroviny a potraviny podléhající jejich kontrole byly dodávány, zpracovávány a bylo s nimi manipulováno tak, že se dodrží kritéria hygieny výrobního procesu; a ii) kritéria bezpečnosti potravin platná po celou dobu udržitelnosti produktů mohla být dodržena za rozumně předvídatelných podmínek distribuce, skladování a používání.

Sdělení Komise 2022/C 355/01 definuje správnou hygienickou praxi (GHP) jako zásadní opatření a podmínky, které se uplatňují ve všech fázích potravinového řetězce a zajišťují, aby potraviny byly bezpečné a vhodné. GHP zahrnuje rovněž správnou výrobní praxi (GMP, zdůrazňující správné pracovní metodiky, např. používání přísad ve správném množství, vhodnou teplotu zpracování, kontrolu, zda jsou balení čistá a nepoškozená), správnou zemědělskou praxi (GAP), správnou veterinární praxi (GVP), správnou produkční praxi (GPP), správnou distribuční praxi (GDP) a správnou obchodní praxi (GTP).

Zákon č. 110/1997 Sb. v platném znění v §3 uvádí, že PPP je povinen i) dodržovat smyslové, fyzikální, chemické a mikrobiologické požadavky na jakost potravin; v případě, že tyto požadavky nejsou právními předpisy stanoveny, dodržovat požadavky stanovené PPP, který potravinu vyrobil; ii) dodržovat ve všech fázích výroby, balení, krájení nebo jiného způsobu dělení a uvádění potravin na trh technologické a hygienické požadavky, způsob a podmínky přepravy, uchovávání a manipulace s potravinami; v případě, že tyto požadavky nejsou právními předpisy stanoveny, dodržovat požadavky stanovené PPP, který potravinu vyrobil.

Podle zákona č. 258/2000 Sb. se provozování stravovacích služeb, výroba potravin, zpracování potravin a uvádění potravin na trh považují za činnosti epidemiologicky závažné. Tento zákon v §23 definuje pokrm jako potravinu včetně nápoje, kuchyňsky upravenou studenou nebo teplou cestou nebo ošetřenou tak, aby mohla být přímo nebo po ohřevu podána ke konzumaci v rámci stravovací služby. Podle této definice jsou pokrmy potravinou určenou k přímé spotřebě. Potravinou k přímé spotřebě se podle nařízení Komise (ES) č. 2073/2005 rozumí potravina, která je producentem nebo výrobcem určena k přímé lidské spotřebě, aniž by bylo nutné ji tepelně upravovat či jinak zpracovávat za účelem účinného odstranění či snížení dotčených mikroorganismů na přijatelnou úroveň.

Podle §25 vyhlášky č. 137/2004 Sb. v platném znění se teplým pokrmem rozumí potravina kuchyňsky upravená ke konzumaci v teplém stavu nebo udržovaná v teplém stavu po dobu uvádění do oběhu, rozvozu nebo přepravy. Vyhláška o požadavcích na pokrmy č. 121/2023 Sb. v §3 určuje, že se teplé pokrmy uvádějí na trh tak, aby byly spotřebiteli dodány ve lhůtě pro jejich vydání stanovené PPP, který provozuje stravovací službu, v rámci postupů založených na zásadách HACCP za teploty nejméně 60 °C. Dále stanovuje, že teplé

pokrmu uváděné na trh po uplynutí lhůty pro jejich vydání nelze dále uchovávat, ohřívat ani zchlazovat nebo zmrazovat. Nařízení (ES) 852/2004 příloha II, kapitola IX bod 5 zároveň umožňuje určitou flexibilitu. Jsou však povolena krátká období mimo prostředí s řízenou teplotou, je-li nezbytné se přizpůsobit praktickým podmínkám při manipulaci během přípravy, přepravy, skladování, vystavování potravin k prodeji a při jejich podávání, za předpokladu, že to nepovede k ohrožení zdraví. V §5 Mikrobiologické požadavky na bezpečnost pokrmů vyhlášky č. 121/2023 Sb. je uvedeno, že pokrmy se vyrábějí a uvádějí na trh v souladu s požadavky nařízení Komise (ES) č. 2073/2005, a pokud je toto nařízení nestanoví, vyrábějí se a uvádějí na trh podle požadavků stanovených v tabulkách č. 1 až 3 v příloze č. 2 k této vyhlášce s ohledem na stanovení rizik ve smyslu čl. 1 nařízení Komise (ES) č. 2073/2005.

ZÁSADY SPRÁVNÉ HYGIENICKÉ PRAXE PŘEDCHÁZEJÍCÍ DISTRIBUCI TEPLÝCH POKRMŮ

1. Při skladování a zpracování potravin včetně přípravy pokrmů musí PPP respektovat požadavky potravinového práva EU a České republiky. Připravené pokrmy musí vyhovovat mikrobiologickým požadavkům uvedeným v nařízení Komise (ES) č. 2073/2005 a ve vyhlášce č. 121/2023 Sb.
2. Teplé pokrmy musí být bezprostředně po přípravě udržovány při teplotě minimálně 60 °C.
3. Teplé pokrmy určené k distribuci rozvoзовými službami musí být zabaleny do vhodného primárního obalu určeného pro styk s potravinami s ohledem na teplotu teplého pokrmu (dostatečná odolnost při vystavení teplotám 60 °C a vyšším a termoizolační vlastnosti). Primární obal nesmí být zdrojem sekundární bakteriální kontaminace baleného teplého pokrmu, musí být nepoškozený a umožňovat bezpečné uzavření, které omezuje pokles teploty.
4. Během balení teplého pokrmu do primárního obalu musí být teplota pokrmu udržována na nejméně 60 °C a při této teplotě skladována do okamžiku předání kurýrovi rozvoзовé služby.
5. Spotřebiteli musí být při doručení pokrmu objednaného prostřednictvím komunikačních prostředků na dálku dány k dispozici údaje stanovené v § 9a odst. 1 zákona č. 110/1997 Sb. písm. a) – b). Informace o názvu pokrmu a alergenních látkách by měly být poskytnuty spotřebiteli jak před dokončením objednávky, tak v okamžiku doručení. Možné způsoby poskytnutí informací v okamžiku doručení jsou například: uvedení na transportním obalu, na jídelním lístku, který bude při doručení k pokrmu přiložen, nebo vystaven ve výdejním místě, uvedení na přiložené účtence. V případě, že jsou teplé pokrmy distribuovány jinému provozovateli, musí být v souladu s čl. 8 odst. 6 nařízení (ES) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, zajištěno předání všech povinných informací týkající se pokrmů určených pro konečného spotřebitele nebo k dodání do zařízení společného stravování tak, aby bylo možno poskytnout povinné informace o potravinách konečnému spotřebiteli.

ZÁSADY SPRÁVNÉ DISTRIBUČNÍ PRAXE TEPLÝCH POKRMŮ PRO DODÁNÍ MIMO PROVOZOVNU

1. Kurýr rozvoзовé služby je povinen ihned po převzetí balených teplých pokrmů vložit tyto pokrmy do čistých sekundárních termoizolačních přepravních obalů určených pro distribuci potravin.
2. Během distribuce balených teplých pokrmů nelze zabránit poklesu jejich teploty.
3. V závislosti na různých faktorech (např. typ pokrmu, izolace obalu, okolní teplota, stupeň naplnění sekundárních přepravních obalů balenými pokrmy) může teplota pokrmů klesnout v krátkém časovém úseku (např. do jedné hodiny od vložení pokrmů) na rizikovou hodnotu 50 °C.

4. Dodávka teplých pokrmů konečnému spotřebiteli by měla proběhnout v co nejkratším časovém úseku ideálně do 1 hodiny, nejpozději do 2 hodin od převzetí balených teplých pokrmů kurýrem. Přitom se teplota pokrmů během dvouhodinové distribuce může snížit až na 40 °C. Lhůta pro doručení pokrmu by měla zohledňovat i dobu použitelnosti pokrmu stanovenou v rámci postupů založených na zásadách HACCP.
5. Teploty 50 °C a nižší představují hodnoty, při kterých mohou růst sporogenní bakterie, které ve formě spor přežily tepelnou úpravu potravin během přípravy pokrmů. Během poklesu teploty připravených pokrmů na přibližně 70 °C nastane klíčení spor a po dosažení vhodné teploty (50 °C a méně) existuje riziko růstu těchto bakterií a produkci (termostabilních) toxinů.
6. Vzhledem k lag fázi (doba, při které se metabolismus bakterií přizpůsobuje podmínkám prostředí a mobilizuje energii pro růst a množení) v délce okolo 2 hodin je proto nezbytné, aby distribuce balených teplých pokrmů konečnému spotřebiteli proběhla do 2 h od převzetí baleného pokrmu kurýrem. V okamžiku převzetí teplého pokrmu kurýrem je nezbytné, aby teplota pokrmů měla nejméně 60 °C. Doporučuje se, aby teplota při výdeji pokrmů kurýrům měla hodnotu > 75 °C, čímž lze snáze dodržet teplotu v době podání ke konzumaci nejméně 60 °C.
7. Po předání baleného teplého pokrmu konečnému spotřebiteli musí být tento informován o neprodlené konzumaci předaného pokrmu bez dalšího skladování.
8. Uchování dodaného teplého pokrmu u spotřebitele představuje riziko množení přítomných sporogenních bakterií.
9. Pokud konečný spotřebitel nehodlá z nejrůznějších důvodů zkonzumovat dodaný teplý pokrm ihned po jeho převzetí, vystavuje se riziku růstu bakterií v daném pokrmu, neboť technické možnosti rychlého zchlazení pokrmů na 5 °C jsou v domácnostech omezené. A jakákoli časová prodleva mezi kritickými teplotami 50 °C a 5 °C dává prostor pro růst přítomných bakterií. Následný tepelný ohřev pokrmu ve všech jeho částech na teplotu 70 °C alespoň po dobu 2 minut zlikviduje většinu mikroorganismů, nemusí však být účinný pro spory a následnou tvorbu termostabilních toxinů (např. emetický toxin).

DALŠÍ DOPORUČENÍ

- Provozovatel potravinářského podniku, který pokrm vyrobil a stejně tak i ten, který je zodpovědný za jeho rozvoz, by měli mít v rámci postupů založených na zásadách HACCP stanoveny konkrétní postupy pro tuto činnost.
- **Vzdělávání kurýrů:** Je nutné zdůraznit, že i kurýr musí být řádně proškolen, aby chápal důležitost rychlé a hygienicky bezpečné distribuce. To by mělo zahrnovat manipulaci s potravinami a používání správných přepravních obalů.
- **Informace pro spotřebitele:** Je vhodné zdůraznit, že v případě nabízení pokrmů spotřebiteli komunikačními prostředky na dálku musí PPP v souladu se zněním ustanovení § 3 odst. 1 písm. p) zákona č. 110/1997 Sb. poskytnout údaje podle § 9a nejen před dokončením nákupu, ale veškeré povinné údaje musí být spotřebiteli k dispozici rovněž i v okamžiku doručení. Spotřebitel by měl být tedy mimo jiné informován o tom, že je pokrm určen k okamžité spotřebě nebo o podmínkách uchovy a době použitelnosti (týká se spíše zchlazených pokrmů), informace by měly být poskytnuty písemně (např. na obalu nebo v přiloženém letáku apod.).

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl v rámci projektu QK23020061 „Podmínky rozvozu pokrmů kurýrními službami s ohledem na růst sporogenních bakterií“ z programu aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství na období 2017–2025, ZEMĚ. Na tvorbě Zásad správné distribuční praxe teplých pokrmů se podílely kolektivy pracovníků Veterinární univerzity Brno, Mendelovy univerzity v Brně a Státní zemědělské a potravinářské inspekce.

Kontaktní adresa: doc. MVDr. Josef Kameník, CSc., MBA; VETUNI Brno, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Ústav hygieny a technologie potravin živočišného původu a gastronomie, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, e-mail: kamenikj@vfu.cz.

SAFETY OF THE HOT READY-TO-EAT MEAL DELIVERY CONSIDERING AN OCCURRENCE OF *BACILLUS CEREUS*

Tomáš Komprda¹ – Gabriela Franke¹ – Vojtěch Kumbár²

Olga Cwiková¹ – Josef Kameník³ – Alena Zouharová³ – Marta Dušková³

¹ Department of Food Technology, Faculty of AgriSciences,
Mendel University in Brno, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic

² Department of Technology and Automobile Transport, Faculty of AgriSciences,
Mendel University in Brno, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic

³ Department of Animal Origin Food and Gastronomic Sciences,
Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno,
Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Czech Republic

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0161>



ABSTRACT

An effect of the type of a meal (cooked rice; mashed potatoes; mushroom sauce), inner primary packaging (sugarcane bagasse [SB] tray; polypropylene [PP] tray), secondary container (polyester/polyethylene foam/aluminum foil [PPA] bag; PP box) on the time interval of the internal hot ready-to-eat (RTE) meal temperature decrease to the value critical for *Bacillus cereus* growth (40 °C) was tested during a simulated delivery. *B. cereus* growth was quantified in aliquot samples of the same meals. Type of a meal had no effect on the tested time interval ($p > 0.05$). Using PP tray instead of bagasse tray, and PP box instead of PPA bag delayed ($p < 0.05$) the internal meal temperature decrease by 50 and 15 minutes, respectively. Average *B. cereus* counts in the naturally contaminated meals after the four-hour culturing at 40 °C was $< 3 \log \text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$. It was concluded that the delivery of a hot RTE meal up to four hours under the tested conditions is unlikely to facilitate *B. cereus* growth above unacceptable levels.

Keywords: food safety, pathogenic bacteria, cooked rice, sugarcane bagasse, polypropylene

INTRODUCTION

Regarding hot ready-to-eat (RTE) meal delivery, keeping temperature of the food until delivery out of the zone of rapid microbial growth is not only a matter of the delivery speed, but also of the thermal performance of the packaging material (Ricci et al., 2020). Selecting appropriate packaging involves a trade-off between thermal efficiency, environmental impact, and chemical safety (Zemanová, 2020). The present study focuses on analyzing the impact of packaging materials on the thermal stability of the hot RTE meals during a prolonged (up to 4 hours) delivery and evaluates how packaging choices can influence a microbial safety during transport. Counts of *Bacillus cereus* in the meal were chosen as a safety marker.

B. cereus sensu lato is a Gram-positive, facultative anaerobic, motile, spore-forming, rod-shaped opportunistic human pathogen causing gastrointestinal illnesses due to the ability of producing emetic and/or diarrheal toxins. Emetic and diarrheal strains are able to grow at the pH range of 4.5–9.5, temperature range of 4–48 °C, minimal water activity of 0.93 and NaCl concentration up to 7 % (Woh and Ng, 2024). *B. cereus* infective dose is reported to be $> 10^5 \text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$ of food (Schoeni and Wong, 2005). Due to the ability to form spores, it is practically impossible to prevent *B. cereus* contamination of foods. Cereal products, rice, seeds, dairy products, poultry, vegetables, herbs, spices and seafood are usually listed as the risky products, including RTE foods (Samapundo et al., 2011).

The following null hypotheses were tested in the present study: type of a meal, packaging material and external temperature during the delivery has no effect on the time interval of the meal internal temperature decrease to the risky value of 40 °C; counts of *B. cereus* in naturally contaminated tested hot RTE meals do not exceed risky levels of 10⁴ colony forming units (CFU·g⁻¹) after four hours at the temperature of 40 °C.

MATERIALS AND METHODS

Three meals considered risky from the viewpoint of a microbiological safety were tested: cooked rice (long-grain rice, onion); mashed potatoes (fresh potatoes, milk); mushroom sauce (dried mushrooms, beef broth, milk, cream, flour). Cooking temperature at least 90 °C was applied during meals production.

The original portion of each of the prepared meal was then divided into two aliquots. Effect of selected conditions on the maintenance of the internal hot RTE meal temperature during a simulated delivery was evaluated using one part of each meal. Growth of *B. cereus* in the second aliquot of the same meal was quantified in the laboratory.

A 150 g portion of each meal was put into each of the two tested primary wrappings: a polypropylene (PP) tray and a sugarcane bagasse (SB) tray, respectively. The trays were immediately heat-sealed with an overlying heat-sealing foil (polyethylene/polypropylene) at the heat-sealing temperature of 180 °C.

Immediately after the heat-sealing, the trays with the meals were inserted into each of the two types of the secondary containers: a three-layered bag consisting of a polyester external layer and two inner layers, polyethylene foam and aluminum foil (PPA bag; overall thickness of 17 mm); a polypropylene thermobox (PP box; thickness of 30 mm).

The heat-sealed bowls were inserted into the secondary containers in one layer (altogether 2 trays), three layers (6 trays) and six layers (12 trays), respectively. A sensor of a datalogger was stuck into each layer of trays and the internal temperature on each layer was recorded during a time interval from inserting the meals into the secondary container (time 0 min) to 420 min. A closed secondary container was exposed to the temperature conditions of a surrounding environment and the external temperature was recorded using a customary external thermometer. The simulation of the meal delivery proceeded during all seasons of the year in the range of external temperatures from -2 °C to +33 °C.

Microbiological safety of the hot RTE meals was assessed using aliquots of the same meals, in which a natural contamination of the meals with *B. cereus sensu lato* was evaluated in laboratory conditions. Six 150 g portions of each meal prepared as mentioned above were inserted into the PP trays. The trays were immediately heat-sealed as mentioned above and then two trays of each meal were incubated for 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 and 4.0 h at 40 °C, 50 °C and 60 °C, respectively. Subsequently, 25 g of each sample was weighed into sterile homogenization bags and samples were diluted 1:9 with buffered peptone water and homogenized in a stomacher. The homogenate was inoculated on Mannitol Yolk Polymyxin agar and cultivated for 24 h at 30 °C. Suspected colonies of *B. cereus* were reinoculated onto blood agar and isolates showing a complete hemolysis were identified by Matrix-Assisted-Laser-Desorption-Ionization-Time-of-Flight mass spectroscopy (MALDI-TOF MS).

Statistical evaluation. The data regarding effects of type of a dish, material of a primary wrapping, type of a secondary container, number of layers of the primary bowls stored in the secondary container and external temperature on the time interval of the internal dish temperature decrease during a simulated delivery were assessed by factorial ANOVA. Differences in the time intervals of the internal dish temperature decrease between the dishes, between the primary wrappings, between the secondary containers and between the numbers of layers, respectively, were evaluated by one-way ANOVA with *post-hoc* Tukey's test. Regression analysis was used for evaluating a dependence of the time interval of the internal dish temperature

decrease on the external temperature during the simulated delivery, and for evaluating a dependence of *B. cereus* counts on the time interval of the internal dish temperature decrease. The differences between counts of *B. cereus* growing at three tested temperatures and in the three different dishes were evaluated by Kruskal-Wallis test with *post-hoc* Nemenyi test. Statistica 14 software (TIBCO Software Inc., Santa Clara, CA, USA) was used for all statistical evaluations.

RESULTS

No differences in the tested time interval between dishes ($p > 0.05$) were found out. The time of the temperature decrease to 40 °C ranged between 100 and 110 minutes (calculated irrespective of primary wrapping, secondary container and number of layers).

On the other hand, significant differences ($p < 0.05$) between primary tray materials and between types of a secondary container, respectively, were established. Inserting a meal into a polypropylene tray instead of a sugarcane bagasse tray prolonged a temperature decrease to 40 °C by nearly 50 minutes and putting the primary trays into polypropylene box prolonged the temperature decrease by approximately 15 minutes as compared to the polyester/polyethylene foam/aluminum foil bag.

The time of the internal dish temperature decrease to 40 °C (calculated irrespective of the type of a dish, type of a primary tray or material of a secondary container) was approximately 45 minutes when only one layer of trays was put into a secondary container, but 100 minutes when three layers were applied, and 140 minutes in the case of six layers ($p < 0.05$).

The time of the internal dish temperature decline to 40 °C (Y; minutes) decreased linearly with decreasing external temperature during the simulated hot dish delivery (X; °C): $Y = 61.0 + 2.58X$ ($R^2 = 0.12$; $p < 0.001$).

The dependence of the *B. cereus* growth (Y; log CFU·g⁻¹) on the time of the internal hot RTE meal temperature decrease to 40 °C (X; hours) was described by the following equation: $Y = 1.43 - 0.17X + 0.14X^2$ ($R^2 = 0.49$; $p < 0.001$). It follows from the equation that *B. cereus* counts reached an average value of 2.99 log CFU·g⁻¹ of meal after the four-hour culturing at 40 °C. However, in some cases, *B. cereus* counts reached nearly 4 log CFU·g⁻¹.

Though the culturing temperature was able to affect *B. cereus* counts, the counts at 40 °C were significantly higher ($p < 0.05$) in comparison with both 60 °C and 50 °C only in mashed potatoes. Only tendency ($p = 0.09$) was found out in cooked rice, and *B. cereus* counts were practically the same in mushroom sauce cultured in the all three temperatures ($p > 0.05$).

As far as the comparison of the meals is concerned, no differences in *B. cereus* counts between mashed potatoes, cooked rice and mushroom sauce cultured at 60 °C were established ($p > 0.05$). The same was true regarding the temperature of 50 °C ($p > 0.05$). On the other hand, as far as the temperature of 40 °C is concerned, *B. cereus* counts in mashed potatoes was higher ($p < 0.05$) as compared to mushroom sauce and tended to be higher ($p = 0.06$) in comparison with cooked rice.

DISCUSSION

The negligible effect of a meal on the time interval of the internal meal temperature decrease is explained by the high-water content in all three dishes, water having one of the highest specific heat capacities (approximately 4186 J·kg⁻¹·K⁻¹).

Two materials were used for primary food packaging in the study: conventional PP and an advanced material known also as sugarcane bagasse. The thermal conductivity of bagasse (0.05 W·m⁻¹·K⁻¹; Mahapatra et al., 2017) is lower in comparison with PP (0.2 W·m⁻¹·K⁻¹), which implies better thermal insulation properties

of bagasse. This is contrary to the results of our study, where the internal temperature of the meal wrapped in the sugarcane bagasse tray and the PP tray decreased to 40 °C within an average time interval of 60 minutes and 110 minutes, respectively. This result, however, does not question environmental benefits of bagasse, including compostability. When considering a choice of a proper packaging material for the hot RTE meal delivery, their toxicological attributes should also be taken into account: PP may release chemical substances such as bisphenol A at elevated temperatures (Rantuch, 2022).

As far as secondary containers are concerned, the two types of packaging usually employed by food delivery companies were used in the present study, and significant difference between their abilities to maintain internal temperature of the transported meal above 40 °C was demonstrated. Polypropylene thermobox prolonged the temperature decrease by 15 minutes compared to secondary container consisting of polyester/polyethylene foam/aluminium foil. However, it should be noted that the PP box has a wall thickness of 35 mm, while the PPA bag, though three-layered, was only 17 mm thick. With comparable material thicknesses, the layered packaging would be more suitable, as the thermal conductivity of its sandwich wall is 4-6 times lower (0.035–0.05 W·m⁻¹·K⁻¹) than that of pure PP (0.2 W·m⁻¹·K⁻¹; Jing et al., 2022).

The significant differences in the time interval of the internal meal temperature decrease to 40 °C between numbers of layers of the primary bowls stacked in secondary container should be expected: total heat (Q) is directly proportional to the total mass of the substance m (in this case mass of the meal), specific heat capacity (c) and the temperature difference (ΔT) according to the equation $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ (Teggar et al., 2025). The more food is there in the secondary container, the higher is the specific heat capacity of the entire internal system, because the specific heat capacity of the meal is always higher than that of air (1000 J·kg⁻¹·K⁻¹).

Three naturally contaminated model RTE meals were used in the present study, which is different in comparison with other similar experiments, where the tested foods were usually inoculated with the heat-shocked *B. cereus* spores (Juneja et al., 2019).

A threshold, below which the inner temperature of the hot RTE meals should not decrease, was fixed to 40 °C in the present study. A value of 30–40 °C is often mentioned as an optimum for *B. cereus* growth, maximum growth temperature being 55 °C (Juneja et al., 2019). On the other hand, a sufficient temperature, where *B. cereus* spores are not able to germinate and vegetative forms cannot multiply, is ≥ 60 °C (Farber and Hughes, 1995). This value is based on the often-reported threshold value for *B. cereus* counts of 5 log CFU·g⁻¹ of food (Yang et al., 2023). However, the most important threat for human health as far as *B. cereus* is concerned are not its counts as such, but a production of the emetic toxin cereulide. Based on the current scientific knowledge, cereulide production stops at 40 °C (Rouzeau-Szynalski et al., 2020). So, it could be concluded that the temperature of 40 °C can be considered a satisfactory lower limit for handling the hot RTE meals as far as *B. cereus* is concerned.

Regarding *B. cereus* counts in the RTE foods, 10³–10⁵ CFU·g⁻¹ or ml are considered acceptable, the value exceeding 10⁵ already unsafe (Soares et al., 2020). Juneja et al. (2019), reported *B. cereus* counts in cooked rice to be 4 log CFU·g⁻¹ after 4 hours of storing at 40 °C. This value is by 2 log CFU·g⁻¹ higher in comparison with our data as far as cooked rice is concerned, probably due to the fact that the quoted authors inoculated the tested dish with the heat-shocked spores, but natural contamination was evaluated in the present study.

Apart from cooked rice, the literature data regarding other two meals tested in the present study (mashed potatoes, mushroom sauce) are rather scanty as far as *B. cereus* growth is concerned. From the viewpoint of comparable time/temperature values, no useful data are available regarding hot RTE mushroom sauce delivery. As far as thermally treated potato puree is concerned, it is possible to extrapolate from the results of Rajkovic et al. (2006) an increase of *B. cereus* counts from 3.5 log CFU·g⁻¹ to 4.0 CFU·g⁻¹ in the spore-

inoculated samples stored at 20 °C for 4 hours. This is similar to the *B. cereus* counts in mashed potatoes cultured at 40 °C in the present study.

CONCLUSIONS

Both inner primary packaging and outer secondary container significantly affected the time of keeping the temperature above the threshold value. Contrary to the expectation, the presumed better thermal properties of the sugarcane bagasse as compared to polypropylene (PP) was not confirmed in the present study. On the other hand, the hypothesis that counts of *B. cereus* in naturally contaminated hot RTE meals do not exceed unacceptable levels (10^4 CFU·g⁻¹) after the 4-hour culturing (and relatedly during the 4-hour simulated delivery) at the temperature of 40 °C was confirmed: the 4-hour time interval corresponded to *B. cereus* counts slightly below 3 log CFU·g⁻¹. It could be concluded that a hot RTE meal delivered up to four hours under the conditions tested in the present study is not likely to facilitate *B. cereus* growth above the unacceptable levels and so endanger a consumer.

ACKNOWLEDGMENT

This research was funded by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic, grant number QK23020061.

REFERENCES

- Farber, J. M., Hughes, A. (1995): General guidelines for the safe handling of foods. *Dairy Food Environmental Sanitation* 15, 70–78.
- Jing, X., Li, Y., Zhu, J. et al. (2022): Improving thermal conductivity of polyethylene/polypropylene by styrene-ethylene-propylene-styrene wrapping hexagonal boron nitride at the phase interface. *Advanced Composites and Hybrid Materials*, 5, 1090–1099. Available at: <https://doi.org/10.1007/s42114-022-00438-x>
- Juneja, V. K., Golden, C. E., Mishra, A., Harrison, M. A., Mohr, T., Silverman, M. (2019): Predictive model for growth of *Bacillus cereus* during cooling of cooked rice. *International Journal of Food Microbiology*, 290, 49–59. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.09.023>
- Mahapatra, A. K., Ekefre, D. E., Pattaniak, N. K., Jena, U., Williams, A. L., Latimore, M. (2017): Thermal properties of sweet sorghum bagasse as a function of moisture content. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 19, 108–113. Available at: <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/3837>
- Rajkovic, A., Uyttendaele, M., Ombregt, S.-A., Jaaskelainen, E., Salkinoja-Salonen, M., Debevere, J. (2006): Influence of type of food on the kinetics and overall production of *Bacillus cereus* emetic toxin. *Journal of Food Protection*, 69, 847–852. Available at: <https://doi.org/10.4315/0362-028x-69.4.847>
- Rantuch, P. (2022): The Thermal Degradation of Polymer Materials. *Ignition of Polymers*. Cham: Springer International Publishing, 1–43. ISBN 978-3-031-13081-6. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-031-13082-3_1
- Ricci, A., Martelli, F., Razzano, R., Cassi, D., Lazzi, C. et al. (2020): Service temperature preservation approach for food safety: Microbiological evaluation of ready meals. *Food Control*, 115, 107297. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107297>
- Rouzeau-Szynalski, K., Stollewerk, K., Messelhäuser, U., Ehling-Schulz, M. (2020): Why be serious about emetic *Bacillus cereus*: Cereulide production and industrial challenges. *Food Microbiology*, 85, 103279. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103279>

Samapundo, S., Heyndrickx, M., Xhaferi, R., Devlieghere, F. (2011): Incidence, diversity and toxin gene characteristics of *Bacillus cereus* group strains isolated from food products marketed in Belgium. *International Journal of Food Microbiology*, 150, 34–41.

Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.07.013>

Schoeni, J. L., Kee Wong, A. C. (2005): *Bacillus cereus* food poisoning and its toxins. *Journal of Food Protection*, 68, 636–648. Available at: <https://doi.org/10.4315/0362-028x-68.3.636>

Soares, K., Moura, A. T., García-Díez, J., Oliveira, I., Esteves, A., Saraiva, C. (2020): Evaluation of hygienic quality of food served in universities canteens of Northern Portugal. *Indian Journal of Microbiology*, 60, 107–114. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12088-019-00844-8>

Teggar, M., Atia, A., Rocha, T. T. M., Laouer, A. (2025): Long and short-term storage of food and agriculture products: Prospects of latent heat thermal energy storage. *Thermal Science and Engineering Progress*, 59, 103324. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113746>

Woh, P. Y., Ng, C. (2024): *Bacillus cereus* in rice: A review on food poisoning, antimicrobial resistance, and control measures. *Tropical Biomedicine*, 41, 298–309. Available <https://doi.org/10.47665/tb.41.3.010>

Yang, S., Wang, Y., Liu, Y., Jia, K., Zhang, Z., Dong, Q. (2023): Cereulide and emetic *Bacillus cereus*: Characterizations, impacts and public precautions. *Foods*, 12, 833.

Available at: <https://doi.org/10.3390/foods12040833>.

Zemanová, J. (2020): Obsah toxických látek v obalových materiálech a ich možná migrácia do potravín. *SciCell magazín*, 3, 1–12 (in Czech).

Contact Information: Prof. MVDr. Ing. Tomáš Komprda, CSc., Department of Food Technology, Faculty of AgriSciences, Mendel University in Brno, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic, komprda@mendelu.cz

FYZIKÁLNE A ORGANOLEPTICKÉ VLASTNOSTI JEDLÝCH GÉLOV

PHYSICAL AND ORGANOLEPTIC PROPERTIES OF EDIBLE GELS

Melina Korčok¹ – Peter Hlaváč² – Miroslav Veverka³ – Vladimír Vietoris¹

¹ Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko

² Ústav elektrotechniky, automatizácie, informatiky a fyziky, Technická fakulta, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko

³ Certex, a.s., Bratislava, Slovensko

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0167>



ABSTRAKT

S rastúcim počtom seniorov sa zvyšuje potreba vyvíjať bezpečné a nutrične vyvážené potraviny, ktoré sú prispôbené špecifickým potrebám tejto vekovej kategórie. Fyziologické a patologické zmeny, najmä v ústnej dutine, môžu seniorom spôsobovať ťažkosti pri konzumácii tvrdých alebo lepkavých potravín, čím sa zvyšuje riziko zdravotných komplikácií. V tomto kontexte sa jedlé gély stávajú sľubnou formou potravy a výživových doplnkov, nakoľko ponúkajú textúru, ktorá je jednoduchá a bezpečná na konzumáciu. Gélová matrica môže byť obohatená o biologicky aktívne látky, vlákninu a ďalšie živiny, ktoré prispievajú k udržaniu zdravia seniorov a prevencii podvýživy. Na tvorbu gélov je možné využiť gélotvorné polysacharidy, ako sú arabinogalaktán (AG) a beta-glukán (BG). Boli zistené štatisticky významné rozdiely medzi hydrogélmi na báze AG a BG, a to v rámci fyzikálnych (viskozita, textúra) a organoleptických vlastností. Výsledky naznačujú, že pri vývoji gélových produktov pre seniorov je kľúčové zohľadniť nielen fyzikálne vlastnosti, ale aj senzorické aspekty, ako je tekutosť, intenzita horkej chuti a príchuti, ktoré výrazne ovplyvňujú prijateľnosť týchto produktov.

Kľúčové slová: jedlé gély, beta-glukán, arabinogalaktán, textúra, viskozita, senzorická analýza

ABSTRACT

With the growing number of seniors, there is an increasing need to develop safe and nutritionally balanced foods that are tailored to the specific needs of this age group. Physiological and pathological changes, particularly in the oral cavity, can make it difficult for seniors to eat hard or sticky foods, increasing the risk of health complications. In this context, edible gels are becoming a promising form of food and nutritional supplements as they offer a texture that is easy and safe to consume. The gel matrix can be enriched with biologically active substances, fiber, and other nutrients that contribute to seniors' health and prevent nutritional deficiencies. Gel-forming polysaccharides such as arabinogalactan (AG) and beta-glucan (BG) can be used to formulate gels. Statistically significant differences were found between AG and BG-based hydrogels in terms of physical (viscosity, texture) and organoleptic properties. The results suggest that when developing gel products for seniors, it is crucial to consider not only physical properties but also sensory aspects such as fluidity, intensity of bitter taste, and flavor, which significantly influence the acceptability of these products.

Keywords: edible gels, beta-glucan, arabinogalactan, texture, viscosity, sensory analysis

ÚVOD

Potravinárske gély sú trojrozmerné polymérne štruktúry s vysokým obsahom vody, ktoré si zachovávajú svoj tvar a odolnosť voči tlaku, čím získavajú mechanickú stabilitu. Na trhu existuje množstvo potravinárskych výrobkov v podobe gélu, ako sú džemy, želé, dezerty, cukrovinky, energetické gély pre športovcov a produkty na báze ovocia alebo zeleniny (Banerjee a Bhattacharya, 2012). V potravinárskom priemysle sa najčastejšie ako gélotvorné látky používajú bielkoviny a polysacharidy. Gély získavajú v tomto odvetví čoraz väčšiu popularitu vďaka vlastnostiam ako je biokompatibilita, biologická odbúrateľnosť a stráviteľnosť a používajú sa napríklad pri balení potravín ako jedlé nátery alebo systémy s kontrolovaným uvoľňovaním látok (Pascuta et al., 2022). S rastúcou životnou úrovňou rastie dopyt po výživných, bezpečných, spoľahlivých a rozmanitých potravinách vrátane možností prispôbených individuálnym preferenciám (Liu et al., 2024). S rastúcim počtom ľudí vo veku 65 rokov a viac sa zvyšuje význam prispôbenia potravín tejto vekovej skupine, aby sa minimalizovali riziká spojené s ich konzumáciou. Zmeny v ústnej dutine súvisiace so starnutím si vyžadujú dôkladné zváženie vhodnosti textúry potravín pre starších dospelých. Tvrdé alebo suché potraviny môžu byť pre seniorov nebezpečné a náročné na konzumáciu, nakoľko ich spracovanie na dostatočne malé častice pre bezpečné prehĺtnutie je zložité. Nebezpečné môžu byť aj lepkavé a priľnavé potraviny, ktorých konzumácia môže zvyšovať riziko udusenía a hromadenia potravinových zvyškov. Medzi ideálne texturálne vlastnosti potravín pre starších ľudí patrí mäkkosť, vlhkosť a jednoduché spracovanie v ústnej dutine s minimálnou námahou pri žuvaní (Cichero, 2016). Potravinársky priemysel a vlády si stále viac uvedomujú súvislosť medzi zdravým starnutím a výživou, preto sa na trh postupne uvádzajú produkty špeciálne prispôbené potrebám staršej populácie (Szakos et al., 2020). Konzumácia potravín s vyváženým obsahom makronutrientov a kľúčových mikronutrientov môže prispieť k prevencii zdravotných problémov spojených so starnutím. Pre seniorov, najmä tých s poruchami stravovania, sú vhodné aj potraviny s upravenou textúrou obohatené o potrebné živiny. Jedlé gély nachádzajú v tejto oblasti čoraz častejšie uplatnenie. Gélové výrobky sú účinnými nosičmi prospešných látok pre seniorov, ako sú napríklad biologicky aktívne látky, vláknina a chuťové látky (Qin et al., 2024).

MATERIÁL A METODIKA

Príprava vzoriek

Podľa postupu definovaného v úžitkovom vzore č. 9963 (Veverka et al., 2024) boli pripravené vzorky jedlých gélov na báze arabinogalaktánu (AG) a beta-glukánu (BG). Formulácia jedlého BG gélu pozostávala z BG (*Pleurotus ostreatus*; Natures Ltd.; Trnava, Slovensko), hydroxypropylmetylcelulózy (Sigma-Aldrich; St. Louis, MO, USA), sladidla (palatinóza; All media group s.r.o.; Bratislava, Slovensko), sacharózy, kyseliny citrónovej, sorbanu draselného, destilovanej vody a vanilkovej príchuti (Aroco, s.r.o.; Praha, Česká republika). Pre formuláciu AG gélu bol namiesto BG použitý AG (*Larix sibirica*; Favorskii Irkutsk Institute of Chemistry, Siberian Branch, Irkutsk, Rusko), pričom ostatné zložky zostali nezmenené.

Stanovenie fyzikálnych vlastností

Dynamická viskozita bola stanovená pomocou rotačného viskozimetra Brookfield DV2T (Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, MA, USA) s použitím vretna T-B (92) pri 200 otáčkach za minútu. Analýza sa uskutočnila pri teplote $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Všetky merania boli vykonané v troch opakovaniach. Texturálne vlastnosti jedlých gélov boli analyzované pomocou texturometra TA.XT. plus (Stable Micro Systems, Surrey, UK). Do nádoby s priemerom 40 mm bolo navážení 40 g vzorky a meranie sa uskutočnilo pri teplote $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pred začiatkom analýzy bola kalibrovaná výška sondy. Každá vzorka bola analyzovaná v troch opakovaniach.

Senzorické hodnotenie

Senzorické hodnotenie sa uskutočnilo v senzorickom laboratóriu na Ústave potravinárstva, Fakulty biotechnológie a potravinových zdrojov, Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre. Hodnotenia sa zúčastnilo 15 seniorov vo veku 65 až 76 rokov, z ktorých tretinu tvorili muži a dve tretiny ženy. Pred samotným hodnotením hodnotitelia boli zaškolení ohľadom postupu hodnotenia a hodnotených atribútov. Všetci hodnotitelia mali predchádzajúce skúsenosti so senzorickým hodnotením gélových potravín. Na neutralizáciu chuti bola podaná čistá voda. Vzorky s objemom 20 ml boli podávané v plastových pohároch v sekvenčnom poradí a boli označené trojmiestnymi kódmi. Atribúty ako vzhľad, vôňa, chuť, dochuť a celkový dojem boli hodnotené pomocou 9-bodovej hedonickej stupnice (Peryam a Girardot, 1952). Následne hodnotitelia posudzovali pomocou JAR (tak akurát) stupnice vlastnosti ako tekutosť, farbu, intenzitu sladkej a horkej chuti, ako aj intenzitu príchuti.

Štatistické spracovanie výsledkov

Štatistické vyhodnotenie výsledkov sa uskutočnilo pomocou štatistického softvéru XLSTAT (Addinsoft, 2024, New York, NY, USA) a programu Microsoft Excel. Na overenie normality údajov bol použitý Shapiro-Wilkov test. Štatisticky významné rozdiely boli identifikované pomocou parametrického t-testu ($p \geq 0,05$). Údaje získané prostredníctvom JAR škály boli analyzované pomocou penalty analýzy, pričom ako limit bola stanovená hodnota 20 %.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

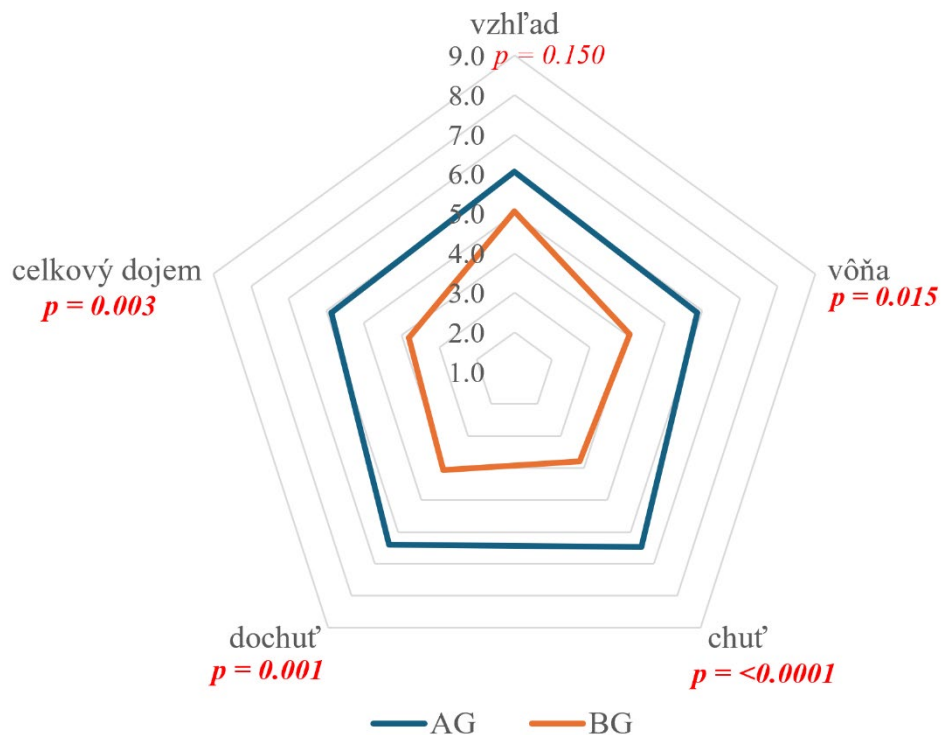
Textúra je dôležitou vlastnosťou gélov, nakoľko funkčnosť gélového materiálu súvisí s jeho reologickým správaním počas spracovania a žuvania (Jakubczyk et al., 2022). Výsledky analýz fyzikálnych vlastností sú uvedené v tabuľke 1. Boli zistené štatisticky významné rozdiely medzi vzorkami vo všetkých hodnotených vlastnostiach. Rozdiely vo viskozite, pevnosti a konzistentnosti medzi AG a BG gémi môžu byť spôsobené rozdielnou molekulovou štruktúrou a interakciami medzi polysacharidmi a vodou (Veverka et al., 2020). BG gély vykazovali viskóznejšiu a pevnejšiu gélovú štruktúru, ktorá bola tiež konzistentnejšia. Pevnú gélovú štruktúru potvrdili aj výsledky práce súdržnosti, ktoré naznačujú schopnosť vzorky zachovať si svoju štruktúru a odolávať deformácii počas testovania (Liu et al., 2007). Pri tekutých a gélových potravinách s nízkou viskozitou je vhodnejšia vyššia súdržnosť, aby sa zabránilo porušeniu homogenity a vytvoreniu niekoľkých malých kvapiek počas prehĺtania (Hadde a Chen, 2019). AG gély, na druhej strane, vykazovali nižšiu viskozitu a pevnosť. Táto vlastnosť môže byť výhodná pri vývoji produktov, ktoré vyžadujú jemnejšiu textúru.

Tabuľka 1: Fyzikálne vlastnosti vzoriek gélového produktu

Vzorka	Viskozita [Pa·s], ± SD	Pevnosť [g], ± SD	Konzistentnosť [g·sec], ± SD	Súdržnosť [g], ± SD	Práca súdržnosti [g·sec], ± SD
AG	1,01 ± 0,02	10,19 ± 0,19	121,56 ± 2,54	-10,23 ± 0,42	-30,60 ± 0,16
BG	1,27 ± 0,01	13,83 ± 0,17	128,59 ± 1,75	-11,59 ± 0,39	-41,80 ± 0,20
<i>p-hodnota</i>	< 0,0001	< 0,0001	0,017	0,014	< 0,0001

Legenda: AG – arabinogalaktán, BG – beta-glukán, SD – smerodajná odchýlka

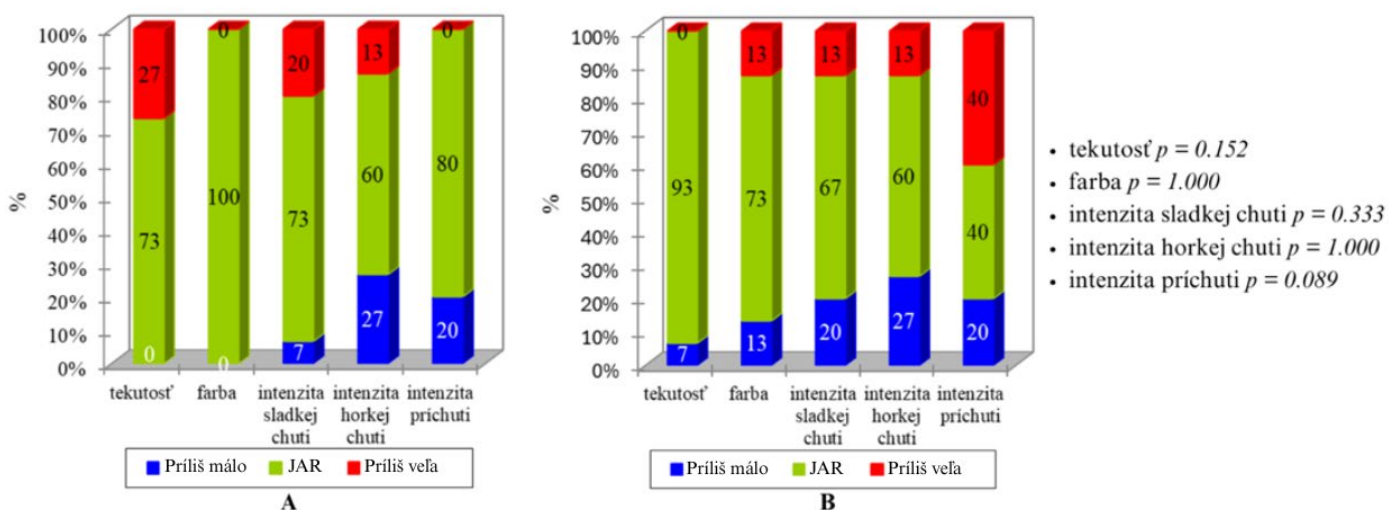
Hodnotitelia rozlične vnímali jedlé gély na báze AG a BG, nakoľko boli zaznamenané štatisticky významné rozdiely v hodnotení AG a BG gélov a to pri atribútoch ako sú vôňa, chuť, dochuť a celkový dojem (obr. 1). Môžeme konštatovať, že pre hodnotiteľov boli AG gély senzoricky prijateľnejšie vo všetkých hodnotených parametroch. AG môže vykazovať neutrálnejší alebo senzoricky prijateľnejší chuťový profil v porovnaní s BG. Predchádzajúce štúdie poukazujú na skutočnosť, že napriek preukázaným zdravotným benefitom je začlenenie BG do niektorých potravinárskych výrobkov výzvou z hľadiska zachovania ich senzorických vlastností a prijateľnosti spotrebiteľmi (Abdul et al., 2024).



Obrázok 1: Výsledky senzoričného hodnotenia jedlých gélov na 9-bodovej hedonickej stupnici

Legenda: AG – arabinogalaktán, BG – beta-glukán, tučným – štatisticky významné rozdiely ($p \geq 0,05$)

Penalty analýzou boli identifikované vlastnosti gélov, ktoré významne ovplyvnili prijateľnosť AG a BG gélov (obr. 2). Hladina významnosti bola stanovená na 20 % (Plaehn, 2013). V prípade AG gélov vyššia tekutosť gélu ovplyvnila jeho prijateľnosť, keďže tento gél vykazoval nižšiu viskozitu a pevnosť. V prípade BG gélov príliš vysoká intenzita príchuťi, ako aj príliš vysoká intenzita horkej chuti ovplyvnili hodnotenie celkového dojmu. Pri atribútoch hodnotených prostredníctvom JAR škále neboli zistené štatisticky významné rozdiely.



Obrázok 2: Výsledky senzoričného hodnotenia jedlých gélov na JAR škále

Legenda: A – jedlý gél na báze arabinogalaktánu; B – jedlý gél na báze beta-glukánu

ZÁVER

Textúra gélov je kľúčovou vlastnosťou, ktorá zásadne ovplyvňuje ich funkčnosť pri manipulácii v ústnej dutine a prehĺtaní. Boli zistené štatisticky významné rozdiely medzi AG a BG géľmi, ktoré sa prejavujú predovšetkým v ich fyzikálnych vlastnostiach, ako sú viskozita, pevnosť a ďalšie texturálne parametre. Hodnotitelia preferovali AG gély z hľadiska organoleptických vlastností, najmä vďaka neutrálnejšiemu chuťovému profilu použitého polysacharidu. Gélotvorné polysacharidy môžu predstavovať efektívnu stratégiu pri vývoji gélových výrobkov, ktoré sú bezpečné a nutrične prospešné, najmä pre starších spotrebiteľov. Rozdiely vo výsledkoch fyzikálnych a senzorických vlastností AG a BG gélov naznačujú, že ich uplatnenie je potrebné prispôbiť konkrétnym vlastnostiam, aby sa maximalizovala ich funkčnosť a prijateľnosť spotrebiteľmi.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-20-0078 "Vývoj potravin a aplikácie na báze jedlého gélu v cieľovom segmente starnúcej populácie".

LITERATÚRA

- Abdul, M., Hameed, K., Alsafah, A. H., Mahdi, H. T. (2024): Beta-Glucan: An Overview of its Properties, Sources, Health Benefits, Immunity, and Extraction Methods. *Kerbala Journal of Pure Sciences*, 21(2). Dostupné z: <https://journals.uokerbala.edu.iq/index.php/UOKJ/article/view/2665>
- Banerjee, S., Bhattacharya, S. (2012): Food Gels: Gelling Process and New Applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(4), 334–346. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.500234>
- Cichero, J. A. Y. (2016): Adjustment of Food Textural Properties for Elderly Patients. *Journal of Texture Studies*, 47(4), 277–283. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/JTXS.12200>
- Hadde, E. K., Chen, J. (2021): Texture and texture assessment of thickened fluids and texture-modified food for dysphagia management. *Journal of Texture Studies*, 52(1), 4–15. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jtxs.12567>
- Jakubczyk, E., Kamińska-Dwórznička, A., Kot, A. (2022): The Rheological Properties and Texture of Agar Gels with Canola Oil—Effect of Mixing Rate and Addition of Lecithin. *Gels*, 8(11), 738. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/GELS8110738>
- Liu, B., Yang, H., Zhu, C., Xiao, J., Cao, H., Simal-Gandara, J., Li, Y., Fan, D., Deng, J. (2024): A comprehensive review of food gels: formation mechanisms, functions, applications, and challenges. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(3), 760–782. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2108369>
- Liu, H., Xu, X. M., Guo, Sh. D. (2007): Rheological, Texture and Sensory Properties of Low-Fat Mayonnaise with Different Fat Mimetics. *LWT – Food Science and Technology*, 40(6), 946–954. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2006.11.007>
- Pascuta, M. S., Varvara, R. A., Teleky, B. E., Szabo, K., Plamada, D., Nemeş, S. A., Mitrea, L., Martău, G. A., Ciont, C., Călinoiu, L. F., Barta, G., Vodnar, D. C. (2022): Polysaccharide-Based Edible Gels as Functional Ingredients: Characterization, Applicability, and Human Health Benefits. *Gels*, 8(8), 524. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/GELS8080524>
- Peryam, D., Girardot, N. (1952): Advanced Taste-Test Method. *Food Engineering* 24, 58–61.

Plaehn, D. (2013): What's the Real Penalty in Penalty Analysis? *Food Quality and Preference*, 28(2), 456–469. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2012.11.009>

Qin, Y., Pillidge, C., Harrison, B., Adhikari, B. (2024): Pathways in Formulating Foods for the Elderly. *Food Research International*, 186, 114324. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2024.114324>

Szakos, D., Ózsvári, L., Kasza, G. (2020): Perception of Older Adults about Health-Related Functionality of Foods Compared with Other Age Groups. *Sustainability*, 12(7), 2748.

Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/SU12072748>

Veverka, M., Dubaj, T., Gallovič, J., Veverková, E., Šimon, P., Lokaj, J., Jorík, V. (2020): Formulations of Staphylococcus aureus Bacteriophage in Biodegradable Beta-Glucan and Arabinogalactan-Based Matrices. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 59, 101909.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/J.JDDST.2020.101909>

Veverka, M., Vodný, Š., Vietoris, V., Korčok, M. (2024): Jedlé gély dietetických vláknin, spôsob ich prípravy a použitie. Úrad priemyselného vlastníctva Slovenskej republiky [online]. Dostupné z: <https://wbr.indprop.gov.sk/WebRegistre/UzitkovyVzor/Detail/50044-2023?csrt=1275966899610332453>

Kontaktná adresa: Ing. Melina Korčok, Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko, e-mail: xkorcok@uniag.sk

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE NUTRITIONAL COMPOSITION, PHYSICAL PROPERTIES AND SENSORY PROFILE OF MEAT AND PLANT-BASED BURGERS

Ivica Kos¹ – Veronika Mihovilić¹ – Ivan Širić¹ – Ivan Vnučec¹

¹ University of Zagreb Faculty of Agriculture, Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb, Croatia

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0173>



ABSTRACT

This study compared commercially available plant-based (PB) and meat burgers (MB) on the Croatian market in terms of nutritional composition, cooking-induced physical properties, and sensory profile. Nutritional data were obtained from product labels, physical changes during standardised grilling were measured, and sensory characteristics were evaluated using quantitative descriptive analysis. PB had a lower energy value (217 vs 263 kcal·100 g⁻¹) and substantially less saturated fat (2.8 vs 8.23 g·100 g⁻¹) than MB, while MB contained more protein (17.1 vs 14.3 g·100 g⁻¹). Carbohydrate and fibre contents were higher in PB, whereas salt content was similar between categories. During cooking, PB showed greater thickness stability (5.40% vs 11.64% reduction) but higher relative mass loss (24.32% vs 22.63%), indicating limited water-binding capacity. Sensory analysis revealed distinct profiles: MB were characterised by greater firmness, cohesiveness, oily mouthfeel, and meat flavour, while PB had a softer texture and dominant vegetable-related attributes. Plant-based burgers differ fundamentally from meat burgers in nutritional composition, cooking behaviour, and sensory profile, supporting their classification as distinct products rather than direct substitutes for meat burgers.

Keywords: burger, plant-based, nutritional composition, sensory analysis, thermal processing, meat analogues

INTRODUCTION

Burgers are among the most widely consumed processed meat products (Boukid and Castellari, 2021) and have become a central benchmark for the development of plant-based meat analogues. As noted by Szenderák et al. (2022), consumer interest in reducing meat intake is increasingly driven by environmental, animal welfare, and health considerations, a trend further reinforced by life cycle assessments demonstrating substantially lower environmental burdens for plant-based burgers compared with beef (Tang et al., 2024). In this transition, the burger format has emerged as the dominant application for plant-based meat analogues, owing to its standardised shape, familiar consumption context, and technological adaptability (Mercês et al., 2024; Jang and Lee, 2024).

From a nutritional perspective, plant-based burgers are often positioned as healthier alternatives, particularly due to their potential to reduce saturated fat intake and provide dietary fibre (Bohrer, 2019). However, detailed compositional surveys reveal wide variability in nutrient profiles across commercial products, with protein content and quality, carbohydrate levels, and sodium concentration strongly dependent on formulation strategies (De Marchi et al., 2021; Yu et al., 2023). Market-based assessments in Europe further indicate that many plant-based burgers rely on coconut oil and added salt to achieve palatability, resulting in saturated fat and sodium levels that may approach those of processed meat burgers (Astiasaran et al., 2025). These findings show that the nutritional superiority of plant-based burgers cannot be assumed a priori.

Technological innovation has played a critical role in narrowing the sensory gap between plant-based and meat burgers. Nevertheless, fundamental differences in matrix composition persist. While meat burgers undergo dimensional shrinkage driven by myofibrillar protein denaturation and fat melting, plant-based

systems often rely on hydrocolloid gelation and protein–lipid interactions to maintain structural integrity during cooking (De Marchi et al., 2021). Sensory quality remains a major determinant of consumer acceptance. Quantitative sensory and consumer studies consistently report that meat burgers are perceived as firmer, juicier, and more cohesive, with stronger meat flavour, whereas plant-based burgers are frequently described as softer and characterised by vegetable-related or beany notes (Sogari et al., 2024; Davis et al., 2021; Correia et al., 2024). Importantly, consumer research indicates that willingness to purchase plant-based burgers is driven primarily by nutritional and sustainability benefits, with sensory performance playing a secondary role in purchase decisions (Sendhil et al., 2024; Pasquariello et al., 2025).

The aim of this study was to conduct a comprehensive comparative analysis of commercially available plant-based and meat burgers on the Croatian market, integrating nutritional profiling, standardised assessment of cooking-induced physical changes, and quantitative sensory analysis to elucidate the key physicochemical and sensory factors differentiating these two product categories.

MATERIALS AND METHODS

Six commercially available burger products were selected to represent meat and plant-based burgers available on the Croatian market. Samples were categorised as meat burgers (MB; $n = 3$) and plant-based burgers (PB; $n = 3$) and purchased from major retail outlets representing both premium and mass-market segments in Zagreb. All PB samples and one MB sample were purchased frozen and stored at $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ until analysis, while two MB samples were purchased refrigerated and stored at $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ in accordance with manufacturer instructions.

Nutritional composition was obtained from mandatory product declarations on the package. The recorded parameters included energy value (kcal/kJ), total fat, saturated fatty acids, carbohydrates, sugars, protein, and salt content per 100 g of raw product. These data were used for comparative evaluation of macronutrient composition between meat and plant-based burger formulations.

To evaluate technological behaviour during cooking, a standardised thermal processing protocol was applied. Prior to thermal treatment, five replicates of each burger type were weighed using a digital scale (Ordning, Ikea, Sweden; accuracy $\pm 1\text{ g}$). Burger diameter (measured in two perpendicular directions) and thickness were recorded using a digital calliper (Alpha Tools, BAHAG AG, Germany; accuracy $\pm 0.01\text{ mm}$). Thermal processing was carried out on a preheated electric contact grill (Hendi, model 236907, Netherlands) set to $250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Internal temperature was monitored using a penetration probe thermometer (TFA Dostmann, model 14.1500, Germany), and cooking was terminated when the geometric centre of each patty reached $71\text{ }^{\circ}\text{C}$, corresponding to microbiological safety standards. After cooking, samples were rested for 3 min at room temperature to allow pressure equilibration. Post-cooking mass and dimensions were then recorded. Cooking loss and dimensional shrinkage were calculated as relative changes, while released fluid was collected and weighed separately to distinguish drip loss from evaporative loss.

Sensory evaluation was conducted in a dedicated sensory laboratory designed in accordance with ISO 8589:2007, under controlled environmental conditions (neutral white lighting at 4000 K and 500 lux, temperature $20\text{--}22\text{ }^{\circ}\text{C}$, relative humidity 50–55%). Quantitative Descriptive Analysis (QDA) was performed by a trained panel of nine assessors selected and trained in accordance with ISO 8586-1 and ISO 8586-2. A consensus lexicon comprising 24 sensory attributes related to appearance, aroma, texture, and flavour was developed during training sessions. Attribute intensities were rated on a 10-point categorical scale (0–9). Samples were served at $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ in transparent containers labelled with randomised three-digit codes. Water and bread were provided as palate cleansers between samples. Data acquisition was performed using Compusense sensory software (Compusense Inc., Ontario, Canada).

Statistical analyses were conducted using SAS Studio software (SAS Institute Inc., USA; version 3.8). Descriptive statistics were calculated for all measured variables. Pairwise comparisons between PB and MB were performed on category-level means ($n = 3$ per group). Results should be interpreted as exploratory due to the limited sample size. Differences in physical properties were evaluated using analysis of variance (ANOVA) with Tukey's post hoc test. Sensory data were analysed using mixed-effects models (PROC MIXED), with sample treated as a fixed effect and assessor as a random effect. Statistical significance was set at $p < 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

As shown in Figure 1, the aggregated nutritional profiles revealed clear and systematic differences between PB and MB burgers. MB had a significantly higher mean energy value ($263 \text{ kcal} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) and total fat content ($20.7 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) compared with PB ($217 \text{ kcal} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ and $16.0 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, respectively). The most pronounced difference was observed for saturated fatty acids, with MB containing nearly three times the level found in PB (8.23 vs $2.8 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). This finding confirms reduced saturated fat as a principal nutritional advantage of PB, consistent with label-based surveys and compositional analyses of commercial products (Astiasaran et al., 2025; De Marchi et al., 2021; Filip et al., 2025; Yu et al., 2023).

In contrast, PB were characterised by substantially higher carbohydrate content ($5.7 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), whereas these components were negligible in MB ($2.1 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ carbohydrates). These differences primarily reflect the technological requirements of plant-based formulations, where carbohydrates and fibres act as binders, texturisers, and structural stabilisers rather than as nutritionally targeted ingredients (Bohrer, 2019). Sugar content remained low in both categories and was nutritionally marginal as established by Filip et al. (2025).

Protein content was higher in MB ($17.1 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) than in PB ($14.3 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) as similarly established by Filip et al. (2025). Although the quantitative difference was moderate, it is nutritionally relevant when considering protein quality, as meat proteins usually provide higher digestibility and a more balanced essential amino acid profile than most plant protein systems used in PB as observed previously by Cutroneo et al. (2023). However, these authors stated that the differences between these products are mostly dependent on the quality of the raw materials used, rather than on the vegetal or animal protein source.

Salt content did not differ significantly between categories (MB: $1.39 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$; PB: $1.15 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), indicating that sodium levels are primarily formulation-driven rather than category-dependent. This challenges the perception that plant-based burgers are inherently more sodium-dense than meat burgers and aligns with recent market surveys reporting comparable salt contents across both product types (Astiasaran et al., 2025; Filip et al., 2025).

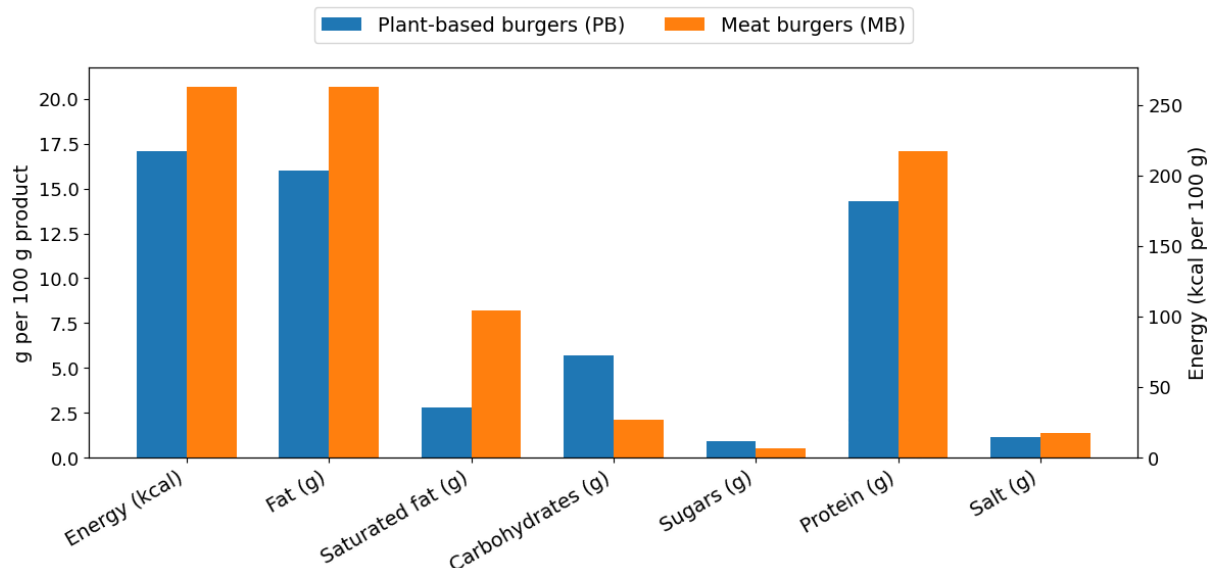


Figure 1: Nutritional composition and energy value of meat (MB) and plant-based (PB) burgers

Cooking-induced changes in physical properties revealed clear differences between plant-based burgers (PB) and meat burgers (MB) (Figure 2), reflecting distinct structural responses to thermal processing. Surface area reduction was comparable between PB (12.71%) and MB (17.25%), suggesting that lateral shrinkage is driven by common mechanisms such as moisture loss and matrix relaxation, regardless of composition. However, thickness reduction differed significantly ($p < 0.05$), with MB exhibiting substantially greater vertical shrinkage (11.64%) than PB (5.40%). This vertical collapse in meat results directly from the thermal denaturation and longitudinal contraction of actomyosin and collagen fibres (Soupeze et al., 2025). The superior thickness stability in PB burgers indicates a rigid scaffold, likely mediated by the reversible thermal gelation of plant proteins and hydrocolloids such as methylcellulose, which reinforce the structure during heating (De Marchi et al., 2021).

Mass and fluid loss further distinguished the matrices significantly ($p < 0.05$). MB released significantly more liquid (drip loss) during cooking (8.44%) than PB (5.75%), as the disruption of muscle fibres and adipose tissue promotes the exudation of water and liquefied animal fat (Soupeze et al., 2025). In contrast, PB burgers exhibited a higher relative mass loss (24.32%) compared to MB (22.63%), suggesting that weight loss in plant matrices is dominated by evaporative dynamics rather than drip loss. This indicates a decoupling between shape retention and moisture retention: while PB burgers maintain their physical dimensions, they have a limited water-binding capacity relative to the myofibrillar lattice of meat, which traps fluids more effectively (De Marchi et al., 2021). This functional deficiency presents a technological challenge for improving perceived sensory juiciness in meat substitutes (Jang and Lee, 2024).

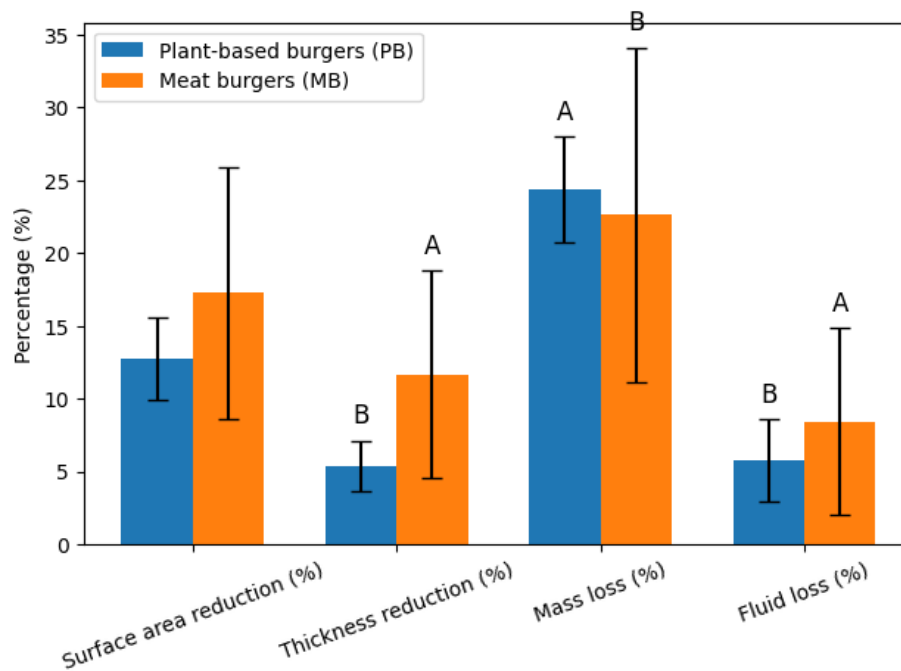


Figure 2: Physical properties of plant-based (PB) and meat burgers (MB), expressed as mean $\pm$ SD

Notes: Different superscript letters (A, B) above bars indicate statistically significant differences between groups ($p < 0.05$)

Quantitative Descriptive Analysis (QDA) revealed fundamental and systematic differences between meat burgers (MB) and plant-based burgers (PB) (Figure 3), confirming that current plant-based formulations do not yet achieve sensory equivalence with animal-derived systems in correspondence with the results of previous research (Abdullah et al., 2024; Davis et al., 2021; Ettinger et al., 2022).

MB were characterised by significantly higher intensities of meat flavour and salty taste ($p < 0.05$), attributes arising from the complex interaction of myofibrillar proteins, endogenous amino acids, and animal fat during thermal processing. In contrast, PB were dominated by vegetable-related, burnt, and spicy odours and flavours, alongside higher perceived sweetness. These sensory signatures are not incidental but reflect persistent formulation constraints within the sector. It is highlighted that achieving visual indistinguishability (mimicking phenotypic characteristics) between meat and analogues may be more feasible than replicating other sensory attributes such as meat taste and animal character (Abdullah et al., 2024). Off-notes commonly described as beany are chemically associated with lipid oxidation products, such as hexanal, inherent to legume-based protein isolates (Jang and Lee, 2024). Although manufacturers attempt to mitigate these attributes through masking strategies, including the use of spices and smoke aromas, as reflected in the elevated spicy odour scores, these approaches tend to overlay rather than eliminate the underlying botanical notes, which remain readily detectable to trained assessors (Sogari et al., 2024).

The presence of intensified burnt notes in PB further indicates a reliance on simplified flavour-generation pathways. These attributes are likely linked to the rapid caramelisation of added reducing sugars (e.g., dextrose) intended to mimic Maillard-derived meat aromas. However, unlike the complex Maillard and lipid–protein reaction network in meat, this strategy tends to produce narrower, less integrated flavour profiles, contributing to sensory imbalance (Sogari et al., 2024; Correia et al., 2024).

Textural profiling revealed a pronounced rheological gap between categories. MB exhibited higher hardness, elasticity, and cohesiveness, reflecting irreversible thermal cross-linking of actomyosin fibres that yields a resilient, fibrous matrix (Soupeez et al., 2025). PB, by contrast, were perceived as softer and less cohesive

as previously reported by Abdullah et al. (2024), despite comparable graininess scores. This combination suggests that while particle size reduction and comminution may approximate meat-like granularity, insufficient protein fibre alignment during extrusion prevents the formation of a continuous load-bearing network (Zink et al., 2024). The widespread use of methylcellulose provides thermal firmness, yet its reversible gelation leads to structural weakening upon cooling, in contrast to the permanent denaturation of meat proteins (Funami et al., 2007).

Oily mouthfeel further differentiated the categories. MB provided a sustained lubricating sensation due to the gradual melting and redistribution of animal fats, which coat the oral cavity and prolong flavour perception. In PB, due to the differences in the temporal perception (Zhang et al., 2024) plant lipids were possibly perceived as being released too rapidly, producing a transient greasy sensation rather than sustained juiciness.

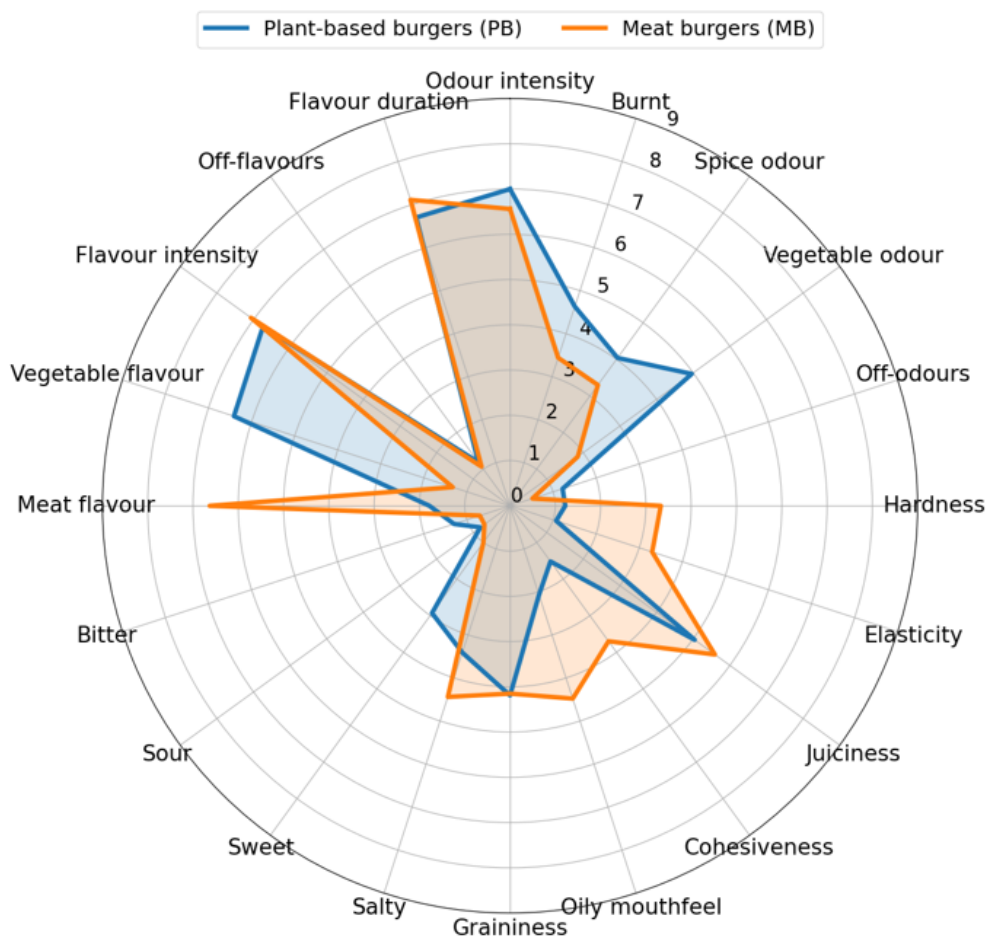


Figure 3: Radar plot of quantitative descriptive analysis (QDA) sensory attributes for plant-based (PB) and meat burgers (MB)

Notes: Values represent mean intensity scores on a 0–9 scale

CONCLUSION

Plant-based burgers (PB) and meat burgers (MB) differ fundamentally in nutritional composition, cooking behaviour, and sensory profile. PB offer advantages through reduced saturated fat and slightly lower energy density, whereas MB retain superior protein quantity and quality, indicating that PB should be regarded as alternative products rather than direct nutritional substitutes for meat. Cooking responses further revealed contrasting matrix behaviour: PB showed greater thickness stability but higher mass loss, while MB exhibited greater deformation and fluid release yet retained more moisture and fat. This decoupling highlights a key

technological limitation of PB in moisture retention and juiciness. Sensory analysis confirmed persistent differences, with MB characterised by firmer texture and pronounced meat flavour, and PB by softer texture and vegetable-related attributes. Overall, the findings suggest that improving plant-based burgers will require matrix-level design strategies integrating protein structure, lipid release, and flavour generation, rather than reliance on additive-based correction.

ACKNOWLEDGMENT

This work is partially derived from the thesis of Veronika Mihovilić, B.Sc. in Animal Science, titled "Comparative analysis of the nutritional composition, physical properties and sensory profile of meat and plant-based burgers". The research implementation was supported by the project "Food Safety and Quality Centre" (KK.01.1.1.02.0004) funded by the European Regional Development Fund.

REFERENCES

- Abdullah, F. A. A., Pospiech, M., Dordevic, D., Kabourkova, E. (2024): Comparison of Physical, Sensorial, and Microstructural Properties to Assess the Similarity Between Plant- and Animal-Based Meat Products. *Applied Sciences*, 14(24), 11513. Available at: <https://doi.org/10.3390/app142411513>
- Astiasaran, I., Flores, S., Ariz-Hernandez, I., Ansorena, D. (2025): Plant-Based Burgers Commercialized in the Spanish Market: Ingredients and Nutritional Assessment Based on Their Labels. *Foods*, 14, 3286. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods14193286>
- Bohrer, B. M. (2019): An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products. *Food Science and Human Wellness*, 8(4), 320–329. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.11.006>
- Boukid, F., Castellari, M. (2021): Veggie burgers in the EU market: a nutritional challenge? *European Food Research and Technology*, 247(10), 2445–2453. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03808-9>
- Cutroneo, S., Prandi, B., Faccini, A., Pellegrini, N., Sforza, S., Tedeschi, T. (2023): Comparison of protein quality and digestibility between plant-based and meat-based burgers. *Food Research International*, 172, 113183. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113183>
- Davis, S. G., Harr, K. M., Bigger, S. B., Thomson, D. U., Chao, M. D., Vipham, J. L., Apley, M., Blasi, D., Ensley, S., Haub, M., Miesner, M., Tarpoff, A., Olson, K., O'Quinn, T. G. (2021): Consumer Sensory Evaluation of Plant-Based Ground Beef Alternatives in Comparison to Ground Beef of Various Fat Percentages. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, 7(1). Available at: <https://doi.org/10.4148/2378-5977.8036>
- De Marchi, M., Costa, A., Pozza, M., Goi, A., Cassandro, M. (2021): Detailed characterization of plant-based burgers. *Scientific Reports*, 11, 2049. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81684-9>
- Ettinger, L., Falkeisen, A., Knowles, S., Gorman, M., Barker, S., Moss, R., McSweeney, M. B. (2022): Consumer perception and acceptability of plant-based alternatives to chicken. *Food*, 11(15), 2271. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods11152271>
- Filip, C., Kovács, B., Casian, T., Miklos, A., Pop, P. N., Istrate, T. I., Hodoroga, V., Tero-Vescan, A. (2025): Comparative analysis of the nutritional quality of plant-based and traditional meat products across European markets. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1603600. Available at: <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1603600>
- Funami, T., Kataoka, Y., Hiroe, M., Asai, I., Takahashi, R., Nishinari, K. (2007): Thermal aggregation of methylcellulose with different molecular weights. *Food Hydrocolloids*, 21(1), 46–58. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.01.008>

- Jang, J., Lee, D.-W. (2024): Advancements in plant-based meat analogs enhancing sensory and nutritional attributes. *npj Science of Food*, 8, 50. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41538-024-00292-9>
- Mercês, Z. d. C. d., Salvadori, N. M., Evangelista, S. M., Cochlar, T. B., Rios, A. d. O., Oliveira, V. R. d. (2024): Hybrid and plant-based burgers: Trends, challenges, and physicochemical and sensory qualities. *Foods*, 13, 3855. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods13233855>
- Pasquariello, R., Bianchi, M., Capasso, M., Caso, D. (2025): Meat, without meat: A TPB and VBN integration to understand intention to consume new generation of plant-based meat alternatives. *British Food Journal*, 127(12), 4653–4672. Available at: <https://doi.org/10.1108/BFJ-12-2024-1280>
- Sendhil, R., C R, B., Yadav, S., G, G., Ragupathy, R., A, P., Ramasundaram, P. (2024): Consumer perception and preference toward plant-based meat alternatives – Bibliometric trends and policy implications. *Food and Humanity*, 2, 100229. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100229>
- Silva Barbosa Correia, B., Drud-Heydary Nielsen, S., Jorkowski, J., Arildsen Jakobsen, L. M., Zacherl, C., Bertram, H. C. (2024): Maillard reaction products and metabolite profile of plant-based meat burgers compared with traditional meat burgers and cooking-induced alterations. *Food Chemistry*, 445, 138705. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138705>
- Sogari, G., Grasso, S., Caputo, V., Gómez, M. I., Mora, C., Schouteten, J. J. (2024): Sensory, emotional, and appropriateness of plant- and meat-based burgers. *Journal of Food Science*, 89(5), 2974–2990. Available at: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17033>
- Soupeze, J. B. R. G., Dages, B. A. S., Pavar, G. S., Fabian, J., Thomas, J. M., Theodosiou, E. (2025): Mechanical properties and texture profile analysis of beef burgers and plant-based analogues. *Journal of Food Engineering*, 385, 112259. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2024.112259>
- Szenderák, J., Fróna, D., Rákos, M. (2022): Consumer Acceptance of Plant-Based Meat Substitutes: A Narrative Review. *Foods*, 11(9), 1274. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods11091274>
- Tang, M., Miri, T., Soltani, F., Onyeaka, H., Al-Sharify, Z. T. (2024): Life cycle assessment of plant-based vs beef burgers: A case study in the UK. *Sustainability*, 16(11), 4417. Available at: <https://doi.org/10.3390/su16114417>
- Yu, J., Wang, L., Zhang, Z. (2023): Plant-Based Meat Proteins: Processing, Nutrition Composition, and Future Prospects. *Foods*, 12(22), 4180. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods12224180>
- Zhang, Y., Sala, G., Scholten, E., Stieger, M. (2024): Role of bolus properties in dynamic texture perception of meat analogue and beef patties: juiciness is driven by serum release during early stages of mastication. *Food Hydrocolloids*, 157, 1104450. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110450>
- Zink, J. I., Lutz-Bueno, V., Handschin, S., Dütsch, C., Diaz, A., Fischer, P., Windhab, E. J. (2024): Structural and mechanical anisotropy in plant-based meat analogues. *Food Research International*, 179, 113968. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.113968>

Contact Information: Invited speaker: Prof. Ivica Kos, PhD, Division of Animal Science, University of Zagreb Faculty of Agriculture, Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb, Croatia, e-mail: ikos@gr.hr

ANTIOXIDAČNÉ A MECHANICKÉ VLASTNOSTI BIODEGRADOVATEĽNÝCH OBALOV NA BÁZE KARAGÉNANU S PRÍDAVKOM KÁVOVEJ USADENINY

ANTIOXIDANT AND MECHANICAL PROPERTIES OF CARRAGEENAN-BASED BIODEGRADABLE PACKAGING WITH SPENT COFFEE GROUNDS ADDITION

Dominika Kotianová¹ – Valeriia Kovtun¹ – Tomáš Pencák¹

Dani Dordević¹ – Bohuslava Tremlová¹

¹ Ústav hygieny a technológie potravín rastlinného pôvodu, Fakulta veterinárnej hygieny a ekológie,
Veterinárna univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0181>



ABSTRAKT

Využívanie vedľajších produktov potravinárskeho priemyslu pri výrobe biodegradovateľných obalov predstavuje perspektívny prístup k znižovaniu environmentálnej záťaže a k optimalizácii funkčných vlastností obalových materiálov. Príspevok sa zameriava na hodnotenie vplyvu prídavku sušenej kávovej usadeniny (SCG) na mechanické vlastnosti a obsah polyfenolov v biodegradovateľných obaloch na báze κ -karagénanu. Experimentálne boli pripravené obalové materiály s rôznymi koncentraciami SCG (0,1–0,75 %), ktoré boli porovnávané s kontrolnou vzorkou bez jej prídavku. Mechanické vlastnosti boli hodnotené stanovením pevnosti v ťahu a tuhosti pomocou texturálnej analýzy, zatiaľ čo celkový obsah polyfenolov (TPC) bol stanovený spektrofotometricky. Výsledky preukázali, že prídavok SCG viedol k štatisticky významnému ($p < 0,05$) zvýšeniu obsahu polyfenolov vo všetkých obohatených vzorkách v porovnaní s kontrolou, pričom obsah polyfenolov rástol so zvyšujúcou sa koncentráciou SCG. U mechanických vlastností bol zaznamenaný štatisticky významný ($p < 0,05$) nárast tuhosti materiálu v závislosti od koncentrácie SCG, zatiaľ čo zmeny pevnosti v ťahu neboli štatisticky významné ($p > 0,05$). Získané výsledky poukazujú na to, že prídavok SCG môže zlepšovať funkčné vlastnosti karagénanových obalov a tým podporiť ich uplatnenie v praxi.

Kľúčové slová: SCG, karagénan, cirkulárna ekonomika, TPC, udržateľné obaly

ABSTRACT

The utilization of food industry by-products in the production of biodegradable packaging represents a perspective approach to reducing environmental impact and optimizing functional properties of packaging materials. This study evaluates the effect of adding dried spent coffee grounds (SCG) on the mechanical properties and polyphenol content of κ -carrageenan-based biodegradable packaging. Packaging materials were prepared with various SCG concentrations (0.1–0.75%) and compared to a control sample without the additive. Mechanical properties were evaluated by determining tensile strength and toughness using texture analysis, while the total polyphenol content (TPC) was determined spectrophotometrically. The results demonstrated that the addition of SCG led to a statistically significant ($p < 0.05$) increase in polyphenol content in all enriched samples compared to the control, with values rising alongside the increasing concentration of SCG. Regarding mechanical properties, a statistically significant ($p < 0.05$) increase in material toughness was recorded depending on SCG concentration, whereas changes in tensile strength were not statistically significant ($p > 0.05$). The results demonstrate that SCG addition enhances the functional properties of carrageenan packaging, advancing its potential for practical industry applications.

Keywords: SCG, carrageenan, circular economy, TPC, sustainable packaging

ÚVOD

Syntetické polyméry sa vďaka svojim výborným vlastnostiam a jednoduchej dostupnosti stali bežnou súčasťou mnohých priemyselných odvetví. Rastúca spotreba týchto obalových materiálov však viedla k nárastu produkcie plastového odpadu, ktorý vzhľadom na svoju vysokú odolnosť voči degradácii predstavuje vážny environmentálny problém (Evode et al., 2021). Z tohto dôvodu sa v posledných rokoch výskum intenzívne zameriava na vývoj udržateľnejších alternatív. Jednou z perspektívnych možností sú biodegradovateľné obaly vyrobené z prírodných biopolymérov, ktoré by mohli po optimalizácii poskytovať porovnateľnú funkčnosť so syntetickými materiálmi a zároveň znižovať negatívny vplyv na životné prostredie (Dordevic et al., 2023). Spomedzi biopolymérov sa do popredia dostáva práve karagénan, polysacharid získavaný z červených morských rias, a to najmä pre svoje výborné filmotvorné vlastnosti, transparentnosť a obnoviteľnosť (Ramadas et al., 2024). Napriek týmto výhodám vykazujú obaly na báze karagénanu viacero nedostatkov, ktoré obmedzujú ich využitie v praxi. V porovnaní so syntetickými polymérmi sa vyznačujú nižšou mechanickou pevnosťou, vyššou krehkosťou a menej účinnými bariérovými vlastnosťami (Liu et al., 2023). Výskumy však poukazujú na to, že tieto vlastnosti je možné zlepšiť pridaním rastlinných extraktov alebo vedľajších produktov potravinárskeho priemyslu, ktoré sú bohaté na bioaktívne látky (Khan a Iqbal, 2023).

Kávový priemysel každoročne vyprodukuje približne 6 miliónov ton kávovej usadeniny (SCG – Spent Coffee Ground), ktorá predstavuje významný odpadný produkt s environmentálnymi aj ekonomickými dopadmi (Dari et al., 2025). Hoci ide o vedľajší produkt potravinárskej výroby, SCG je stále bohatým zdrojom cenných zložiek, ako sú lignocelulóza, bielkoviny, lipidy a polyfenoly (Kovalcik et al., 2018). Mnohé štúdie zároveň poukazujú na to, že SCG vykazuje významné funkčné vlastnosti, napríklad antioxidačnú aktivitu, antimikrobiálne vlastnosti a schopnosť absorbovať UV žiarenie (Zhang et al., 2023; Bhattarai a Janaswamy, 2023). Vďaka týmto vlastnostiam a ľahkej dostupnosti sa SCG javí ako perspektívna surovina pre vývoj funkčných biologicky rozložiteľných materiálov. Z hľadiska použiteľnosti biodegradovateľných obalových materiálov v praxi sú kľúčové nie len vyššie uvedené vlastnosti, ale aj mechanické parametre, ako pevnosť v ťahu a tuhosť. Zpracovanie rastlinných zložiek do matrice môže tieto vlastnosti priaznivo ovplyvňovať, a to viacerými mechanizmami, napríklad zlepšením prenosu napätia na rozhraní pridanej zložky a matrice, zmenou pohyblivosti polymérnych reťazcov alebo úpravou mikroštruktúry filmu (Sanyang et al., 2016).

Cieľom tohto výskumu bolo zhodnotiť vplyv prídavku rôznych koncentrácií sušenej SCG na mechanické vlastnosti, konkrétne pevnosť v ťahu a tuhosť, a na obsah polyfenolov v experimentálne pripravených biodegradovateľných obaloch na báze karagénanu.

MATERIÁL A METODIKA

Na účely experimentu bola použitá SCG (zmes 50 % Arabika a 50 % Robusta), pochádzajúca z lokálnej mobilnej kaviarne v Brne. SCG bola po vysušení skladovaná pri teplote $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, z dôvodu zachovania jej čerstvosti.

Príprava biodegradovateľných obalov

Na prípravu kontrolnej vzorky bolo navážených 0,9 g κ -karagénanu, ktorý bol následne umiestnený do laboratórnej kadičky spolu so 135 ml destilovanej vody. Zmes bola miešaná na magnetickom miešadle s výhrevnou doskou (Benchmark Hotplate Stirrer, Edison, USA) pri teplote $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rýchlosti 900 otáčok za minútu po dobu 10 minút, do úplného rozpustenia κ -karagénanu. Následne bolo pridaných 0,75 ml glycerolu a zmes bola miešaná ďalších 5 minút. Po uplynutí tejto doby bol pripravený roztok naliaty do Petriho misky s priemerom 18 cm. Biologicky rozložiteľné obaly boli následne sušené po dobu 48 hodín. Vzorky s prídavkom sušenej SCG boli pripravované identickým spôsobom ako kontrolná vzorka, avšak s pridaním

príslušného množstva vysušenej SCG do zmesi destilovanej vody a κ -karagénanu tesne pred umiestnením na magnetické miešadlo s výhrevnou doskou. Presné zloženie jednotlivých vzoriek (KL 0,1 %, KL 0,25 %, KL 0,5 % a KL 0,75 %) je uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1: Zloženie vzoriek biologicky rozložiteľných obalov.

Vzorka	Základné zloženie
Kontrola	0,9 g κ -karagénanu + 135 ml destilovaná voda + 0,75 ml glycerolu + 0 g SCG
KL 0,1 %	0,9 g κ -karagénanu + 135 ml destilovaná voda + 0,75 ml glycerolu + 0,135 g SCG
KL 0,25 %	0,9 g κ -karagénanu + 135 ml destilovaná voda + 0,75 ml glycerolu + 0,338 g SCG
KL 0,5 %	0,9 g κ -karagénanu + 135 ml destilovaná voda + 0,75 ml glycerolu + 0,675 g SCG
KL 0,75 %	0,9 g κ -karagénanu + 135 ml destilovaná voda + 0,75 ml glycerolu + 1,013 g SCG

Príprava extraktov

Na prípravu extraktov bolo navážených 0,1 g vzorky, ku ktorej bolo pridaných 20 ml roztoku ethanolu a vody, pripraveného v pomere 1:1. Vzorky boli v ďalšom kroku umiestnené do ultrazvukovej vodnej lázne, kde boli ponechané po dobu 30 minút a následne prefiltrované cez mikrofilter. Takto pripravené extrakty boli využité na analýzu celkového obsahu polyfenolov.

Celkový obsah polyfenolov (TPC – Total Polyphenolic Content)

Na stanovenie celkového obsahu polyfenolov vo vzorkách bola využitá optimalizovaná metodika Folin-Ciocalteu podľa Tomadoniho et al. (2016). Každá vzorka bola pripravená napipetovaním 1 ml extraktu do odmernej banky o objeme 25 ml. K extraktu bolo nasledovne pridaných 5 ml Folin Ciocalteu roztoku, nariadeného v pomere 1:10, a 4 ml 7,5% Na_2CO_3 . Inkubácia vzoriek prebiehala po dobu 30 minút, v tme. Absorbancia bola spektrofotometricky (Cecil CE, Cambridge, England) stanovená pri vlnovej dĺžke 765 nm oproti slepej vzorke, ktorá bola pripravená rovnakým spôsobom ako vzorky, pričom 1 ml extraktu bol nahradený 1 ml roztoku ethanol-voda (1:1). Výsledky merania boli vyjadrené ako obsah kyseliny gallovej v $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ vzorky.

Analýza textúry

Mechanické vlastnosti experimentálne pripravených obalov boli analyzované využitím textúrometra (TA.XT plus Texture Analyzer, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK). Na ich stanovenie boli do prístroja vložené vystrihnuté pásy obalov s rozmermi 1×5 cm. Analýza bola realizovaná na 5 vzorkách z každého typu obalu. Pevnosť vzorky v ťahu (Tensile Strenght) bola vyjadrená v MPa a tuhosť vzorky (Toughness) v $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-3}$.

Štatistické spracovanie výsledkov

Štatistická analýza bola vykonaná z nameraných hodnôt pomocou softvéru SPSS (verzia 23.0, SPSS, Chicago, IL, USA). Výsledné hodnoty boli vyhodnotené využitím one-way analýzy rozptylu (ANOVA), a bol zisťovaný štatisticky významný rozdiel medzi vzorkami ($p < 0,05$) na základe výsledkov Levene testu. Pokiaľ vyšla hodnota podľa Levene testu $p < 0,05$, bol použitý neparametrický Gamel - Howell test. V prípade, že bola zistená hodnota $p > 0,05$, bol použitý parametrický Tukey test. Zistené štatisticky významné rozdiely sú uvedené v tabuľkách ako malé písmená v hornom indexe pri číselných hodnotách.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Analýza celkového obsahu polyfenolických látok (TPC) potvrdila súvislosť medzi množstvom pridanej SCG a antioxidačným potenciálom pripravených vzoriek biodegradovateľných obalov. Z nameraných hodnôt v tabuľke 2 vyplýva, že prídavok SCG viedol k štatisticky významnému ($p < 0,05$) zvýšeniu celkového obsahu polyfenolov vo všetkých obohatených vzorkách v porovnaní s kontrolnou vzorkou, pričom namerané hodnoty sa pohybovali v rozmedzí 1,31–5,57 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$. Tieto výsledky korešpondujú aj s inými štúdiami zameranými na

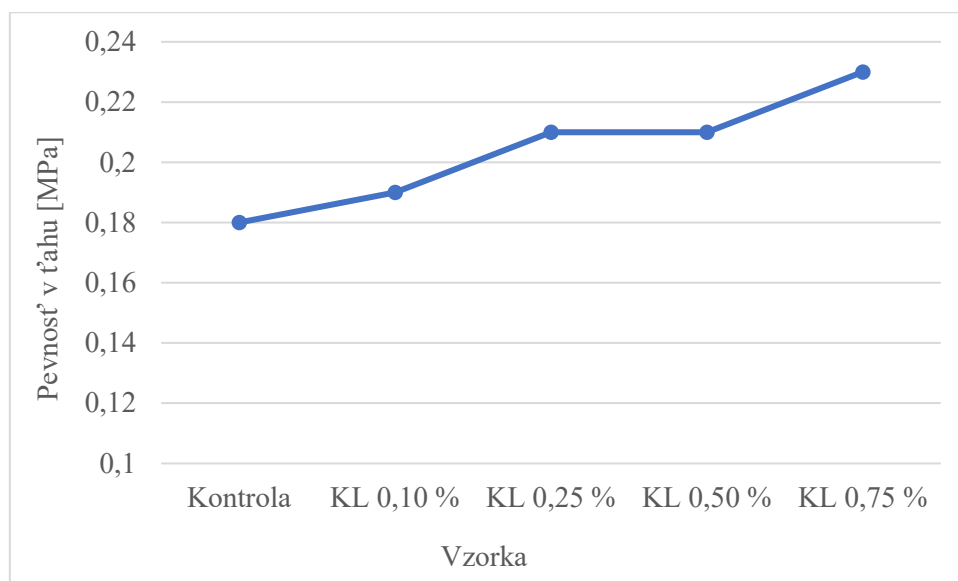
obohatenie biodegradovateľných obalových materiálov využitím SCG. V nich sa obsah polyfenolov vo finálnych materiáloch pohybuje v pomerne širokom rozmedzí, pričom môže dosiahnuť až 33,79 mg·g⁻¹, a to v závislosti od formy použitia SCG alebo spôsobu jej extrakcie (Dordevic et al., 2024; Brzezińska et al., 2023). Získané výsledky naznačujú, že fenolické zlúčeniny zo SCG sa počas prípravy filmu účinne uvoľnili a inkorporovali do obalovej matrice, čo je dôležité z hľadiska funkčnosť materiálu. Prítomnosť polyfenolov totiž podporuje antioxidačný potenciál a môže sa premietiť aj do ďalších fyzikálno-chemických a mechanických vlastností filmu, čo potvrdzujú aj viaceré práce zamerané na obaly obohatené o rastlinné polyfenoly (Ghandi et al., 2025; Dutta et al., 2025). V rámci experimentu bola taktiež spozorovaná prítomnosť nízkych koncentrácií polyfenolov v kontrolnej vzorke, ktorú možno pripísať samotnému charakteru použitého biopolyméru. Podľa štúdie Rocha de Souza et al. (2007) polysacharidy pochádzajúce z červených rias, akým je aj v našej štúdii použitý κ -karagénan, vykazujú prirodzenú antioxidačnú aktivitu, ktorá je pripisovaná prítomnosti a počtu sulfátových skupín v ich chemickej štruktúre.

Tabuľka 2: Celkový obsah polyfenolických látok vo vzorkách obalov

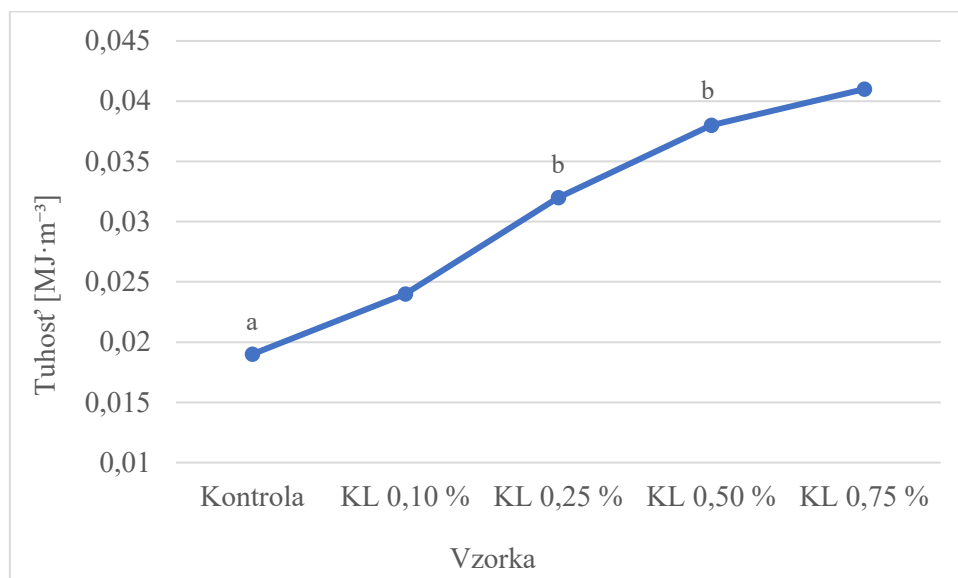
Vzorka	TPC [kys. gallová mg·g ⁻¹]
Kontrola	0,06 ± 0,02 ^a
KL 0,10 %	1,31 ± 0,11 ^b
KL 0,25 %	2,63 ± 0,02 ^c
KL 0,50 %	4,11 ± 0,02 ^d
KL 0,75 %	5,57 ± 0,04 ^e

Legenda: Malé písmená v hornom indexe značia štatisticky významný rozdiel ($p < 0,05$) v rámci stĺpca

Mechanické vlastnosti predstavujú kľúčový faktor ovplyvňujúci použiteľnosť biodegradovateľných obalov v praxi, a to predovšetkým z hľadiska ochrany potravín počas ich výroby, transportu a následného skladovania bez toho, aby došlo k ich poškodeniu. Pevnosť v ťahu a tuhosť patria medzi základné parametre používané pri hodnotení týchto vlastností, pričom sú úzko spojené s chemickým zložením obalových materiálov. Pevnosť v ťahu vyjadruje maximálne napätie, ktorému je schopný obalový materiál odolať (Shah et al., 2023). Tuhosť naopak popisuje schopnosť materiálu pohlcovať energiu a plasticky sa deformovať bez toho, aby došlo k jeho porušeniu (Zhang a Zhang, 2012).



Obrázok 1: Výsledky stanovenia pevnosti v ťahu biodegradovateľných obalov.



Obrázok 2: Výsledky stanovenia tuhosti biodegradovateľných obalov.

Na základe meraní mechanických vlastností experimentálne pripravených biodegradovateľných obalov boli zaznamenané zmeny sledovaných parametrov v závislosti od koncentrácie pridanej SCG. Avšak napriek tomu, že so zvýšeným prídavkom SCG došlo k zvýšeniu výsledných hodnôt parametru pevnosti (obr. 1), v rámci štatistickej analýzy neboli medzi jednotlivými obohatenými vzorkami experimentálne pripravených obalov preukázané štatisticky významné rozdiely. Naopak, tuhosť materiálu (obr. 2) vykazovala výrazný a štatisticky významný ($p < 0,05$) dávkovo závislý vzostup, s hodnotami rastúcimi z $0,019 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ u kontrolnej vzorky až po $0,041 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ pri najvyššej testovanej koncentrácii, pričom významné zmeny v porovnaní s kontrolou sa prejavili už pri koncentrácii 0,25 % SCG.

Rozdielny účinok SCG na pevnosť v ťahu a tuhosť by bolo možné pripísať forme, v akej bola táto surovina inkorporovaná do polymérovej matrice. Keďže bola SCG použitá v jej prirodzenej vysušenej forme, bez iných úprav, častice sa mohli v materiáli rozložiť nerovnomerne a nevytvárali dostatočne silné spojenie s polymérom. Tento výsledok by bolo možné ďalej vysvetliť aj prítomnosťou zostatkového oleja v sušenej SCG, ktorý mohol pôsobiť ako plastifikátor, a tým nepriaznivo ovplyvniť pevnosť v ťahu. V literatúre sa uvádza, že prídavok olejov do karagénanových filmov môže viesť k poklesu pevnosti v ťahu, keďže olej zvyšuje pohyblivosť reťazcov, zväčšuje intermolekulové rozostupy a oslabuje vodíkové väzby (Sandhu et al., 2020). Avšak, tento efekt môže byť výrazne ovplyvnený aj typom využitého polyméru, kedy je v štúdiu od Lombo Vidal et al. (2020) popísané, že u filmov na báze karboxylmetylcelulózy, sa pevnosť v ťahu po prídavku oleja zo zelenej kávy nezhoršila. A pri použití kukuričného škrobu bolo dokonca spozorovaný nárast pevnosti v ťahu po prídavku oleja zo zelenej kávy (Wang et al., 2022). Výsledky dosiahnuté v tejto štúdii sú v súlade so štúdiou Dordevic et al. (2024), kde po prídavku SCG emulzie do karagénanovej matrice došlo k štatisticky nevýznamným zmenám pevnosti v ťahu u obohatených vzoriek.

ZÁVER

Výsledky tejto práce potvrdili, že sušená SCG je perspektívnym aditívom pre vývoj obalových materiálov na báze κ -karagénanu. Zlepšenie sledovaných vlastností, najmä nárast antioxidačného potenciálu a mechanickej tuhosti, sa podarilo dosiahnuť už priamym prídavkom SCG bez predchádzajúcej úpravy, čo výrazne zjednodušuje technologický postup prípravy biodegradovateľných obalových materiálov. Vzhľadom na zvýšený obsah polyfenolov by mohli takto pripravené materiály, po ďalšej optimalizácii, nájsť uplatnenie v aktívnom balení potravín.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok bol spracovaný s podporou projektu 2024ITA25, Veterinární univerzita Brno, Česká republika.

LITERATÚRA

- Bhattacharai, S., Janaswamy, S. (2023): Biodegradable, UV-blocking, and antioxidant films from lignocellulosic fibers of spent coffee grounds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 249, 126798. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126798>
- Brzezińska, R., Górská, A., Wirkowska-Vojdyla, M., Ostrowska-Ligeza, E. (2023): Spent Coffee Grounds – A Coffee By-Product Abundant in Bioactive Compounds with Antioxidant Properties. *Biology and Life Science Forum*, 23(1). 1–7. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/Foods2023-15048>
- Dari, D. N., Da Silva, L. F., Júnior, A. M. B. L., Freitas, I. S., Da Silva Aires, F. I., Dos Santos, J. C. S. (2025): Spent coffee grounds: Insights and future prospects for bioenergy and circular economy applications. *Green Technologies and Sustainability*, 3(4), 100213. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.grets.2025.100213>
- Dordevic, D., Gablo, N., Zelenkova, L., Dordevic, S., Tremlova, B. (2024): Utilization of spent coffee grounds as a food by-product to produce edible films based on κ -carrageenan with biodegradable and active properties. *Foods*, 13(12), 1833. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods13121833>
- Dordevic, S., Dordevic, D., Danilović, B., Tremlová, B., Gablo, N. (2023): Development of edible/biodegradable packaging based on κ -carrageenan with spent coffee grounds as active additives. *Advanced Technologies*, 12(2), 56–63. Dostupné z: <https://doi.org/10.5937/savteh2302056d>
- Dutta, K., Förster, C. Y., Orlova, O. Y., Dandekar, T., Skorb, E. V., Shityakov, S. (2025): Natural polyphenols for sustainable active, smart, and intelligent food packaging: a structured narrative review. *Frontiers in Food Science and Technology*, 5, 1–15. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/frfst.2025.1604816>
- Evode, N., Qamar, S. A., Bilal, M., Barceló, D., Iqbal, H. M. N. (2021): Plastic waste and its management strategies for environmental sustainability. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 4(4), 1–8. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100142>
- Ghandi, S., Kuryntseva, P., Ghosh, M. (2025): Sustainable Antioxidant Cassava Starch–Pectin Films Functionalized With Guava Peel Nanoparticles for Food Packaging. *Packaging Technology and Science*, 39, 107–123. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/pts.70024>
- Khan, S., Iqbal, A. (2023): Organic polymers revolution: Applications and formation strategies, and future perspectives. *Journal of Polymer Science and Engineering*, 6(1), 1–25. Dostupné z: <https://doi.org/10.24294/jpse.v6i1.3125>
- Kovalcik, A., Obruca, S., Marova, I. (2018): Valorization of spent coffee grounds: A review. *Food and Bioproducts Processing*, 110, 104–119. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.05.002>
- Liu, Z. B., Liu, J., He, S., Shao, W. (2023): Constructing a biodegradable carrageenan based food packaging film according to the synergistic strategies between peppermint essential oil and thymol. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 127537. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127537>
- Lombo Vidal, O., Tsukui, A., Garrett, R., Miguez Rocha-Leão, M.H., Piler Carvalho, C.W., Pereira Freitas, S., Moraes De Rezende, C., Simões Larráz Ferreira, M. (2020): Production of Bioactive Films of Carboxymethyl Cellulose Enriched with Green Coffee Oil and Its Residues. *International Journal of Biological Macromolecules*, 146, 730–738. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.123>

- Ramadas, B. K., Rhim, J. W., Roy, S. (2024): Recent progress of carrageenan-based composite films in active and intelligent food packaging applications. *Polymers*, 16(7), 1001.
Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/polym16071001>
- Rocha De Souza, M. C., Marques, C. T., Guerra Dore, C. M., Ferreira Da Silva, F. R., Oliveira Rocha, H. A., Leite, E. L. (2007): Antioxidant Activities of Sulfated Polysaccharides from Brown and Red Seaweeds. *Journal of Applied Phycology*, 19, 153–160. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10811-006-9121-z>
- Sandhu, K. S., Sharma, L., Kaur, M., Kaur, R. (2020): Physical, Structural and Thermal Properties of Composite Edible Films Prepared from Pearl Millet Starch and Carrageenan Gum: Process Optimization Using Response Surface Methodology. *International Journal of Biological Macromolecules*, 143, 704–713. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.09.111>
- Sanyang, M. L., Sapuan, S. M., Jawaid, M., Ishak, M. R., Sahari, J. (2016): Recent developments in sugar palm (*Arenga pinnata*) based biocomposites and their potential industrial applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 533–549. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.037>
- Shah, Y. A., Bhatia, S., Al-Harrasi, A., Afzaal, M., Saeed, F., Anwer, M. K., Khan, M. R., Jawad, M., Akram, N., Faisal, Z. (2023): Mechanical Properties of Protein-Based Food Packaging Materials. *Polymers*, 15, 1724. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/polym15071724>
- Tomadoni, B., Cassani, L., Ponce, A., Moreira, M. R., Agüero, M. V. (2016): Optimization of Ultrasound, Vanillin and Pomegranate Extract Treatment for Shelf-Stable Unpasteurized Strawberry Juice. *LWT – Food Science and Technology*, 72, 475–484. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.024>
- Wang, Y., Wang, X., Hu, G., Al-Romaima, A., Liu, X., Bai, X., Li, J., Li, Z., Qiu, M. (2022): Effect of Green Coffee Oil as a Natural Active Emulsifying Agent on the Properties of Corn Starch-Based Films. *LWT – Food Science and Technology*, 170, 114087. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114087>
- Zhang, S., Zhang, J. (2012): Toughness evaluation of hard coatings and thin films. *Thin Solid Films*, 520(7), 2375–2389. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2011.09.036>
- Zhang, S. P., Zhang, X., Wan, X., Zhang, H., Tian, J. (2023): Fabrication of biodegradable films with UV-blocking and high-strength properties from spent coffee grounds. *Carbohydrate Polymers* [online], 321, 121290. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.121290>

Kontaktná adresa: Mgr. Dominika Kotianová, Ústav hygieny a technologie potravin rostlinného původu, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, e-mail: kotianovad@vfu.cz

VHODNOST KONZUMACE HMYZU PRO JEDINCE S INTOLERANCEMI DISACHARIDŮ

SUITABILITY OF EDIBLE INSECTS FOR INDIVIDUALS WITH DISACCHARIDE INTOLERANCES

Lenka Kouřimská¹ – Eliška Václavíková² – Filip Beňo² – Petra Škvorová¹
Martin Kulma³ – Pavel Kouřimský¹ – František Kvasnička²

¹ Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, ČZU, Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchdol, Česká republika

² Ústav konzervace potravin, Fakulta potravinářské a biochemické technologie, VŠCHT, Technická 5, 166 28 Praha-Dejvice, Česká republika

³ Katedra zoologie a rybářství, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, ČZU, Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchdol, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0188>



ABSTRAKT

Jedlý hmyz představuje perspektivní a udržitelný zdroj živin, avšak detailní údaje o jeho sacharidovém složení jsou v odborné literatuře stále vzácné. Tato studie se zaměřila na stanovení trehalózy, glukózy, fruktózy, laktózy, sacharózy a maltózy v 19 lyofilizovaných vzorcích hmyzu z pěti řádů pomocí HPLC-PAD. Cílem bylo posoudit bezpečnost konzumace hmyzu pro jedince trpící deficitem enzymů štěpících disacharidy. Celkový obsah sledovaných cukrů se pohyboval v rozmezí 49–1675 mg·100 g⁻¹ lyofilizovaného vzorku. Dominantními sacharidy byly glukóza, trehalóza a maltóza. Nejvyšší koncentrace celkových cukrů byly zjištěny u subadultních jedinců *Locusta migratoria* a u larev *Musca domestica*, zatímco nejnižší hodnoty vykazovaly larvy *Bombyx mori*. Významné rozdíly v sacharidovém profilu byly pozorovány mezi druhy, vývojovými stádii i pohlavími. Laktóza a sacharóza byly ve většině vzorků přítomny v nižších množstvích v porovnání s maltózou a trehalózou. Z nutričního hlediska lze tedy většinu analyzovaných druhů hmyzu klasifikovat jako potenciálně vhodnou pro osoby s intolerancí laktózy a sacharózy. Vyšší obsahy trehalózy a maltózy, které vykazují druhovou a vývojovou variabilitu, vyžadují pozornost u osob s deficitem trehalázy či maltázy.

Klíčová slova: jedlý hmyz, disacharidy, intolerance

ABSTRACT

Edible insects represent a promising and sustainable source of nutrients; however, detailed data on their carbohydrate composition remain scarce in the scientific literature. This study focused on the determination of trehalose, glucose, fructose, lactose, sucrose, and maltose in 19 lyophilized insect samples from five orders using HPLC-PAD. The aim was to assess the safety of insect consumption for individuals with deficiencies of disaccharide-splitting enzymes. The total content of the analysed sugars ranged from 49 to 1,675 mg·100 g⁻¹ of lyophilized sample. Glucose, trehalose, and maltose were the dominant carbohydrates. The highest total sugar concentrations were found in *Locusta migratoria* subadults and in larvae of *Musca domestica*, whereas the lowest values were observed in *Bombyx mori* larvae. Significant differences in carbohydrate profiles were detected among species, developmental stages, and sexes. Lactose and sucrose were present in most samples at lower levels compared with trehalose and maltose. From a nutritional perspective, most of the analysed insect species can therefore be classified as potentially suitable for individuals with lactose or sucrose intolerances. However, the higher levels of trehalose and maltose, which exhibit species- and stage-specific variability, warrant attention in individuals with trehalase or maltase deficiencies.

ÚVOD

Hmyz je považován za slibný zdroj alternativních živočišných bílkovin, které mohou přispět k řešení problémů s potravinovou bezpečností způsobených růstem globální populace a rostoucí poptávkou po krmivech pro hospodářská zvířata a ryby v akvakultuře. Na světě je zdokumentováno 2 111 druhů jedlého hmyzu (Jongema Yde, 2017), přičemž čtyři druhy hmyzu byly v EU schváleny jako nové potraviny a celkem 8 druhů hmyzu je povoleno jako krmivo pro hospodářská zvířata (ryby, drůbež a prasata). Hlavními výhodami využití hmyzu jsou rychlý životní cyklus, nízké nároky na zdroje a dobrá nutriční hodnota.

Hmyz obsahuje $6,25\text{--}80,26\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ hrubého proteinu v sušině (DM) v závislosti na druhu, vývojovém stádiu, podmínkách chovu, pohlaví a dalších faktorech. U druhů hmyzu, které se nejčastěji používají jako potravina nebo krmivo, se však obsah bílkovin obvykle uvádí v rozmezí přibližně $20\text{--}70\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ sušiny (Ordoñez-Araque et al., 2022). Tuk je dalším hojným mikroživinou u hmyzu, kromě bílkovin, s obsahem v rozmezí od $2,2$ do $43,0\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ sušiny, a to také v závislosti na výše uvedených faktorech (Zhou et al., 2022). U běžně chovaných jedlých druhů hmyzu se obsah tuku obecně pohybuje v rozmezí přibližně $10\text{--}50\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ sušiny (Ordoñez-Araque et al., 2022). Třetí makroživinou jsou sacharidy, které lze podle počtu sacharidových jednotek rozdělit na monosacharidy, oligosacharidy a polysacharidy. Polysacharidy u hmyzu jsou zastoupeny především chitinem, který tvoří hmyzí exoskelet a jeho obsah se pohybuje od 5 do $15\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ sušiny (Kvasnička et al., 2023). Cukry jsou definovány nařízením (EU) č. 1169/2011 jako všechny monosacharidy a disacharidy přítomné v potravinách s výjimkou polyolů.

Zatímco obsah bílkovin a tuků je v poslední době intenzivně studován, údaje o obsahu sacharidů a zejména cukrů v hmyzu jako potravě nebo krmivu jsou velmi omezené. Pouze studie Son et al. (2021), kteří testovali obsah sacharidů a jejich složení v larvách *Tenebrio molitor*, byl obsah všech sacharidů $11,45 \pm 0,38\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$, celkový obsah rozpustných cukrů byl $3,22 \pm 0,10\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ a redukujících cukrů bylo $0,19 \pm 0,01\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$.

Přestože je konzumace schválených jedlých druhů hmyzu považována za bezpečnou (stanovisko EFSA, 2015), hmyz může obsahovat některé sloučeniny, které mohou být problematické pro osoby s alergií na korýše a mořské plody nebo pro osoby s různými metabolickými onemocněními. Existují jedinci, kteří mají problémy se štěpením a trávením některých disacharidů v důsledku snížených hladin nebo úplné absence enzymů, které tyto disacharidy štěpí na monosacharidy. Nejznámější je intolerance laktózy způsobená deficitem laktázy (β -galaktosidázy). Mezi méně časté intolerance patří deficit sacharázy, maltázy nebo trehalázy. Sacharáza je trávicí enzym, který štěpí sacharózu, maltáza štěpí maltózu a trehaláza je enzym, který hydrolyzuje neredukující disacharid trehalózu (α -D-glukopyranosyl-1,1- α -D-glukopyranosid) na dvě glukózové jednotky. Intolerance trehalózy je v běžné populaci vzácná a častější ve vyšších zeměpisných šířkách než v mírném podnebí. Je vzácná u populací evropského původu (Bergoz et al., 1982). U zdravých Dánů (Gudmand-Høyer et al., 1988) ani u bělošských Američanů (Welsh et al., 1978) nebyl zjištěn žádný deficit trehalázy. Murray et al. (2000) uvádějí 0,3% malabsorpci trehalózy v populaci Spojeného království (U.K.). Podle Kozlova et al. (2023) je 1 až 5 % jedinců evropského původu ohroženo intolerancí trehalózy. Častější je u domorodců z Grónska, kde je deficit trehalázy hlášen u 8 % populace (Satyam a Fallahtafi, 2024). Prevalence geneticky podmíněného deficitu trehalázy u některých domorodých populací Sibiře a ruského Dálného východu může dosáhnout až 24 až 86 % (Kozlov et al., 2023).

Disacharid trehalóza je v přírodě široce rozšířený a lze jej nalézt v mnoha organismech. Tento cukr je jedním z nejdůležitějších sacharidů produkovaných téměř všemi formami života kromě savců. Trehalóza, jako jeden z hlavních cirkulujících cukrů v hmyzí hemolymfě, může být rychle mobilizována k podpoře svalové aktivity během letu, pohybu a dalších energeticky náročných činností. Tento neredukující disacharid hraje také

klíčovou roli v udržování osmotické rovnováhy a ochraně buněčných struktur před stresem způsobeným vysycháním a extrémními teplotami (Łopieńska-Biernat et al., 2019). Hladina trehalózy v hmyzu je hormonálně kontrolována a liší se v závislosti na druhu, vývojovém stádiu a krmivu (Becker et al., 1996) od 5 do 50 mM (Thompson, 2003). Jelikož se ukazuje, že údaje o obsahu cukru v hmyzu jsou nekonzistentní a dostupné jen pro určité druhy hmyzu, cílem této studie bylo monitorovat obsah mono- a disacharidů ve velkém souboru u různých druhů hmyzu sloužících jako potrava nebo krmivo. Důležité bylo zhodnotit, zda by hmyz mohl být vhodný jako potrava pro jedince s deficitem disacharidáz.

MATERIÁL A METODIKA

Vzorky hmyzu

Obsah mono- a disacharidů byl analyzován v devatenácti různých vzorcích hmyzu z pěti řádů (tab. 1). Vzorky zahrnovaly různá vývojová stadia (larvy, nymfy, subadultní jedince a dospělé) a u vybraných druhů byl sledován i vliv pohlaví. Vzorky byly získány z chovů hmyzu České zemědělské univerzity v Praze (AD, BD, BDA_A, GA, GS, EP, LM, TM, ZM), Státního zdravotního ústavu (AD_L, BL, HI, MD) a od soukromého chovatele hmyzu (BM). S výjimkou HI a MD byl hmyz před sklizní vyláčen 24 hodin. Všechny vzorky byly po usmrcení lyofilizovány a homogenizovány.

Tabulka 1: Analyzované vzorky hmyzu

Řád	Stádium	Latinský název	Český název	Označení
Orthoptera	dospělec samec	<i>Gryllodes sigillatus</i>	cvrček krátkokřídlý	GS [^]
	dospělec samice	<i>Gryllodes sigillatus</i>	cvrček krátkokřídlý	GS+
	dospělec samec	<i>Acheta domesticus</i>	cvrček domácí	AD [^]
	dospělec samice	<i>Acheta domesticus</i>	cvrček domácí	AD+
	dospělec samec	<i>Gryllus assimilis</i>	cvrček banánový	GA [^]
	dospělec samice	<i>Gryllus assimilis</i>	cvrček banánový	GA+
	dospělec	<i>Locusta migratoria</i>	saranče stěhovavá	LS
	nedospělec (subadult)	<i>Locusta migratoria</i>	saranče stěhovavá	LS_A
Coleoptera	larva	<i>Zophobas morio</i>	potemník brazilský	ZM
	larva	<i>Alphitobius diaperinus</i>	potemník stájový	AD_L
	larva	<i>Tenebrio molitor</i>	potemník moučný	TM
Blattodea	dospělec	<i>Eublaberus posticus</i>	šváb oranžový	EP
	dospělec	<i>Blaptica dubia</i>	šváb argentinský	BD
	dospělec	<i>Blatta lateralis</i>	šváb turkeštánský	BL
	dospělec	<i>Blaberus discoidalis</i>	diskoidní šváb	BD_A
	nymfa	<i>Blaberus discoidalis</i>	diskoidní šváb	BD_N
Diptera	larva	<i>Hermetia illucens</i>	moucha bráněnka	HI
	larva	<i>Musca domestica</i>	moucha domácí	MD
Lepidoptera	larva	<i>Bombyx mori</i>	bourec morušový	BM

Analytické stanovení sacharidů

Pro stanovení volných mono- a disacharidů (glukóza, fruktóza, trehalóza, laktóza, sacharóza a maltóza) byla použita metoda vysokoúčinné aniontové výměnné chromatografie s pulzní amperometrickou detekcí (HPAEC-PAD, přístroj ICS 3000 (Dionex)). Extrakce sacharidů ze vzorků probíhala v deionizované vodě za horka s následným vyčištěním extraktu. Separace byla provedena na koloně CarboPac PA 100 (250 × 4 mm, 8,5 μm, Dionex, USA) temperované na 30 °C; mobilní fáze: 200mM NaOH (49–51 %, eluent pro IC, Supelco, USA), průtok 0,7 ml·min⁻¹, nástřik 5 μl; délka analýzy 15 minut. Jako interní standard sloužila 2-deoxy-D-glukóza (+99 %, Sigma Aldrich, USA). Pro kalibraci byly připraveny kalibrační roztoky sledovaných mono- a disacharidů v koncentračním rozmezí 0,01–5 μg·ml⁻¹ v deionizované vodě.

Odtučněný vzorek byl homogenizován (kulový mlýn MM400 (RETSCH, Německo) při frekvenci 20 Hz po dobu 20 sekund. Do 50ml Erlenmeyerovy baňky byl navážen 1 g ($\pm 0,01$ g) jemně mletého vzorku a přidáno 25 ml 75% acetonitrilu. Směs byla třepána dvě hodiny při 60 °C ve vodní lázni (GFL 1083, Německo). Po extrakci byla suspenze přefiltrována přes papírový filtr. Filtrát byl zředěn (10–100krát) deionizovanou vodou, byl přidán IS o koncentraci 1 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ a roztok byl před chromatografickou analýzou přefiltrován přes nylonový membránový filtr (0,22 μm). Koncentrace sacharidů byla vypočtena pomocí kalibrační rovnice pro příslušný sacharid.

Statistická analýza

Před dalším zpracováním byla všechna data posouzena na normalitu pomocí Shapiro-Wilkova testu a byl provedena screening na odlehle hodnoty pomocí Dixonova Q testu. Vliv druhů hmyzu na koncentraci jednotlivých sacharidů byl kvantitativně vyhodnocen pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu (ANOVA) se softwarem Statistica 14.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA) a následným post hoc Tukey HSD testem ($p < 0,05$).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Naměřené hodnoty (tab. 2) ukazují na značnou variabilitu v obsahu mono- a disacharidů v závislosti na druhu hmyzu, vývojovém stádiu a pohlaví.

Tabulka 2: Obsah sacharidů v lyofilizovaných vzorcích hmyzu ($\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ *as is*)

Vzorek	Tre	Glu	Fru	Lak	Sach	Mal	Celkem
GS [^]	75,8 $\pm$ 3,8 ^a	194,2 $\pm$ 9,7 ^a	12,5 $\pm$ 0,6 ^a	2,5 $\pm$ 0,1 ^a	5,3 $\pm$ 0,3 ^a	73,9 $\pm$ 3,7 ^a	364 $\pm$ 18
GS ⁺	48,4 $\pm$ 2,4 ^b	85,1 $\pm$ 4,3 ^b	5,3 $\pm$ 0,3 ^b	1,4 $\pm$ 0,1 ^a	2,5 $\pm$ 0,1 ^b	25,8 $\pm$ 1,3 ^b	168 $\pm$ 8
AD [^]	92,3 $\pm$ 4,6 ^a	116,9 $\pm$ 5,8 ^b	15,6 $\pm$ 0,8 ^a	0,6 $\pm$ 0,1 ^a	22,7 $\pm$ 1,1 ^c	53,9 $\pm$ 2,7 ^c	302 $\pm$ 15
AD ⁺	41,2 $\pm$ 2,1 ^{bc}	101,9 $\pm$ 5,1 ^b	15,2 $\pm$ 0,8 ^a	1,0 $\pm$ 0,1 ^a	8,7 $\pm$ 0,4 ^d	30,0 $\pm$ 1,5 ^{bd}	198 $\pm$ 10
GA [^]	74,5 $\pm$ 3,7 ^a	105,8 $\pm$ 5,3 ^b	10,4 $\pm$ 0,5 ^{ab}	1,5 $\pm$ 0,1 ^a	12,2 $\pm$ 0,6 ^{eg}	59,6 $\pm$ 3,0 ^{ac}	264 $\pm$ 13
GA ⁺	70,3 $\pm$ 3,5 ^a	95,7 $\pm$ 4,8 ^b	16,8 $\pm$ 0,8 ^a	1,9 $\pm$ 0,1 ^a	33,2 $\pm$ 1,7 ^f	35,4 $\pm$ 1,8 ^{be}	253 $\pm$ 13
LS	210,7 $\pm$ 10,5 ^d	1327,7 $\pm$ 66,4 ^c	6,8 $\pm$ 0,3 ^b	1,0 $\pm$ 0,1 ^a	7,1 $\pm$ 0,4 ^d	122,1 $\pm$ 6,1 ^f	1675 $\pm$ 84
LS_A	77,6 $\pm$ 3,9 ^a	537,1 $\pm$ 26,9 ^d	22,9 $\pm$ 1,1 ^c	<LOD	9,4 $\pm$ 0,5 ^d	55,9 $\pm$ 2,8 ^c	703 $\pm$ 35
ZM	73,1 $\pm$ 3,7 ^a	361,0 $\pm$ 18,1 ^c	3,9 $\pm$ 0,2 ^b	3,7 $\pm$ 0,2 ^{ab}	4,0 $\pm$ 0,2 ^{ab}	45,1 $\pm$ 2,3 ^{cde}	491 $\pm$ 25
AD_L	27,7 $\pm$ 1,4 ^{be}	73,7 $\pm$ 3,7 ^{bf}	30,9 $\pm$ 1,5 ^d	0,2 $\pm$ 0,1 ^a	23,6 $\pm$ 1,2 ^c	64,0 $\pm$ 3,2 ^{ac}	220 $\pm$ 11
TM	215,0 $\pm$ 10,7 ^d	470,4 $\pm$ 23,5 ^g	16,9 $\pm$ 0,8 ^a	4,9 $\pm$ 0,2 ^{ab}	12,9 $\pm$ 0,6 ^g	167,2 $\pm$ 8,4 ^g	887 $\pm$ 44
EP	494,7 $\pm$ 24,7 ^f	141,3 $\pm$ 7,1 ^{ab}	9,4 $\pm$ 0,5 ^{ab}	5,7 $\pm$ 0,3 ^b	21,2 $\pm$ 1,1 ^{ch}	98,9 $\pm$ 4,9 ^h	771 $\pm$ 39
BD	7,6 $\pm$ 0,4 ^e	345,4 $\pm$ 17,3 ^e	30,5 $\pm$ 1,5 ^d	84,4 $\pm$ 4,2 ^c	19,0 $\pm$ 0,9 ^h	127,4 $\pm$ 6,4 ^f	614 $\pm$ 31
BL	24,5 $\pm$ 1,2 ^{ce}	22,1 $\pm$ 1,1 ^{fh}	0,8 $\pm$ 0,1 ^b	0,8 $\pm$ 0,1 ^a	<LOD	12,6 $\pm$ 0,6 ^b	62 $\pm$ 3
BD_A	17,8 $\pm$ 0,9 ^e	65,8 $\pm$ 3,3 ^{bh}	3,0 $\pm$ 0,2 ^b	1,6 $\pm$ 0,1 ^a	3,2 $\pm$ 0,2 ^{ab}	49,3 $\pm$ 2,5 ^{ce}	141 $\pm$ 7
BD_N	76,9 $\pm$ 3,8 ^a	605,3 $\pm$ 30,3 ⁱ	2,2 $\pm$ 0,1 ^b	4,8 $\pm$ 0,2 ^{ab}	30,3 $\pm$ 1,5 ⁱ	183,6 $\pm$ 9,2 ^g	903 $\pm$ 45
HI	25,2 $\pm$ 1,3 ^{ce}	460,0 $\pm$ 23,0 ^g	2,9 $\pm$ 0,1 ^b	5,1 $\pm$ 0,3 ^{ab}	3,2 $\pm$ 0,2 ^{ab}	269,7 $\pm$ 13,5 ⁱ	766 $\pm$ 38
MD	164,9 $\pm$ 9,2 ^g	677,0 $\pm$ 33,9 ⁱ	155,3 $\pm$ 7,7 ^e	10,0 $\pm$ 0,5 ^d	11,0 $\pm$ 0,6 ^{eg}	290,1 $\pm$ 14,5 ⁱ	1325 $\pm$ 66
BM	6,3 $\pm$ 0,3 ^e	8,8 $\pm$ 0,4 ^h	<LOD	<LOD	15,4 $\pm$ 0,8 ^j	19,0 $\pm$ 0,9 ^{bd}	49 $\pm$ 2

Legenda: Tre = trehalóza; Glu = glukóza; Fru = fruktóza; Lak = laktóza; Sach = sacharóza; Mal = maltóza. Rozdílné horní indexy ve stejném sloupci ukazují statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$)

Celková suma stanovených cukrů se pohybovala v širokém rozmezí 49–1 675 mg·100 g⁻¹ lyofilizovaného vzorku. Nejvyšší celkový obsah cukrů byl zjištěn u subadultních jedinců *L. migratoria* (1 675 ± 84 mg·100 g⁻¹) a u larev *M. domestica* (1 325 ± 66 mg·100 g⁻¹), zatímco nejnižší hodnoty vykazovaly larvy *B. mori* (49 ± 2 mg·100 g⁻¹) a *B. lateralis* (62 ± 3 mg·100 g⁻¹). Dominantními sacharidy byly trehalóza a glukóza, což odpovídá jejich fyziologické roli hlavních cirkulujících cukrů v hemolymfě hmyzu.

Zjištěné hladiny trehalózy, glukózy a fruktózy jsou v souladu s literárními údaji. Například Son et al. (2021) uvádějí u sušeného prášku *T. molitor* obsah glukózy 31,02 ± 1,95 mg·100 g⁻¹, fruktózy 77,36 ± 0,35 mg·100 g⁻¹ a sacharózy 12,46 ± 0,94 mg·100 g⁻¹. Ve srovnání s těmito údaji byly v naší studii zaznamenány vyšší hodnoty některých cukrů, zejména glukózy a trehalózy, což může souviset s rozdílnými podmínkami chovu, krmivem nebo použitou analytickou metodou. Na rozdíl od některých publikovaných prací jsme ve všech vzorcích detekovali také maltózu a u několika vzorků i laktózu. Vysoká citlivost použité analytické metody může vysvětlovat, proč tyto sacharidy nebyly jinými autory detekovány.

Z fyziologického hlediska je glukóza v hmyzu buď přímo přítomna, nebo je ukládána ve formě glykogenu a trehalózy. Naproti tomu enzymatická schopnost syntetizovat laktózu, sacharózu či maltózu de novo chybí (Thompson, 2003). Přítomnost těchto disacharidů je proto pravděpodobně spojena se zbytky krmiva nebo s produkty trávení. Zvýšený obsah laktózy zjištěný u larev *M. domestica* (84,4 ± 4,2 mg·100 g⁻¹) lze vysvětlit použitím sušeného mléka v krmné směsi a absencí hladovění před sklizní, což mohlo vést k přítomnosti nestrávených zbytků ve střevním traktu. V ostatních případech byly hladiny laktózy velmi nízké. Studie Brai et al. (2024) uvádí, že i při krmení *T. molitor* vedlejšími produkty mlékárenského průmyslu bohatými na laktózu nebyla tato látka v larvách detekována, což naznačuje druhově specifické rozdíly v metabolismu a retenci sacharidů. Naše výsledky proto poukazují na potřebu dalšího výzkumu metabolismu disacharidů u jednotlivých druhů.

Mezi druhy byly zjištěny statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$) v obsahu jednotlivých sacharidů. Nejvyšší hladiny trehalózy byly zjištěny u larev *H. illucens* a *T. molitor*, zatímco velmi nízké koncentrace všech analyzovaných cukrů vykazovaly larvy *B. mori*. Subadultní jedinci *L. migratoria* se vyznačovali mimořádně vysokou hladinou glukózy, což lze vysvětlit zvýšenými energetickými nároky spojenými s přípravou na svlékání a vývoj letových svalů (Vaandrager et al., 1988). U dospělců *B. discoidalis* byly zaznamenány nejvyšší hladiny fruktózy a maltózy, přičemž zvýšená koncentrace maltózy může být důsledkem kombinace glykogenolýzy a výrazné amylolytické aktivity ve střevě (Arrese a Soulages, 2010; Wada-Katsumata et al., 2021). Dospělci *G. assimilis* vykazovali nejvyšší obsah sacharózy.

Rozdíly byly pozorovány také mezi vývojovými stádii. Subadultní vzorky *L. migratoria* měly vyšší celkový obsah cukrů než dospělci, zatímco u *B. discoidalis* byl obsah mono- a disacharidů vyšší u dospělců než u nymf. Morales-Ramos et al. (2016) u *T. molitor* uvádějí, že celkový obsah cukrů se mezi larvami a kuklami významně neliší, avšak jednotlivé sacharidy vykazovaly rozdílné zastoupení, což potvrzuje, že sacharidový profil je silně závislý na fyziologickém stavu organismu. V případech, kdy byli analyzováni jedinci obou pohlaví (*G. sigillatus*, *A. domesticus*, *G. assimilis*), byly u samic většinou zaznamenány nižší hladiny mono- a disacharidů než u samců. Tento rozdíl může souviset s metabolickým přesměrováním sacharidů do syntézy lipidů a proteinů podporujících oogenezi, zatímco samci si mohou udržovat vyšší hladiny cirkulujících cukrů pro podporu aktivity a reprodukčního chování. Tento předpoklad je v souladu s proteomickými studiemi, které prokazují zvýšenou regulaci metabolismu lipidů a proteinů u samic cvrčků (Gutiérrez et al., 2021; Tsukamoto et al., 2014).

Z hlediska nutriční bezpečnosti a vhodnosti pro jedince s deficitem disacharidáz je podstatné, že absolutní koncentrace laktózy a sacharózy byly ve většině vzorků velmi nízké a pohybovaly se v řádu jednotek až desítek mg·100 g⁻¹ sušiny. Ve srovnání s běžnými potravinami, například kravským mlékem obsahujícím

přibližně 4 800 mg laktózy ve 100 ml, představují tyto hodnoty nutričně zanedbatelné množství. Analyzované vzorky lze proto obecně považovat za vhodné pro osoby s deficitem laktázy nebo sacharázy. Vyšší variabilita byla zjištěna u maltózy a zejména trehalózy, která je přirozeným krevním cukrem hmyzu. U osob s deficitem maltázy či trehalázy by však při konzumaci druhů hmyzu s vysokým obsahem těchto disacharidů mohla být na místě zvýšená opatrnost. Výsledky rovněž ukazují, že obsah některých disacharidů může být ovlivněn krmivem a nedostatečným hladověním před sklizní, což představuje technologický faktor důležitý pro zajištění konzistentní kvality a bezpečnosti produktu.

ZÁVĚR

Tato studie přináší komplexní srovnání profilů mono- a disacharidů u širokého spektra jedlých druhů hmyzu, jejich vývojových stádií a pohlaví. Výsledky potvrzují, že obsah rozpustných cukrů v hmyzu je obecně nízký, avšak výrazně druhově specifický, přičemž dominantními sacharidy jsou trehalóza, glukóza a maltóza. Přítomnost laktózy a sacharázy byla ve většině vzorků zanedbatelná a v případech vyšších hodnot byla s největší pravděpodobností spojena se zbytky krmiva spíše než s endogenní syntézou. Byly prokázány rozdíly v sacharidovém složení mezi jednotlivými druhy, vývojovými stádii i pohlavími, což zdůrazňuje význam biologických a fyziologických faktorů v metabolismu sacharidů. Subadultní jedinci *L. migratoria* a larvy *H. illucens* a *T. molitor* vykazovali zvýšené hladiny trehalózy a glukózy, zatímco larvy *B. mori* měly konzistentně nízké koncentrace všech analyzovaných cukrů. Z nutričního a bezpečnostního hlediska naznačují nízké hladiny laktózy a sacharázy u většiny druhů, že hmyz je obecně vhodný pro osoby s intolerancí laktózy či sacharázy. Vyšší a výrazná variabilita v obsazích trehalózy a maltózy však ukazuje, že u jedinců s deficitem trehalázy či maltázy je na místě zvýšená opatrnost při konzumaci určitých druhů hmyzu s jejich vyšší koncentrací. Tyto výsledky vyplňují důležitou mezeru v nutriční charakterizaci jedlého hmyzu a poskytují relevantní podklady pro tvorbu nutričních doporučení, vývoj potravinářských produktů i další výzkum zaměřený na citlivé skupiny spotřebitelů.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce vznikla za podpory projektu MŠMT METROFOOD-CZ, č. LM2023064.

LITERATURA

- Arrese, E. L., Soulages, J. L. (2010): Insect fat body: Energy, metabolism, and regulation. *Annual Review of Entomology*, 55, 207. Dostupné z: <https://doi.org/10.1146/annualrev-ento-112408-085356>
- Becker, A., Schlöder, P., Steele, J. E., Wegener, G. (1996): The regulation of trehalose metabolism in insects. *Experientia*, 52(5), 433–439. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/BF01919312>
- Bergoz, R., Vallotton, M. C., Loizeau, E. (1982): Trehalase deficiency: Prevalence and relation to single-cell protein food. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 26(5), 291–295. Dostupné z: <https://doi.org/10.1159/000176576>
- Brai, A., Neri, C., Tarchi, F., Poggialini, F., Vagaggini, C., Frosinini, R., Simoni, S., Francardi, V., Dreassi, E. (2024): Upcycling milk industry byproducts into *Tenebrio molitor* larvae: Investigation on fat, protein, and sugar composition. *Foods*, 13(21), 3450. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/FOODS13213450/SI>
- Gudmand-Høyer, E., Fenger, H. J., Skovbjerg, H., Kern-Hansen, P., Madsen, P. R. (1988): Trehalase deficiency in Greenland. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 23(7), 775–778. Dostupné z: <https://doi.org/10.3109/00365528809090759>

- Gutiérrez, Y., Fresch, M., Hellmann, S. L., Hankeln, T., Scherber, C., Brockmeyer, J. (2021): A multifactorial proteomics approach to sex-specific effects of diet composition and social environment in an omnivorous insect. *Ecology and Evolution*, 11(13), 8623–8639. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ECE3.7676>
- Jongema, Y. (2017): List of edible insect species of the world. Laboratory of Entomology [online]. Dostupné z: <https://www.wur.nl/en/research-results/chair-groups/plant-sciences/laboratory-of-entomology/edible-insects/worldwide-species-list.htm>
- Kozlov, A., Vershubskaya, G., Gorin, I., Petrushenko, V., Lavryashina, M., Balanovska, E. (2023): Prevalence of genetically determined trehalase deficiency in populations of Siberia and Russian Far East. *International Journal of Circumpolar Health*, 82(1), 2183931. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/22423982.2023.2183931>
- Kvasnička, F., Kouřimská, L., Bleha, R., Škvorová, P., Kulma, M., Rajchl, A. (2023): Electrophoretic determination of chitin in insects. *Journal of Chromatography A*, 1695, 463952. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2023.463952>
- Łopińska-Biernat, E., Stryński, R., Dmitryjuk, M., Wasilewska, B. (2019): Infective larvae of *Anisakis simplex* (Nematoda) accumulate trehalose and glycogen in response to starvation and temperature stress. *Biology Open*, 8(3), 1766. Dostupné z: <https://doi.org/10.1242/bio40014/1766>
- Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G., Shelby, K. S., Coudron, T. A. (2016): Nutritional value of pupae versus larvae of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) as food for rearing *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, 109(2), 564–571. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/jee/tov338>
- Murray, I. A., Coupland, K., Smith, J. A., Ansell, I. D., Long, R. G. (2000): Intestinal trehalase activity in a UK population: establishing a normal range and the effect of disease. *British Journal of Nutrition*, 83(3), 241–245. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/S0007114500000313>
- Ordoñez-Araque, R., Quishpillo-Miranda, N., Ramos-Guerrero, L. (2022): Edible insects for humans and animals: Nutritional composition and an option for mitigating environmental damage. *Insects*, 13(19), 944. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/insects13100944>
- Satyam, A., Fallahtafi, P. (2024): Trehalase deficiency. In: Rezaei, N. (ed.) *Genetic Syndromes*, 1–3. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-3-319-66816-1_1800-1
- Son, Y. J., Hwang, I. K., Nho, C. W., Kim, S. M., Kim, S. H. (2021): Determination of carbohydrate composition in mealworm (*Tenebrio molitor* L.) larvae and characterization of mealworm chitin and chitosan. *Foods*, 10(3), 640. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/FOODS10030640>
- Thompson, S. N. (2003): Trehalose - the insect “blood” sugar. *Advances in Insect Physiology*, 31, 205–285. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0065-2806\(03\)31004-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2806(03)31004-5)
- Tsukamoto, Y., Kataoka, H., Nagasawa, H., Nagata, S. (2014): Mating changes the female dietary preference in the two-spotted cricket, *Gryllus bimaculatus*. *Frontiers in Physiology*, 5, 95. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00095>
- Vaandrager, S. H., Wynne, H. J. A., Beenackers, A. M. T. (1988): Regulation of flight related trehalose utilization in the locust *Locusta migratoria*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 91(4), 653–657. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(88\)90943-7](https://doi.org/10.1016/0300-9629(88)90943-7)
- Wada-Katsumata, A., Schal, C., Ozaki, M., Pauchet, Y. (2021): Salivary digestion extends the range of sugar-aversions in the German cockroach. *Insects*, 12(3), 263. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/insects12030263>

Welsh, J. D., Poley, J. R., Bhatia, M., Stevenson, D. E. (1978): Intestinal disaccharidase activities in relation to age, race, and mucosal damage. *Gastroenterology*, 75(5), 847–855.

Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/0016-5085\(78\)90468-7](https://doi.org/10.1016/0016-5085(78)90468-7)

Zhou, Y., Wang, D., Zhou, S., Duan, H., Guo, J., Yan, W. (2022): Nutritional composition, health benefits, and application value of edible insects: A review. *Foods*, 11(24), 3961.

Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods11243961>

Kontaktní adresa: prof. Ing. Lenka Kouřimská, Ph.D., Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchbát, e-mail: kourimska@af.czu.cz

SENZORICKÁ PŘIJATELNOST MASNÉHO VÝROBKU S PŘÍDAVKEM CVRČČÍHO PRÁŠKU A KOŘENICÍCH SMĚSÍ

SENSORY ACCEPTABILITY OF A MEAT PRODUCT WITH THE ADDITION OF CRICKET POWDER AND SPICE BLENDS

Adam Kovál¹ – Martina Skuciusová¹ – Šárka Nedomová¹

¹ Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0196>



ABSTRAKT

Práce hodnotí vliv přídatku cvrččího prášku (*Acheta domestica*) a kořenicích směsí na senzorickou kvalitu masného výrobku typu burger. Byly připraveny kontrolní vzorky bez přídatku prášku a vzorky s 6 % a 8 % cvrččího prášku. Současně byly testovány tři kořenicích směsi (A–C) s odlišným aromatickým profilem. Vzorky byly senzoricky hodnoceny (vzhled, barva na řezu, tvrdost/měkkost, písčítost, vůně, chuť, svíravost a celkový dojem). Výsledky ukázaly, že kořenicích směsi mohou zlepšit přijatelnost výrobků s cvrččím práškem, zejména u nižšího přídatku. Se zvyšujícím se podílem cvrččího prášku se zvyšovala písčítost, která negativně ovlivňovala senzorickou přijatelnost.

Klíčová slova: jedlý hmyz, masný výrobek, koření, kvalita

ABSTRACT

The study evaluates the effect of cricket powder (*Acheta domestica*) addition and spice blends on the sensory quality of a burger-type meat product. Control samples without powder addition and samples containing 6% and 8% cricket powder were prepared. At the same time, three spice blends (A–C) with different aromatic profiles were tested. Samples were sensory evaluated (appearance, colour on the cut surface, hardness/softness, sandiness, odour, taste, astringency, and overall impression). The results showed that spice blends can improve the acceptability of products containing cricket powder, particularly at the lower inclusion level. At the same time, increasing the proportion of cricket powder led to higher perceived grittiness, which negatively affected sensory acceptability.

Keywords: edible insect, meat product, spices, quality

ÚVOD

Senzorický profil jedlého hmyzu je charakterizován širokou škálou chuťových a aromatických složek, které se liší v závislosti na druhu, vývojovém stádiu, potravě a zejména způsobu tepelného opracování. Nejčastěji využívaným způsobem usmrcení je spaření, případně přímé usmrcení ve vroucí vodě. Nevýhodou této operace je ztráta chuťové výraznosti, která je druhově specifická mimo jiné vlivem těkavých látek včetně feromonů, jež jsou tepelným ošetřením degradovány (Borkovcová et al., 2009). Na základě uvedených faktorů může hmyz vykazovat zemité, ořechové, karamelové či mořské chuťové tóny. Při usmrcení a zpracování ve vroucí vodě nebo páře musí být dosaženo požadované teploty v jádře hmyzu po určitou dobu. Pro výrobu prášku je takto upravený hmyz následně sušen v horkovzdušných sušárnách po dobu několika hodin. Sušený materiál je poté mlet a proséván na požadovanou velikost částic (EFSA NDA Panel, 2024). Získaný prášek lze využít jako přídatek do produktů s přirozeně nízkým obsahem bílkovin za účelem zlepšení jejich nutričního profilu nebo pro jeho specifické senzorické vlastnosti (Huis et al., 2013; Schouteten et al., 2016). Rocchetti et al. (2024) uvádějí, že přídatek hmyzího prášku do masných výrobků může částečně nahradit hovězí maso.

Ve studii Schouteten et al. (2016) účastníci naslepo degustovali tři typy burgerů: masový, rostlinný a hmyzí. Výsledky ukázaly, že obliba hmyzí varianty byla srovnatelná s burgerem rostlinným, avšak je nutné dále zlepšovat její senzorickou kvalitu. K tomu může přispět vhodná směs koření, která dokáže lépe harmonizovat, případně maskovat specifickou chuť cvrččího prášku (Mishyna et al., 2020). Cílem práce bylo posoudit vliv přídavku cvrččího prášku a tří navržených kořenících směsí na senzorickou přijatelnost mletého masného výrobku.

MATERIÁL A METODIKA

Materiál

Surovinou byl prášek z cvrčka domácího (*Acheta domestica*), pocházející od distributora jedlého hmyzu Grig s.r.o. (Brno, Česká republika; obr. 1). Další surovinou pro výrobu produktů bylo hovězí hrudí libové a vepřový bok bez kůže. Maso bylo chlazené a pocházelo z tržní sítě (původ ČR).

Koření použité do receptur: pepř černý, chilli, zázvor, nové koření mleté a fenykl v celé formě od značky Vitana a.s. (Byšice, Česká republika); kurkuma a paprika lahůdková mletá od značky Albert (Praha, Česká republika); cibule v granulované formě a kardamom v mleté formě od značky Kotányi s.r.o. (Praha, Česká republika); medvědí česnek (*Allium ursinum*) v drcené formě od značky Avokádo s.r.o. (Praha, Česká republika); hřib dubový (*Boletus reticulatus*) v drcené formě od značky Les fruits du paradis s.r.o. (Margny lès-Compiègne, Francie). Jako další byla použita kuchyňská sůl (NaCl).



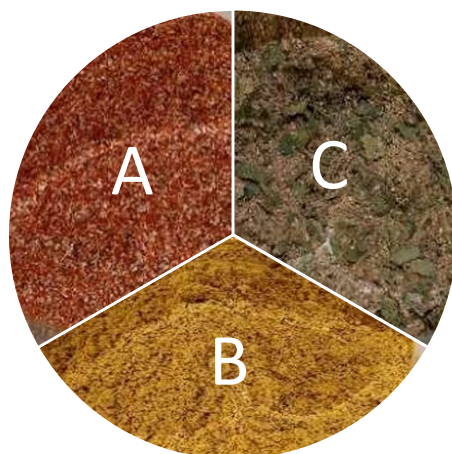
Obrázek 1: Struktura použitého cvrččího prášku (Zdroj: vlastní foto)

Metodika

Byly vytvořeny 3 druhy kořenících směsí A, B, C, do kterých byly vybrány jednotlivé kořenící složky a navrženy poměry jednotlivých druhů (tab. 1, obr. 2).

Tabulka 1: Koření a jejich poměry v hm. % v jednotlivých kořenících směsích

Kořenící směs A	[hm. %]	Kořenící směs B	[hm. %]	Kořenící směs C	[hm. %]
cibule	43,48	kurkuma	44,78	houbový prášek	52,63
paprika	34,78	pepř černý	29,85	pepř černý	21,05
pepř černý	17,39	kardamom	14,93	medvědí česnek	15,79
chilli	4,35	fenykl	7,45	nové koření	10,53
		zázvor	2,99		



Obrázek 2: Koření směsi A, B a C (zdroj: vlastní foto)

Hovězí i vepřové maso bylo nahrubo namleto na kuchyňském robotu (Kenwood, Havant, Velká Británie) typu Cooking Chef KCC 9060 S s řeznou deskou s otvory o průměru 7 mm. Pomleté hovězí i vepřové maso bylo důkladně homogenizováno. Poměr mas byl 30,23 % hovězího hrudí libového a 69,77 % vepřového boku bez kůže. Masová směs byla nasolena 2 % soli (NaCl) a ponechána 12 h odležet v lednici. Vzorky s kořeními směsmi byly vyrobeny bez přídavku cvrččího prášku, s 6 % cvrččího prášku a s 8 % cvrččího prášku.

Výrobek měl simulovat mleté maso typu burger, kde část masné směsi byla nahrazena cvrččím práškem a vodou. Jednotlivé vzorky byly ochuceny vybranými kořeními směsmi. Receptura všech vzorků je uvedena v tabulce 2.

Tabulka 2: Receptura vzorků masného výrobku se cvrččím práškem a kořeními směsí

	Cvrččí prášek [%]	Koření směs dle vzorku [%]	Hovězí a vepřové mleté maso [%]	Voda [%]	NaCl [%]
K	0	0	96,0	2,0	2,0
C6	6,0	0	87,2	4,8	2,0
C8	8,0	0	82,8	7,2	2,0
K-A	0	4,0	92,0	2,0	2,0
K-B	0	2,8	93,2	2,0	2,0
K-C	0	4,0	92,0	2,0	2,0
C6-A	6,0	4,0	83,2	4,8	2,0
C6-B	6,0	2,8	84,4	4,8	2,0
C6-C	6,0	4,0	83,2	4,8	2,0
C8-A	8,0	4,0	78,8	7,2	2,0
C8-B	8,0	2,8	80,0	7,2	2,0
C8-C	8,0	4,0	78,8	7,2	2,0

Tepelná úprava připravených výrobků byla provedena v konvektomatu značky Rational AG (Landsberg am Lech, Německo) při teplotě 180 °C po dobu 20 minut. Prvních 15 minut probíhala úprava při relativní vlhkosti 95 %, aby nedošlo k nadměrnému vysušení vzorků. Následně se na 5 minut vlhkost snížila na 30 % pro dopečení povrchu.

Senzorická analýza

Vzorky byly ihned po tepelné úpravě nakrájeny a označeny náhodnými třímístnými kódy pro následující senzorickou analýzu. Senzorické analýzy výrobku se zúčastnilo 8 hodnotitelů, z toho 4 muži a 4 ženy. Celkem bylo hodnoceno 8 deskriptorů: vzhled; barva na řezu; tvrdost, popřípadě měkkost; vůně; chuť; svíravost a celkový dojem z výrobků. Byla použita hédonická stupnice, která vyjadřuje hodnocení příjemnosti jednotlivých deskriptorů. Hodnocení bylo zaznamenáno na nestrukturované 100mm stupnici v senzorickém dotazníku, pro každý deskriptor u každého ze vzorků. Hodnocení vzorků bylo od 0 (negativní hodnocení) do 100 (pozitivní hodnocení).

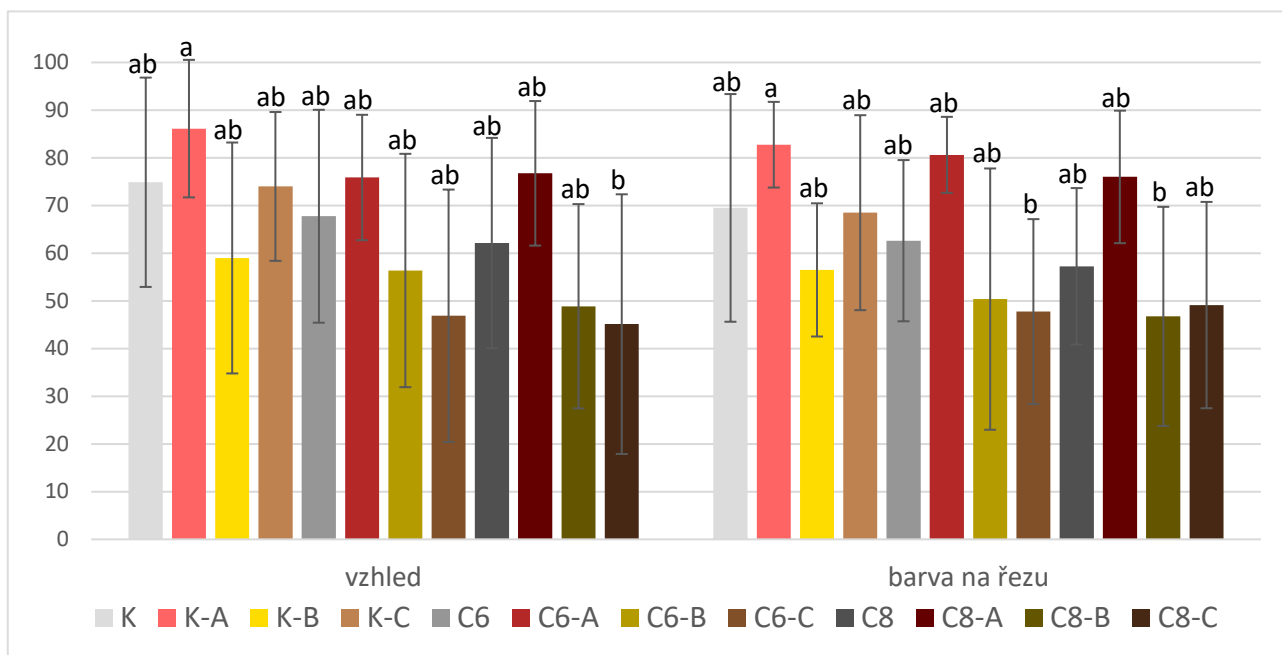
Statistické vyhodnocení dat

Statistické vyhodnocení dat bylo provedeno v softwaru STATISTICA 14. Normalita rozdělení byla ověřena pomocí Shapiro–Wilkova testu. Pro soubory dat, u nichž nebyla potvrzena normalita, byla použita Kruskal–Wallisova jednosměrná analýza rozptylu. Statistická významnost byla posuzována na hladině spolehlivosti 95 % ($p < 0,05$).

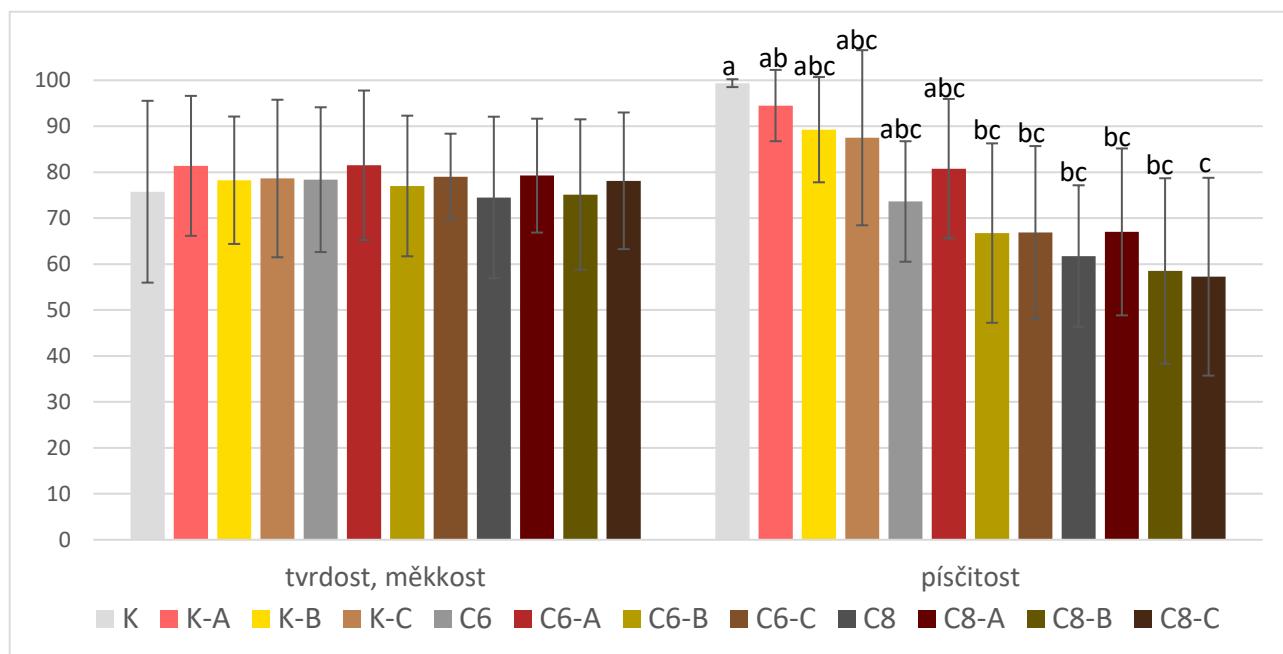
VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky senzorické analýzy (obr. 3a) ukázaly, že nejlepší vzhled měl vzorek bez cvrččího prášku s kořenící směsí A (K-A). Mezi tímto vzorkem a vzorkem s 8 % cvrččího prášku s kořenící směsí C (C8-C) byl jediný statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$). Ačkoliv mezi ostatními vzorky nebyl statisticky významný rozdíl, z průměrných hodnot lze pozorovat lepší hodnocení u vzorků s kořenící směsí A (K-A, C6-A, C8-A) a u vzorku s kořenící směsí C bez cvrččího prášku (K-C). Zjištění ukazují, že přídavek 6 % cvrččího prášku je pro konzumenty stále akceptovatelný, a v některých případech může dokonce přispět ke zlepšení senzorických vlastností výrobku při použití vhodné kořenící směsi. Barva na řezu výrobku byla podle průměrných hodnot opět nejlepší u výrobků s kořenící směsí A (K-A, C6-A, C8-A). Nejvyšší hodnocení získal vzorek bez cvrččího prášku s kořenící směsí A (K-A), který se i statisticky významně lišil ($p < 0,05$) od vzorků s 6 % cvrččího prášku a kořenící směsí C (C6-C) a s 8 % cvrččího prášku a kořenící směsí B (C8-B). Tyto vzorky měly nejnižší hodnocení barvy na řezu.

Tvrdost/měkkost (obr. 3b) byla u všech vzorků přibližně shodná – nebyl zjištěn žádný statisticky významný rozdíl mezi vzorky ($p > 0,05$). Výsledky korespondují s Pavelková et al. (2022), kteří ve své studii přidávali 4 % cvrččího prášku do masného výrobku bez negativního vlivu na jeho vlastnosti. Kim et al. (2017) dokonce tvrdí, že nahrazení 10 % masa cvrččím práškem nemá vliv na fyzikální vlastnosti výrobku a zároveň zvyšuje obsah bílkovin i některých mikroživin, jako jsou fosfor, draslík a hořčík. Nejlepší vzorek v deskriptoru písčitosti (obr. 3b) byl dle očekávání kontrolní vzorek bez cvrččího prášku (K). Se zvyšujícím se přídavkem cvrččího prášku se zvyšoval i pocit písčitosti, a tím se snižovala přijatelnost tohoto vjemu.



Obrázek 3a: Srovnání průměrných hodnocení deskriptorů (vzhled; barva na řezu)

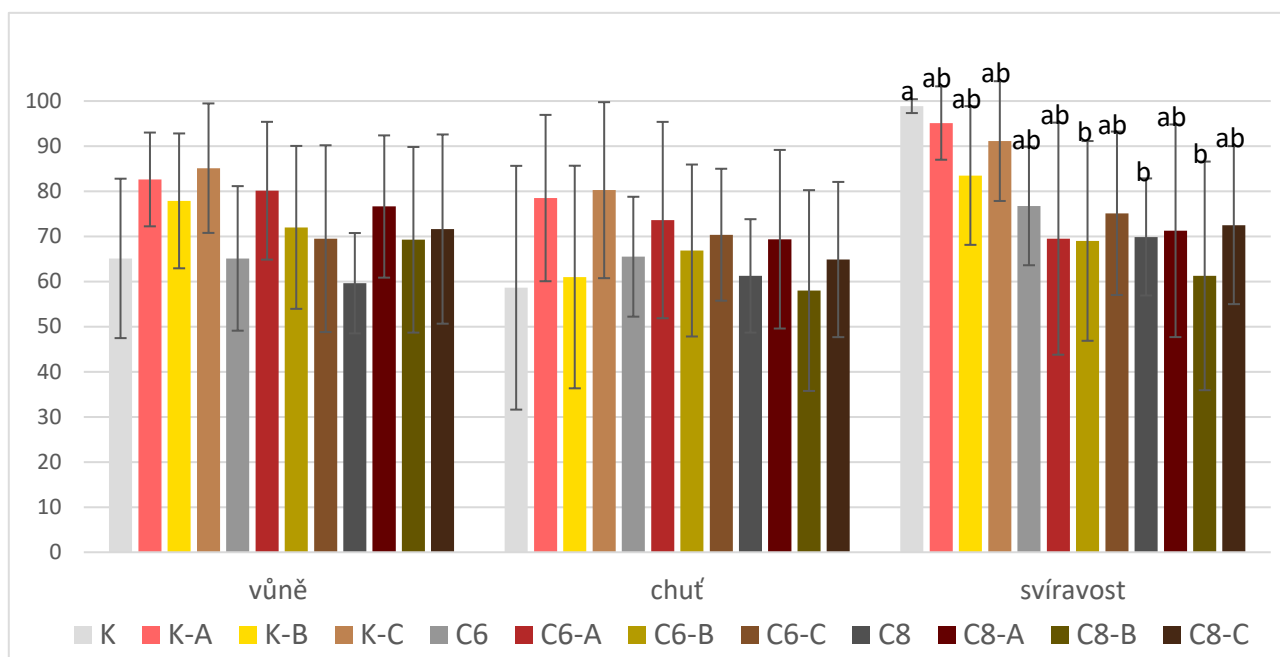


Obrázek 3b: Srovnání průměrných hodnocení deskriptorů (tvrdost, měkkost; písčitost)

Legenda k obrázkům 3a a 3b: K = kontrola bez cvrččího prášku a koření; C6 = kontrola s 6 % cvrččího prášku, bez koření; C8 = kontrola s 8 % cvrččího prášku, bez koření; K-A = kontrolní vzorek s kořenící směsí A; K-B = kontrolní vzorek s kořenící směsí B; K-C = kontrolní vzorek s kořenící směsí C; C6-A = 6 % cvrččího prášku s kořenící směsí A; C6-B = 6 % cvrččího prášku s kořenící směsí B; C6-C = 6 % cvrččího prášku s kořenící směsí C; C8-A = 8 % cvrččího prášku s kořenící směsí A; C8-B = 8 % cvrččího prášku s kořenící směsí B; C8-C = 8 % cvrččího prášku s kořenící směsí C; sloupce označené rozdílným indexem se od sebe statisticky významně liší ($p < 0,05$).

U deskriptoru přijatelnost vůně nebyl zjištěn žádný statisticky významných rozdíl mezi vzorky ($p > 0,05$). Podle průměrného hodnocení ale všechny kořenící směsi zvýšily přijatelnost vůně oproti vzorkům bez nich. Přijatelnost vůně vzorku bez cvrččího prášku a koření (K) byla srovnatelná se vzorky s 6 a 8 % cvrččího prášku bez kořenící směsi (C6, C8). V přijatelnosti chuti nebyl zaznamenán žádný statisticky významný rozdíl

($p > 0,05$). Obecně ale platí, že se zvyšujícím se přidavkem cvrččího prášku přijatelnost chuti klesala. Nejlepší chuťový dojem měly vzorky bez přidavku cvrččího prášku s kořenícími směsmi A a C, což je v souladu s poznatky Ribeiro et al. (2024), kteří upozorňují, že produkty s přidavkem hmyzí složky mají vždy nižší přijatelnost konzumenty. To je zapříčiněno nejen specifickou chutí hmyzu, ale i jeho texturou, která v případě cvrččího prášku zahrnuje jemnou písčitost. S deskriptorem písčitosti částečně souvisí i svíravost, nebo trpkost. Tento deskriptor působí nepříjemné drhnutí na jazyku, které může být nežádoucí u většiny potravin. Nejmenší svíravost, a tudíž nejlepší hodnocení měl vzorek bez cvrččího prášku a kořenících směsí (K). Statisticky významně ($p < 0,05$), se tak lišil od vzorků s 6 a 8 % cvrččího prášku a kořenící směsí B (C6-B, C8-B) a vzorku s 8 % cvrččího prášku bez kořenících směsí (C8). Mezi ostatními vzorky nebyl prokázán žádný statisticky významný rozdíl ($p > 0,05$). Vyšší přidavky cvrččího prášku dle průměrných hodnot negativně ovlivňují deskriptor svíravosti neohledně na kořenící směs (obr. 3c).



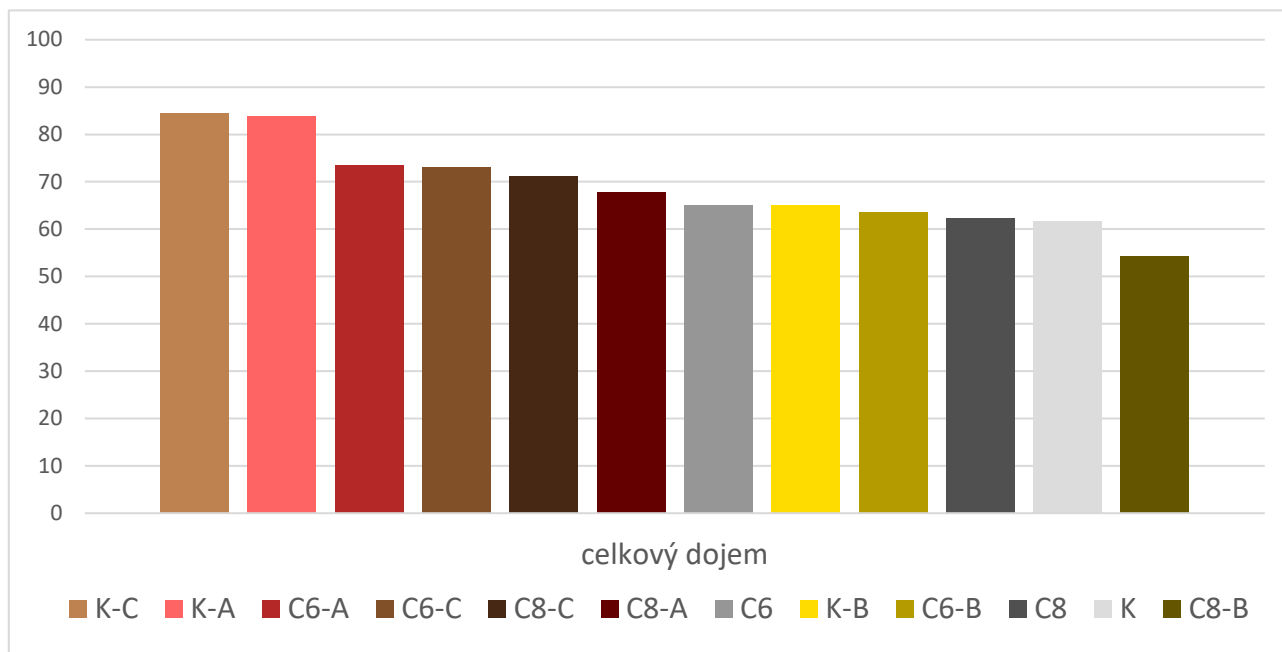
Obrázek 3c: Srovnání průměrných hodnocení deskriptorů (vůně; chuť; svíravost)

Legenda k brázku 3c: K = kontrola bez cvrččího prášku a koření; C6 = kontrola s 6 % cvrččího prášku, bez koření; C8 = kontrola s 8 % cvrččího prášku, bez koření; K-A = kontrolní vzorek s kořenící směsí A; K-B = kontrolní vzorek s kořenící směsí B; K-C = kontrolní vzorek s kořenící směsí C; C6-A = 6 % cvrččího prášku s kořenící směsí A; C6-B = 6 % cvrččího prášku s kořenící směsí B; C6-C = 6 % cvrččího prášku s kořenící směsí C; C8-A = 8 % cvrččího prášku s kořenící směsí A; C8-B = 8 % cvrččího prášku s kořenící směsí B; C8-C = 8 % cvrččího prášku s kořenící směsí C; sloupce označeny rozdílným indexem se od sebe statisticky významně liší ($p < 0,05$).

Dle vyhodnocení celkového dojmu všech 12 vzorků výrobku (obr. 4) byly nejlépe hodnoceny vzorky K-C a K-A a nejhůře K a C8-B. Obecně ale podle hodnocení celkového dojmu lze konstatovat, že jako vhodné pro zlepšení sensorického dojmu se ukázaly kořenící směsi A a C. Ty získaly vyšší hodnocení ve vzorcích s 6 a 8 % cvrččího prášku nejen oproti kontrolním vzorkům se stejným obsahem cvrččího prášku, ale i oproti kontrolnímu vzorku bez cvrččího prášku a kořenící směsi.

Hodnocení kořenících směsí ukázalo, že chuť cvrččího prášku lze vhodně zjemnit či překrýt volbou správného koření. Pikantní směs (A) obsahující chilli, mletou papriku, pepř a sušenou cibuli výrazně potlačila typickou chuť hmyzu. Jemná směs (C) s houbovým práškem, medvědí česnekem, pepřem a fenyklem přispěla k harmonizaci chutí a výsledný výrobek byl hodnocen jako chuťově vyvážený. Naopak směs s kurkumou, zázvorem, kardamomem a fenyklem (B) byla označena jako příliš aromatická a získala nejnižší hodnocení,

zejména kvůli nepřírodní žluté barvě. Z hlediska písčitosti vzorků s cvrčím práškem dosáhl nejlepšího hodnocení vzorek s 6 % cvrčícího prášku a kořenící směsí A, což naznačuje, že tato směs je z testovaných směsí nejvhodnější pro potlačení nebo sladění specifické chuti cvrčícího prášku.



Obrázek 4: Srovnání deskriptoru celkový dojem seřazených od nejvyššího průměrného hodnocení po nejnižší

Legenda k obrázku 4: K = kontrola bez cvrčícího prášku a koření; C6 = kontrola s 6 % cvrčícího prášku, bez koření; C8 = kontrola s 8 % cvrčícího prášku, bez koření; K-A = kontrolní vzorek s kořenící směsí A; K-B = kontrolní vzorek s kořenící směsí B; K-C = kontrolní vzorek s kořenící směsí C; C6-A = 6 % cvrčícího prášku s kořenící směsí A; C6-B = 6 % cvrčícího prášku s kořenící směsí B; C6-C = 6 % cvrčícího prášku s kořenící směsí C; C8-A = 8 % cvrčícího prášku s kořenící směsí A; C8-B = 8 % cvrčícího prášku s kořenící směsí B; C8-C = 8 % cvrčícího prášku s kořenící směsí C; sloupce označeny rozdílným indexem se od sebe statisticky významně liší ($p < 0,05$).

ZÁVĚR

Jedlý hmyz, přestože je v evropském prostředí stále vnímán s určitým odstupem, představuje perspektivní surovinu s nutričním i environmentálním přínosem. Výsledky ukázaly, že se jako nejvhodnější ukázala kombinace cvrčícího prášku s pikantní směsí, která zamaskuje specifickou chuť přídatku cvrčícího prášku, ale také směs s houbovým kořením, medvědí česnekem a fenyklem, která naopak napomůže propojit chutě. Práce tak ukazuje, že jedlý hmyz může být pro spotřebitele přijatelnější, je-li správně zakomponován do známých potravin a pokud je správně tepelně upraven. Pro dosažení lepší sensorické přijatelnosti by bylo vhodné testovat další kombinace a poměry koření, případně i jiné způsoby tepelného opracování, jako je například uzení, které by mohlo zvýraznit oříškové tóny cvrčícího prášku a přispět k lepší harmonii chutí.

PODĚKOVÁNÍ

Tento výzkum byl realizován s podporou projektu AF-IGA2023-IP-047 „Vliv přídatku hmyzích surovin na technologické vlastnosti a kvalitu masných výrobků“ (IGA AF MENDELU).

LITERATURA

Borkovcová, M., Bednářová, M., Fišer, V., Ocknecht, P. (2009): *Kuchyně hmyzem zpestřená*. Lynx. ISBN 978-8086-787-37-4.

EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA) (2024): Safety of frozen, dried and powder forms of house crickets (*Acheta domesticus*) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 22(12), e9101. Dostupné z: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.9101>

Huis, A. van, Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P. (2013): *Edible insects: Future prospects for food and feed security*. FAO. ISBN 978-92-5-107595-1.

Kim, H.-W., Setyabrata, D., Lee, Y., Jones, O. G., Kim, Y. H. B. (2017): Effect of House Cricket (*Acheta domesticus*) Flour Addition on Physicochemical and Textural Properties of Meat Emulsion Under Various Formulations. *Journal of Food Science*, 82(12), 2787–2793. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13960>

Mishyna, M., Chen, J., Benjamin, O. (2020): Sensory attributes of edible insects and insect-based foods – Future outlooks for enhancing consumer appeal. *Trends in Food Science and Technology*, 95, 141–148. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.016>

Pavelková, A., Haščík, P., Čech, M. (2022): *The effect of the addition of cricket flour as an added value on the quality of sausages*. Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovakia. Dostupné z: <https://doi.org/10.15414/2022.9788055225661>

Ribeiro, J. C., Pintado, M. E., Cunha, L. M. (2024): Consumption of edible insects and insect-based foods: A systematic review of sensory properties and evoked emotional response. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(1), e13247. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13247>

Rocchetti, G., Leni, G., Rebecchi, A., Dordoni, R., Giuberti, G., Lucini, L. (2024): The distinctive effect of different insect powders as meat extenders in beef burgers subjected to cooking and *in vitro* gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 442, 138422. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138422>

Schouteten, J. J., De Steur, H., De Pelsmaeker, S., Lagast, S., Juvinal, J. G., De Bourdeaudhuij, I., Verbeke, W., Gellynck, X. (2016): Emotional and sensory profiling of insect-, plant- and meat-based burgers under blind, expected and informed conditions. *Food Quality and Preference*, 52, 27–31. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.03.011>

Kontaktní adresa: Ing. Adam Kovál, Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: adam.koval@mendelu.cz

VYUŽITÍ DISKRIMINAČNÍ ANALÝZY PRO POSOUZENÍ ROZDÍLŮ PRSNÍ SVALOVINY KUŘAT KRMENÝCH ODLIŠNÝMI KRMIVY PŘI DODRŽENÍ STEJNÉHO OBSAHU ŽIVIN

USE OF DISCRIMINANT ANALYSIS TO ASSESS DIFFERENCES IN BREAST MUSCLE OF CHICKENS FED WITH DIFFERENT FEEDS WHILE MAINTAINING THE SAME NUTRIENT CONTENT

Michaela Králová¹ – Eliška Dračková² – Filip Dytrt²

William Owusu-Afriyie² – Martina Lichovnicková² – Vladimír Zmrhal²

¹ Ústav hygieny a technologie potravin živočišného původu a gastronomie, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Česká republika

² Ústav chovu a šlechtění zvířat, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0204>



ABSTRAKT

Cílem práce bylo využití diskriminační analýzy pro posouzení rozdílů ve spektrech prsní svaloviny kuřat krmených odlišnými krmivy (kontrola, 10 % a 20 % řepkový šrot, 10 % a 20 % čirok) při dodržení stejného obsahu živin, kdy byla hodnocena dvě kritéria (pohlaví, krmivo). Spektra kuřecí prsní svaloviny ($n = 60$) byla měřena metodou blízké infračervené spektrometrie s Fourierovou transformací na integrační sféře v režimu reflektance s použitím kompresní kyvety ve spektrálním rozsahu $10\,000\text{--}4\,000\text{ cm}^{-1}$. Pro oba kalibrační modely bylo nalezeno 37 *Principal Component*. Při hodnocení kritéria pohlaví nebylo 15 vzorků zařazeno do správné třídy, ale třídy vedlejší. U kritéria vliv krmiva nebylo správně zařazeno vzorků 9. Výsledky Mahalanobisovy vzdálenosti naznačují, že roste mezi třídami, ale není dostatečně velká na to, aby došlo mezi třídami k nalezení variability. Zjištěné výsledky ukazují, že ve spektrech *Musculus pectoralis* nejsou patrné rozdíly mezi kohoutky a slepičkami. Tyto rozdíly nebyly zjištěny ani mezi kuřaty, která byla krmena odlišným krmivem.

Klíčová slova: FT-NIR spektrometrie, diskriminační metoda, Mahalanobisova vzdálenost, kuřecí svalovina, krmivo

ABSTRACT

The aim of the work was to use discriminant analysis to assess differences in the breast muscle spectra of chickens fed different feeds (control, 10% and 20% rapeseed meal, 10% and 20% sorghum) while maintaining the same nutrient content, where two criteria (sex, feed) were evaluated. The spectra of chicken breast muscle ($n = 60$) were measured by the method of near-infrared spectroscopy with Fourier transform on the integrating sphere in the reflectance mode using a compression cuvette in the spectral range of $10,000\text{--}4,000\text{ cm}^{-1}$. 37 Principal Components were found for both calibration models. When evaluating the sex criterion, 15 samples were not assigned to the correct class, but to the secondary class. For the feed effect criterion, 9 samples were not assigned correctly. The results of the Mahalanobis distance indicate that it increases between classes, but is not large enough, to find variability between classes. The results show that there are no noticeable differences in the *Musculus pectoralis* spectra between roosters and hens. These differences were not found even among chickens fed different diets.

Keywords: FT-NIR spectroscopy, discriminant analysis, Mahalanobis distance, chicken meat, feed

ÚVOD

Produkce drůbežího masa je nejrychleji rostoucím odvětvím živočišné výroby a v současné době je kuřecí maso, které se na produkci drůbežího masa podílí až 88 %, nejvíce spotřebovávaným i produkováným druhem masa. Podle zdrojů FAO dosáhla produkce drůbežího masa v roce 2024 hodnoty 146 milionů tun a výhled do roku 2050 předpokládá zvýšení až na více než 180 milionů tun (Tůmová a Chodová, 2025).

Vzhledem k tomu, že zdravotní nezávadnost masa je nepostradatelným požadavkem spotřebitelů, musí výzkumní pracovníci vyvíjet a zavádět nové metody pro hodnocení kvality masa ve snaze zaručit bezpečnost a kvalitu masných výrobků. Blízká infračervená reflektanční spektrometrie (NIRS) je rychlá, nedestruktivní a bezpečná technika, která je využitelná pro simultánní analýzu složek organických látek, představuje tak výborný nástroj použitelný při produkci drůbežího masa (Berzaghi et al., 2005). Rostoucí počet aplikací a různé výzkumy prokázaly výhody konvenční NIR spektrometrie jako nástroje pro hodnocení a monitorování složení a bezpečnosti potravin (Cozzolino, 2025).

Cílem práce bylo využití diskriminační analýzy pro posouzení rozdílů ve spektrech prsní svaloviny (*Musculus pectoralis*) kuřat krmných odlišnými krmivy při dodržení stejného obsahu živin. Naměřené výsledky byly posouzeny dle kritérií pohlaví (kohoutci, slepičky) a odlišných krmiv při dodržení stejného obsahu živin.

MATERIÁL A METODIKA

Vzorky

Jednodenní brojlerová kuřata Ross 308 obou pohlaví byla náhodně rozdělena do pěti krmných skupin, z nichž každá obsahovala 700 kusů. Kontrolní skupina dostávala krmnou směs s 0 % extrahovaného řepkového šrotu a čiroku, 2. a 3. experimentální skupina byly krmeny dietou obsahující 10 a 20 % extrahovaného řepkového šrotu a 4. a 5. skupina byly krmeny dietou obsahující 10 a 20 % čiroku. Kuřata byla chována za standardních mikroklimatických podmínek s volným přístupem ke krmivu a vodě. Na konci tohoto experimentu (35. den) byly z každé skupiny náhodně vybrány kusy (31 samců a 29 samic) k porážce. Celkem bylo odebráno 60 prsních svalů (*Pectoralis major*) viz tab. 1, které byly chlazeny při 4 °C po dobu 24 hodin a použity pro FT-NIR analýzu.

Tabulka 1: Analyzované vzorky

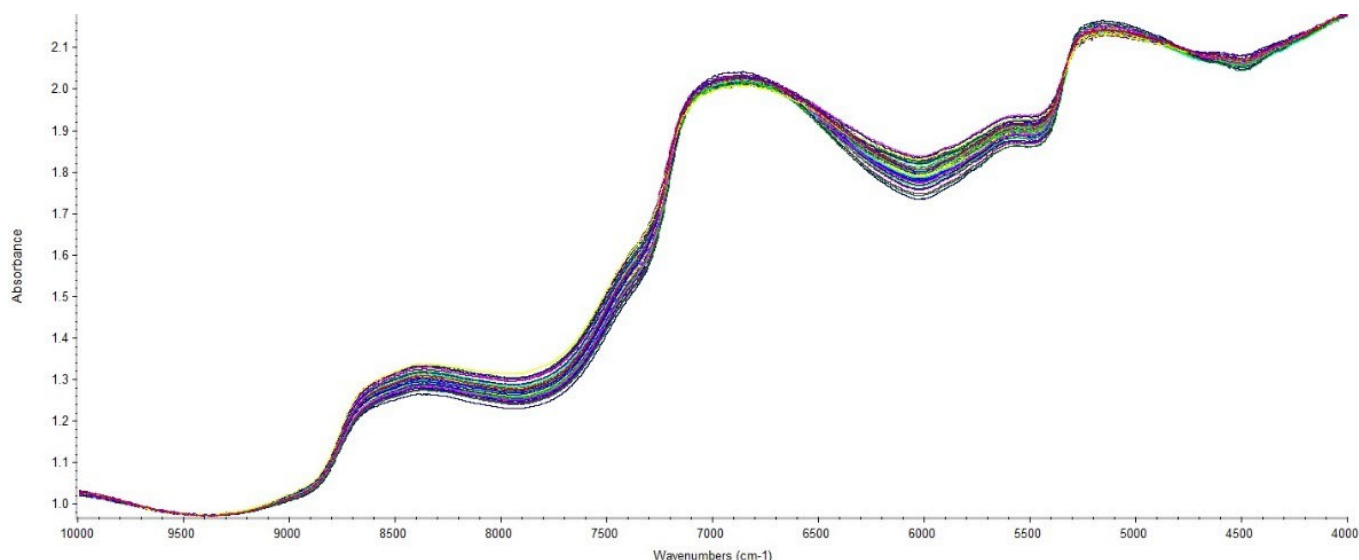
	Kontrola	Skupiny			
		Extrahovaný řepkový šrot		Čirok	
		10 %	20 %	10 %	20 %
Kohoutci	6	6	6	6	7
Slepičky	6	6	6	6	5

FT-NIR spektrometrie

Vzorky byly homogenizovány pomletím a následně proměřeny na spektrometru Nicolet Antaris Near-IR Analyzer pomocí programu Result Integration Version 1.3 (Thermo Electron Corporation, Madison, USA). Každý vzorek byl měřen ve třech paralelních stanoveních, kdy pro tvorbu kalibračního modelu bylo použito průměrné spektrum. Spektra (obr. 1) byla měřena na integrační sféře v režimu reflektance s použitím kompresní kyvety a spinneru za podmínek: spektrální rozsah 10 000–4 000 cm⁻¹, spektrální rozlišení 8 cm⁻¹ a 100 scanů. Naměřená spektra byla dále zpracována metodou diskriminační analýzy v programu TQ Analyst verze 6.2.1.509 (Thermo Electron Corporation, Madison, USA).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Vzorky prsní kuřecí svaloviny byly hodnoceny kvalitativní metodou diskriminační analýzy (rozlišovací analýzy). Tato spektrální klasifikační technika určuje třídu (nebo třídy), které jsou nejpodobnější neznámému materiálu. V kalibračním modelu je specifikováno více tříd, přičemž každá třída je popsána libovolným počtem standardů (nejméně však dvěma) (Nicolet CZ, 2022). Byly posuzovány dvě kritéria vliv pohlaví (kohoutci a slepičky) a vliv krmení odlišnými krmivy při dodržení stejného poměru živin (kontrola, 10 % a 20 % extrahovaný řepkový šrot, 10 % a 20 % širok).



Obrázek 1: Spektra kuřecích prsních svalů (*Pectoralis major*)

Na spektrometru FT-NIR bylo proměřeno 60 vzorků svalů *Pectoralis major*. Vzhledem k tomu, že jedno ze spekter bylo příliš odlehle, bylo z obou kalibračních modelů vyřazeno. Při definici kalibračního modelu je možno použít spektrální informace celého spektra, nebo jeho částí (Krátová et al., 2023). Kalibrační modely byly vytvořeny v rozsahu regionu 9 881,46–4 119,21 cm^{-1} bez matematické úpravy spekter. Při hodnocení kritéria pohlaví nebylo 15 vzorků zařazeno do správné třídy, ale třídy vedlejší. U kritéria vliv krmiva nebylo správně zařazeno vzorků 9. Součástí zjištěných výsledků je i tzv. Mahalanobisova vzdálenost (metrika), tj. vzdálenost hodnoceného spektra od těžiště každé třídy (Nicolet CZ, 2022). Klasická Mahalanobisova vzdálenost představuje známý nástroj v multivariační analýze s mnoha způsoby použití (Berrendero, Bueno-Larraz a Cuevas, 2020). V tabulce 2 jsou uvedeny průměrné hodnoty Mahalanobisovy vzdálenosti od aktuální třídy ve vztahu k pohlaví, v tabulce 3 jsou výsledky vztaženy z pohledu krmení odlišnými krmivy. Z výsledků vyplývá, že Mahalanobisova vzdálenost roste mezi třídami, ale není dostatečně velká na to, aby došlo mezi třídami k nalezení variability.

Tabulka 2: Mahalanobisova vzdálenost (průměrné hodnoty) od aktuální třídy ve vztahu k pohlaví

Aktuální třída	Vzdálenost k pohlaví	
	Kohoutci (n = 30)	Slepičky (n = 29)
Kohoutci	0,97	0,99
Slepičky	1,00	0,98

Legenda: n – počty vzorků použitých do kalibrace po odstranění odlehlých standardů. Červeně jsou v tabulce vyznačeny hodnoty průměrné vzdálenosti od středu shluku ke každému vzorku v aktuální třídě

Tabulka 3: Mahalanobisova vzdálenost (průměrné hodnoty) od aktuální třídy ve vztahu ke krmivu

Aktuální třída	Vzdálenost ke krmivu				
	Kontrola (n = 12)	10 % řepka (n = 12)	20 % řepka (n = 12)	10 % širok (n = 11)	20 % širok (n = 20)
Kontrola	0,85	0,93	0,98	1,43	1,42
10 % řepka	0,91	0,83	0,87	1,27	1,23
20 % řepka	1,03	0,94	0,91	1,25	1,23
10 % širok	1,58	1,46	1,39	1,09	1,19
20 % širok	1,57	1,41	1,37	1,18	1,08

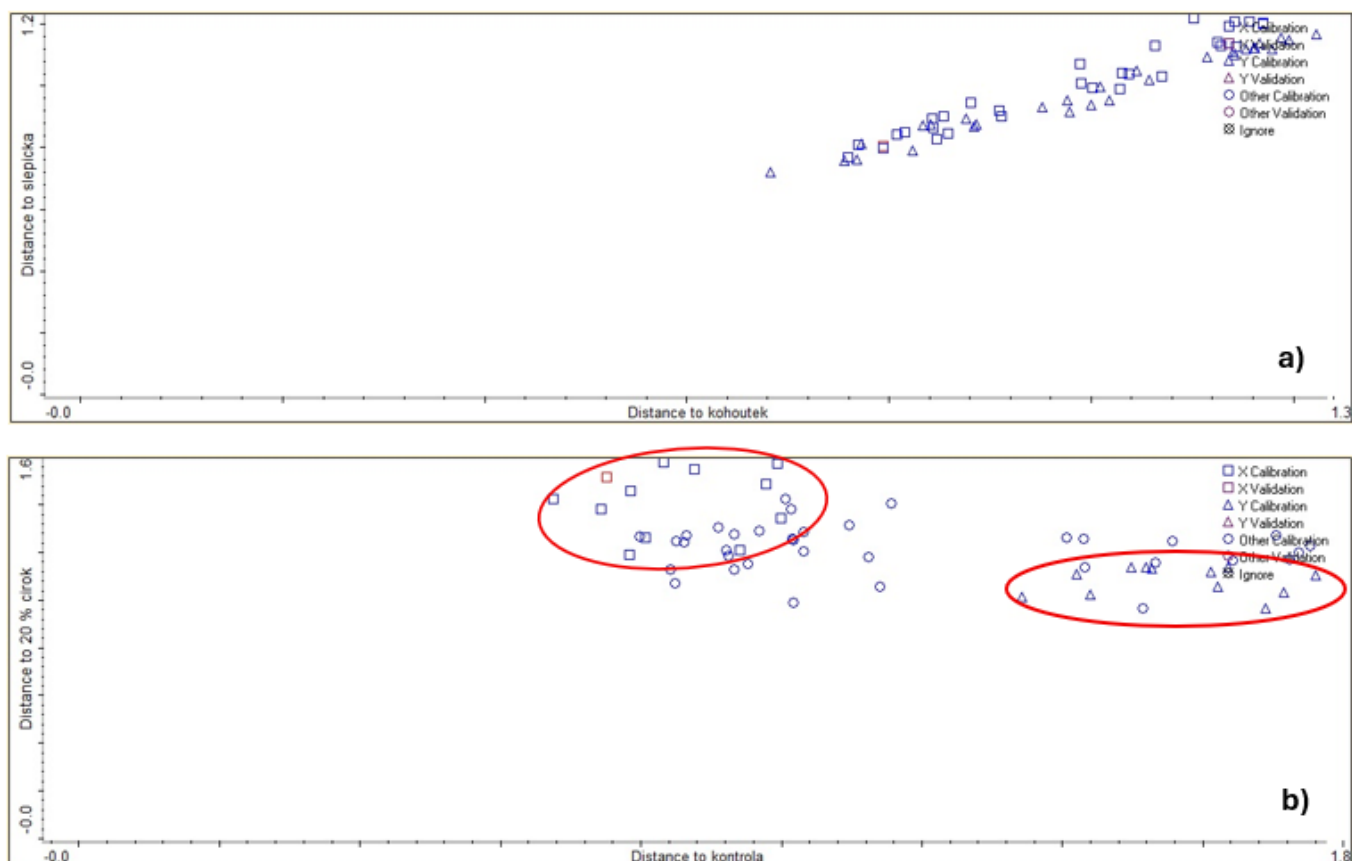
Legenda: n – počty vzorků použitých do kalibrace po odstranění odlehlých standardů. Červeně jsou v tabulce vyznačeny hodnoty průměrné vzdálenosti od středu shluku ke každému vzorku v aktuální třídě

Veškeré spektrální informace jsou při vytváření kalibračních modelů kombinovány do souboru menšího počtu nových proměnných, nazývaných hlavní komponenty (*Principal Component*, PC), které uchovávají původní informace (Králová et al., 2014; Greenacre et al., 2022). Pro oba kalibrační modely bylo použito 37 PC.

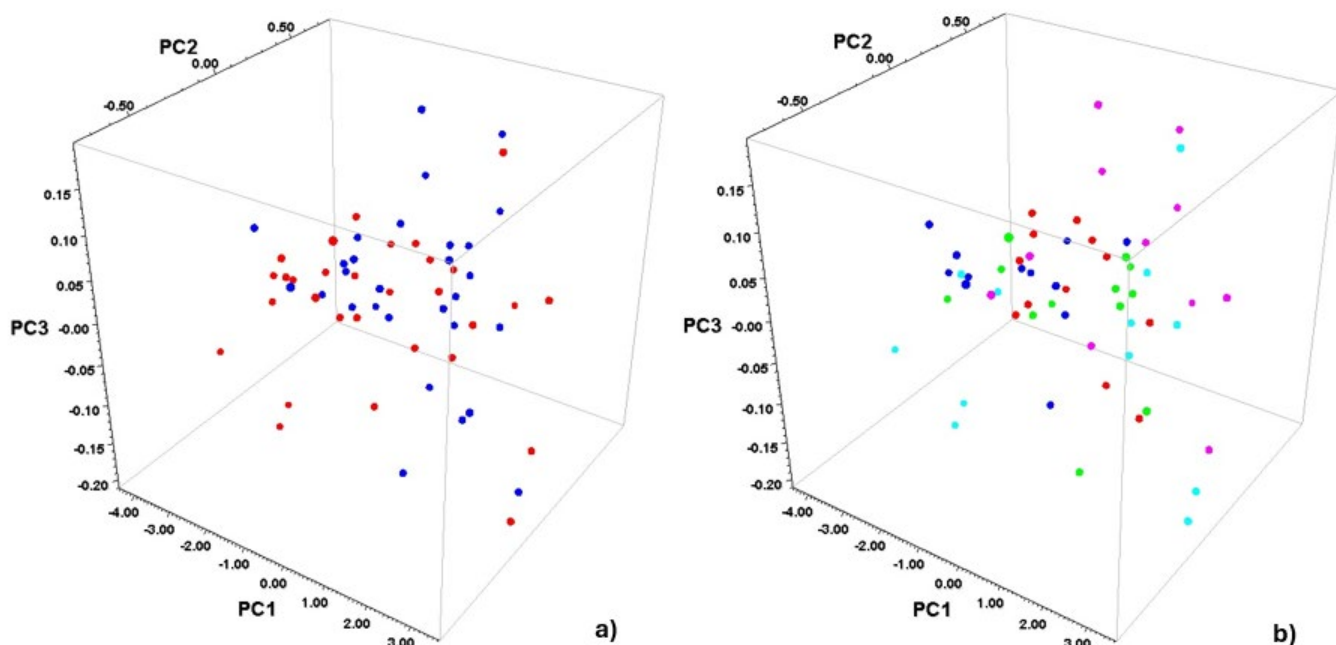
Na obrázku 2a je grafické znázornění kalibračního modelu, který znázorňuje kritérium pohlaví. Je patrné, že spektra vzorků kohoutků i slepiček se vzájemně překrývají. Na obrázku 2b je ukázka porovnání spekter prsní svaloviny kuřat, která byla krmena kontrolním krmivem a krmivem obsahujícím 20 % široku. Jsou zde vyznačeny obě porovnávané třídy, ale i přesto není možné dané třídy odlišit z důvodu nepřítomnosti diskriminačního kříže. Na stejné závěry ukazují i 3D znázornění (obr. 3a a 3b).

Diskriminační analýzu metody parciálních nejmenších čtverců NIR spekter *M. pectoralis superficialis* použili Berzaghi et al. (2005). Tato metoda úspěšně (100 %) rozlišila mezi kontrolními vzorky masa a masem slepic krmných doplňky polynenasycených mastných kyselin, zatímco rozlišení mezi různými zdroji polynenasycených mastných kyselin v potravě bylo obtížnější, kdy 8 vzorků ze 72 bylo chybně zařazeno. Podobných výsledků bylo dosaženo i v této práci.

Soumeh, Hoffman a Cozzolino (2025) použili přenosný NIR spektrometr pro klasifikaci vzorků (prsá, palička nebo noha, stehno) u kuřat krmných dietou obsahující různé krmné složky. K vyhodnocení schopnosti NIR spekter klasifikovat vzorky podle typu svalu a/nebo složení potravy vybrali analýzu hlavních komponent (PCA), lineární diskriminační analýzu a diskriminační analýzu (DA) s metodou parciálních nejmenších čtverců (PLS). Při použití všech vzorků svalů autoři dosáhli míru správné klasifikace (LDA) 79 %, zatímco při měření intaktních vzorků prsního svalu byla dosažena míra správné klasifikace 95 %. Původ vzorků svalů, hodnocený podle potravy, však byl při využití kombinace PLS-DA a NIR spektrometrie špatně predikován. Studie Soumeh, Hoffman a Cozzolino (2025) prokázala potenciál NIR spektrometrie v kombinaci s PCA k rozpoznání tří intaktních svalů. Regresní modely PLS-DA však ukázaly, že NIR nebyl schopen klasifikovat svaly podle různých složek použitých ke krmení kuřat. Stejně tak v naší studii nebylo možné prokázat rozlišení spekter svaloviny kuřat krmných odlišným krmivem.



Obrázek 2: Diskriminační analýza – a) kohoutci (□) x slepičky (Δ); b) kontrola (□) x 20 % širok (Δ); symbolem kolečka jsou vždy označeny ostatní vzorky, které nejsou zrovna v grafu mezi sebou porovnávány



Obrázek 3: Diskriminační analýza, analýza hlavních komponent (PC) 3D zobrazení – a) kohoutci x slepičky; b) kontrola x 10 % řepka x 20 % řepka x 10 % širok x 20 % širok

ZÁVĚR

Diskriminační analýza patří mezi jednu z nejstarších technik vícerozměrné analýzy dat, kterou využívá i metoda blízké infračervené spektrometrie. Touto metodou byly posuzovány rozdíly v naměřených spektrech prsní svaloviny kuřat, která byla krmena krmnou směsí s vyváženým obsahem živin o různém složení. Vytvořené kalibrační modely byly hodnoceny podle kritérií pohlaví kuřat a odlišné krmivo (kontrola, 10 % a 20 % řepkový šrot, 10 % a 20 % čirok). Pro oba kalibrační modely bylo nalezeno 37 *Principal Component*. Při hodnocení kritéria pohlaví nebylo 15 vzorků zařazeno do správné třídy, ale třídy vedlejší. U kritéria vliv krmiva nebylo správně zařazeno vzorků 9. Výsledky Mahalanobisovy vzdálenosti naznačily, že roste mezi třídami, ale není dostatečně velká na to, aby došlo mezi třídami k nalezení variability. Zjištěné výsledky ukazují, že ve spektrech *Musculus pectoralis* nejsou patrné rozdíly mezi kohoutky a slepičkami. Tyto rozdíly nebyly zjištěny ani mezi kuřaty, která byla krmena odlišným krmivem. Z naměřených výsledků vyplývá, že pokud je zajištěn vyvážený poměr živin nejsou rozdíly mezi spektry pozorovány.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji kolegům z *Ústavu chovu a šlechtění zvířat* Agronomické fakulty Mendelovy univerzity v Brně za spolupráci a možnost odběru vzorků.

LITERATURA

- Berrendero, J. R., Bueno-Larraz, B., Cuevas, A. (2020): On Mahalanobis distance in functional settings. *Journal of Machine Learning Research*, 21, 1–33. Dostupné z: <https://jmlr.csail.mit.edu/papers/volume21/18-156/18-156.pdf>
- Berzaghi, P., Dalle Zotte, A., Jansson, L. M., Andrighetto, I. (2005): Near-infrared reflectance spectroscopy as a method to predict chemical composition of breast meat and discriminate between different n-3 feeding sources. *Poultry Sciences*, 84, 128–136. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/ps/84.1.128>
- Cozzolino, D. (2025): Conventional near-infrared spectroscopy and hyperspectral imaging: Similarities, differences, advantages, and limitations. *Molecules*, 30, 2479. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules30122479>
- Greenacre, M., Groenen, P. J. F., Hastie, T., d'Enza, A. I., Markos, A., Tuzhilina, E. (2022): Principal component analysis. *Nature Reviews Methods Primers*, 2(1), 100. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s43586-022-00184-w>
- Králová, M., Bartáková, K., Ježek, F., Zouharová, A., Kameník, J. (2023): Využití blízké infračervené spektrometrie pro studium průběhu zrání salámů Poličan. *Maso*. 34(3), 11–15.
- Králová, M., Procházková, Z., Svobodová, V., Mařicová, E., Janštová, B., Vorlová, L. (2014): Discriminant analysis of Olomouc curd cheese by Fourier transform near infrared spectroscopy. *Czech Journal of Food Science*, 32(1): 31–36.
- Nicolet CZ. (2022): TQ Analyst. Uživatelská příručka. Praha: Nicolet CZ. Thermo Scientific Molecular Spectroscopy, 131 s.
- Soumeh, E. A., Hoffman, L.C., Cozzolino, D. (2025): Effect of the dietary ingredient composition and type of muscle on the classification of intact chicken muscles evaluated by near infrared spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 33(1-2), 20–25. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/09670335251329542>

Tůmová, E., Chodová, D. (2025): Vliv výživy a techniky krmení na kvalitu masa kuřat kombinovaného typu. Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby. v.v.i, 31 s. ISBN 978-80-7403-338-4. Dostupné z: https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2025/10/Studie-VVVZ-2025-Tumova_Chodova_Vliv-vyzivy-a-techniky-krmeni.pdf

Kontaktní adresa: Ing. Eliška Dračková, Ph.D., Ústav chovu a šlechtění zvířat, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: drackova@mendelu.cz

RYCHLÁ KONTROLA KVALITY DRUHŮ JEDLÉHO HMYZU: MULTI-SPECIES FT-NIR KALIBRACE V ROZSAHU 13200–8700 CM⁻¹ PRO PREDIKCI OBSAHU NUTRIENTŮ

RAPID QUALITY CONTROL OF EDIBLE INSECTS: MULTI-SPECIES FT-NIR CALIBRATION IN THE 13200–8700 CM⁻¹ REGION FOR NUTRIENT PREDICTION

Matyáš Krτίčka¹

¹ Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů,
Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00 Praha – Suchbát, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0211>



ABSTRAKT

Cílem této práce bylo vyvinout a ověřit multi-species FT-NIR kalibrační model pro simultánní predikci obsahu sušiny, hrubé bílkoviny, tuku a popelovin u vybraných druhů jedlého hmyzu (*Acheta domesticus*, *Tenebrio molitor* a *Alphitobius diaperinus*) v omezeném spektrálním rozsahu 13200–8700 cm⁻¹, typickém pro přenosné NIR spektrometry. Vzorby hmyzu byly lyofilizovány, homogenizovány a analyzovány Fourierovou transformační NIR spektroskopií v transmisním módu. Referenční hodnoty jednotlivých nutrientů byly stanoveny standardními laboratorními metodami. Kalibrační modely byly vytvořeny metodou parciálních nejmenších čtverců (PLS) s využitím vhodných preprocessing postupů a jejich kvalita byla hodnocena pomocí křížové validace. Nejlepších výsledků bylo dosaženo u kalibrace sušiny (R²CV = 0,93, RPD = 3,2), která vykazovala vynikající predikční schopnost. Kalibrace pro stanovení obsahu proteinu dosáhla dobré kvality (R²CV = 0,89, RPD = 2,8), zatímco modely pro tuky (R²CV = 0,86, RPD = 2,2) a popeloviny (R²CV = 0,75, RPD = 2,11) vykazovaly nižší predikční přesnost. Výsledky potvrzují, že multi-species FT-NIR kalibrace v omezeném spektrálním rozsahu představuje perspektivní nástroj pro rychlou a nedestruktivní kontrolu nutričního složení jedlého hmyzu.

Klíčová slova: FT-NIR, jedlý hmyz, kalibrační model, preprocessing

ABSTRACT

The aim of this study was to develop and validate a multi-species FT-NIR calibration model for the simultaneous prediction of dry matter, crude protein, fat, and ash content in selected edible insect species (*Acheta domesticus*, *Tenebrio molitor*, and *Alphitobius diaperinus*) using a limited spectral range of 13200–8700 cm⁻¹, characteristic of portable NIR spectrometers. Insect samples were freeze-dried, homogenized, and analyzed by Fourier transform near-infrared spectroscopy in transmission mode. Reference values of individual nutrients were determined using standard laboratory methods. Calibration models were developed using partial least squares (PLS) regression with appropriate spectral preprocessing, and their performance was evaluated by cross-validation. The best results were obtained for dry matter calibration (R²CV = 0.93, RPD = 3.2), demonstrating excellent predictive performance. The protein calibration achieved good accuracy (R²CV = 0.89, RPD = 2.8), while the models for fat (R²CV = 0.86, RPD = 2.2) and ash (R²CV = 0.75, RPD = 2.11) showed lower predictive ability. The results confirm that multi-species FT-NIR calibration within a limited spectral range represents a promising tool for rapid and non-destructive assessment of the nutritional composition of edible insects.

Keywords: FT-NIR, edible insect, calibration model, preprocessing

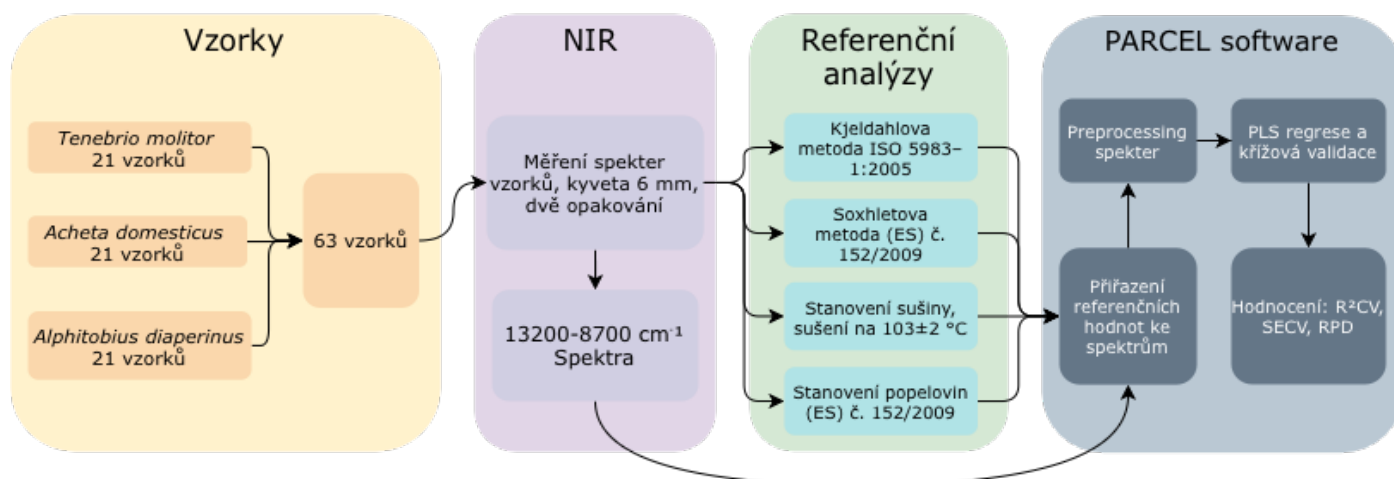
ÚVOD

Spektroskopie blízké červené oblasti (NIR) je nedestruktivní analytická metoda umožňující rychlou a relativně levnou predikci chemického složení materiálů na základě interakce elektromagnetického záření se vzorkem. Tato technologie se v posledních letech uplatňuje zejména v kvalitativní kontrole a analýze nutričního složení potravinářských produktů. Jedlý hmyz představuje udržitelný a environmentálně šetrný zdroj proteinu a esenciálních živin (Johnson, 2020). Na rozdíl od tradičního zemědělství vyžaduje hmyzí chov méně půdy, vody a energetických zdrojů, přičemž jeho produkce generuje nižší emise skleníkových plynů. Se zvyšujícím se zájmem o hmyzí proteiny roste poptávka po standardizovaných a efektivních metodách pro kontrolu kvality a určování obsahu živin v jedlém hmyzu. Současné aplikace NIR spektroskopie zaměřené na analýzu hmyzu se soustředí převážně na jednotlivé druhy nebo specifické parametry. Vývoj a údržba samostatných kalibrací pro každý druh je finančně i časově náročnější (Chadalavada et al., 2022). Multi-species kalibrační modely, které umožňují simultánní analýzu více druhů v jednom systému, představují zajímavé řešení. Navíc řada moderních a přenosných NIR přístrojů operuje v omezeném spektrálním rozsahu, což představuje technickou výzvu pro vývoj robustních predikčních modelů (de Lamo Castellvi et al., 2025). Cílem této práce bylo vyvinout spolehlivý, robustní FT-NIR kalibrační model pro simultánní predikci obsahu proteinu, tuku, popelovin a sušiny pro tři vybrané druhy jedlého hmyzu (*Acheta domesticus*, *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*) s využitím omezeného spektrálního rozsahu 13200–8700 cm^{-1} , typického pro nové generace přenosných spektrometrů. Tento přístup by měl poskytnout praktickou metodu pro efektivnější kvalitativní kontrolu ve výrobě a distribuci hmyzích produktů (Benes et al., 2022).

MATERIÁL A METODIKA

Příprava vzorků

Byly zkoumány tři druhy hmyzu: *Acheta domesticus* (AD), *Tenebrio molitor* (TM) a *Alphitobius diaperinus* (AID). Vzorky pocházely z chovných zařízení České zemědělské univerzity v Praze (ČZU) nebo byly získány od společnosti PAPEK s.r.o., která je zajišťovala od různých chovatelů. Hmyz byl chován v plastových nádobách za různých podmínek prostředí. Krmení se lišilo podle druhu a chovatele. Druh AD a AID byly krmeny obilovinou, pšeničnými klíčky nebo otrubami, doplněnými jablkem, mrkví nebo bramborem. Druh TM dostával upravené drůbežní krmivo se pšeničnými otrubami v poměru 1:4. Před usmrcením byl všechen hmyz 24 hodin bez potravy. Usmrcení probíhalo dvěma metodami. První metoda spočívala ve zmrazení při $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Druhá metoda zahrnovala vaření ve vodě v poměru vzorek ku vodě 1:10 po dobu 5 minut. Vzorky byly následně skladovány v mrazáku při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vzorky hmyzu podstoupily lyofilizaci, počínaje zmrazením při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu jedné hodiny, následované lyofilizací pod nízkým tlakem (L10-55 PRO, GREGOR Instruments s.r.o., Česká republika). Lyofilizovaný hmyz byl homogenizován pomocí laboratorního mlýnku (IKA MultiDrive basic, Vekron, CZ) a uskladněn v mrazáku při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ do doby analýzy. Na obrázku 1 je znázorněn experimentální postup zahrnující přípravu vzorků, paralelní NIR měření a referenční analýzy, následovaný preprocesingem spekter, tvorbou PLS kalibrace a validací modelů.



Obrázek 1: Schéma experimentálního postupu FT-NIR kalibrace pro stanovení nutričních složek v jedlém hmyzu

Referenční metody

Obsah sušiny byl stanoven gravimetrickou metodou. Vzorky byly sušeny v elektrické sušárně (Memmert, Schwabach, Německo) při teplotě 103 ± 2 °C po dobu 3,5 hodin. Doba sušení byla stanovena na základě předběžné analýzy, která sledovala dosažení konstantní hmotnosti vzorku, přičemž byl zohledněn vliv oxidace lipidů a případného zvýšení hmotnosti. Obsah popelovin byl analyzován spalováním v muflové peci (Vekron, Praha, Česká republika) při 550 °C v souladu s Nařízením Evropské komise. Stanovení dusíku proběhlo pomocí Kjeldahlovy metody dle normy ISO 5983–1:2005 za použití analyzátoru Kjeltec 2400 (FOSS, Hillerød, Dánsko). Obsah tuku byl určen Soxhletovou extrakcí v souladu s Nařízením (ES) č. 152/2009, přičemž jako rozpouštědlo byl použit petrolether (max. 0,01 % aromatických uhlovodíků, 40–60 °C, VWR International S.A.S., Francie). Obsah hrubých bílkovin byl vypočten z naměřeného obsahu dusíku pomocí konverzního faktoru 6,25. Zároveň byly aplikovány také druhově specifické přepočítávací faktory vycházející z dostupné vědecké literatury pro výpočet skutečného proteinu. V případech, kdy literatura obsahovala více faktorů, byla pro výpočty použita jejich průměrná hodnota.

$$Protein = N\% \times 6,25$$

NIR spektroskopické měření vzorků

Pro vytvoření kalibračního modelu byly vzorky jedlého hmyzu analyzovány na Fourierově transformačním NIR analyzátoru Lumex InfraLUM FT-12 v transmisním módu ve spektrální oblasti 13200–8700 cm^{-1} . Před samotným měřením byla v programu Parcel nastavena metoda pro přístroj, přičemž kalibrační kanál byl nastaven na rozlišení 16 cm^{-1} s Besselovou apodizační funkcí, referenční kanál byl nastaven na rozlišení 32 cm^{-1} rovněž s Besselovou apodizací. Před samotnou kalibrací byl přístroj podroben System suitability testu (SST) s referenční kyvetou pro stanovení základní linie. Celkem bylo analýze vybráno 63 vzorků a to AD – 21, TM – 21 a AID – 21. Vzorky vytemperované na pokojovou teplotu byly vloženy do 6 mm skleněné kyvety a proměřeny vždy se ve dvou opakováních. Pro každé spektrum bylo měřeno vždy 12 skenů. K získaným NIR spektrům byly přiřazeny referenční hodnoty obsahu proteinu, tuku, popelovin a sušiny stanovené standardními analytickými metodami. Naměřená spektra byla exportována z přístroje a zpracována v programu Parcel pro tvorbu kalibračních modelů metodou Partial Least Squares (PLS).

Analýza dat

Spektra byla před vývojem kalibračních modelů podrobena preprocessing postupům specifickým pro každý analyzovaný parametr. Pro predikci obsahu proteinů byla aplikována korekce baseline následovaná

normalizací směrodatnou odchylkou a výpočtem první derivace. Kalibrace pro stanovení tuku zahrnovala multiplikativní korekci, normalizaci směrodatnou odchylkou, vážený průměr a první derivaci. U popeloviny byla provedena korekce baseline, škálování odchylek (deviations scale), normalizace směrodatnou odchylkou, vážený průměr a druhá derivace. Pro predikci sušiny byl použit postup zahrnující korekci baseline, normalizaci směrodatnou odchylkou, vážený průměr a první derivaci. Pro každý nutrient (protein, tuk, popeloviny, sušina) byl vytvořen kalibrační model na základě vztahu mezi FT-NIR spektry a referenčními hodnotami stanovenými standardními laboratorními metodami. Kvalita modelů byla ověřena metodou křížové validace (cross-validation), která poskytuje realistický odhad predikční schopnosti modelu na nezávislých datech.

Kvalita kalibračních modelů byla hodnocena pomocí tří statistických parametrů vypočítaných pro kalibrační soubor i křížovou validaci. Koeficient determinace (R^2) vyjadřuje míru lineární závislosti mezi referenčními a predikovanými hodnotami, kde n je počet vzorků, y_i je referenční hodnota vzorku i , $\hat{y}_i$ je predikovaná hodnota vzorku i a $\bar{y}$ je průměr referenčních hodnot. Hodnoty R^2 blížící se 1 indikují silnou korelaci mezi modelem a referenčními daty. Pro hodnocení byly rozlišovány R^2_{cal} (kalibrační soubor) a R^2_{CV} (křížová validace).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}$$

Střední kvadratická chyba (RMSE) kvantifikuje průměrnou odchylku predikovaných hodnot od referenčních hodnot vyjádřenou ve stejných jednotkách jako měřený parametr. Nižší hodnoty RMSE indikují vyšší přesnost predikce. Rozlišovaly se SEC (standard error of calibration) pro kalibrační soubor a SECV (standard error of cross-validation) pro křížovou validaci.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}}$$

Poměr predikční schopnosti vůči odchylce (RPD) je definován jako poměr směrodatné odchylky (SD) referenčních hodnot k SECV. RPD představuje primární kritérium pro hodnocení použitelnosti NIR kalibrace. Hodnoty RPD byly interpretovány podle standardních kritérií: RPD <1,5 indikuje nepoužitelnou kalibraci, 1,5–2,0 umožňuje hrubé třídění vzorků, 2,0–2,5 je vhodné pro kvantitativní predikce, 2,5–3,0 představuje dobrou kalibraci a RPD >3,0 vynikající kalibraci s vysokou predikční přesností.

$$RPD = \frac{SD}{RMSE}$$

SECV a R^2_{CV} představovaly primární kritéria pro hodnocení predikční schopnosti modelů, neboť poskytují realistický odhad chyby predikce na nezávislých datech. Poměr SECV/SEC byl použit jako indikátor možného overfittingu modelu, přičemž hodnoty >1,5 signalizují nadměrné přizpůsobení modelu trénovacím datům.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Vyvinuté kalibrační modely vykazovaly rozdílnou predikční schopnost v závislosti na analyzovaném nutrientu. Kalibrace pro stanovení obsahu proteinů dosáhla vysoké přesnosti s hodnotou $R^2_{CV} = 0,89$ a SECV = 0,8 %. Koeficient determinace kalibračního souboru $R^2_{cal} = 0,92$ byl mírně vyšší než R^2_{CV} , což indikuje dobrou generalizační schopnost modelu. Hodnota RPD = 2,8 klasifikuje tuto kalibraci jako

dobrou s dostatečnou přesností pro kvantitativní predikce obsahu proteinů v jedlém hmyzu. Poměr $SECV/SEC = 1,33$ potvrzuje, že model není nadměrně přizpůsoben trénovacím datům. Predikční chyba $SECV = 0,8 \%$ představuje přijatelnou úroveň nepřesnosti pro rutinní analýzu proteinů. Model pro predikci obsahu tuku vykazoval nižší predikční schopnost s $R^2CV = 0,86$ a $SECV = 1,0 \%$. Hodnota $RPD = 2,2$ klasifikuje tuto kalibraci jako vhodnou pro kvantitativní stanovení, avšak s nižší přesností ve srovnání s proteiny. Poměr $SECV/SEC = 1,43$ se blíží horní hranici doporučené hodnoty 1,5, což může indikovat počínající overfit modelu. Vyšší predikční chyba u tuků pravděpodobně odráží komplexnější spektrální odezvu lipidových složek a jejich vyšší variabilitu mezi jednotlivými druhy hmyzu. Kalibrace pro stanovení popelovin dosáhla nejnižší predikční schopnosti ze všech analyzovaných nutrientů s $R^2CV = 0,75$ a $SECV = 0,28 \%$. Přestože hodnota $RPD = 2,11$ stále umožňuje kvantitativní predikce, nižší koeficient determinace a vysoký poměr $SECV/SEC = 1,87$ signalizují overfit modelu. Nízká absolutní hodnota $SECV$ je způsobena nízkým obsahem a úzkou distribuční šířkou popelovin ve vzorcích, což se projevuje v nižší robustnosti kalibračního modelu. Tento model vyžaduje opatrnou interpretaci predikovaných hodnot a potenciálně další optimalizaci preprocessing postupů. Kalibrace pro predikci sušiny vykazovala nejlepší výsledky ze všech analyzovaných parametrů s $R^2CV = 0,93$, $SECV = 0,65 \%$ a $RPD = 3,2$. Hodnota RPD překračující 3,0 klasifikuje tento model jako vynikající kalibraci s vysokou predikční přesností. Poměr $SECV/SEC = 1,3$ je nejnižší ze všech modelů, což potvrzuje vynikající generalizační schopnost. Vysoká kvalita této kalibrace je pravděpodobně způsobena širokým distribučním rozsahem obsahu sušiny ve vzorcích a silným spektrálním signálem vody v blízké infračervené oblasti. Data jsou rovněž popsána v tabulce 1.

Porovnání poměrů $SECV/SEC$ napříč všemi modely (protein 1,33, tuk 1,43, popeloviny 1,87, sušina 1,3) ukazuje, že modely pro proteiny a sušinu vykazují nejlepší rovnováhu mezi kalibračním fitem a predikční schopností, zatímco model pro popeloviny trpí nadměrným přizpůsobením trénovacím datům. Vyvinuté multi-species FT-NIR kalibrace prokázaly použitelnost pro kvantitativní rychlou kontrolu nutrientů v jedlém hmyzu, přičemž modely pro sušinu a proteiny dosáhly vynikající až dobré kvality, model pro tuky přijatelné kvality a model pro popeloviny vyžaduje další optimalizaci.

Tabulka 1: Statistické parametry kalibračních modelů pro FT-NIR predikci obsahu nutrientů v jedlém hmyzu

Nutrient	R^2cal	R^2CV	SEC [%]	SECV [%]	RPD	SECV/SEC	SD [%]
Protein	0,92	0,89	0,6	0,8	2,8	1,33	2,24
Tuk	0,9	0,86	0,7	1	2,2	1,43	2,2
Popeloviny	0,82	0,75	0,15	0,28	2,11	1,87	0,59
Sušina	0,95	0,93	0,5	0,65	3,2	1,3	2,08

Legenda: R^2cal – koeficient determinace kalibračního souboru; R^2CV – koeficient determinace křížové validace; SEC – střední kvadratická chyba kalibrace; SECV – střední kvadratická chyba křížové validace; RPD – poměr predikční schopnosti vůči odchylce; SD – směrodatná odchylka referenčních hodnot

ZÁVĚR

V této práci byl úspěšně vyvinut multi-species FT-NIR kalibrační model pro rychlou predikci obsahu sušiny, hrubé bílkoviny, tuku a popelovin u tří druhů jedlého hmyzu. Použití omezeného spektrálního rozsahu $13200\text{--}8700\text{ cm}^{-1}$ umožnilo simulovat podmínky běžné pro moderní přenosné NIR spektrometry, aniž by došlo k zásadnímu snížení kvality kalibrací pro hlavní nutriční parametry. Nejvyšší predikční schopnosti bylo dosaženo u kalibrace sušiny, která vykazovala vynikající hodnoty koeficientu determinace a poměru RPD, což potvrzuje silný a stabilní spektrální signál vody v blízké infračervené oblasti. Kalibrace pro stanovení obsahu proteinů dosáhla dobré úrovně přesnosti a je vhodná pro kvantitativní použití v rutinní analýze. Model pro predikci tuků poskytoval přijatelné výsledky, avšak s nižší přesností, pravděpodobně v důsledku vyšší variability lipidového složení mezi jednotlivými druhy hmyzu. Nejnižší kvalitu vykazovala

kalibrace popelovin, u níž byla identifikována známka nadměrného přizpůsobení modelu, což omezuje její praktickou využitelnost bez další optimalizace.

Celkově lze konstatovat, že multi-species FT-NIR přístup představuje efektivní a perspektivní nástroj pro rychlou kontrolu kvality jedlého hmyzu, zejména pro stanovení sušiny a proteinů. Další zlepšení predikční schopnosti modelů, především u tuků a popelovin, lze očekávat rozšířením kalibračního souboru, optimalizací preprocessing postupů a zpřesněním referenčních dat.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji kolegům z Katedry mikrobiologie, výživy a dietetiky prof. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D. a Ing. Pavlovi Kouřimskému za ochotu a pomoc při práci. Tato práce vznikla za podpory projektu MŠMT METROFOOD-CZ, č. LM2023064.

LITERATURA

Benes, E., Biró, B., Fodor, M., Gere, A. (2022): Analysis of wheat flour-insect powder mixtures based on their near infrared spectra. *Food Chemistry: X*, 13, 100266.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100266>

De Lamo Castellvi, S., Méndez Sánchez, C., Matos, C., Wu, Y., Plans, M., Rodriguez-Saona, L. (2025): FT-NIR spectroscopy for protein and lipid analysis in insect powders and flour mixtures: A cross-instrument calibration approach. *Microchemical Journal*, 218, 115315. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2025.115315>

Chadalavada, K., Anbazhagan, K., Ndour, A., Choudhary, S., Palmer, W., Flynn, J. R., Mallayee, S., Pothu, S., Prasad, K. V. S. V., Varijakshapanikar, P., Jones, C. S., Kholová, J. (2022): NIR Instruments and Prediction Methods for Rapid Access to Grain Protein Content in Multiple Cereals. *Sensors*, 22(10), 3710. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/s22103710>

Johnson, J. B. (2020): An overview of near-infrared spectroscopy (NIRS) for the detection of insect pests in stored grains. *Journal of Stored Products Research*, 86, 101558. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101558>

Kontaktní adresa: Ing. Matyáš Krtička, Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00 Praha – Suchbátka, Česká republika, e-mail: krticka@af.czu.cz

SUPLEMENTACE POPULACE VITAMINEM D A JEHO TOXICITA

VITAMIN D SUPPLEMENTATION OF THE POPULATION AND ITS TOXICITY

Radek Kučera^{1,2} – Michal Jirásko^{1,2} – Hedvika Hatáková^{1,2}

¹ Ústav farmakologie a toxikologie, Univerzita Karlova,
Lékařská fakulta v Plzni, Alej Svobody 76, 323 00 Plzeň, Česká republika

² Oddělení imunochemické diagnostiky, Fakultní nemocnice Plzeň,
Edvarda Beneše 1128/13, 305 99 Plzeň, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0217>



ABSTRAKT

Suplementace vitaminem D představuje účinný způsob řešení jeho nedostatku. Úspěšnost suplementace lze sledovat měřením koncentrace zásobní formy 25(OH)D, z níž se dle potřeby tvoří aktivní kalcitriol. Při nadměrném přívodu vitaminu D je kalcidiol prostřednictvím 24-hydroxylázy metabolizován na neaktivní 24,25(OH)₂D, čímž je zabráněno rozvoji hyperkalcémie a hormonální dysbalance. Studie zahrnovala 65 dobrovolníků suplementovaných cholecalciferolem v dávkách 1 000–8 000 IU denně ve dvou sezónách. Hladiny 25(OH)D a 24,25(OH)₂D vykazovaly dávkově závislé změny, přičemž nebyla pozorována limitace aktivity 24-hydroxylázy ani při nejvyšší dávce. Byla zjištěna pozitivní korelace vitaminu D s vápníkem, slabší s fosforem a mírný inverzní vztah k hořčíku a parathormonu. Výsledky přinášejí nové poznatky o regulaci metabolismu vitaminu D a jeho vztazích k minerálům a parathormonu.

Klíčová slova: vitamin D, suplementace, toxicita

ABSTRACT

Vitamin D supplementation is an effective way to address its deficiency. The success of supplementation can be monitored by measuring the concentration of the storage form 25(OH)D, from which active calcitriol is formed as needed. In the case of excessive vitamin D intake, calcidiol is metabolized to inactive 24,25(OH)₂D by 24-hydroxylase, thus preventing the development of hypercalcemia and hormonal imbalance. The study included 65 volunteers supplemented with cholecalciferol in doses of 1,000–8,000 IU per day in two seasons. The levels of 25(OH)D and 24,25(OH)₂D showed dose-dependent changes, and no limitation of 24-hydroxylase activity was observed even at the highest dose. A positive correlation of vitamin D with calcium, a weaker one with phosphorus, and a slight inverse relationship with magnesium and parathyroid hormone were found. The results provide new insights into the regulation of vitamin D metabolism and its relationships to minerals and parathyroid hormone.

Keywords: vitamin D, supplementation, toxicity

ÚVOD

Suplementace vitaminem D je jedna ze sofistikovaných možností, jak doplnit hladinu vitaminu D. Úspěšnost suplementace je pak možné sledovat měřením hladin zásobní formy vitaminu D - 25(OH)D (kalcidiolu). V čas potřeby se pak z této zásobní formy tvoří aktivní forma vitaminu D – 1,25(OH)₂D – (kalcitriol). Při nadměrném přívodu vitaminu D do těla, 24-hydroxyláza přeměňuje kalcidiol na neaktivní formu 24,25(OH)₂D, brání tak vzniku hyperkalcémie, disbalanci dalších iontů a snížení hladiny parathormonu.

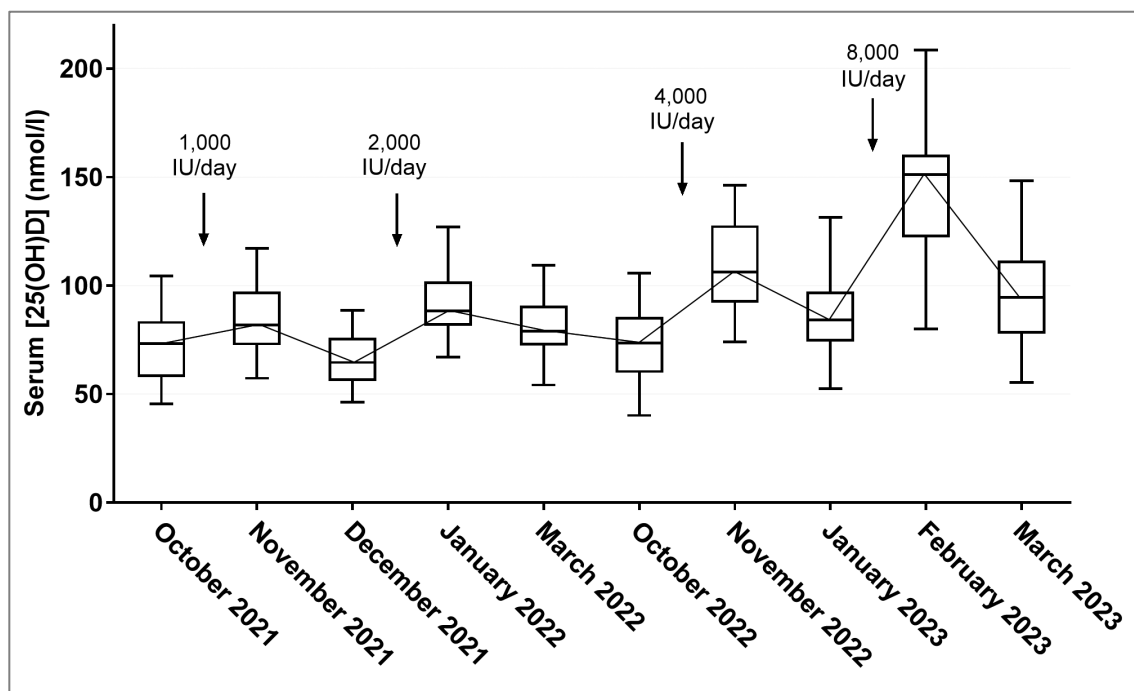
Cílem studie bylo posoudit vliv suplementace vitaminu D na sérové koncentrace 25(OH)D, 24,25(OH)₂D, vápníku, fosforu, hořčíku a PTH.

MATERIÁL A METODIKA

U souboru 65 dobrovolníků jsme prováděli suplementaci cholekalciferolem v první sezóně v dávkách 1 000 IU a 2 000 IU denně a ve druhé sezóně v dávkách 4 000 IU a 8 000 IU denně. Dobrovolníci užívali dávku vždy 60 dní a pak následovala 30 dní pauza. Pro suplementaci byla použita volně prodejná forma kapek cholekalciferolu v olejovém roztoku. Sledovali jsme změny 25(OH)D, 24,25(OH)₂D, Ca, P, Mg a PTH v séru dobrovolníků. Hladiny celkového 25(OH)D byly stanoveny pomocí chemiluminiscenční soupravy ACCESS 25(OH) Vitamin D Total, zatímco hladiny PTH byly měřeny soupravou ACCESS Intact PTH na analyzátoru Unicel® DxI 800 (Beckman Coulter, USA). Koncentrace vápníku (Ca), anorganického fosfátu (Pi) a hořčíku (Mg) byly kvantifikovány pomocí systému Cobas (Cobas 8000, Cobas c702, Roche Diagnostics, Švýcarsko). Hladiny 24,25(OH)₂D byly měřeny na přístroji Agilent 6495 LC/MS (Agilent Technologies, US).

VÝSLEDKY A DISKUZE

U suplementovaných dobrovolníků docházelo k nárůstu a poklesu hladin 25(OH)D v závislosti na suplementační dávce. Hladina 24,25(OH)₂D víceméně kopírovala hladinu 25(OH)D, což znamená, že kapacita enzymu 24-hydroxylázy je dostatečná až do námi nejvyšší podávané dávky 8000 IU/den po dobu 2 měsíců. Zjistili jsme pozitivní korelaci mezi hladinami vitaminu D a Ca, slabou pozitivní korelaci s P a mírný inverzní vztah mezi vitaminem D a Mg a PTH.



Obrázek 1: Suplementace vitaminu D – výsledky

Legenda: Použitý krabicový graf znázorňuje hodnoty 25(OH)D u skupiny dobrovolníků u každého náběru v průběhu dvou zimních sezón. Od středu: medián, dolní a horní kvartil, nejnižší a nejvyšší hodnota.

ZÁVĚR

Naše zjištění poskytují nový vhled do interakcí metabolismu vitaminu D, 24-hydroxylázy, minerálů a PTH. Jsou zapotřebí další studie k prozkoumání základních mechanismů a k posouzení klinického významu těchto vztahů v různých populacích.

LITERATURA

Kralova, M., Jirasko, M., Dedekova, E., Hatakova, H., Broz, P., Simanek, V., Slouka, D., Pecen, L., Kucera, R. (2025): Comparison of Vitamin D3 Supplementation Doses of 1,000, 2,000, 4,000 and 8,000 IU in Young Healthy Individuals. *In Vivo*, 39(1), 452–458. Dostupné z: <https://doi.org/10.21873/invivo.13848>

Kontaktní adresa: prof. PharmDr. Radek Kučera, Ph.D., Ústav farmakologie a toxikologie, Univerzita Karlova, Lékařská fakulta v Plzni, Alej Svobody 76, 323 00 Plzeň, e-mail: radek.kucera@lfp.cuni.cz

**VLIV TECHNOLOGIE PĚSTOVÁNÍ A ZPŮSOBU SKLADOVÁNÍ NA VYBRANÉ
KVALITATIVNÍ PARAMETRY HLÍZ JAKONU (*SMALLANTHUS SONCHIFOLIUS*)**
**THE INFLUENCE OF CULTIVATION TECHNOLOGY AND STORAGE METHODS
ON SELECTED QUALITY PARAMETERS OF YACON TUBERS**
(*SMALLANTHUS SONCHIFOLIUS*)

Markéta Kuljová¹ – Pavel Kasal¹ – Milan Čížek¹

**¹ Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, Dobrovského 2366,
580 01 Havlíčkův Brod, Česká republika**

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0220>



ABSTRAKT

Jakon (*Smallanthus sonchifolius*) se pěstuje především pro sladké, osvěžující hlízy s nízkou energetickou hodnotou. Mezi nutričně důležité vlastnosti jakonových hlíz patří vysoký obsah fruktooligosacharidů, inulinu, antioxidantů, polyfenolů a dalších bioaktivních látek. Rovněž listy mají prokázané léčivé účinky. Předmětem experimentu bylo stanovit vhodnou technologii pěstování jakonu v podmínkách bramborářské výrobní oblasti ČR. Rovněž byl sledován vliv aplikovaných technologií na výnos a vnitřní kvalitu hlíz. V letech 2024 a 2025 se výnos kořenových hlíz u dvou odrůd jakonu pohyboval od 26,8 do 82,7 t·ha⁻¹ v závislosti na ročníku a variantě hnojení. Průměrný nárůst výnosu mezi variantami bez hnojení dusíkem a při hnojení v dávce 100 kg N·ha⁻¹ byl vyšší v roce 2024 a činil 44 %. Při skladování hlíz v boxech s kontrolovanou teplotou a vlhkostí po dobu 95 dní došlo k výrazným změnám kvality. Ztráta hmotnosti hlíz se pohybovala mezi 62 až 82 % u hlíz volně uložených. Při skladování hlíz v písku byla ztráta hmotnosti hlíz 28–43 %. Hodnoty cukernatosti šťávy se během skladování zvyšovaly. U hlíz volně skladovaných dosáhla cukernatost po skladování až 40 %, což představovalo téměř čtyřnásobek hodnot zjištěných na začátku skladování. V rámci uplatnění získaných poznatků je možné vybrat odrůdu a technologii pěstování pro konkrétní zaměření produkce. Pro svou přizpůsobivost, odolnost škůdcům i chorobám, vysoké výnosy a široké možnosti využití, je jakon perspektivní plodinou pro zemědělce hledající alternativní plodiny pro pěstování v konvenčním i ekologickém systému hospodaření.

Klíčová slova: jakon, kapková závlaha, výnos hlíz, skladování hlíz, kvalita hlíz

ABSTRACT

Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) is cultivated primarily for its sweet, refreshing tubers with low energy value. The nutritionally important properties of yacon tubers include a high content of fructooligosaccharides, inulin, antioxidants, polyphenols, and other bioactive compounds. The leaves have also been reported to possess bioactive compounds with potential medicinal effects. The objective of this study was to determine an appropriate cultivation technology for yacon under the conditions of the potato-growing production area of the Czech Republic. The effects of the applied cultivation technologies on tuber yield and internal tuber quality were also evaluated. In 2024 and 2025, the yield of root tubers of two yacon varieties ranged from 26.8 to 82.7 t·ha⁻¹ depending on the year and fertilization variant. The average yield increase between the variants without nitrogen fertilization and with fertilization at a dose of 100 kg N·ha⁻¹ was higher in 2024 and amounted to 44%. When storing tubers in boxes with controlled temperature and humidity for 95 days, significant changes in quality occurred. The loss of tuber weight ranged between 62 and 82% for tubers stored loosely. When storing tubers in sand, the loss of tuber weight was 28–43%. The values of sugar content of the juice increased during storage. In tubers stored loosely, the sugar content after storage reached

up to 40%, which was almost four times the values found at the beginning of storage. Based on the application of the obtained findings, it is possible to select a suitable cultivar and cultivation technology for a specific production objective. Due to its adaptability, resistance to pests and diseases, high yields, and wide range of possible uses, yacon represents a promising crop for farmers seeking alternative crops for cultivation in both conventional and organic farming systems.

Keywords: yacon, drip irrigation, tuber yield, tuber storage, tuber quality

ÚVOD

Jakon (*Smallanthus sonchifolius*) můžeme označit jako kořenovou zeleninu, dietní potravinu, nebo léčivou rostlinu. Tato hlíznatá okopanina pochází z And, kde od nepaměti patřila mezi základní potraviny (Lachman et al., 2007). Vlivem socioekonomických a politických podmínek v této oblasti se na dlouhý čas stala plodinou chudých farmářů. V posledních desetiletích zájem o její pěstování, konzumaci a využívání léčivých vlastností celosvětově stoupá (Illés, Novák, Cusimamani, 2019). Jakon nehromadí zásobní sacharidy v podobě škrobů, ale ukládá je ve formě fruktooligosacharidů, jež lidské tělo nedokáže metabolizovat, tudíž nezvyšují hladinu krevního cukru (Fernández et al., 2006). Fruktooligosacharidy se přirozeně vyskytují v řadě rostlin, například v česneku či banánech, avšak nejvyšší koncentrace byly zjištěny v kořenových hlízách jakonu. Fruktooligosacharidy nejsou tráveny v tenkém střevě, teprve v tlustém střevě jsou fermentovány prospěšnými bakteriemi (*Bifidobacteria spp.* a *Lactobacillus spp.*). Zároveň potlačují činnost patogenních bakterií (*Clostridium spp.* a *Escherichia coli*), účinkuje tedy v organismu prebioticky. Konzumace potravin obsahujících fruktooligosacharidy dle studií zajišťuje správné fungování trávicího systému a působí preventivně proti vzniku kolorektálního karcinomu. Rovněž podporuje vstřebávání vitaminů a minerálních látek, především vápníku. Dostatek fruktooligosacharidů ve vyvážené stravě může také vyrovnávat hladinu cholesterolu, posilovat imunitu organismu a tlumit alergické reakce (Caetano et al., 2016). Další důležitou látkou obsaženou v hlízách jakonu je inulin. Ten má v lidském organismu podobné účinky jako fruktooligosacharidy a rovněž odolává hydrolýze v trávicí soustavě. Je klasifikován jako dietetická vláknina s prokazatelným prebiotickým efektem (Yan et al., 2019). Jelikož hlízy jakonu obsahují velké množství vody, mají nízkou energetickou hodnotu. Zároveň jsou chutné, křupavé a osvěžující, mohou se konzumovat syrové i tepelně upravené. Spolu s významným obsahem antioxidantů, vitaminů a minerálních látek představuje jakon ideální potravinu nejen pro diabetiky a osoby s nadváhou, ale i pro zdravé jedince, kteří chtějí eliminovat rizika civilizačních chorob (Fernández et al., 2010). Pozornost vědců si získaly i listy jakonu, výzkum se zaměřuje především na jejich využití při léčbě diabetu. Listy jakonu mají přirozenou schopnost bránit se útokům škůdců díky obsahu seskvi- a diterpenů. Dále jsou v listech přítomny katechiny a flavonoidy (Lachman et al., 2007). Z flavonoidů je nejvíce zastoupen rutin, který působí protizánětlivě a antibakteriálně. Jsou rovněž zkoumány jeho účinky v boji proti rakovinnému bujení a podpory funkce ledvin (de Andrade et al., 2014). Z mladých výhonků jakonu je možné připravit chutnou variaci špenátu, podobně jako z mladých kopřiv. Mimo jiné obsahují listy velké množství bílkovin, tudíž je nadzemní biomasa vhodná ke krmení hospodářských zvířat (Fernández et al., 2006). Přestože je jakon velmi tolerantní k nadmořské výšce, druhu půdy i meteorologickým podmínkám stanoviště, nedokáže konkurovat komerčně pěstovaným okopaninám (brambory, cukrová řepa). V pěstebních podmínkách střední Evropy není jakon ohrožen chorobami ani škůdci. Stejně tak není výnosově závislý na minerálních hnojivech a jeho pěstování je jistě možné v ekologickém systému hospodaření (Fernández et al., 2006).

MATERIÁL A METODIKA

Experiment byl realizován na pozemku Výzkumného ústavu bramborářského (VÚB) Havlíčkův Brod, na pracovišti Valečov, jež leží v nadmořské výšce 462 m n. m., v letech 2024 až 2025. Předplodinou na pozemku byla v obou letech obilnina, po jejíž sklizni následovala podmítka a zasetí meziplodiny, na podzim

byl celý blok organicky pohnojen statkovým hnojem. Na jaře proběhlo rozměření a rozdělení jednotlivých pokusných částí a nahrnutý hrůbky. Do hrůbek byly následně položeny kapkové hadice, do hloubky asi 0,15 m. Proběhla ruční aplikace močoviny na vyměřené bloky určených variant, jak je uvedeno v tabulce 1, s následným zapravením. Každá varianta byla pěstována ve 4 opakováních. Zavlažovací systém byl opatřen vodoměrem a byla prověřena jeho funkčnost a přesnost.

Tabulka 1: Varianty pokusu

Varianta	Minerální hnojení 100 kg N·ha ⁻¹ , způsob a termín hnojení	Kapková závlaha
1	hnojená před sázením	ano
2	nehnojená	ano
3	hnojená formou roztoku aplikovaným do zavlažovacího systému během vegetace – fertigace	ano
4	hnojená před sázením	ne
5	nehnojená	ne

Odrůdy

Pro pokus byly použity odrůdy jakonu Fiorella a Graciella, které jsou ve vlastnictví VÚB Havlíčkův Brod. Rozmnožovací materiál pocházel z pokusu, který proběhl na pracovišti Valečov předchozí rok a pro předpěstování sazenic byl využit tamní skleník.

Fiorella byla první registrovanou odrůdou v České republice. Rostlina dorůstá do výšky 2 m, má načervenalé zbarvené stonky i řapíky listů. Listy má drobnější a zbarvené tmavozeleně. Kořenové hlízy mají protáhlý tvar, tmavě růžovou až purpurovou slupku a bílou dužninu. Stonkové hlízy mají rovněž na svém povrchu purpurové zbarvení.

Rostliny odrůdy Graciella dorůstají obvykle do větší výšky než stonky Fiorelly. Graciella má světle zeleně zbarvené stonky, listy jsou rovněž světle zelené, velké a hustě pokryté trichomy. Kořenové i stonkové hlízy jsou na povrchu zbarvené světle krémově až hnědě, dužnina kořenových hlíz je bílá až světle krémová. Tvar kořenových hlíz je kulatý až široce oválný.

Během přípravy před výsadbou sazenic jakonu byla celá pokusná parcela překryta černou netkanou textilií, díky tomu není třeba žádné ošetření proti plevelům. Textilie rovněž zamezí nadměrnému výparu vody z půdy a vyrovnává kolísání denních a nočních teplot. Rostliny byly vysázeny ve sponu 0,4 × 0,75 m.

Průběh zavlažování

V roce 2024 sloužila závlaha v měsíci červnu k uchycení rostlin, byly tedy zavlažovány všechny varianty. K tomuto opatření došlo kvůli podprůměrným srážkám a vysokým teplotám po výsadbě rostlin. Poté byly varianty 4 a 5 odpojeny a závlaha byla aplikována na variantách 1, 2 a 3. Pro dávkování závlahy je určující především rozložení a intenzita srážek. V obdobích bez vyrovnaných srážek byla závlaha dávkována v rozmezí 2 až 3 dny v závislosti na teplotě a proudění vzduchu. Celkově bylo během vegetace do pokusu dodáno 285 mm v 25 dávkách včetně závlahových dávek s fertigací.

Nižší jarní teploty v roce 2025 pozdržely výsadbu rostlin jakonu o dva týdny. Rovněž podzim byl chladnější a potřeba zavlažování pokusného porostu byla nižší. Pro kompenzaci nedostatku vláhy z dešťových srážek tak stačilo 15 dávek, a to včetně závlahy s fertigací. Celkově bylo do zavlažovaných variant 1, 2 a 3 dodáno 160 mm vody, což je o 125 mm vody méně než v předchozím roce.

Sklizeň pokusu

V polovině listopadu byly stonky vlivem nízkých teplot dostatečně odumřelé a listy částečně opadané, což předznamenává vhodný čas pro sklizeň hlíz jakonu. Po vyjmutí z hrůbky byly celé trsy uloženy

do plastových nádob a označeny podle odrůdy, varianty a opakování. Byl zaznamenán počet stonkových hlíz, jejich váha a odebrány vzorky pro další hodnocení.

Stanovení vlivu skladování na kvalitu hlíz

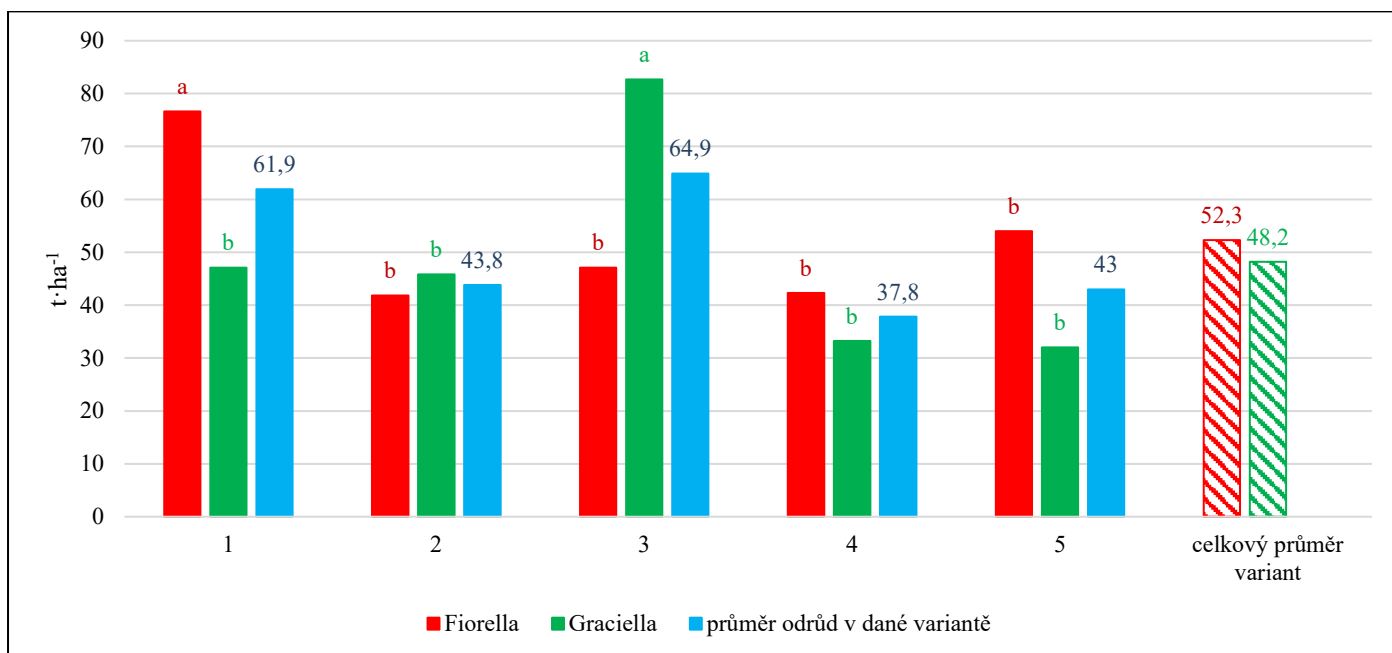
Část těchto vzorků byla určena pro stanovení cukernatosti kořenových hlíz. Toto měření bylo provedeno digitálním refraktometrem Milwaukee MA 871 (Milwaukee Electronics, Maďarsko), jež určuje hladinu cukernatosti pomocí prosvícení vylisované šťávy. Zbylé hlízy byly určeny pro skladování. Kořenové hlízy byly odpočítány, zváženy a uloženy do označených bedýnek podle odrůd a jednotlivých variant. Polovina hlíz byla volně uložena v prodyšných bedýnkách a druhá polovina hlíz byla zasypána vlhkým pískem. Tyto bedýnky byly uloženy do chladicího boxu. Hlízy byly skladovány po dobu 95 dní (5.12.2024 – 10.3.2025). Během skladování byla v chladicím boxu kontrolována teplota a vlhkost přístrojem Comet U 31 20 - Data Logger (COMET SYSTEM, s.r.o., Česká republika). Relativní vlhkost vzduchu se po dobu skladování pohybovala od 70 do 80 %, zatímco teplota se držela na konstantních 8 °C. V průběhu a po ukončení skladování byly uložené hlízy převáženy a odebrány vzorky pro zjištění změn v cukernatosti, opět za použití digitálního refraktometru Milwaukee MA 871. Povrch jednotlivých hlíz byl vizuálně zkontrolován a náhodně vybrané hlízy rozkrojeny. Přítomnost skládkových chorob nebyla zjištěna.

Statistické zpracování dat

Pro vyhodnocení výnosu hlíz byl použit statistický software SAS, procedurou GLM (General Linear Model), jež se používá pro vícefaktorovou analýzu rozptylu (ANOVA). Průměry byly porovnávány pomocí Tukeyho HSD testu ($p \leq 0,05$).

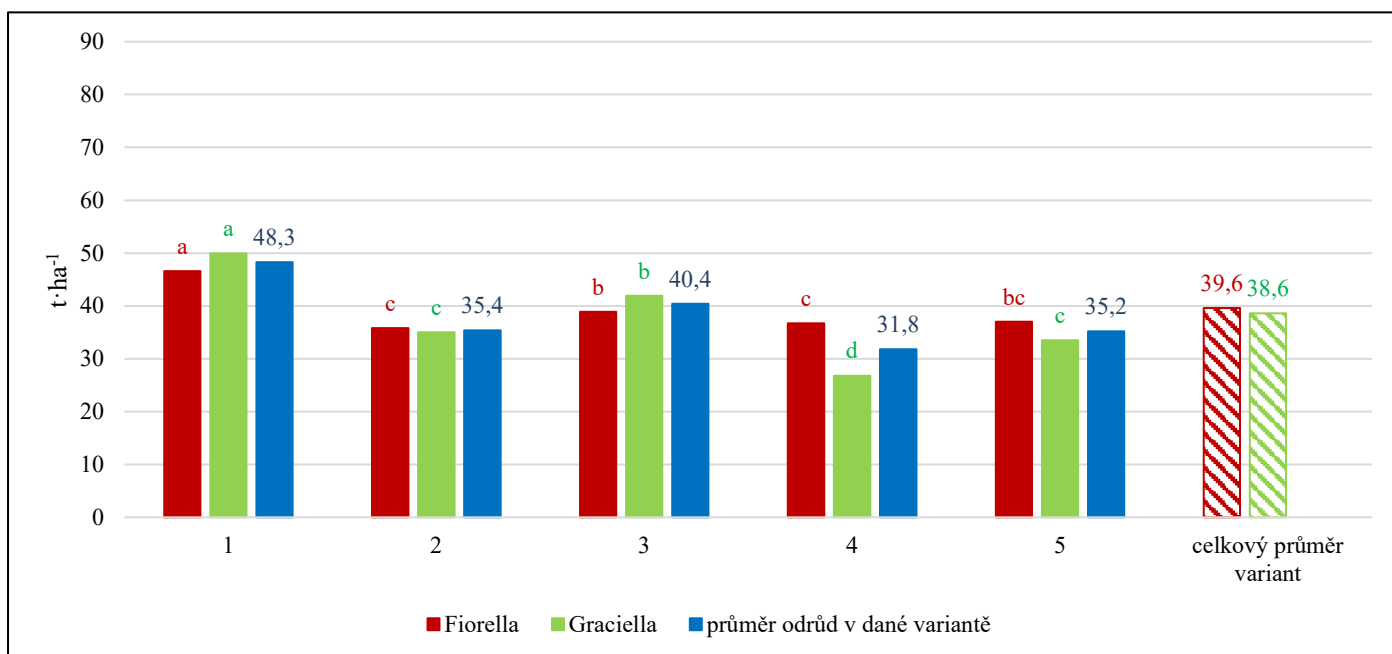
VÝSLEDKY A DISKUZE

V provedeném pokusu byl zjišťován vliv výživy dusíkem a zavlažování porostu jakonu. Zároveň byly sledovány rozdíly v působení podnětů na odrůdy v jednotlivých ročnících. Výnos kořenových hlíz byl nejdůležitějším sledovaným parametrem. V roce 2024 byl podle zpracovaných výsledků výrazně ovlivněn odrůdou a variantou pěstování a rovněž interakcí varianty s odrůdou, zatímco průměr samotných odrůd nevykazoval statisticky průkazný rozdíl ($p > 0,05$), jak je uvedeno na obrázku 1. Potvrzuje se tak původní předpoklad, že rostliny jakonu budou pozitivně reagovat na hnojení minerálním dusíkem v kombinaci s kapkovou závlahou. Ze srovnání získaných hodnot výnosu hlíz odrůdy Fiorella s Graciellou vyplynulo, že Fiorella dosáhla nejvyššího výnosu ve variantě s hnojením před sázením a se závlahou. Odrůda Graciella lépe reagovala na přihnojení ve čtyřech dávkách během zavlažování (fertigace). Svobodová (2021) uváděla, že průměrný výnos odrůd Fiorella a Graciella se pohybuje od 45 do 51 t·ha⁻¹ což se shoduje s průměrnými výnosy odrůd, 52 t·ha⁻¹ u odrůdy Fiorella a 48 t·ha⁻¹ u odrůdy Graciella. Zvýšení výnosu mezi variantami bez hnojení dusíkem a při hnojení v dávce 100 kg N·ha⁻¹ činilo 53 % rovněž za použití kapkové závlahy. To je více než bylo zjištěno v našem experimentu, protože zde byl nárůst výnosu v průměru obou odrůd 44 %. Tyto odlišnosti vznikly nejspíše vlivem ročníku. Podobný efekt ovlivnil výnos hlíz jakonu v roce 2025, jež byl o 16 t·ha⁻¹ nižší v porovnání s rokem 2024. Rozdíly mezi odrůdami i reakcí odrůdy na variantu pěstování jsou méně výrazné, jak je možné vyčíst v obrázku 2. Fernández et al. (2006) rovněž uvádí nižší výnosy, dosahující 35 t·ha⁻¹. Jelikož jejich experiment byl proveden bez použití zavlažovacího systému a bez minerálního hnojení dusíkem, mohl být porovnán s průměrem varianty 5 dosahující stejné úrovně. Porovnatelný je i výnos, jež uvedli Kamp et al. (2019), kdy průměrný výnos variant bez minerálního hnojení byl 37 t·ha⁻¹. Výnosy, kterých bylo dosaženo na jiných kontinentech a jsou uvedeny v dalších literárních pramenech, by byly obtížně srovnatelné s hodnotami získanými v podmínkách specifických pro bramborářskou výrobní oblast ČR.



Obrázek 1: Výnos hlíz jakonu v roce 2024 v t·ha⁻¹; statisticky významné rozdíly ($p \leq 0,05$) ukazují rozdílná písmena nad sloupky v rámci odrůdy, čísla udávají hodnoty průměrů

Legenda: var. 1 – hnojená před sázením, závlaha; var. 2 – nehnojená, závlaha; var. 3 – fertigace, závlaha; var. 4 – hnojená před sázením, bez závlahy; var. 5 – nehnojená, bez závlahy



Obrázek 2: Výnos hlíz jakonu v roce 2025; statisticky významné rozdíly ($p \leq 0,05$) ukazují rozdílná písmena nad sloupky v rámci odrůdy, čísla udávají hodnoty průměrů

Legenda: var. 1 – hnojená před sázením, závlaha; var. 2 – nehnojená, závlaha; var. 3 – fertigace, závlaha; var. 4 – hnojená před sázením, bez závlahy; var. 5 – nehnojená, bez závlahy

Pro skladování byl zvolen způsob uložení do boxu s kontrolovanou teplotou i vlhkostí. Pro pokus byla nastavena teplota 8 °C a relativní vzdušná vlhkost se pohybovala v rozmezí 70 až 80 %. Z výsledků skladování hlíz jakonu je očividné, že u obou odrůd došlo k výraznému úbytku hmotnosti při skladování volně ložených hlíz (tab. 2 a 3). Tyto ztráty činily u odrůdy Fiorella v průměru 80 %. Současně s tím dosáhly hodnoty

cukernatosti měřitelného maxima 40 % (pro jakonovou šťávu). U cukernatosti hlíz skladovaných v písku nebyl tak výrazný nárůst hodnot, ani úbytek hmotnosti (v průměru 41 %). Rovněž při smyslovém hodnocení působily lépe. Na dotek byly pevnější a povrch byl hladší. U hlíz volně ložených oproti tomu došlo k silnému zvrásnění až zkrabacení a ztvrdnutí povrchu.

Tabulka 2: Změny hmotnosti a cukernatosti sledované u kořenových hlíz odrůdy Fiorella

Fiorella v písku					Fiorella volně ložené				
var.	hmotnost [kg]	úbytek hmotnosti [%]	cukernatost [%]		var.	hmotnost [kg]	úbytek hmotnosti [%]	cukernatost [%]	
			5. 12.	10. 3.				5. 12.	10. 3.
1	2,01	43,27	11,75	13,50	1	2,01	78,78	11,75	40,00
2	2,01	40,72	12,03	19,10	2	2,01	80,67	12,03	39,50
3	2,01	35,90	13,18	13,60	3	2,01	80,49	13,18	38,80
4	2,00	42,08	12,48	20,60	4	2,00	79,38	12,48	40,00
5	2,02	41,73	13,63	16,00	5	2,01	81,76	13,63	40,00

Legenda: Var. 1 – hnojená před sázením, závlaha; var. 2 – nehnojená, závlaha; var. 3 – fertigace, závlaha; var. 4 – hnojená před sázením, bez závlahy; var. 5 – nehnojená, bez závlahy

Odrůda Graciella ztratila při skladování v písku průměrně 29 % ze své původní hmotnosti, oproti tomu u volně ložených hlíz činila ztráta 70 % z původní hmotnosti. Hodnoty cukernatosti byly také vyšší u volně skladovaných hlíz, ovšem měření vykazovalo značnou variabilitu, jak je vidět v tabulce 3.

Tabulka 3: Změny hmotnosti a cukernatosti sledované u kořenových hlíz odrůdy Graciella

Graciella v písku					Graciella volně ložené				
var.	hmotnost [kg]	úbytek hmotnosti [%]	cukernatost [%]		var.	hmotnost [kg]	úbytek hmotnosti [%]	cukernatost [%]	
			5. 12.	10. 3.				5. 12.	10. 3.
1	2,01	31,63	10,45	12,60	1	2,01	62,10	10,45	17,50
2	2,01	24,92	10,53	12,30	2	2,00	67,45	10,53	25,00
3	2,01	29,51	11,50	12,00	3	2,00	65,11	11,50	17,60
4	2,01	28,08	11,00	12,50	4	2,01	79,76	11,00	31,20
5	2,01	28,86	11,03	11,70	5	2,01	76,24	11,03	19,70

Legenda: Var. 1 – hnojená před sázením, závlaha; var. 2 – nehnojená, závlaha; var. 3 – fertigace, závlaha; var. 4 – hnojená před sázením, bez závlahy; var. 5 – nehnojená, bez závlahy

Nižší ztráty hmotnosti měly vliv i na vizuální stav hlíz. Vzorky skladované v písku vypadaly téměř jako čerstvé. Druhá část vzorků hlíz odrůdy Graciella byla zvadlá, na dotek změklá s lehce zvrásnělou slupkou. V literatuře se doporučené teploty i vlhkost pohybují ve velkém rozpětí. Obecně však lze konstatovat, že rozmezí, jež uvádí pro skladování Grau a Rea (1997) a Seminario, Valderrama, Honorio (2001), nebo Illés, Novák, Cusimamani (2019), koresponduje s přirozenými klimatickými podmínkami, ve kterých byl materiál pro uskladnění pěstován. Tyto hodnoty jsou upravovány, především pokud se jedná o dlouhodobé skladování. V takovém případě je teplota snižována, zatímco vlhkost se mírně zvedá. V tom vidíme možnou souvislost se střídáním ročních období. Úbytek průměrné hmotnosti hlíz byl v našem pokusu zásadně ovlivněn způsobem uložení, jak dokládá rozdíl mezi průměrnou hmotností vzorků na konci skladování. Lachman, Fernández, Orsák (2003) doporučují skladování v papírových pytlích. Jejich experiment byl však zaměřen na složení sacharidů v hlízách a jejich změny v průběhu skladování bez zaznamenání redukce hmotnosti vzorků.

ZÁVĚR

Cílem bylo shrnout dosavadní poznatky o pěstování jakonu v různých podmínkách a v přesném polním pokusu ověřit vhodnost použité technologie. V rámci aplikace získaných poznatků je možné vybrat odrůdu a technologii pěstování pro konkrétní zaměření produkce. Z pokusu vyplynulo, že u odrůdy Fiorella, se jako nejvhodnější způsob pěstování pro vysoký výnos kvalitních hlíz jeví aplikace minerálního hnojení dusíkem do půdy před výsadbou sazenic v kombinaci s kapkovou závlahou. Tyto hlízy však nemají velký potenciál pro dlouhodobější skladování. V tomto směru vykazovala lepší výsledky odrůda Graciella, jejíž hlízy nenesly ani po třech měsících skladování v písku žádné zásadní ztráty hmotnosti a kvality. Komerční pěstování jakonu v České republice v současné době neexistuje. Brání tomu potřeba vysokého podílu ruční práce při přípravě množovacího materiálu, výsadbě, sklizni i posklizňovém zpracování hlíz. Dalším podstatným faktorem může být, že konzumenti v Evropě a v ČR obzvlášť, mají, až na výjimky, konzervativní přístup a k novým plodinám se staví skepticky. Velký potenciál má však rozšíření popularity jakonu jako perspektivní plodiny v komunitě zahrádkářů a ekologicky hospodařících zemědělců, zvláště zelinářů. Tyto možnosti podporuje především nenáročnost rostlin jakonu na hnojení, jelikož v této práci bylo ověřeno, že i bez minerálního hnojení a závlahy lze dosáhnout výnosů na úrovni 40 t·ha⁻¹, což je téměř dvojnásobek průměrného výnosu brambor pěstovaných v systému ekologického zemědělství. Další důležitou vlastností jakonu je jeho přirozená, biologicky podmíněná odolnost proti chorobám a škůdcům, což znamená, že nevyžaduje žádné ošetření přípravky na ochranu rostlin. Toto je podstatné rovněž pro využití biomasy rostlin jakonu, ať už pro zkrmování nati bohaté na dusíkaté látky hospodářskými zvířaty, nebo sběr a sušení listů na čaj.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl na základě institucionální podpory v rámci Dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace na období let 2023–2027 s číslem MZE-RO 1625.

LITERATURA

- Caetano, B. F., de Moura, N. A., Almeida, A. P., Dias, M. C., Sivieri, K., Barbisan, L. F. (2016): Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) as a food supplement: Health-promoting benefits of fructooligosaccharides. *Nutrients*, 8(7), 436. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu8070436>
- de Andrade, E. F., de Souza Leone, R., Ellendersen, L. N., Masson, M. L. (2014): Phenolic profile and antioxidant activity of extracts of leaves and flowers of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *Industrial Crops and Products*, 62, 499–506. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.09.025>
- Fernández, E. C., Viehmannová, I., Lachman, J., Hamouz, K., Pulkrábek, J., Brunerová, L. (2010): Netradiční plodiny pro diabetiky. Praha: Grada Publishing.
- Fernández, C. E., Viehmannová, I., Lachman, J., Milella, L. (2006): Yacon [*Smallanthus Sonchifolius* (Poepping and Endlicher) H. Robinson]: a new crop in the central Europe. *Plant, Soil and Environment*. 52(12), 564–570.
- Grau, A., Rea, J. (1997): Yacon. *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. and Endl.) H. Robinson. In Hermann M, Heller J. (Eds). Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 21. Inst. Plant Gen. Crop Plant Res. Gatersleben/IPGRI, Rome, s. 202–239.
- Illěš, L., Novák, J., Cusimamani, E. F. (2019): Jakon – Plodina z říše Inkov. Nitra: Garmond.

Kamp, L., Hartung, J., Mast, B., Graeff-Hönniger, S. (2019): Impact of nitrogen fertilization on tuber yield, sugar composition and nitrogen uptake of two yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. and Endl.) genotypes. *Agronomy*, 9(3), 151. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/agronomy9030151>

Lachman, J., Fernández, E. C., Orsák, M. (2003): Yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. and Endl.) H. Robinson] chemical composition and use-a review. *Plant, Soil and Environment*, 49(6), 283-290.

Lachman, J., Fernández, E. C., Viehmannová, I., Šulc, M., Řepková, P. (2007): Total phenolic content of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) rhizomes, leaves, and roots affected by genotype. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 35(1), 117–123. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/01140670709510175>

Seminario, J., Valderrama, M., Honorio, H. (2001): Propagación por esquejes de tres morfotipos de yacón [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. and Endl.) H. Robinson]. *Agronomía*, 47, 12–20.

Svobodová, A. (2021): Influence of yacon genotype and nitrogenous fertilizer dosage on tuber yield. *Vědecké práce - Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod*. 27, 17–24.

Yan, M. R., Welch, R., Rush, E. C., Xiang, X., Wang, X. (2019): A sustainable wholesome foodstuff; health effects and potential dietotherapy applications of yacon. *Nutrients*, 11(11), 2632. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu11112632>

Kontaktní adresa: Ing. Markéta Kuljová, Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, Dobrovského 2366, 58 001 Havlíčkův Brod, e-mail: kuljova@vubhb.cz

**ASPEKTY SPRÁVNÉHO ŽIVOTNÍHO STYLU
A STRAVOVÁNÍ U SPORTUJÍCÍ MLÁDEŽE: DĚTSKÝ FUTSAL**

**ASPECTS OF A PROPER LIFESTYLE
AND DIET IN SPORTS-PLAYING YOUTH: CHILDREN'S FUTSAL**

**Petr Lesenský^{1,2,3} – Petr Bořecký^{1,2,3} – Petr Havlík^{1,2,3} – Jan Borýsek^{2,3} – Luděk Rakovský^{2,3}
Barbora Rakovská^{2,3} – Jan Kouřil^{2,3} – Pavel Kuman^{2,3} – Lukáš Másilko^{2,3} – Jan Zikuška^{2,3}
Patrik Sýkora^{2,3} – Václav Hadrava^{2,3} – Monika Pešková^{2,3} – Jana Adámková^{2,3} – Adam Havlík^{2,3}
Kryštof Lesenský^{2,3} – Milena Matejovičová^{4,5} – Veronika Švehlová^{4,5} – Miroslav Južl^{2,3,4,5}**

¹ FAKADEMIE s.r.o., Štursova 583/49, 616 00 Brno, Česká republika

² Dětský futsal z.s., Medlánecká 24c, 621 00 Brno, Česká republika

³ Orel jednota Brno Řečkovice, Vránova 122, 621 00 Brno, Česká republika

⁴ Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

⁵ Poradna pro zajištění správného životního stylu prostřednictvím stravování,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0228>



ABSTRAKT

(F)akademie je největší futsalovo-fotbalovou akademií v České republice. Do roku 2025 jsme vstoupili s více než 600 hráči, se kterými aktuálně pracujeme v rámci pravidelných tréninků i soutěžních zápasů ve futsalu i fotbalu. K tomu pořádáme každý měsíc turnaje pro 250 dětí a naše kempy navštěvuje 200 dětí každé léto. Zahájili jsme pravidelnou spolupráci s Regionální fotbalovou akademií Brno, ve které díky nám začínají pravidelně působit vyškolení futsaloví trenéři. Jedná se o první projekt svého druhu v ČR, jehož cílem je potvrdit moderní trend využívání futsalu jako ideálního doplňkového sportu pro fotbal, což je v jihoevropských zemích naprosto běžné. Volnočasové aktivity dětí a mládeže zahrnují strukturované kroužky, sportovní kluby, a také umělecké školy, tábory i spontánní činnosti, které komplexně rozvíjejí schopnosti, sociální vazby a zdraví. Sportovní aktivity jsou o to více provázány i s problematikou správného stravování. Řada sportovních klubů řeší více či méně ve vlastním areálu nebo při návštěvách v rámci realizace sportovních akcí stravování dětí a mládeže různým způsobem. Tento aspekt zahrnuje mnoho dalších úrovní, neboť při stravování sportujících dětí během dne vychází z rodinného zázemí, a ve všední dny se zde promítá i školní stravování. Ve všední dny se jedná o pravidelný trénink, při specifických celodenních akcích v případě turnajů, mistrovských utkání, nebo sportovních soustředěních je nutné vytvořit vhodné prostředí v rámci zabezpečující sportovní organizace. Cílem tohoto příspěvku je poukázat na různý stav v oblasti znalostí a potřeb sportujících dětí a mládeže, také uvést významné faktory a vznést otázky a náměty pro postupné vytváření edukační podpory sportovním klubům, kde významnou roli mají trenéři.

Klíčová slova: sport, futsal, fotbal, mládež, edukace, jakost potravin, výživa

ABSTRACT

(F)akademie is the largest futsal and football academy in the Czech Republic. We entered 2025 with more than 600 players, with whom we currently work in regular training sessions and competitive matches in futsal and football. In addition, we organize tournaments for 250 children every month and 200 children visit our camps every summer. We have started regular cooperation with the Regional Football Academy Brno, where,

thanks to us, trained futsal coaches are starting to work regularly. This is the first project of its kind in the Czech Republic, the aim of which is to confirm the modern trend of using futsal as an ideal complementary sport to football, which is completely common in southern European countries. Leisure activities for children and youth include structured clubs, sports clubs, as well as art schools, camps and spontaneous activities that comprehensively develop skills, social ties and health. Sports activities are even more closely linked to the issue of proper nutrition. Many sports clubs deal with the catering of children and youth in various ways, on their own premises or during visits within the framework of the implementation of sports events. This aspect includes many other levels, because the catering of sports children during the day is based on the family background, and on weekdays it also reflects school catering. On weekdays this involves regular training, during specific all-day events in the case of tournaments, championship matches, or sports camps it is necessary to create a suitable environment within the supporting sports organization. The aim of this contribution is to point out the different state of knowledge and needs of children and youth involved in sports, also to list significant factors and to raise questions and suggestions for the gradual creation of educational support for sports clubs, where coaches play a significant role.

Keywords: sport, futsal, football, youth, education, food quality, nutrition

ÚVOD

Sport má pro vývoj dětí a dospívajících zásadní význam, protože ovlivňuje jejich fyzické i psychické zdraví a připravuje je na fungování ve společnosti. V rámci prokazatelných benefitů pro fyzické zdraví lze uvést přínosy pro posílení srdečně-cévního systému, imunitu i hustotu kostí. Pomáhá regulovat tělesnou hmotnost a krevní tlak. Oblast psychické pohody je vymezena prokázanými hormonálními účinky (např. dopamin, serotonin, endorfiny – „hormony štěstí“), tedy zásadními stimuly pro snížení stresu, úzkosti a deprese. Sport u dětí významně zvyšuje sebevědomí a pocit kompetence. Pro sociální dovednosti dětí sebou nese u týmových sportů již od raného věku význam týmové spolupráce, komunikace, hledání řešení konfliktů a učí disciplíně. Děti a dospívající si formují a získávají schopnosti vyrovnat se s výhrou i porážkou. Fyzická aktivita zlepšuje průtok krve mozkem, což vede k lepšímu soustředění, paměti a školním výsledkům.

Aktivní životní styl v mládí vytváří návyk, který snižuje riziko chronických onemocnění v dospělosti a působí jako prevence rizikového chování (Saňudo et al., 2024). Tento příspěvek a posterové sdělení má za cíl uvést základní premisy významné pro informování veřejnosti, trenérů i rodičů o různých aspektech správného životního stylu a stravování na případové studii Dětského futsalu a sloužit jako nástroj pro tvorbu výstupů v rámci spolupráce Poradny pro zajištění správného životního stylu prostřednictvím stravování (poradna.potraviny@mendelu.cz) (MENDELU, 2025). Tento příspěvek má přehledový charakter a má za cíl informovat o aktivitách a zásadách a principech volnočasových aktivit pro futsalovou mládež ve spádové oblasti a regionu Brna.

DĚTSKÝ FUTSAL

Futsal je aktuálně co do členské základny jeden z nejpobulárnějších sportů v České republice. Naše reprezentace slaví úspěchy na mezinárodních polích, prvoligové týmy se začínají prosazovat v zahraniční konkurenci a přibývá seniorských týmů. Obrovským problémem byla vždy organizace mládeže, což jsme se ve spolupráci s Fotbalovou asociací ČR a Svazem futsalu ČR rozhodli změnit. Přišli jsme se soutěžními zápasy pro děti. Do vytvoření našich soutěží nebyl vytvořený žádný funkční koncept, díky kterému by se mohly děti od 5 do 17 let pravidelně utkávat se svými vrstevníky na malých hřištích. To jsme se jako trenéři mládeže a dlouholetí hráči soutěží ve futsalu rozhodli změnit. Přišli jsme s možností přihlásit jakékoliv dětské týmy futsalistů či fotbalistů do celoročních soutěží, které jsou během každé sezóny založeny na dílčích turnajích. Termíny hracích dní byly a jsou vždy stanoveny s předstihem, a to s ohledem na všechny okolnosti,

které se týkají školní docházky či zápasů fotbalových lig. Začali jsme přesně před deseti lety, v roce 2016 v Brně. Od roku 2018 působíme s oficiálním posvěcením FAČR celorepublikově (DĚTSKÝ FUTSAL, 2026).

Jak je uvedeno v mnoha studiích a uvádí to i českou veřejností vnímané autority (ČOV, 2020), ideální věk pro začátek se sportem závisí na tom, zda jde o volný pohyb, nebo organizovaný trénink. Obecně platí, že s pohybem je dobré začít co nejdříve, ale specifické sportovní disciplíny mají svá doporučení. Ve věku 2–3 roky je vhodná všestranná, neorganizovaná aktivita jako běhání, skákání, házení míčem nebo tancování pro rozvoj základní motoriky. Ve věku 3–4 roky, což je ideální věk pro gymnastickou průpravu, plavání nebo hravá cvičení, dítě vnímá své tělo v prostoru. Ve věku 4–6 let začínají být děti připraveny na sporty vyžadující koordinaci, jako je tenis (formou her) nebo právě fotbalové přípravky. Ve věku 6–7 let, kdy je většina dětí již fyzicky i mentálně zralá na organizované týmové sporty, jako jsou fotbal nebo florbal, je ideální začít s organizovanou a dobře promyšlenou přípravou v rámci tréninku k lepší spolupráci a pochopení pravidel.

Věk 6 až 12 let je ideální pro inspirativní vedení a zařazení organizovaných sportovních aktivit do volnočasových aktivit dětí. Za více než desetileté působení u sportovní jednoty Orel Řečkovice můžeme říci, že věk dětí, které se organizovaně zařazují do trénování fotbalu, vč. fotbalu malých forem, nebo právě futsalu, se měnil a mění v závislosti na roku (dekádách). Futsal v naší jednotě trénujeme již více než dvacet let. V počátku jsme si při takřka vizionářské práci stanovili kodex činnosti a plán. Takto jsme právě v rámci tohoto druhu sportu společně dláždili cestu pro Dětský futsal, a to nejprve v rámci B.A.F. (Brněnská asociace futsalu). Rádi bychom připomněli tehdejší týmy (DROM, Tišnov, Orel Řečkovice, B.A.F.), a poděkovali za podporu všem, kteří ve prospěch brněnského mládežnického, a posléze i dětského, futsalu podnikli kroky a položili tak výborné základy pro současný stav, neboť právě z této činnosti těží týmy doplněním členské základny a propisuje se to i do celorepublikové a reprezentační úrovně.

Futsal má oproti fotbalu svá specifika, má mnoho výhod pro trénování dětí a mládeže spočívajících v rozdílech nejen v pravidlech, ale především v dynamice i v potřebném vybavení (velikost hřiště, údržba a finanční náročnost). Výhodou pro atraktivitu u dětí je nižší počet hráčů potřebných pro realizaci herních aktivit a v podstatě i pro chod týmu (trénink, zápasy, zázemí). To sebou nese i častější aktivitu dětí na hřišti a absenci prostojů při hře, např. díky vyšší obrátce střídání (vyšší četnost, kratší čas), neexistenci ofsajdů apod. Samostatným tématem je rozdíl v dynamice hry (pohyb a jeho účel) na hřišti.

Význam správné výživy je umocněn zejména při tréninku, zejména u dětí, které pravidelně sportují. Zde je třeba pochopit, že se jedná o komplexní problematiku. U dětí a mládeže dochází během týdne při realizaci volnočasových aktivit, vč. sportu (ať pravidelného, vázaného na pevný harmonogram, tak nahodilého) ke kombinaci stravování v rámci rodinného zázemí a školního stravování. Výživa není pouze o krytí energetického výdeje a poměru hlavních živin. Dostatečný příjem živin u dětí je klíčový pro růst a správný vývoj organismu. U sportujících dětí je výživa obzvláště důležitým faktorem, ovlivňuje výkonnost malého sportovce i jeho vývoj. Při nesprávné skladbě jídelníčku nebo nedostatečném příjmu energie může dojít nejen ke zhoršení výkonu a zpomalení regenerace, ale také k zhoršení dalších funkcí organismu, včetně kognitivních funkcí. Doležalová et al. (2025) ve své práci analyzovala jídelníček kohort dětí dvou brněnských sportovních klubů navštěvujících pravidelné tréninky s různou intenzitou fyzické zátěže. Na základě výsledků navrhla změny vedoucí ke zlepšení výživy a celkového životního stylu dětí. Vliv změn v jídelníčku byl sledován pomocí řady fyzických testů a jednoho kognitivního testu. Sledována byl tělesná kompozice. Zjištění z analýz jídelníčků a tělesné kompozice poukazují na některé nedostatky ve výživě, což sebou nutnost zaměřit se na tento problém, včetně snahy o cílenou a konkrétní edukaci nejen sportujících dětí, ale i trenérů, kteří mohou vhodněji působit na rodiče i své svěřence. Obě kohorty probandů byly podle sportů (futsal, hokej) značně různorodé. Sami probandi, ale i jejich rodiče a trenéři, měli nicméně zájem na zlepšení a jsou ochotni

řídít se obecnými výživovými doporučeními, která je ale dobré konkrétně připravit a přizpůsobit individuálním potřebám.

CO JE NUTNÉ ŘEŠIT V PŘÍPADĚ VÝŽIVY MLADÝCH FUTSALISTŮ

Jednoznačně edukaci. Ta je odvislá od informací z nejbližšího okolí dětí a mládeže, stejně tak od jejich zájmu o tuto problematiku. U sportujících dětí je výraznou motivací zlepšení výkonu. Při jejich edukaci je možné využít přirozené soutěživosti a formu výživových doporučení tomu přizpůsobit. Zásadním bodem je ale vzdělávání trenérů ohledně stravování před aktivitami jejich svěřenců, během nich a po nich. V průběhu týdne jsou ale uvedené aktivity významně ovlivněny rodinou a školou. V případě soutěžních utkání a turnajů, včetně mistrovství republiky je tato problematika závislá od pořadatelů a jejich zázemí. V rámci organizované sportovní činnosti na takto vysoké úrovni je nutné chápat i potřebu dodržení určitých standardů v oblasti stravování, zvláště pokud jde o děti a mladistvé. A protože i trenéři sportovních oddílů musí mít ke své činnosti licenci a splňovat základní požadavky dané legislativními předpisy pro práci s dětmi, bylo by vhodné i pro ně specifikovat jisté zásady v oblasti výživy, neboť součástí některých vzdělávacích modulů e-vzdělávání (GRASROOTER Leader) jsou i otázky o výživě, pitném režimu a četnosti stravování během dne. Od 1. ledna 2026 vstoupil v platnost nový kreditový systém Trenérského vzdělávání futsalu. To je koneckonců cílem chystaného projektu a spolupráce s FAkademii (futsalovo-fotbalovou akademií), která má nejen regionální (JMK) charakter, ale i celorepublikové ambice.

VÝŽIVA MLADÝCH SPORTOVců V JIHMORAVSKÉM KRAJI

Cílem chystaného projektu je vytvořit v Jihomoravském kraji pilotní a následně systémový program zaměřený na správnou výživu, regeneraci a zdravý životní styl mladých sportovců. Projekt propojí Mendelovu univerzitu v Brně a (F)akademii, následně Jihomoravský kraj a případně i krajské zastoupení FAČR.

V roce 2026 dojde k formulování obecných principů a zásad, vytipování vhodných mechanismů a jejich představení příslušným institucím územního celku (odbory Magistrátu města Brna, Jihomoravského kraje).

Časová osa:

- Únor: 27. února 2026 – podpis Memoranda s (F)akademií a slavnostní futsalový večer.
- Březen: 3. března 2026 – světový den obezity (World Obesity Day – WOD) a konference Ingrový dny 2026 (3.–5. března) jako platformy pro prezentaci a spuštění (kick-off) první fáze informací cíleným osobám a institucím. Vytvoření letáček pro děti a sportující mládež (výživa a stravování při pravidelném tréninku a dále při celodenních turnajích Jarní ligy).
- Duben: 8. dubna 2026 – Prezentace Poradny panu ministru zdravotnictví ČR Adamu Vojtěchovi.
- Duben až červen: prezentace Poradny (banner, letáčky, osobní kontakt) na akcích Jarní ligy futsalu pro kategorie U9, U11 a U13.
- Červen: Schůzka se zástupci reprezentace futsalu, činovníky futsalu v Jihomoravském kraji. Schůzky se zástupci magistrátu města Brna a Jihomoravského kraje, debata o třetí roli univerzity a nabídka Poradny jako platformy pro chystaný projekt. Příprava informací přes tyto instituce jako zřizovatele ZŠ a SŠ. Vytvoření mechanismů a konkrétního harmonogramu v rámci spolupracujících prvků (Fakademie, Orel Řečkovice, Dětský futsal).
- Září: spuštění konkrétních aktivit pro děti a sportující mládež (se začátkem školního roku). Aktivity pro trenéry, činovníky a další oslovené osoby a instituce na Noci vědy, jejíž tématem je komunikace.
- Říjen až prosinec: školení a aktivity pro kluby a hráče.

Tvářemi projektu budou reprezentanti České republiky ve futsalu, kteří pomohou popularizovat téma zdravé výživy, regenerace a profesionálního přístupu ke sportu mezi dětmi a mládeží. Zázemí projektu poskytne Poradna pro zajištění správného životního stylu prostřednictvím stravování při Ústavu technologie potravin MENDELU.

Hlavními cíli jsou:

- Vytvořit regionální model péče o výživu sportující mládeže.
- Propojit akademickou sféru se sportovní praxí.
- Edukovat trenéry, rodiče a mladé sportovce.
- Získat data a know-how využitelné pro celý region.
- Posílit značku Jihomoravského kraje jako regionu podporujícího zdravý životní styl.

Metody:

- Školení (přednášky), workshopy a webináře (praktické ukázky).
 - o Zaměření dle mediátorů informací.
 - o Rozdělení dle cílové skupiny.
- Materiály (letáčky, články, brožura).

Jednotlivými prvky mimo osob z cílové skupiny (sportující děti a mládež) jsou pracovníci Poradny, ale i učitelé ZŠ, SŠ, VŠ, dále trenéři a kluby, a nakonec i rodiče.

ZÁVĚR

Všechny aktivity, pomůcky, jakákoli činnost, která pomůže trenérům, spolkům, sportovním oddílům v činnosti, zlepšení znalostí, předcházení problémů, je ku prospěchu nejen sportu, ale zejména dětí, mládeže a zdraví celé společnosti.

PODĚKOVÁNÍ

Děkujeme za soustavnou a nikoli pouze finanční podporu Statutárnímu městu Brnu, Národní sportovní agentuře, Jihomoravskému kraji a Městské části Brno-Řečkovice a Mokrá Hora. Poděkování také patří všem trenérům, sportovním činovníkům rodičům, a všem, kteří se aktivně zapojují a vytvářejí podmínky pro volnočasové, zejména sportovní aktivity dětí a mládeže.

LITERATURA

ČOV (2020): Děti musí začít co nejdříve sportovat. Lékařská komise ČOV apeluje na návrat! Lékařská komise ČOV. Kosová, M. [vid. 2026-02-09]. Dostupné z: <https://www.olympijskytym.cz/article/>

Doležalová, Z., Matejovičová, M., Jůzl, M. (2025): Výživa a životní styl sportujících dětí a možnosti pozitivní intervence. In: Sborník LI. Konference o jakosti potravin a potravinových surovin – Ingrový dny 2025. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 38–42. Dostupné z: <https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0038>

MENDELU (2025): MENDELU otevírá novou poradnu. Bude poskytovat informace o potravinách i správném životním stylu. Tisková zpráva. [vid. 2026-01-20]. Dostupné z: <https://mendelu.cz/mendelu-otevira-novou-poradnu-bude-poskytovat-informace-o-potravinach-i-spravnem-zivotnim-stylu/>

Sañudo, B., Sánchez-Oliver, A. J., Fernández-Gavira, J. et al. (2024): Physical and Psychosocial Benefits of Sports Participation Among Children and Adolescents with Chronic Diseases: A Systematic Review. *Sports Med – Open* 10, 54. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00722-8>

Kontaktní adresa: doc. Ing. Miroslav Jůzl, Ph.D., Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, miroslav.juzl@mendelu.cz

NAŘÍZENÍ EUDR V PRAXI POTRAVINÁŘSKÝCH PODNIKŮ

EUDR REGULATION IN THE PRACTISE OF FOOD BUSINESSES

Petra Mačáková¹ – Jan Dobeš¹

¹ Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Palackého tř. 1, 612 42 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0234>



ABSTRAKT

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2023/1115 o dodávání na trh Unie a vývozu z Unie některých komodit a produktů spojených s odlesňováním a znehodnocováním lesů (EUDR) představuje nový právní rámec, jehož cílem je omezit podíl Evropské unie na globálním odlesňování a degradaci lesních ekosystémů. Cílem příspěvku je analyzovat dopady EUDR na potravinářské podniky se zaměřením na komodity relevantní pro potravinářství. Mezi hlavní komodity patří hovězí maso a výrobky z něj, kakao a výrobky z něj (čokoláda), káva, sója a palmový olej, včetně výrobků, které tyto suroviny obsahují. Zvláštní pozornost je věnována legislativnímu vývoji v letech 2024 a 2025, kdy došlo k přijetí dvou novelizačních nařízení, jež nejen odložila použitelnost EUDR, ale současně zavedla zjednodušení některých povinností, zejména v oblasti náležité péče a toku informací v dodavatelském řetězci.

Klíčová slova: odlesňování, skot, kakao, káva, palma olejná, sója

ABSTRACT

Regulation (EU) 2023/1115 of the European Parliament and of the Council on the making available on the Union market and the export from the Union of certain commodities and products associated with deforestation and forest degradation (EUDR) establishes a new legal framework aimed at curbing the European Union's contribution to global deforestation and the degradation of forest ecosystems. The objective of this paper is to analyse the impacts of the EUDR on food businesses, specifically focusing on commodities relevant to the food industry. These primary commodities include cattle and derived products, cocoa and cocoa-based products (chocolate), coffee, soy, and palm oil, as well as products containing these raw materials. Special emphasis is placed on legislative developments throughout 2024 and 2025, during which two amending regulations were adopted. These amendments not only postponed the EUDR's application but also introduced simplifications to specific obligations, particularly regarding due diligence and information flow within the supply chain.

Keywords: deforestation, cattle, cocoa, coffee, oil palm, soy

ÚVOD

Problematika odlesňování a degradace lesů se v posledních letech stala jedním z klíčových témat environmentální politiky Evropské unie. Potravinářský sektor je v tomto kontextu vnímán jako oblast s významným dopadem na globální využívání půdy, a to zejména v souvislosti s produkcí živočišných komodit a tropických plodin. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2023/1115 o dodávání na trh Unie a vývozu z Unie některých komodit a produktů spojených s odlesňováním a znehodnocováním lesů a o zrušení nařízení (EU) č. 995/2010 (dále jen „EUDR“), představuje právní nástroj, jehož cílem je omezit negativní dopady spotřeby v Evropské unii na lesní porosty ve třetích zemích prostřednictvím zavedení povinného systému náležité péče.

Nařízení EUDR se vztahuje na vybrané komodity uvedené v tabulce 1, které mají největší dopad na odlesňování.

Tabulka 1: Vybrané komodity, na které se vztahuje nařízení EUDR

Komodita	Relevantní produkty a složky (příklady)
Skot	Hovězí maso, hovězí kůže/useň, některé požitelné droby
Kakao	Kakaové boby, čokoláda, kakaové máslo, kakaový prášek
Káva	Kávo zrna, mletá káva, kávové produkty
Palmový olej	Surový i rafinovaný palmový olej, deriváty palmového oleje (např. v pečárenských výrobcích, cukrovinkách, margarínech)
Sója	Sójové boby, sójová mouka, tofu, sójový olej (často používán jako krmivo pro skot)
Kaučuk	Přirozený kaučuk (např. v některých obalech a rukavicích), v potravinářství méně kritický než v ostatních
Dřevo	Dřevěné obaly a dřevařské výrobky (např. nábytek)

Pro potravinářské podniky znamená EUDR zásadní změnu v přístupu k řízení dodavatelských řetězců, a to nejen z hlediska dohledatelnosti surovin, ale i právní odpovědnosti za původ výrobků.

Příspěvek si klade za cíl představit aktuální právní rámec EUDR, jeho vývoj prostřednictvím novelizací v letech 2024 a 2025 a zhodnotit, jakým způsobem se tyto změny promítají do povinností potravinářských podniků v praxi.

Právní rámec a základní principy EUDR

Nařízení EUDR bylo přijato jako přímo použitelný právní předpis Evropské unie a je závazné v celém rozsahu ve všech členských státech. Jeho základním principem je zákaz uvádění na trh Unie a vývozu z Unie komodit a výrobků, které nesplňují stanovené podmínky. Tyto podmínky spočívají zejména v požadavku, aby produkty nebyly spojeny s odlesňováním nebo degradací lesů po 31. prosinci 2020, aby byly vyrobeny v souladu s právními předpisy země původu a aby jejich původ byl dohledatelný až ke konkrétnímu pozemku, na němž byla surovina vyprodukována.

Klíčovým nástrojem k naplnění těchto požadavků je povinnost provozovatelů zavést a uplatňovat systém náležité péče. Tento systém představuje právní odpovědnost provozovatele za shromažďování relevantních informací o produktu, posouzení rizika nesouladu s EUDR a přijetí opatření k jeho minimalizaci. Bez splnění těchto povinností nesmí být produkt uveden na trh Evropské unie.

Časová účinnost a novely nařízení EUDR

Nařízení EUDR vstoupilo v platnost dne 29. června 2023. Původní znění tohoto nařízení stanovilo jeho použitelnost od 30. prosince 2024 pro velké a střední podniky, zatímco pro mikropodniky a malé podniky měla být použitelnost odložena do 30. června 2025. Již v průběhu roku 2024 se však ukázalo, že implementace EUDR naráží na řadu praktických problémů, zejména pokud jde o dostupnost geolokačních údajů, funkčnost informačních systémů a připravenost hospodářských subjektů na nové povinnosti.

V reakci na tyto skutečnosti bylo přijato nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/3234, kterým došlo k prvnímu odložení použitelnosti EUDR o jeden rok. Na základě této novely se EUDR mělo nově použít od 30. prosince 2025 pro velké a střední podniky a od 30. června 2026 pro mikropodniky a malé podniky. Tato změna se týkala pouze odkladu účinnosti a měla umožnit hospodářským subjektům dokončit přípravu systémů náležité péče a současně poskytnout členským státům čas na vybudování kontrolních mechanismů.

Přesto ani tento časový odklad nebyl shledán dostatečným. Proto bylo na konci roku 2025 přijato nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2025/2650, kterým byla použitelnost EUDR odložena podruhé, opět

o jeden rok. Podle aktuálně platné právní úpravy se tak EUDR použije od 30. prosince 2026 pro velké a střední podniky a od 30. června 2027 pro mikropodniky a malé podniky. Nařízení (EU) 2025/2650 kromě odkladu časové působnosti také zjednodušilo některé povinnosti. Povinnost vykonávání náležité péče nově ponese pouze první článek dodavatelského řetězce, tedy takzvaný hospodářský subjekt, který poprvé uvede produkt na trh v EU. Pro mikro a malé primární producenty (zemědělce) platí úleva, kdy namísto referenčních čísel předloží pouze jednorázovou identifikační deklaraci. Evropská komise má navíc do 30. dubna 2026 předložit zprávu o možnostech dalšího zjednodušení nařízení.

Povinnosti provozovatelů potravinářských podniků podle EUDR

Provozovatelé potravinářských podniků ve smyslu nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002 jsou v rámci EUDR typicky zařaditelní mezi hospodářské subjekty, které uvádějí potraviny nebo suroviny na trh Evropské unie, případně s nimi v dodavatelském řetězci dále obchodují. Rozsah jejich povinností se po novelizaci nařízením (EU) 2025/2650 významně liší v závislosti na tom, zda vystupují jako první článek dodavatelského řetězce, nebo zda navazují na již splněnou povinnost náležité péče jiným subjektem.

Provozovatel potravinářského podniku, který je současně prvním hospodářským subjektem zpřístupňujícím relevantní komoditu nebo výrobek na trhu Unie, nese plnou odpovědnost za splnění povinností náležité péče podle EUDR. V praxi to znamená zejména povinnost shromáždit informace o původu komodity, včetně geolokačních údajů produkčních ploch, ověřit, že produkce nevedla k odlesňování nebo znehodnocování lesů po referenčním datu stanoveném nařízením, a posoudit soulad produkce s právními předpisy země původu. První článek je také zodpovědný za shromažďování veškeré dokumentace prokazující splnění náležité péče a její předávání navazujícím subjektům formou referenčních čísel či identifikačních údajů.

Subjekty, které navazují na již splněnou náležitou péči, mají povinnost ověřovat, že komodity, které uvádějí na trh nebo dále distribuují, jsou doprovázeny referenčním číslem od prvního článku dodavatelského řetězce. Tyto subjekty musí evidovat a uchovávat referenční čísla pro případ kontrol a zajišťovat jejich předávání svým odběratelům, aby byla zachována sledovatelnost. Mikropodniky a malé podniky využívají zjednodušený postup, kdy místo opakovaného předávání referenčních čísel předkládají jednorázovou identifikační deklaraci a obdrží identifikační číslo, které je následně používáno v rámci dodavatelského řetězce. Takové rozdělení povinností umožňuje, aby první článek dodavatelského řetězce nesl hlavní odpovědnost za náležitou péči, zatímco další subjekty zachovávají dohledatelnost a transparentnost bez nadměrného zatížení.

ZÁVĚR

Nařízení EUDR představuje pro potravinářské podniky zásadní právní rámec pro řízení dodavatelských řetězců a zajištění environmentální odpovědnosti. Povinnosti prvního článku dodavatelského řetězce zahrnují komplexní ověřování původu komodit, hodnocení rizik odlesňování a dokumentaci náležité péče. Navazující subjekty zajišťují evidenci referenčních čísel a udržují sledovatelnost surovin, přičemž malé a mikropodniky využívají zjednodušené postupy s identifikační deklarací. Tento systém umožňuje zachovat odpovědnost za původ komodit, podporuje transparentnost v dodavatelském řetězci a poskytuje jasný rámec pro kontrolu a audit. Pro české potravinářské podniky znamená EUDR nutnost přizpůsobit interní procesy, zavést systémy evidence a propojit povinnosti s existujícími standardy řízení kvality, čímž se dosáhne souladu s evropskou legislativou a současně ochrany životního prostředí.

LITERATURA

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2023/1115 ze dne 31. května 2023, o dodávání na trh Unie a vývozu z Unie některých komodit a produktů spojených s odlesňováním a znehodnocováním lesů a o zrušení nařízení (EU) č. 995/2010. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid 30-01-2026]. Dostupné z <https://eur-lex.europa.eu/>

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/3234 ze dne 19. prosince 2024, kterým se mění nařízení (EU) 2023/1115, pokud jde o ustanovení týkající se dne použitelnosti. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid 30-01-2026]. Dostupné z <https://eur-lex.europa.eu/>

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2025/2650 ze dne 19. prosince 2025, kterým se mění nařízení (EU) 2023/1115, pokud jde o některé povinnosti hospodářských subjektů a obchodníků. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid 30-01-2026]. Dostupné z <https://eur-lex.europa.eu/>

Kontaktní adresa: MVDr. Petra Mačáková, Ph.D., Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Palackého tř. 1, 612 42 Brno, Česká republika, e-mail: macakovap@vfu.cz

SLEDOVANIE ZMIEN OBSAHOV VYBRANÝCH BIOGÉNNYCH AMÍNOV V MÄSE SUMCA VEĽKÉHO PRI FYZIKÁLNO-CHEMICKÝCH PROCESOCH

MONITORING OF CHANGES IN THE CONTENT OF SELECTED BIOGENIC AMINES IN CATFISH MEAT DURING PHYSICOCHEMICAL PROCESSES

Matej Mázor¹ – Jozef Golian¹ – Lucia Ailer¹ – Silvia Jakabová¹

¹ Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, Chrenová, 949 76 Nitra, Slovensko

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0238>



ABSTRAKT

Vo vzorkách sumca veľkého sme analyzovali tri biogénne amíny. Analyzované boli vzorky čerstvého mäsa, mäsa skladovaného pri $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ počas 1 mesiaca, 3 mesiacov a po varení na $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 30 minút, po sterilizácii na $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ v sterilizátore a po pečení vo vreckách na pečenie pri teplote $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 15 minút. Obsah 2-fenyletylamínu nebol zistený v čerstvej ani mrazenej vzorke. Najvyšší obsah mala vzorka po varení. Zo všetkých opracovaných vzoriek dosahovala najnižší obsah sterilizovaná vzorka. Spermidín bol zistený v každej vzorke pri čom najnižší obsah mala čerstvá vzorka o hodnote $17,14\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a najvyšší bol pri pečení a to až $119,18\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Obsah sperminu mala najnižší čerstvá vzorka ($9,46\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a $172,45\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dosahovala vzorka ktorá bola varená pri $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Kľúčové slova: sumec, biogénne amíny, mrazenie, opracovanie

ABSTRACT

We analysed three biogenic amines in catfish samples. Samples of fresh meat, meat stored at $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 1 month, 3 months and after cooking at $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 30 minutes, after sterilization at $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ in a sterilizer and after baking in baking bags at $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 15 minutes were analysed. The content of 2-phenylethylamine was not detected in either the fresh or frozen sample. The highest content was in the sample after cooking. Of all the processed samples, the lowest content was achieved by the sterilized sample. Spermidine was detected in each sample, with the lowest content in the fresh sample with a value of $17.14\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ and the highest in baking, up to $119.18\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. The lowest spermine content was achieved in the fresh sample ($9.46\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) and $172.45\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ was achieved in the sample that was boiled at $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Keywords: catfish, biogenic amines, freezing, processing

ÚVOD

Biogénne amíny (BA) sa často produkujú počas skladovania a kazení rýb a produktov z nich. Biogénne amíny sú typ alifatických alebo heterocyklických nízko molekulárnych zlúčenín obsahujúcich dusík, ktoré sa prevažne produkujú dekarboxyláciou voľných aminokyselín prostredníctvom dekarboxylázy vylučovanej mikroorganizmami (Ma et al., 2021).

Nadmerný príjem BA môže poškodiť ľudský organizmus. Vzhľadom na rozdiely v toxicite jednotlivých typov BA, typu potravinového substrátu, individuálnych rozdieloch v náchylnosti spôsobených efektívnosťou detoxikačných systémov a interakcii medzi BA (napríklad synergický efekt medzi tyramínom a histamínom) je ťažké určiť jednotný maximálny limit pre príjem BA. V súčasnosti jediná legislatíva regulujúca BA v potravinách cieľi na histamín v rybách a jeho derivátoch (del Rio et al., 2023).

2-fenyletylamín pomáha pri regulácii krvného tlaku a eliminácii noradrenalinu v nervovom systéme. Pri vysokom obsahu v tele môže spôsobovať migrény (del Rio et al., 2020). Spermín a spermidín napomáhajú pri syntéze DNA a RNA. Vysoký obsah spermínu v tele môže zapríčiniť zníženie krvného tlaku a tak isto zapríčiniť nižšiu zrážanlivosť krvi. Vysoký obsah spermidínu môže zapríčiniť tvorbu nitrozamínov ktoré môžu pôsobiť karcinogénne (Royo et al., 2019).

MATERIÁL A METODIKA

Materiál

Vzorky sumca veľkého na analýzu boli zakúpené v čerstvom chladenom stave bez kože v obchodnej sieti Metro, v balení s hmotnosťou 3 kg. Filety boli pôvodom z Českej republiky.

Všetky chemikálie použité počas analýz boli analytickej kvality a pochádzali zo Slovenska, Nemecka Švédska a Francúzska, zakúpené boli od firmy Lambda Life, a.s. (Bratislava, Slovensko). Použila sa ultračistá voda, HCl, ($c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$), štandardový roztok, danzylchlorid, acetón, Na_2CO_3 , amoniak ($c = 10 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$), dietyléter a acetonitril.

Príprava vzoriek

Čerstvá vzorka určená na analýzu bola hneď v deň dodania lyofilizovaná. Ostatné vzorky boli spracované jednotlivými spôsobmi tepelnej úpravy resp. pripravené na zamrazenie a skladovanie. Mrazené filety boli vo vákuovaných vreckách uskladnené pri teplote -18°C po dobu jedného až troch mesiacov a následne boli lyofilizované. Filety s úpravou varením boli nakrájané do centrifugačných skúmaviek, uzavreté a vo vodnom kúpeli varené pri teplote 50°C po dobu 30 minút. Filety sterilizované pri teplote 120°C boli v sterilizačnom zariadení spracované (autoklávané) pri vyššom tlaku 60 minút. Vzorky boli umiestnené do centrifugačných skúmaviek, uzatvorené a vložené do sterilizátora, následne bol spustený celý proces sterilizácie. Vzorky ktoré boli upravené pečením boli po dobu 15 min tepelne ošetrené pri teplote 180°C v uzavretých vreckách na pečenie. Následne boli všetky tepelne upravené vzorky lyofilizované.

Stanovenie biogénnych amínov

Zásobný roztok zmesi jednotlivých štandardov biogénnych amínov bol pripravený rozpustením 40 mg jednotlivých štandardov v 100 ml ultračistej vody, pričom výsledná koncentrácia bola $400 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ pre každý štandard. Zmiešaný roztok štandardov sa zriedil 10x a výsledný roztok sa použil pre kalibračné účely. Kyselina chlorovodíková ($c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$) sa použila na extrakciu amínov z lyofilizátov vzoriek. Derivatizačné činidlo sa pripravilo rozpustením 50 mg danzylchloridu (DCI) v 10 ml acetónu. Ostatné roztoky pre analýzu boli nasýtený roztok Na_2CO_3 s pH prispôbeným na 11,2 s použitím hydroxidu sodného a roztok amoniaku s koncentráciou $10 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$, ktorý sa použil na ukončenie derivatizačného procesu.

Vzorky lyofilizátov sumca veľkého sa extrahovali a derivatizovali podľa metodiky popísanej v publikácii Jakabová et al. (2023). Lyofilizát sa navážil do polypropylénových centrifugačných skúmaviek v množstve $2,0 \pm 0,01 \text{ g}$. Vzorky sa extrahovali 25 ml roztokom kyseliny chlorovodíkovej ($c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$).

Vzorky sa zhomogenizovali v dezintegrátore a odstredili pri 6 000 otáčkach za minútu po dobu 10 minút pri 4°C .

Extrakt sa filtroval cez striekačkový filter PVDF ($0,22 \mu\text{m}$, 25 mm). Do centrifugačnej skúmavky sa pridal 1 ml extraktu a zneutralizoval sa pridaním 0,5 ml nasýteného roztoku Na_2CO_3 , po pretrepaní sa ku vzorke pridal 1 ml roztoku danzylchloridu, následne sa vzorky inkubovali v tme pri 40°C po dobu 60 min.

Po inkubácii sa derivatizácia ukončila pridaním 250 μl roztoku amoniaku ($c = 10 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$). Zmes sa pretrepávala 1 min. a potom sa nechala v pokoji 30 min. Ku zmesi sa pridali 2 ml dietyléteru a na extrahovanie derivatizovaných biogénnych amínov. Z vrchnej organickej fázy sa odobralo 1 800 μl

priamo do HPLC vialky. Dietyléter sa odparil pod prúdom dusíka a vzorky sa rekonštruovali pridaním 0,5 ml acetonitrilu. Následne sa priamo merali na HPLC.

HPLC separácia: meranie sa realizovalo na prístroji HPLC-DAD Agilent 1260 Infinity II (Agilent Technologies, Nemecko). Separácia prebehla pri gradientovej elúcii s mobilnými fázami H₂O a ACN na separačnej kolóne Zorbax Eclipse XDB C18 column 150 mm × 3,0 mm × 3,5 μm s predkolónou Agilent EC-C18 pre-column 30 mm × 4,6 mm × 2,7 μm pri prietoku 0,6 ml·min⁻¹. Zmes štandardov ako aj vzorky boli dávkané v objeme 3 μl.

Každá vzorka bola meraná 3 krát. Kvantifikácia vychádzala z údajov zberaných pri vlnovej dĺžke 254 nm. Koncentrácia amínov bola prepočítaná na jednotku mg·kg⁻¹ sušiny vzorky.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V tabuľke 1 uvádzame obsah 2-fenyletylamínu v jednotlivých vzorkách sumca veľkého. V čerstvej vzorke sa nenachádzal 2-fenyletylamín. V mrazených vzorkách sa taktiež nenachádzal detegovateľný obsah 2-fenyletylamínu. V tepelne upravenej vzorke pri teplote 50 °C počas 30 min nastal nárast na 10,43 mg·kg⁻¹ sušiny, pri teplote 120 °C počas 60 minút v sterilizačnom zariadení na 9,38 mg·kg⁻¹ sušiny a pri pečení pri teplote 180 °C počas 15 min na 10,11 mg·kg⁻¹ sušiny oproti pôvodnému nulovému obsahu. Nárast pri pečení je vysvetlený tým, že počas tepelného spracovania mohlo dôjsť k dekarboxylácii fenylalanínu, čo vedie k odstráneniu karboxylového kyslíka z fenylalanínu a tvorbe 2-PEA. Ďalej to mohlo byť ovplyvnené vznikom Maillardových reakcií, pri ktorých vznikajú aromatické zlúčeniny, medzi ktoré patrí aj 2-PEA. Okrem Maillardovej reakcie mohli byť počas tepelného spracovania prítomné aj ďalšie chemické reakcie. Tieto reakcie mohli zahŕňať rôzne rozklady alebo transformácie zložiek mäsa, ktoré vedú k tvorbe 2-PEA ako vedľajšieho produktu.

Vysoký obsah 2-fenyletylamínu môže spôsobiť hypertenziu a migrénu u konkrétnych pacientov, ktorí podstupujú liečbu inhibítorom monoamín oxidázy (Visciano et al., 2020). U 2-fenyletylamínu je odporúčaný horný referenčný limit 30 mg na kg hmotnosti jedinca. Autori zistili, že tymian a oregano môžu inhibovať tvorbu 2-fenyletylamínu a predĺžiť tak trvanlivosť filiet kapra (*Cyprinus carpio*) (Krížek et al., 2018). Ďalší autori zistili, že čajové polyfenoly významne inhibujú tvorbu biogénnych amínov pri namáčaní zamrznutých filiet kapra. Obsah BA vo vzorkách ošetrovaných čajovými polyfenolmi bol o 30–46 % nižší ako v kontrolných vzorkách (Dai et al., 2021)

Tabuľka 1: Obsah 2-fenyletylamínu vo vzorkách sumca veľkého po tepelných úpravách a v procese skladovania mrazením

Vzorka	mg·kg ⁻¹ SH	Smerodajná odchýlka
Sumec veľký čerstvý	0	0
Sumec veľký pri 50 °C 30 minút	10,43	0,76
Sumec veľký pri 120 °C 60 minút	10,11	0,12
Sumec veľký 180 °C 15 minút	9,38	0,12
Sumec veľký –18 °C 1 mesiac	0	0
Sumec veľký –18 °C 3 mesiace	0	0

V rámci štatistického hodnotenia sme sa zaoberali porovnávaním rôznych variant a identifikáciou štatisticky významných rozdielov v obsahu 2-fenyletylamínu u jednotlivých experimentálnych variant. Použili sme p-hodnoty na určenie úrovne štatistickej významnosti pre dané rozdiely. V kontexte vykonanej štatistickej analýzy sme nezaznamenali štatisticky významné rozdiely medzi vzorkou skladovanou v mrazničke počas jedného mesiaca a vzorkou skladovanou v mrazničke počas troch mesiacov pri teplote –18 °C. Toto

konštatovanie je založené na vyhodnotení p-hodnôt, ktoré nezodpovedajú stanoveným úrovniám štatistickej významnosti ($p > 0,05$). Konkrétne hodnoty sú uvedené v tabuľke 2.

Tabuľka 2: Štatistické vyhodnotenie obsahu 2-fenyletylamínu vo vzorkách sumca veľkého

Vzorka	SV čerstvý	SV 1M	SV 3M	SV 50 °C	SV 180 °C	SV 120 °C
Sumec veľký čerstvý		-	-	***	***	***
Sumec veľký 1 mesiac	1		-	***	***	***
Sumec veľký 3 mesiace	1	1		***	***	***
Sumec veľký 50 °C 30 minút	9,65E-13	9,65E-13	9,65E-13		-	*
Sumec veľký 180 °C 15 minút	1,23E-12	1,23E-12	1,23E-12	0,825E-12		-
Sumec veľký 120 °C 60 minút	2,08E-12	2,08E-12	2,08E-12	0,0175	0,1304	

Legenda: Číselné hodnoty vyjadrujú vypočítané p-hodnoty; štatisticky významné rozdiely: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

V tabuľke 3 uvádzame obsah spermidínu v jednotlivých vzorkách sumca veľkého. Pôvodný obsah spermidínu v čerstvej vzorke bolo 17,14 mg·kg⁻¹ sušiny. Pri mrazení počas -18 °C jedného mesiaca nastal 261 % nárast oproti pôvodnému obsahu spermidínu. Pri mrazení pri teplote -18 °C počas troch mesiacov nastal 436 % nárast oproti pôvodnému obsahu spermidínu. V tepelne upravenej vzorke pri teplote 50 °C 30 min nastal nárast o 493 %, pri teplote 120 °C počas 60 min v autokláve o 595 % a pri pečení pri 180 °C počas 15 min o 589 %.

Autori zistili, že opracovanie pri vysokom hydrostatickém tlaku znížili obsah spermidínu v sušenom haringu. Hoci ultravysokotlaková technológia dokáže do určitej miery kontrolovať BA vo vodných produktoch, často vyžaduje veľkorozmerné zariadenia, ktoré sú drahé a ovplyvňujú farbu, chuť a chuť vodných produktov (Doeun et al., 2016).

Tabuľka 3: Obsah spermidínu vo vzorkách sumca veľkého po tepelných úpravách a v procese skladovania mrazením

Vzorka	mg·kg ⁻¹ SH	Smerodajná odchýlka
Sumec veľký čerstvý	17,14	0,30
Sumec veľký pri 50 °C 30 minút	101,61	1,66
Sumec veľký pri 120 °C 60 minút	118,17	0,4
Sumec veľký 180 °C 15 minút	119,18	0,29
Sumec veľký -18 °C 1 mesiac	61,83	0,19
Sumec veľký -18 °C 3 mesiace	91,85	0,15

Z Tabuľky 4 vyplýva, že medzi varením rybiech filiet na 50 °C 30 min a pečením na 180 °C neexistuje štatisticky významný rozdiel. Úroveň *** ($p < 0,001$) medzi ostatnými variantmi signalizuje extrémnu úroveň významnosti, pri ktorých bol zistený rozdiel na mimoriadne nízkej hladine 0,001.

V tabuľke 5 uvádzame obsah sperminu vo všetkých vzorkách. Pôvodný obsah sperminu v čerstvej vzorke bol 9,46 g na 100 g sušiny. Pri mrazení pri teplote -18 °C počas 1 mesiaca nastal 316 % nárast oproti pôvodnému obsahu sperminu. Pri mrazení počas -18 °C 3 mesiace nastal 739 % nárast oproti pôvodnému obsahu sperminu. V tepelne upravenej vzorke pri teplote 50 °C 30 min nastal rapidný nárast o 1 723 %, pri teplote 120 °C počas 60 minút v autokláve o 623 % a pri pečení pri teplote 180 °C 15 minút nastal tiež rapidný nárast o 1 588 %. Počas mrazenia a tepelnej úpravy mäsa ryby mohlo dôjsť k uvoľňovaniu ornitínu a arginínu z tkanív mäsa a ich následnej dekarboxylácii na spermidín a spermin. Reakciami Maillardových zlúčenín medzi aminokyselinami a cukrami mohlo viesť k tvorbe rôznych zlúčenín, vrátane spermidínu a sperminu.

Zmeny pH taktiež mohli ovplyvniť aktivitu enzýmov a bakteriálnu činnosť, čo mohlo viesť k tvorbe spermidínu a sperminu.

Sanchez-Parra et al. (2022) zistili, že, spermidín klesal, keď sa čerstvý žltoplutvý tuniak a jeho suchý sušený produkt „mojama“, skladovali pri $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Z Tabuľky 6 vyplýva, že úroveň *** ($p < 0,001$) medzi všetkými variantami tepelnej úpravy existuje extrémna úroveň významnosti, pri ktorých bol zistený rozdiel na mimoriadne nízkej hladine 0,001.

Tabuľka 4: Štatistické vyhodnotenie obsahu spermidínu vo vzorkách sumca veľkého

Vzorka	SV čerstvý	SV 1M	SV 3M	SV 50 °C	SV 180 °C	SV 120 °C
Sumec veľký čerstvý				***	***	***
Sumec veľký 1 mesiac	3,03E-14			***	***	***
Sumec veľký 3 mesiace	2,81E-14	6,82E-13		***	*	*
Sumec veľký 50 °C 30 minút	2,81E-14	2,81E-14	1,45E-12		***	*
Sumec veľký 180 °C 15 minút	2,81E-14	2,81E-14	1,88E-12	0,7314		***
Sumec veľký 120 °C 60 minút	2,81E-14	4,74E-14	1,54E-07	1,39E-10	3,41E-10	

Legenda: Číselné hodnoty vyjadrujú vypočítané p -hodnoty; štatisticky významné rozdiely: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Tabuľka 5: Obsah sperminu vo vzorkách sumca veľkého po tepelných úpravách a v procese skladovania mrazením

Vzorka	mg·kg ⁻¹ SH	Smerodajná odchýlka
Sumec veľký čerstvý	9,46	0,12
Sumec veľký pri 50 °C 30 minút	172,45	0,87
Sumec veľký pri 120 °C 60 minút	159,68	1,06
Sumec veľký 180 °C 15 minút	68,37	1,09
Sumec veľký $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 1 mesiac	39,34	0,41
Sumec veľký $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 3 mesiace	79,4	0,41

Tabuľka 6: Štatistické vyhodnotenie obsahu sperminu vo vzorkách sumca veľkého

Vzorka	SV čerstvý	SV 1M	SV 3M	SV 50 °C	SV 180 °C	SV 120 °C
Sumec veľký čerstvý		-	-	***	***	***
Sumec veľký 1 mesiac	9,94E-13		-	***	***	***
Sumec veľký 3 mesiace	2,81E-14	6,10E-14		***	*	*
Sumec veľký 50 °C 30 minút	2,81E-14	1,25E-12	6,08E-08		***	*
Sumec veľký 180 °C 15 minút	2,81E-14	2,81E-14	2,81E-14	2,81E-14		***
Sumec veľký 120 °C 60 minút	2,81E-14	2,81E-14	2,81E-14	2,81E-14	1,19E-08	

Legenda: Číselné hodnoty vyjadrujú vypočítané p -hodnoty; štatisticky významné rozdiely: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

ZÁVER

V našej práci sme sa venovali sledovaniu zmien obsahov troch biogénnych amínov v mäse sumca veľkého v závislosti od spôsobu skladovania a fyzikálno-chemického opracovania. Analyzované boli konkrétne 2-fenyletylamín, spermidín a spermin vo vzorkách čerstvého mäsa, v mäse skladovanom pri $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ počas jedného a troch mesiacov a po rôznych spôsoboch tepelnej úpravy (varenie, sterilizácia a pečenie).

Výsledky ukázali, že 2-fenyletylamín nebol detegovaný v čerstvých ani mrazených vzorkách, zatiaľ čo po tepelnom opracovaní došlo k jeho tvorbe. Najvyššie hodnoty boli zaznamenané po varení a pečení.

Spermidín bol prítomný vo všetkých analyzovaných vzorkách, pričom jeho obsah významne narastal vplyvom mrazenia aj tepelného opracovania. Najvyššie hodnoty boli zaznamenané pri pečení a sterilizácii. Podobný trend bol pozorovaný aj pri spermine, ktorého obsah sa výrazne zvýšil najmä po varení pri 50 °C.

Na základe štatistického vyhodnotenia môžeme konštatovať, že spôsob tepelnej úpravy má významný vplyv na obsah týchto biogénnych amínov, zatiaľ čo rozdiely medzi jednotlivými dobami mrazenia neboli vždy štatisticky významné.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-22-0402.

LITERATÚRA

del Rio, B., Fernandez, M., Redruello, B., Ladero, V., Alvarez, M. A. (2023): New insights into the toxicological effects of dietary biogenic amines. *Food Chemistry*, 435, Article 137558. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137558>

Doeun, D., Shin, H. S., Chung, M. S. (2016): Effects of storage temperatures, vacuum packaging, and high hydrostatic pressure treatment on the formation of biogenic amines in Gwamegi. *Applied Biological Chemistry*, 59(1), 51–58. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13765-015-0128-5>

Jakabová, S., Árvay, J., Benešová, L., Zajác, P., Čapla, J., Čurlej, J., Golian, J. (2023): Evaluation of biogenic amines in goat and sheep cheeses of Slovak origin. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 13(2), e10000. Dostupné z: <https://doi.org/10.55251/jmbfs.10000>

Krizek, M., Dadakova, E., Vacha, F., Pelikanova, T., Matejkova, K. (2018): The effects of two essential oil and UV-light irradiation treatments on the formation of biogenic amines in vacuum packed fillets of carp (*Cyprinus carpio*). *LWT – Food Science and Technology*, 95, 268–273. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.097>

Ma, X., Bi, J., Li, X., Zhang, G., Hao, H., Hou, H. (2021): Contribution of microorganisms to biogenic amine accumulation during fish sauce fermentation and screening of novel starters. *Foods*, 10(11), 2572. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods10112572>

Sanchez-Parra, M., Lopez, A., Munoz-Redondo, J. M., Montenegro-Gomez, J. C., Perez Aparicio, J., Pereira-Caro, G. (2022): Study of the influence of the fishing season and the storage temperature in the fishing vessel on the biogenic amine and volatile profiles in fresh yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and dry-cured mojama. *Journal of Food Composition and Analysis*, 114, Article 104845. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104845>

Royo, J. L., Castellano-Castillo, D., Ruiz-Galdon, M., Molina-Vega, M., Cardona, F., Tinahones, F. J., et al. (2019): Monoamino oxidase alleles correlate with the presence of essential hypertension among hypogonadic patients. *Molecular Genetics and Genomic Medicine*, 8(1), Article e1040. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/mgg3.1040>

Visciano, P., Schirone, M., Paparella, A. (2020): An overview of histamine and other biogenic amines in fish and fish products. *Foods*, 9(12), E1795. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods9121795>

Kontaktná adresa: prof. Ing. Jozef Golian, Dr., Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: jozef.golian@uniag.sk

**VYUŽITIE RAKYTNÍKA REŠETLIAKOVÉHO PRI VÝROBE POTRAVÍN
S PRIDANOU HODNOTOU A PROCESNÉ ZMENY VYBRANÝCH
BIOAKTÍVNYCH LÁTOK S TÝM SÚVISIACE**

**USE OF SEA BUCKTHORN IN THE PRODUCTION OF VALUE-ADDED FOOD
AND RELATED PROCESS CHANGES OF SELECTED BIOACTIVE SUBSTANCES**

**Andrea Mendelová¹ – Ľubomír Mendel² – Jozef Golian¹ – Lucia Zelenáková¹
Miriam Solgajová¹ – Anna Kolesárová¹**

**¹ Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva,
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko**

**² Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum,
Výskumný ústav rastlinnej výroby, Bratislavská 122, 921 01 Piešťany, Slovensko**

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0245>



ABSTRAKT

Rakytník rešetliakový, ktorý sa vyznačuje obsahom širokého spektra bioaktívnych látok, je veľmi vhodnou surovinou na výrobu potravín s pridanou hodnotou. V našej práci sme sa zamerali na výrobu rakytníkových džemov s rôznym podielom rakytníkovej šťavy. V džemoch sme sa hodnotili obsah celkových karotenoidov a polyfenolov. Zistili sme, že obsah celkových karotenoidov sa v džemoch pohyboval v hodnotách 0,53–8,43 mg·100 g⁻¹ sušiny a obsah celkových polyfenolov 65,2–551,69 mg GAE·100 g⁻¹ sušiny. V procese spracovania základného polotovaru, ktorým bol jablkovo-rakytníkový pretlak nastal výrazný pokles obsahu oboch sledovaných zložiek. Pokles obsahu celkových karotenoidov bol 77,45–79,6 % a pokles obsahu celkových polyfenolov 79,82–83,17 %. Mierne nižšie hodnoty poklesu sme zaznamenali vo výrobkoch s vyšším podielom rakytníka.

Kľúčové slová: rakytník rešetliakový, džem, karotenoidy, polyfenoly, procesné zmeny

ABSTRACT

Sea buckthorn, which is characterized by the content of a wide range of bioactive substances, is a very suitable raw material to produce food with added value. In our work, we focused on the production of sea buckthorn jams with different proportions of sea buckthorn juice. In jams, we focused on evaluating the content of total carotenoids and polyphenols. We found that the content of total carotenoids in jams ranged from 0.53 to 8.43 mg·100 g⁻¹ dry matter and the content of total polyphenols from 65.2 to 551.69 mg GAE·100 g⁻¹ dry matter. In the process of processing the basic semi-finished product, which was apple-sea buckthorn puree, there was a significant decrease in the content of both monitored components. The decrease in the content of total carotenoids was 77.45 to 79.6% and the decrease in the content of total polyphenols was 79.82 to 83.17%. We recorded a slightly lower decrease in values in products with a higher proportion of sea buckthorn.

Keywords: sea buckthorn, jam, carotenoids, polyphenols, process changes

ÚVOD

Rakytník rešetliakový je celosvetovo známy ako liečivá, okrasná a úžitková rastlina, s vysokým obsahom vitamínov, flavonoidov, karotenoidov, minerálnych látok a ďalších biologicky cenných látok, najmä v plodoch ale i iných častiach rastliny. Z tohto dôvodu má rakytník značný hospodársky význam a široký potenciál využitia. Plody sú všestrannou surovinou v potravinárskom priemysle, dajú sa spracovať na celý

rad nealkoholických nápojov, sušené plody a výlisky, lyofilizovaný rakytníkový prášok, sirupy, nátierky ale i víno, pivo, pálenku a olej, a v primeranom množstve sa začleňuje do širokej škály výrobkov ako napríklad med, čokoláda, müsli tyčinky či raňajkové kaše (Ciesarová et al., 2020; Zhang et al., 2023). Rakytník sa po celom svete využíva na výrobu približne tisícky potravín. V Číne je oficiálne registrovaných viac ako 1500 spoločností, ktoré sa zaoberajú výrobou potravinárskych produktov na báze rakytníka (Chen et al., 2023). V Pakistane sa plody sušia na komerčné účely, pričom kôra a konáre sa následne využívajú ako palivo v zimných mesiacoch (Nawaz et al., 2019). Počas olympijských hier v roku 1992 v Soule boli osviežujúce nápoje z rakytníka oficiálnym nápojom čínskych športovcov. Do svojich jedál rakytník pridávali aj indickí vojaci, ktorí pracovali pri extrémne nízkych teplotách (Gâtlan a Gutt, 2021). Šťava z rakytníka sa teší obľube v Nemecku i v krajinách Škandinávie. V oblasti Mongolska sa využíva na výrobu rôznych nápojov, ktoré sú veľmi populárne (Mei et al., 2023). Šťava z rakytníka je vyhľadávaným produktom a slúži aj ako základná zložka na ďalšie spracovanie, napríklad na výrobu sirupu. Výživová hodnota šťavy a sirupu závisí od špecifických metód spracovania a použitých výrobných technológií (Verbeyst et al., 2013).

Belcar a Gorzelany (2022) predstavili inovatívny prístup k diverzifikácii sortimentu potravín a zvýšeniu výživovej hodnoty pšeničného piva pridaním odtučnenej rakytníkovej šťavy. Výrobný proces zahŕňal použitie pšenice ozimnej a prídavok 5 % a 10 % rakytníkovej šťavy do produktu počas fermentácie. Senzorické hodnotenia ukázali, že pšeničné piva obohatené o 5 % rakytníkovej šťavy boli medzi spotrebiteľmi dobre hodnotené vďaka ich jemnejšej ale osviežujúcej chuti a zaujímavej vôni. Výsledky fyzikálno-chemických analýz ukázali, že pšeničné piva s rakytníkovou šťavou vykazovali zvýšenú kyslosť v porovnaní s kontrolnými vzorkami, výrazný nárast polyfenolov v rozmedzí od 249,7 do 274,1 mg GAE·l⁻¹ (GAE – ekvivalent kyseliny gálovej) a zvýšenie antioxidačnej aktivity. Ďalej autori zistili prítomnosť kyseliny askorbovej v produktoch (2,5–4,5 mg·100 ml⁻¹) a flavónových glykozidov. Z tejto štúdie vyplýva, že v pivovarníckom priemysle by sa potenciálne mohol objaviť nový trend v podobe pšeničného piva obohateného o rakytníkovú šťavu v objeme do 5 %.

Vedľajší produkt, ktorý vznikne pri extrakcii šťavy z rakytníka, sú rakytníkové výlisky. V súčasnosti sa časť rakytníkových výliskov používa ako krmivo pre zvieratá alebo likviduje, najmä z dôvodu nedostatočnej spracovateľskej infraštruktúry (Husain et al., 2018; Wu et al., 2024). Produkcia takéhoto odpadu v potravinárskom priemysle vedie nielen k strate cenných zdrojov, ale predstavuje aj značné ekonomické a environmentálne výzvy. V záujme minimalizácie odpadu a zvyšovania nutričnej hodnoty potravín Stanciu et al. (2023) experimentovali so začlenením rakytníkových výliskov do výrobného procesu pekárenských výrobkov. V rámci svojho výskumu použili tri rôzne odrody rakytníka a výlisky zmiešali s pšeničnou múkou v množstve 6, 8 a 10 % s cieľom vytvoriť funkčný chlieb. Autori zistili, že výsledné produkty boli bohatým zdrojom vlákniny, bielkovín a lipidov, pričom vykazovali nižšiu energetickú hodnotu v porovnaní s kontrolnou vzorkou. Autori ďalej poukázali na silné antioxidačné a antimikrobiálne vlastnosti, ktoré sa zvyšovali s prídavkom rakytníkových výliskov. Mikrobiologické hodnotenia odhalili, že prídavok výliskov v množstve 6 % predĺžil trvanlivosť chleba o 24 hodín, zatiaľ čo prídavok 8 % až o 97–120 hodín. Mnohé štúdie naznačili, že rastlinné extrakty bohaté na polyfenoly majú potenciál inhibovať rozmnožovanie patogénnych baktérií a húb. Výsledky senzorickej analýzy ukázali, že spotrebitelia preferovali chlieb s prídavkom 6 % a 8 % rakytníkových výliskov. Tieto chleby sa vyznačovali sviežou vôňou, svetlou kôrkou, dobre vyvinutou pórovitosťou a pružnou striedkou. Chleby s vyšším podielom rakytníkových výliskov už vykazovali výraznú kyslú a horkú chuť, silnú rakytníkovú vôňu a mali menej pórovitú striedku (Manso et al., 2022; Stanciu et al., 2023).

Mliečne výrobky, najmä jogurty, sa v poslednom období stali kľúčovou zložkou ľudskej stravy. V dôsledku toho sa výrobcovia mliečnych výrobkov snažia uspokojiť súčasné požiadavky a preferencie spotrebiteľov a rozšíriť sortimentovú škálu. Za týmto účelom Brodziak et al. (2021) vyrábali jogurty s prídavkom

rakytníkovej peny v množstve 5 % a jogurtových kultúr (*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis* a *Streptococcus thermophilus*). V porovnaní s kontrolnou vzorkou sa jogurt s rakytníkom vyznačoval vyšším obsahom sušiny vrátane celkových bielkovín, tuku a kyseliny mliečnej. Z mikrobiologického hľadiska sa počas 21 dní skladovania nezaznamenal rast žiadnych koliformných baktérií či ich spór. Zo senzorického hľadiska bol jogurt s prídavkom rakytníkovej peny dobre akceptovaný hodnotiacou komisiou.

Zpracovanie bobúľ rakytníka skúmali aj Terpou et al. (2017), pričom sušené plody použili ako imobilizačný nosič probiotického kmeňa *Lactobacillus casei* pri výrobe syra typu feta. V porovnaní so syrom vyrobeným bez nosiča probiotických kmeňov, v syre obsahujúcom rakytník autori potvrdili zvýšenie počtov probiotických baktérií. Okrem toho sa pridaním rakytníka do syrov dosiahlo zlepšenie fyzikálno-chemických vlastností, kyslá chuť plodov sa efektívne zamaskovala, zvýšila sa aróma a mikrobiologická bezpečnosť syrov.

V súčasnosti veľkou výzvou pre potravinársky priemysel je vývoj vegánskych produktov s vysokou výživovou hodnotou, funkčnosťou a senzorickou príťažlivosťou. Tento trend podporuje rastúci celosvetový počet vegánov, ktorý v roku 2023 dosiahol predstavuje približne 1,1 % svetovej populácie. Kvôli tomu sa Maftai et al. (2023) vo svojom výskume zamerali na vývoj nápojov na báze sójového mlieka, rakytníkového sirupu, inulínu a probiotických baktérií *Lactobacillus casei* ssp. *paracasei*. Výsledky autorov naznačujú, že prášok z rakytníka a inulín priaznivo ovplyvnili reologické a chuťové vlastnosti nápoja. Záverom autori konštatovali, že vytvorenie symbiotických nápojov s prídavkom 20 % rakytníkového sirupu, ktoré spájajú zdravotné výhody prebiotík a probiotík, sú značným prísľubom pre nápojový priemysel.

Cieľom práce bolo navrhnúť receptúru a pripraviť rakytníkový džem s rôznym podielom rakytníka, pripravené vzorky zhodnotiť senzoricky, vo vzorkách zanalyzovať obsah celkových karotenoidov a polyfenolov a sledovať ich zmeny v procese spracovania.

MATERIÁL A METODIKA

V práci sme použili šťavu z rakytníka, ktorá pozostávala zo zmesi odrôd Leikora a Askola, ktoré boli zabezpečené z poľnohospodárskeho družstva v Tvrdošovciach, ktoré podľa dostupných informácií pestuje rakytník na ploche 12,5 ha. Obec Tvrdošovce sa nachádza v geomorfologickom celku Podunajská pahorkatina. Toto územie je súčasťou Podunajskej nížiny, Žitavskej pahorkatiny, ktorá je súčasťou Podunajskej vrchoviny. Centrálny bod obce sa nachádza v nadmorskej výške 120 m n. m. Z klimatického hľadiska sa región zaraďuje do mierne vlhkej až suchej ale teplej oblasti. Priemerná ročná teplota v regióne je na úrovni 9–10 °C. Oblasť sa podľa priemerného ročného úhrnu zrážok vyznačuje podpriemernými až nízkymi zrážkami, ktorých množstvo sa pohybuje od 500–550 mm. V tejto zemepisnej oblasti prevládajú prevažne severozápadné a juhovýchodné vetry, ale zriedkavo aj vetry z východu a severu. Z pohľadu pôdných druhov prevláda najmä černoziem, čiernica a hnedozem s vysokou produkčnou schopnosťou. Pri posudzovaní zrnitosti sú to prevažne piesočnato-hlinité až ílovité pôdy.

Odroda Leikora pochádza z Nemecka, je známa svojou odolnosťou voči rezu a mrazuvzdornosťou. Plody úplnú zrelosť dosahujú koncom septembra a na začiatku októbra, sú oválne, kyslasté plodov a majú žiarivo oranžový odtieň. Priemerná hmotnosť plodu je približne 0,65 g. Odroda Askola je rovnako nemecká odroda, ktorá vykazuje pozoruhodnú odolnosť voči mrazivému prostrediu, je schopná tolerovať teploty až do –40 °C. Plody, ktoré dozrievajú začiatkom septembra, sú stredne veľké, majú oválny až valcovitý tvar, s tmavooranžovým odtieňom. Priemerná hmotnosť plodu je 0,36 g (Komžík, 2021).

Okrem rakytníka sme v práci použili aj pretlak z jablák odrody Gala. Odroda Gala vznikla krížením odrôd Golden Delicious s Kidd's Orange Red. Patrí k odrodám, ktoré produkujú malé až stredne veľké plody s okrúhlym až kužeľovitým tvarom s priemerom 5–7 cm. Šupka má stredne pevnú štruktúru, základná farba

je žltá pokrytá červenými pruhmi. Dužina sa vyznačuje žltou farbou, pevnou chrumkavou štruktúrou, plody sú aromatické a majú príjemnú sladkú chuť.

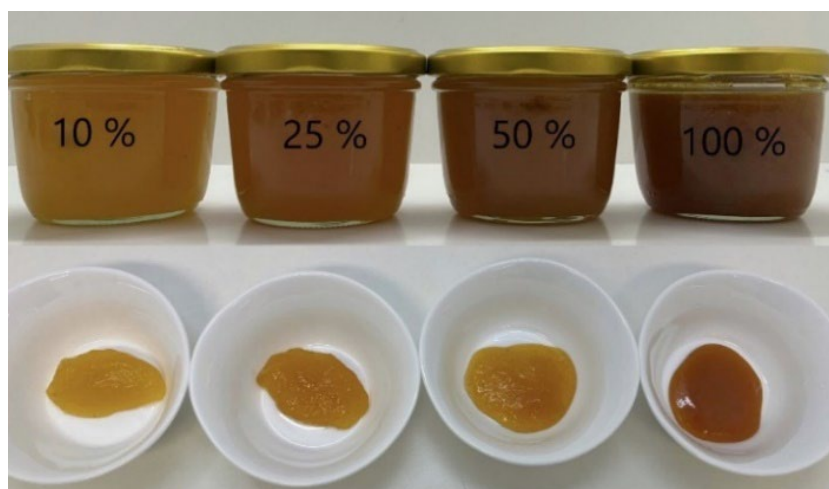
Z rakytníka rešetliakového sme ako základný polotovár pripravili rakytníkovú šťavu. Proces zberu spočíval v odrezaní letorastov, na ktorých sa nachádzali zrelé plody. Letorasty sme následne zmrazili pri teplote $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pred lisovaním sme ich oddelili od letorastov v zmrazenom stave. Plody sme následne vylisovali na automatickom lise Multipress Automatic MP80 (Braun, Nemecko), získanú šťavu sme precedili cez sito s cieľom odstránenia nežiadúcich mechanických prímiesí. V rakytníkovej šťave sme stanovili ukazovatele základného chemického zloženia a celkový obsah polyfenolov a karotenoidov.

Jablká sme používali vo forme jablkového pretlaku. Umyté a na štvrtiny rozdelené plody sme tepelne ošetrili vo vodnom kúpeli pri teplote $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu 2 minút, následne sme plody ochladili studenou vodou a pasírovali pomocou pasírky Robot Cube C80 (Robot Coupe, Francúzsko) na sitách s otvormi 0,5 mm.

Rakytníkové džemy s rôznym podielom rakytníkovej šťavy sme vyrobili v zmysle Vyhlášky 44/2012 Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR o ovocných džemoch, rôsoloch, marmeládach a sladenom gaštanovom pyrė v kvalitatívne triede Extra džem, čo znamená že podiel ovocia v 1 kg konečného výrobku musí byť minimálne 350 gramov. Podľa vyhlášky 44/2012 musí mať hotový výrobok minimálny obsah refraktometrickej sušiny 60 %. Obsah kyselín nie je normou stanovený, jeho prídavok sa určuje na základe senzorickeho posúdenia výrobku. Džem sme pripravili s obsahom rakytníkovej šťavy 10 %, 25 %, 50 % a 100 %, zvyšný podiel ovocia tvoril jablkový pretlak. Ako pomocné suroviny sme použili sacharózu a pektín. Vzhľadom na vyšší obsah organických kyselín v ovocí sme kyselinu citrónovú nepridávali. Receptúry džemov sme vypočítali ako hmotnostnú bilanciu cukornej sušiny a ovocných zložiek. Pri výpočte receptúry sme vychádzali z výslednej refraktometrickej sušiny výrobku (60 %) a množstva použitej sacharózy (530 g), pričom zároveň sme museli splniť požiadavku minimálneho podielu ovocnej zložky vo výrobku (tab. 1, obr. 1).

Tabuľka 1: Receptúra rakytníkových džemov

Vzorka džemu	Sacharóza [g]	Ovocný pretlak [g]
100 % rakytník	530	673
50 % rakytník + 50 % jablká	530	574
25 % rakytník + 75 % jablká	530	549
10 % rakytník + 90 % jablká	530	515



Obrázok 1: Rakytníkové džemy s rôznym podielom rakytníka rešetliakového (foto autor)

Var džemov prebiehala v nádobe s veľkou výhrevnou plochou, aby bol proces varu dostatočne plynulý. Proces varu prebiehal v dvoch fázach. V prvej fáze sme ovocnú zložku priviedli do varu bez prídavku cukru. V priebehu varu by sa mala odpariť prevažná časť prebytočnej vody a sušina ovocnej dužiny zahustiť na minimálne 18–20 %. V závere prvej fázy výroby sme k čiastočne zahustenej ovocnej zložke pridali pektín zmiešaný s cukrom v množstve 20 gramov na 1 kilogram výrobku. V druhej fáze varu sme pridali sacharózu. V našom výrobnom procese sme var ukončili na základe kontroly teploty výrobku (103 °C) a vykonaním rýchlej skúšky rôsolovania.

V pripravených džemoch sme stanovovali rozpustnú sušinu, celkové cukry, celkové kyseliny, obsah celkových karotenoidov a polyfenolov.

Na stanovenie obsahu celkových cukrov a organických kyselín sme využili analyzátor ALPHA Bruker Optik GMBH. Analyzátor ALPHA slúži pre rýchlu analýzu ovocných a zeleninových štiav, muštov a vín metódou infračervenej spektroskopie, ktorá je založená na interakcii elektromagnetického žiarenia z infračervenej oblasti s molekulou alebo časťou molekuly. Na analýzu sme použili prefiltrovanú a odstredenú šťavu z ovocnej drene a extrakty z ovocných džemov.

Stanovovanie celkového obsahu polyfenolov sme uskutočnili metódou s Folin – Ciocalteu činidlom. Princíp metódy je založený na reakcii činidla s polyfenolmi obsiahnutými v analyzovanej vzorke za vzniku modrého komplexu. Intenzita modrého sfarbenia je priamo úmerná obsahu prítomných polyfenolov. Celkový obsah polyfenolov sa vyhodnotí spektrofotometricky pri vlnovej dĺžke 700 nm (Lachman et al., 2003). Obsah celkových polyfenolov sme vypočítali z kalibračnej krivky kyseliny gallovej o koncentrácii 50–800 mg·l⁻¹.

Stanovenie obsahu celkových karotenoidov sme uskutočnili podľa metodiky Hegedúsová, Mezeyová, Andrejiová (2016). Príprava vzorky pozostávala z homogenizácie vzoriek, ich rozotieraní s morským pieskom a acetónom do úplného uvoľnenia farbív zo vzoriek. Získaný acetónový extrakt s extrahovanými karoténmi sme opakovane pretrepávali s petroléterom. Za pomoci destilovanej vody prebiehalo fázovanie vrstiev zamerané na odstránenie zvyšku acetónu. Následne sme petroléterovú fázu nasýtenú karoténmi vysušili síranom sodným bezvodým. Absorbancia vzoriek sa kvantitatívne stanovila pri vlnovej dĺžke 450 nm pomocou spektrofotometra.

Senzorické hodnotenie vykonala šesťčlenná komisia, pričom sa použila deväťbodová hedonická stupnica. Vzorky boli hodnotené na základe kvalitatívnych vlastností vrátane ich vizuálneho vzhľadu, vône, textúry, chuti a celkového zážitku po konzumácii.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Rakytník a rakytníková šťava sa vyznačuje mnohými zdravotnými výhodami a aj napriek svojej kyslosti a trpkosti je veľmi sľubnou surovinou pre vývoj inovatívnych potravín. Pre lepšiu prijateľnosť výrobkov spotrebiteľmi, je nevyhnutné vyvážiť prirodzenú kyslosť charakteristickú pre rakytník. Aby sme v našich produktoch dosiahli uvedenú rovnováhu a zvýšili senzorickú príťažlivosť rakytníkových džemov, rozhodli sme sa zmiešať rakytníkovú šťavu a jablkový pretlak pomeroch 100:0, 50:50, 25:75, 10:90.

Džemy sa v závislosti od podielu rakytníkovej zložky vyznačovali rôznou farebnou škálou od slabo-žltej po intenzívnu oranžovú až jemne hnedú. Použitie jablkového pretlaku zjemnilo chuťové vlastnosti a zlepšilo intenzívnu ostrú vôňu rakytníkovej šťavy, ktorá prevládala v 100% džemoch. Senzorické hodnotenie poukázalo na dobrú akceptovateľnosť výrobkov aj s vyšším podielom rakytníka, ako najlepšie boli hodnotené rakytníkové džemy s 50% podielom rakytníka (tab. 2).

Tabuľka 2: Hodnotenie senzorickej kvality rakytníkových džemov

Vzorka džemu	Vzhľad	Vôňa	Konzistencia	Chuť	Celkový dojem	Priemerný počet bodov
10 % rakytník + 90 % jablko	4,6	4,3	6,3	6	6	5,44
25 % rakytník + 75 % jablko	5,5	4,6	6,3	6,3	5,8	5,70
50 % rakytník + 50 % jablko	7,1	5,5	5,6	6,6	6,6	6,28
100 % rakytník	5,6	4,6	6	4,8	5,1	5,22

Geertsen, Holm, Giacalone (2016) uskutočnili výskum zameraný na vnímanie inovatívnych nápojov pripravených z rakytníka rešetliakového zo strany dánskych spotrebiteľov. Experimentovalo sa s rôznymi koncentraciami rakytníkovej šťavy, ktorá bola zmiešaná s ďalšími prísadami ako sú hrušky, jablká, červená repa, červené ribezle, šípky, arónia, fenikel a med. Autori dospeli k záveru, že z hľadiska celkovej prijateľnosti boli vyvíjané nápoje pozitívne prijaté a vykazovali porovnateľnú popularitu s komerčne dostupnými šťavami.

Tabuľka 3: Chemické zloženie rakytníkových džemov s prídavkom jablkového pretlaku v rôznych pomeroch

Vzorka džemu	Celková sušina [%]	Rozpustná sušina [°Brix]	Celkové cukry [g·100 g ⁻¹ ČH]	Celkové kyseliny [g·100 g ⁻¹ ČH]	Celkové karotenoidy [mg·100 g ⁻¹ ČH]	Celkové polyfenoly [mg GAE·100 g ⁻¹ ČH]
100 % rakytník	65,45	63,2	54,6	1,71	5,52	361,08
50 % rakytník + 50 % jablko	62,46	61,7	55,3	1,02	1,74	133,05
25 % rakytník + 75 % jablko	63,07	62,1	55,7	0,68	0,78	81,36
10 % rakytník + 90 % jablko	62,31	61,4	55,9	0,57	0,33	40,68

Legenda: ČH – čerstvá hmota

Obsah celkovej sušiny v rakytníkových džemoch sa pohyboval od 62,31 do 65,45 %. Celková sušina výrobkov je tvorená predovšetkým cukrami. Cukry, ktoré sú obsiahnuté v džemoch reprezentujú prirodzené cukry prítomné v ovocí a pridaný cukor, ktorý je dôležitou konzervačnou látkou. Pomer týchto cukrov sa líši podľa druhu ovocia a jeho zrelosti. Celkový obsah cukru v rakytníkových džemoch sa pohyboval od 54,6 do 55,9 g·100 g⁻¹ ČH. Tento obsah je nižší v porovnaní s obsahom cukru v jablkovom džeme (69,12 g·100 g⁻¹ ČH), broskyňovom džeme (69,14 g·100 g⁻¹ ČH) a ananášovom džeme (72,42 g·100 g⁻¹ ČH), ako uvádzajú Jaiswal, Patel a Naik (2015). Rozpustná sušina v džemoch sa pohybovala od 61,4 do 63,2 °Brix. Z hľadiska celkovej kyslosti je jednoznačne vidieť nárast kyslosti so zvyšujúcim sa prídavkom rakytníka a to v rozpätí 0,57–1,71 g·100 g⁻¹ ČH. Tieto hodnoty sa zhodujú s hodnotami, ktoré uvádzajú Marszałek, Lipowski a Skapska (2014) pre rôzne miešané rakytníkové džemy – rakytníkovo-jablkový (0,86 %), rakytníkovo-egrešový (1,30 %), rakytníkovo-malinový (1,16 %) a rakytníkovo-jahodový (1,00 %).

Tabuľka 4: Procesné zmeny obsahu polyfenolov a karotenoidov v džemoch

Pomer rakytník: jablko (%)	Vzorka	Celkové karotenoidy [mg·100 g ⁻¹ SH]	Úbytok karotenoidov v džemoch [%]	Celkové polyfenoly [mg GAE·100 g ⁻¹ SH]	Úbytok polyfenolov v džemoch [%]
100 % rakytník	pretlak	55,57	77,45	4062,96	79,82
	džem	8,43		551,69	
50 % rakytník + 50 % jablko	pretlak	23,42	79,27	2023,11	81,66
	džem	2,79		213,02	
25 % rakytník + 75 % jablko	pretlak	11,18	79,36	1338,74	82,45
	džem	1,24		128,99	
10 % rakytník + 90 % jablko	pretlak	4,35	79,68	753,12	83,17
	džem	0,53		65,29	

Legenda: Pretlak – zmes rakytníkovej šťavy a jablkového pretlaku, SH – sušina výrobku

Ako napovedá tabuľka 4 celkový obsah polyfenolov bol najvyšší v džemoch pripravených zo 100 % rakytníkovej šťavy (551,69 mg GAE·100 g⁻¹ SH) a najnižší obsah bol v džemoch s prídavkom 10 % rakytníkovej šťavy (65,29 mg GAE·100 g⁻¹ SH). Celkový obsah karotenoidov sa pohyboval v rakytníkových džemoch od 0,53–8,43 mg·100 g⁻¹ SH, so stúpajúcim podielom rakytníkovej šťavy stúpaj aj obsah celkových karotenoidov. Počas spracovania ovocia na džemy došlo k priemernému percentuálnemu zníženiu obsahu karotenoidov o 77,45–79,6 %. V 100% rakytníkovom džeme sa po zohľadnení navážky ovocia na 100 g hotového výrobku zachovalo 22,55 % celkových karotenoidov. Čo sa týka celkového obsahu polyfenolov zistili sme, že v produktoch došlo k poklesu obsahu celkových polyfenolov o 79,82–83,17 %. V 100% rakytníkovom džeme sa po zohľadnení navážky ovocia na 100 g hotového výrobku zachovalo 20,18 % celkových polyfenolov. Všeobecne môžeme konštatovať, že so zvyšujúcim sa podielom rakytníkovej šťavy sa nepatrne zvyšovala stabilita celkových karotenoidov a polyfenolov.

Karotenoidy boli preskúvané vo viacerých modelových systémoch a rovnako boli identifikované faktory, ktoré ovplyvňujú ich stabilitu. Medzi tieto faktory patrí typ a fyzikálna forma karotenoidov, prítomnosť kyslíka a kovov v surovine, vystavenie svetlu, intenzita tepelného spracovania a teplota skladovania. Z uvedených príčin je preto stabilita karotenoidov v potravinách veľmi rozdielna (Atencio et al., 2022). Karotenoidy sú v dôsledku prítomnosti dvojitych väzieb vo svojom uhlíkovom reťazci náchylné na izomerizáciu (*cis*; *trans*) a oxidáciu (Provesi, Dias, Amante, 2011).

Rababah et al. (2011) zistili, že tepelné ošetrenie pri výrobe jahodových, čerešňových, marhuľových, figových a pomarančových džemov zapríčinilo výrazný úbytok celkových polyfenolov až 93 %, 88 %, 72 %, 69 %. Dôvodom môže byť zníženie celkového obsahu kyseliny elagovej a tiež narušenie bunkovej štruktúry počas spracovania.

V džemoch z čiernych ríbezlí, čučoriedok a čiernych malín sa zistila strata celkových polyfenolov 26 %, 49 % a 80 % v porovnaní s čerstvým ovocím (Savikin et al., 2009).

Obsah celkových polyfenolov v ovocných nátierkach sledovali aj Jaiswal et al. (2015). Najvyšší obsah celkových polyfenolov zistili v džeme pripravenom z plodov *Syzygium cumini* s obsahom polyfenolov (5,58 mg GAE·100 g⁻¹ ČH), potom nasledoval broskyňový džem (4,40 mg GAE·100 g⁻¹ ČH), džem zo zmiešaného ovocia (4,16 mg GAE·100 g⁻¹ ČH), mangový džem (2,56 mg GAE·100 g⁻¹ ČH) a nakoniec s najnižším obsahom ananášový džem (1,98 mg GAE·100 g⁻¹ ČH). V porovnaní s našimi výsledkami, aj pri prídavku 10 % rakytníka a driená sa zachoval v džemoch vyšší obsah polyfenolov. Môžeme potvrdiť, že v našom výskume pripravený 100% rakytníkový džem v porovnaní s džemom z plodov *Syzygium cumini* obsahuje 12,95 krát viac polyfenolov.

Z uvedených výskumov vyplýva, že tepelné spracovanie má negatívny vplyv na celkový obsah polyfenolov, pričom percentuálny úbytok kolíše v závislosti od druhu ovocia, odrody ovocia a zloženia džemu a technológie prípravy. Vysokotlaková technológia výroby džemov sa ukazuje ako sľubná náhrada tepelného spracovania, ktorá zabezpečuje mikrobiologickú bezpečnosť, ale aj zachovanie bioaktívnych zložiek potravinárskych výrobkov. Počas výskumu Sravani et al. (2017) porovnávali jahodové džemy vyrobené vysokotlakovou technológiou a konvenčnou varnou metódou. Zo zistených výsledkov vyplynulo, že džemy spracované pod tlakom 200–600 MPa v priebehu 30 minút pri teplote 50 °C mali celkový obsah fenolov v rozmedzí od 47,64 do 48,56 mg GAE·100 g⁻¹ SH, a zaznamenal sa len 9 % úbytok fenolov v porovnaní s čerstvými jahodami. Na druhej strane jahodové džemy vyrobené konvenčnou metódou obsahovali 31,19 mg GAE·100 g⁻¹ SH, čo svedčí o 40 % poklese polyfenolických zlúčenín. Výraznú degradáciu autori pozorovali aj v obsahu antokyánov, pričom džemy pripravené klasickou metódou mali o 23 % nižší obsah antokyánov.

ZÁVER

V poslednom období zaznamenáva potravinársky priemysel zvyšujúci sa dopyt po inovatívnych potravinách s pridanou hodnotou. Veľmi vhodnou surovinou na výrobu takýchto potravín je aj rakytník rešetliakový, ktorý sa vyznačuje obsahom širokého spektra bioaktívnych látok. V našej práci sme sa zamerali na výrobu rakytníkových džemov s rôznym podielom rakytníkovej šťavy. Po senzorickej stránke konzumenti najlepšie hodnotili džemy s 50% podielom rakytníkovej šťavy. Okrem základných ukazovateľov zloženia ako sú obsah rozpustnej sušiny, celkových cukrov a kyselín sme v džemoch hodnotili aj obsah celkových karotenoidov a polyfenolov a ich zmeny, ktoré nastávajú vplyvom procesu spracovania. Zistili sme, že v procese spracovania základného polotovaru, ktorým bol jablkovo-rakytníkový pretlak, nastal výrazný pokles obsahu oboch sledovaných zložiek. Pokles obsahu celkových karotenoidov bol 77,45–79,6 % a pokles obsahu celkových polyfenolov bol 79,82–83,17 %. Mierne nižšie hodnoty poklesu sme zaznamenali vo výrobkoch s vyšším podielom rakytníka.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-22-0402.

LITERATÚRA

- Atencio, S., Verkempinck, S., Reineke, K., Hendrickx, M., Van Loey, A. (2022): Heat and Light Stability of Pumpkin-Based Carotenoids in a Photosensitive Food: A Carotenoid-Coloured Beverage. *Foods*, 11(3), 485. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods11030485>
- Belcar, J., Gorzelany, J. (2022): Feasibility of Defatted Juice from Sea-Buckthorn Berries (*Hippophae rhamnoides* L.) as a Wheat Beer Enhancer. *Molecules*, 27(12), 3916. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules27123916>.
- Brodziak, A., Król, J., Matwijczuk, A., Czernecki, T., Glibowski, P., Wlazło, Ł., Litwińczuk, A. (2021): Effect of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Mousse on Properties of Probiotic Yoghurt. *Applied Sciences*, 11(2), 545. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app11020545>
- Ciesarová, Z., Murkovic, M., Cejpek, K., Kreps, F., Tobolková, B., Koplík, R., Belajová, E., Kukurová, K., Daško, L., Panovská, Z., Revenco, D., Burčová, Z. (2020): Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review. *Food Research International*, 133(1), 109170. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109170>
- Gätlan, A. M., Gutt, G. (2021): Sea Buckthorn in Plant Based Diets. An Analytical Approach of Sea Buckthorn Fruits Composition: Nutritional Value, Applications, and Health Benefits. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 1–23. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijerph18178986>
- Geertsen, J. L., Holm, A., Giacalone, D. (2016): Consumer – led development of novel sea –buckthorn based beverages. *Journal of Sensory Studies*, 31(3), 245–255. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/joss.12207>
- Hegedúsová, A., Mezeyová, I., Andrejiová, A. (2016): Metódy stanovenia vybraných biologicky aktívnych látok. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. 75 s.
- Husain, M., Rathore, J. P., Rasool, A., Parrey, A. A., Kumar Vishwakarma, D., Mahendar, K. (2018): Seabuckthorn: A multipurpose shrubs species in Ladakh cold desert. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(2), 1330–1337. Dostupné z: <https://www.entomoljournal.com/archives/2018/vol6issue2/PartR/6-1-142-518.pdf>

- Chen, A., Feng, X., Dorjsuren, B., Chimedtseren, Ch., Damda, T. A., Zhang, Ch. (2023): Traditional food, modern food and nutritional value of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): a review. *Journal of Future Foods*, 3(3), 191–205. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2023.02.001>
- Jaiswal, S., Patel, M., Naik, S. (2015): Physico-chemical properties of *Syzygium cuminii* (L.) Skeels jam and comparative antioxidant study with other fruit jam. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 6(1), 9–15. Dostupné z: <https://doi.org/10.56042/ijnpr.v6i1.6036>
- Komžík, M. (2021): Menej známe ovocné druhy 1. diel. Ing. Marián Komžík. 160 s.
- Lachman, J., Proněk, D., Hejtmánková, A., Dudjak, J., Pivec, V., Faitová, K. (2003): Total polyphenol and main flavonoid antioxidants in different onion (*Allium cepa* L.) varieties. *Horticultural Science*, 30(4), 142–147. Dostupné z: <https://doi.org/10.17221/3876-HORTSCI>
- Maftai, N. M., Iancu, A. V., Goroftei Bogdan, R. E., Gurau, T. V., Ramos-Villarroel, A., Pelin, A. M. (2023): A Novel Symbiotic Beverage Based on Sea Buckthorn, Soy Milk and Inulin: Production, Characterization, Probiotic Viability, and Sensory Acceptance. *Microorganisms*, 11(3), 736. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/microorganisms11030736>
- Manso, T., Lores, M., Miguel, T. (2022): Antimicrobial Activity of Polyphenols and Natural Polyphenolic Extracts on Clinical Isolates. *Antibiotics*, 11(1), 46. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antibiotics11010046>
- Marszałek, K., Lipowski, J., Skapska, S. (2014): Wykorzystanie rokitnika pospolitego (*Hippophae rhamnoides* L.) do produkcji dżemów. *Przemysł fermentacyjny i owocowo-warzywny*, 3, 12–14. Dostupné z: <https://doi.org/10.15199/65.2016.6.6>
- Mei, D., Ma, X., Fu, F., Cao, F. (2023): Research Status and Development Prospects of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Resources in China. *Forests*, 14(12), 2416. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/f14122461>
- Nawaz, M. A., Khan, A., Khalid, U., Buerkert, A., Wiehle, M. (2019): Superfruit in the Niche-Underutilized Sea Buckthorn in Gilgit-Baltistan, Pakistan. *Sustainability*, 11(20), 5840. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su11205840>
- Provesi, J., Dias, C., Amante, E. (2011): Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree. *Food Chemistry*, 128(1), 195–202. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.027>
- Rababah, T., Al-Mahasneh, M. A., Kilani, I., Yang, W., N Alhamad, M., Ereifej, K., Al-U'datt, M. (2011): Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(6), 1096–1102. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jsfa.4289>
- Savikin, K., Zdunić, G., Janković, T., Tasić, S., Menković, N., Stević, T., Dordević, B. (2009): Phenolic content and radical scavenging capacity of berries and related jams from certificated area in Serbia. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64(3), 212–217. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11130-009-0123-2>
- Sravani, V., Ravi, N., Roopa, N., Kumar, S., Pandey, A. K., Chauhan, O. P. (2017): Use of high pressure technology for the development of novel jam and its quality evaluation during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 54(11), 3562–3568. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2814-2>
- Stanciu, I., Ungureanu, E. L., Popa, E. E., Geicu-Cristea, M., Draghici, M., Mitelut, A. C., Mustatea, G., Popa, M. E. (2023): The Experimental Development of Bread with Enriched Nutritional Properties Using Organic Sea Buckthorn Pomace. *Applied Sciences*, 13(11), 6513. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app13116513>

Terpou, A., Gialleli, A. I., Bosnea, L., Kanellaki, M., Koutinas, A. A., Castro, G. R. (2017): Novel cheese production by incorporation of sea buckthorn berries (*Hippophae rhamnoides* L.) supported probiotic cells. *LWT – Food Science and Technology*, 79(1), 616–624.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.021>

Verbeyst, L., Bogaerts, R., Pancken, I., Hendrickx, M., Loey, A. (2013): Modelling of Vitamin C Degradation during Thermal and High-Pressure Treatments of Red Fruit. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 1015–1023. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0784-y>

Wu, D., Zhihao, Y., Jiong, L., Huilin, H., Qile, X., Xingqian, Y., Donghong, L. (2024): Optimizing the Solvent Selection of the Ultrasound-Assisted Extraction of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Pomace: Phenolic Profiles and Antioxidant Activity. *Foods*, 13(8), 482.

Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods13030482>

Zhang, X., Li, M., Zhu, L., Geng, Z., Liu, X., Cheng, Z., Zhao, M., Zhang, Q., Yang, X. (2023): Sea Buckthorn Pretreatment, Drying, and Processing of High-Quality Products: Current Status and Trends. *Foods*, 12(23), 4255. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods12234255>

Kontaktná adresa: doc. Ing. Andrea Mendelová, PhD., Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: andrea.mendelova@uniag.sk

INVAZNÍ ŽIVOČICHOVÉ: EKOLOGICKÉ RIZIKO A POTENCIÁL PRO POTRAVINÁŘSTVÍ INVASIVE ALIEN ANIMALS: ECOLOGICAL RISKS AND POTENTIAL FOR FOOD INDUSTRY

Ondřej Mikulka¹

¹ Ústav ochrany lesů a myslivosti, Lesnická a dřevařská fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0255>



ABSTRAKT

Invazní nepůvodní druhy představují závažný ekologický i ekonomický problém, jehož význam v posledních desetiletích narůstá. Kromě negativních dopadů na biodiverzitu a fungování ekosystémů se objevuje otázka, zda je možné alespoň část těchto druhů teoreticky vnímat jako alternativní potravinářskou surovinu.

Příspěvek se zaměřuje na vybrané invazní nepůvodní živočišné druhy vázané na vodní, mokřadní i produkční prostředí v České republice, u nichž se ve světě i historicky na našem území objevuje potenciál ke konzumaci. Přestože je v ČR evidováno několik desítek invazních druhů živočichů, pouze menší část z nich vykazuje reálný nebo alespoň teoretický potenciál pro potravinářské využití. Mezi tyto druhy patří zejména nutrie říční (*Myocastor coypus*), škeblice asijská (*Sinanodonta woodiana*), rak pruhovaný (*Orconectes limosus*), rak signální (*Pacifastacus leniusculus*), vybrané druhy ryb jako střevlička východní (*Pseudorasbora parva*) a karas stříbrný (*Carassius gibelio*), a v širším kontextu také jelen sika (*Cervus nippon*).

U jednotlivých druhů je stručně shrnut jejich původ, historie introdukce, současné rozšíření v České republice a hlavní ekologická, zdravotní a hospodářská rizika, která z jejich výskytu vyplývají. Současně je naznačen jejich možný význam jako netradiční, avšak pouze teoreticky využitelné suroviny pro potravinářství.

Klíčová slova: invazní druhy, ekologická rizika, potravinářství, zvěřina, udržitelnost

ABSTRACT

Invasive alien species represent a serious ecological and economic problem, the importance of which has been increasing in recent decades. In addition to their negative impacts on biodiversity and ecosystem functioning, the question arises whether at least some of these species can be theoretically considered as alternative food resources.

This contribution focuses on selected invasive alien animal species associated with aquatic, wetland and production environments in the Czech Republic, for which a potential for consumption has been reported worldwide and historically also in this region. Although several dozens of invasive animal species are recorded in the Czech Republic, only a limited number of them show a real or at least theoretical potential for food use. These include especially the coypu (*Myocastor coypus*), Chinese pond mussel (*Sinanodonta woodiana*), spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*), signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*), selected fish species such as stone moroko (*Pseudorasbora parva*) and Prussian carp (*Carassius gibelio*), and in a broader context also the sika deer (*Cervus nippon*).

For each species, its origin, introduction history, current distribution in the Czech Republic and the main ecological, health and economic risks resulting from its occurrence are briefly summarized. At the same time, their possible significance as non-traditional but only theoretically exploitable food resources is indicated.

Keywords: invasive species, ecological risks, food industry, alternative food resources, game meat

ÚVOD

Invasní nepůvodní druhy živočichů představují v současné době jeden z nejvýznamnějších problémů ochrany biodiverzity v Evropě i v České republice. Jejich šíření je úzce spojeno s globalizací, intenzivním mezinárodním obchodem, přesuny organismů člověkem a se změnami krajiny, které vytvářejí vhodné podmínky pro kolonizaci nových území (Keller et al., 2011; Palinkas et al. 2020). Zatímco většina zavlečených nepůvodních druhů v novém prostředí dlouhodobě neprosperuje, pouze přibližně 2–5 % z nich se v nových podmínkách velmi dobře adaptuje, rychle se šíří, vytlačuje původní druhy a významně mění strukturu a fungování ekosystémů, čímž přímo ohrožuje biologickou rozmanitost a stabilitu přírodních společenstev (Duenas et al., 2021). Tyto druhy jsou označovány jako invazní a jejich dopady se neprojevují pouze ekologicky, ale mají rovněž významné ekonomické důsledky, včetně poškozování zemědělství, lesnictví, rybářství, infrastruktury a průmyslu (Lovell et al., 2006). V neposlední řadě představují i riziko pro lidské zdraví (Mazza a Tricarico, 2018) a ochranu obyvatelstva prostřednictvím přenosu patogenů a zoonotických onemocnění (Daněk et al., 2023; Benovics et al., 2025a; Benovics et al., 2025b).

Nutrie říční pochází z Jižní Ameriky, odkud byla na přelomu 19. a 20. století dovezena do Evropy zejména za účelem kožešinového chovu. V České republice byla poprvé chována již v roce 1924, přičemž k jejímu masivnímu šíření ve volné přírodě došlo zejména v posledních dvou dekádách v souvislosti s mírnějšími zimami a vysokou ekologickou tolerancí druhu (Schertler et al., 2020; Benovics et al., 2025b). V současnosti se nutrie vyskytuje na více než dvou třetinách území ČR a lokálně dosahuje vysokých populačních hustot, zejména v urbanizované krajině a zemědělských oblastech (Mikulka, 2021; Cukor et al., 2024). Ekologické dopady nutrie zahrnují poškozování břehů vodních toků hrabáním nor, změny ve vegetační struktuře mokřadů, pokles zelené biomasy a destrukci dřevin podhryzáváním kořenových systémů (Marini et al., 2013; Zevgolis et al. 2025; Carter a Leonard, 2002; Vaissi a Rezaei, 2023).

Škeblice asijská (*Sinanodonta woodiana*) je původem z východní Asie, konkrétně z povodí řek Amur a Jang-c’-ťiang. Do Evropy se rozšířila ve druhé polovině 20. století spolu s importem chovných ryb, na jejichž žábrách se její larvální stadia (glochidia) přenášela do nových lokalit (Urbańska et al., 2019; Huber a Geist, 2019). V České republice byla poprvé zaznamenána v roce 1996 a od té doby se rozšířila do mnoha povodí (Beran 2008). V místech výskytu vytlačuje původní druhy velkých mlžů, konkuruje jim v larválním i dospělém stadiu a může vést až k úplné náhradě místních populací (Douda et al., 2025).

Invazní raci představují jednu z nejvážnějších hrozeb pro původní druhy raků v Evropě. Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) i rak signální (*Pacifastacus leniusculus*) pocházejí ze Severní Ameriky a byli do Evropy introdukováni záměrně jako náhrada za původní druhy (Bláha et al., 2018). V České republice byl rak pruhovaný poprvé doložen v roce 1988 v Labi, rak signální byl vysazen v 80. letech 20. století (Petrusek et al., 2006; Kozák et al., 2009). Oba druhy jsou významnými přenašeči račího moru (*Aphanomyces astaci*), vůči němuž jsou sami odolní, zatímco původní druhy raka říčního a kamenáče hromadně hynou (Kozubíková et al., 2009). Kromě přenosu patogenů představují invazní raci silné konkurenty díky rychlému rozmnožování, vysoké ekologické toleranci a schopnosti kolonizovat široké spektrum vodních biotopů (Bubb et al., 2004).

Závažným aspektem invazních druhů je také jejich role v šíření zoonotických patogenů. U nutrií bylo celosvětově popsáno více než 80 druhů parazitů, z nichž část má významný zoonotický potenciál (Martino et al., 2012; Martino et al., 2014). Mezi nejvýznamnější patří *Echinococcus multilocularis*, *Trichinella spp.* a *Toxoplasma gondii*, které mohou představovat riziko při manipulaci s těly ulovených jedinců nebo při konzumaci nedostatečně tepelně upraveného masa (Moretti et al., 2001; Benovics et al., 2025b; Nardoni et al., 2011). Invazní druhy tak nepředstavují pouze ekologický problém, ale i potenciální hrozbu pro veřejné zdraví, zejména v prostředí s častým kontaktem mezi člověkem a volně žijícími živočichy.

Všechny výše uvedené invazní druhy představují z ekologického i zdravotního hlediska jednoznačné riziko, současně však vykazují určitý, byť omezený, potenciál pro využití v oblasti potravinářství. Tento potenciál je diskutován zejména v souvislosti s jejich vysokou populační hustotou, dostupností biomasy a historickými či zahraničními zkušenostmi s jejich konzumací (Everard et al., 2009; Zhou et al., 2018; Šmietana et al., 2020; Stangierski et al., 2021). Příspěvek si neklade za cíl hodnotit invazní druhy jako nástroj jejich vlastní regulace, ale zaměřuje se na popis jejich populačního statusu v České republice, prostorového rozšíření a relativní rychlosti šíření. Současně poukazuje na hlavní ekologická, zdravotní a legislativní rizika spojená s jejich případným využitím jako netradičních potravinářských surovin.

MATERIÁL A METODIKA

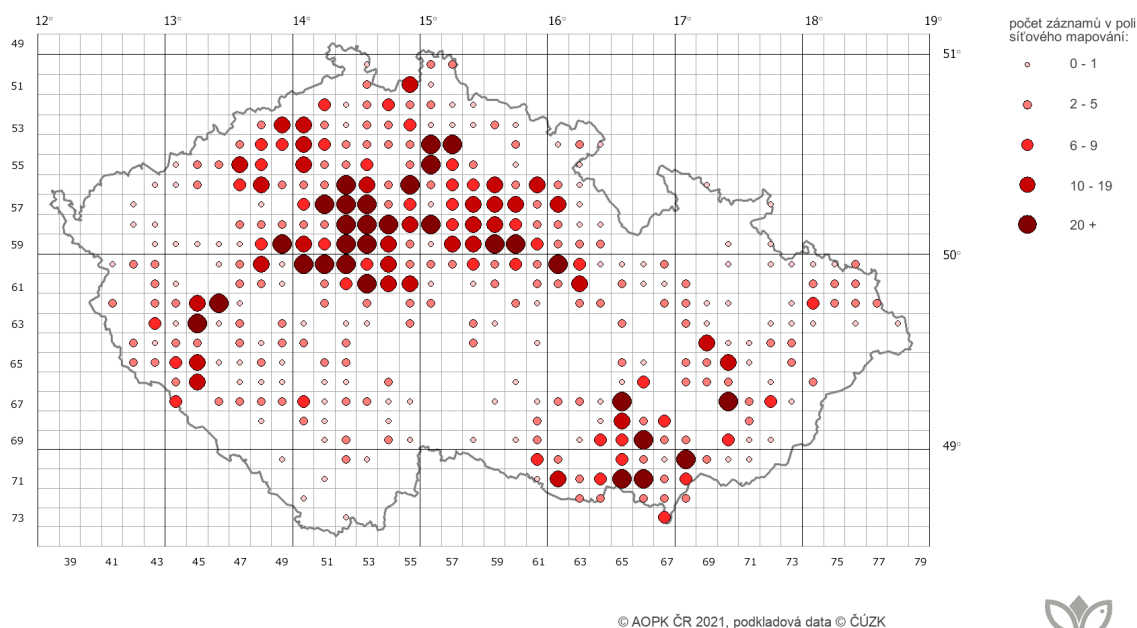
Populační trendy vybraných invazních druhů byly hodnoceny na základě dostupných dlouhodobých dat o jejich výskytu a odlovech v České republice. Jako hlavní zdroj údajů o rozšíření jednotlivých druhů byla využita Nálezová databáze ochrany přírody (NDOP), která poskytuje informace o potvrzených nálezech a výskytech invazních druhů na území ČR (AOPK ČR, 2025). Doplnujícím zdrojem dat byly myslivecké statistiky Ministerstva zemědělství ČR (výkazy Mysl 01), které obsahují roční přehledy o počtech ulovených jedinců vybraných druhů v jednotlivých honitbách (Ministerstvo zemědělství ČR, 2025).

Prostorová data byla následně zpracována v prostředí geografického informačního systému QGIS (QGIS Development Team, 2025), kde byla provedena jejich základní vizualizace a prostorová syntéza. Pro tvorbu mapových výstupů byly využity administrativní hranice České republiky (ČÚZK, 2025) a prostorová data honiteb (Ministerstvo zemědělství ČR, 2025). Na základě těchto dat byly vytvořeny mapové podklady znázorňující současné rozšíření vybraných invazních druhů na území České republiky a grafy ilustrující relativní změny jejich populačních stavů v čase. Data byla interpretována jako indikátory relativních populačních trendů, nikoli jako absolutní odhady skutečné početnosti druhů.

VÝSLEDKY A DISKUZE

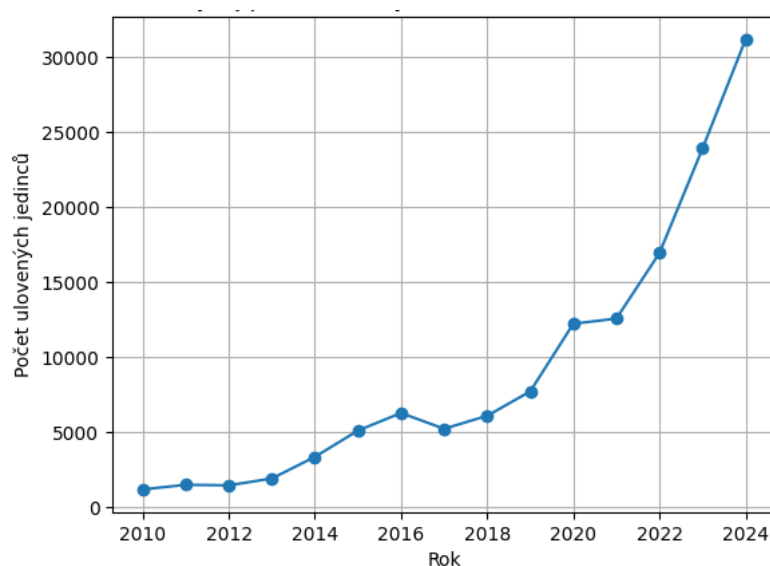
Na základě dat z Nálezové databáze ochrany přírody (NDOP) je patrné, že nutrie říční je v současnosti rozšířena na většině území České republiky, přičemž její výskyt vykazuje výraznou prostorovou nerovnoměrnost (obr. 1). Nejvyšší koncentrace záznamů jsou evidovány zejména v nížinných oblastech severních a středních Čech a dále v jižní a střední Moravě, především v povodích větších vodních toků a v jejich blízkosti. Naopak nižší četnost výskytu je zaznamenána v horských a podhorských oblastech, zejména v pohraničních regionech s vyšší nadmořskou výškou.

Prostorový vzorec výskytu odpovídá ekologickým nárokům druhu, který preferuje teplejší oblasti s dostatkem vodních ploch, pomalejších toků a vhodných břehových porostů. Zároveň je patrné, že významná část záznamů pochází z urbanizovaného prostředí a zemědělské krajiny, kde nutrie nachází dostatek potravy i úkrytů. Rozložení záznamů tak potvrzuje pokračující expanzi druhu v rámci České republiky a jeho schopnost úspěšně kolonizovat široké spektrum stanovišť.



Obrázek 1: Současné prostorové rozšíření nutrie říční v ČR (AOPK ČR, 2025)

Vývoj počtu usmrcených jedinců nutrie říční v České republice vykazuje v posledních letech výrazně rostoucí trend (obr. 2). Údaje o odstřelech byly v této studii využity jako praktický indikátor relativních populačních změn, neboť přímé odhady skutečné početnosti volně žijících populací nejsou v případě tohoto druhu přesné. Data o odstřelech jsou považována za metodicky spolehlivější ukazatel trendu než subjektivní odhady početnosti, přesto je nutné počítat s tím, že skutečné hodnoty mohou být podhodnoceny. Nutrie říční není zařazena mezi druhy zvěře podle mysliveckého zákona, a proto je pravděpodobné, že část usmrcených jedinců není vykazována v mysliveckých statistikách. Lze tedy předpokládat, že reálný počet ulovených nutrií je vyšší, než odpovídá dostupným údajům. I přes toto omezení poskytují data o odstřelech spolehlivý obraz dlouhodobého populačního trendu a dokumentují pokračující expanzi druhu na území České republiky.



Obrázek 2: Vývoj počtu usmrcených jedinců nutrie říční v České republice vykazuje v posledních letech výrazně rostoucí trend

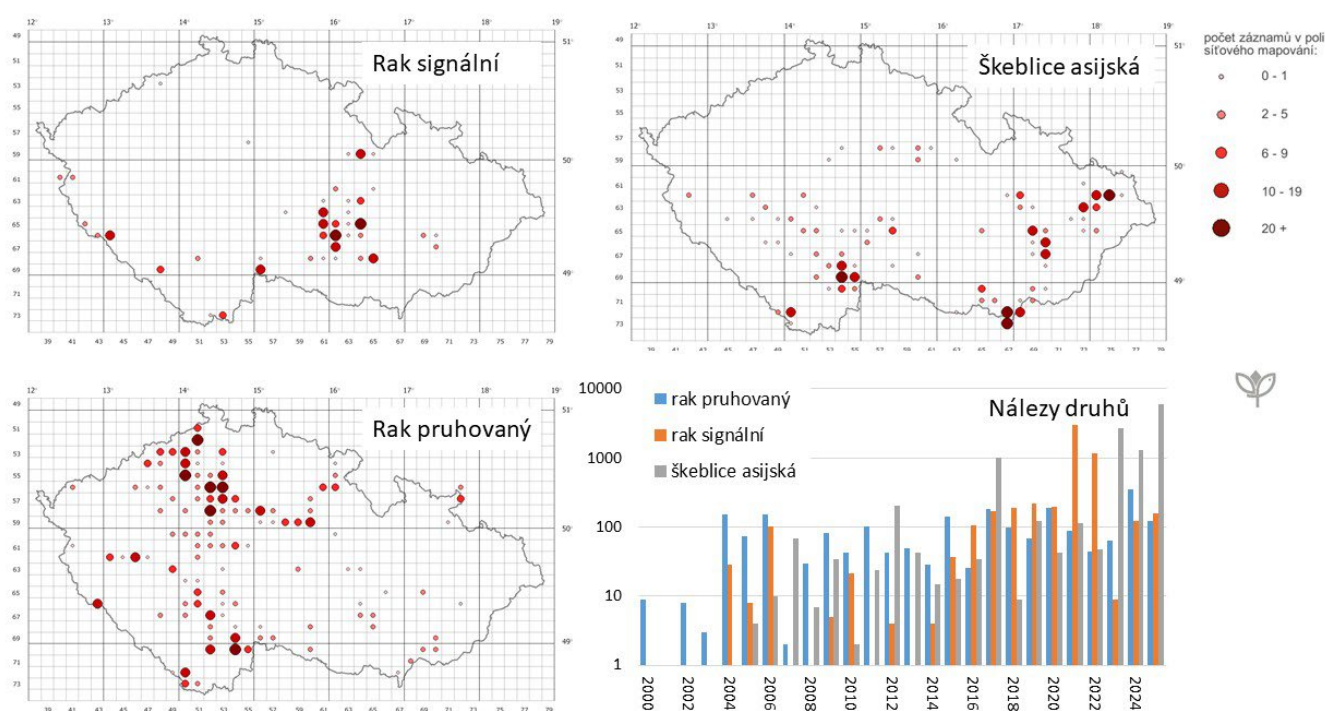
V případě vybraných druhů invazních raků a škeblíce asijské je patrný dlouhodobě rostoucí trend, přičemž dynamika šíření se mezi jednotlivými taxony výrazně liší. Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) vykazuje

relativně stabilní výskyt s mírným nárůstem, přičemž počty nálezů se převážně pohybují v řádu desítek až stovek záznamů ročně. Rak signální (*Pacifastacus leniusculus*) vykazuje výraznější populační nárůst zejména po roce 2015, s výrazným maximem v roce 2021. Nejvýraznější dynamiku vykazuje škeblice asijská (*Sinanodonta woodiana*), u níž je po roce 2015 patrný exponenciální nárůst počtu nálezů, s hodnotami v řádu tisíců záznamů v posledních letech (obr. 3).

Mapa plošného rozšíření ukazuje, že rak pruhovaný je v současnosti rozšířen především v severních, středních a západních Čechách, s výraznou koncentrací nálezů v povodí Labe a jeho přítoků. Výskyt je zaznamenán také v jižních Čechách a lokálně na Moravě, avšak s nižší četností záznamů. Prostorový vzorec naznačuje, že druh je již na většině území České republiky etablovaný, přičemž další šíření probíhá zejména podél hlavních vodních toků.

Rozšíření raka signálního je prostorově výrazně koncentrovanější než u raka pruhovaného. Nejvyšší hustoty nálezů jsou patrné v severních a středních Čechách, s výraznými ohnisky výskytu v povodí Vltavy a Labe. Na Moravě je druh zatím zaznamenán spíše lokálně. Prostorový vzorec odpovídá charakteru invaze s několika hlavními populačními jádry, z nichž dochází k postupnému šíření do okolních povodí.

Mapa rozšíření škeblice asijské ukazuje velmi nerovnoměrné, avšak rychle se rozšiřující plošné rozšíření. Nejvyšší koncentrace nálezů jsou patrné zejména ve středních Čechách a na jižní Moravě, především v rybníčních oblastech a nížinných tocích. Výskyt je zaznamenán i v dalších částech republiky, často v izolovaných lokalitách, což naznačuje vysoký potenciál druhu k rychlé kolonizaci nových vodních biotopů.



Obrázek 3: Prostorové rozšíření a časový vývoj nálezů raka pruhovaného, raka signálního a škeblice asijské v České republice

ZÁVĚR

Výsledky této studie jednoznačně ukazují, že vybrané invazní druhy živočichů vykazují v České republice dlouhodobě rostoucí populační trendy a postupně se stávají trvalou součástí zdejší krajiny. Prostorová data i časové řady nálezů dokumentují nejen jejich plošné rozšíření, ale především dynamiku šíření, která v případě některých druhů dosahuje téměř exponenciálního charakteru. Tyto trendy představují závažné riziko

pro původní biodiverzitu, ekologickou stabilitu vodních ekosystémů a v širším kontextu i pro hospodářské využívání krajiny. Invazní druhy se tak již nepohybují na okraji ekologického zájmu, ale stávají se jedním z klíčových faktorů formujících současnou strukturu české přírody.

Zároveň je však zřejmé, že tyto druhy představují reálně existující a dlouhodobě dostupný biologický zdroj, který nelze přehlížet ani z hlediska možného využití v potravinářství. Potenciál invazních druhů jako netradičních potravinářských surovin je nutné vnímat především v teoretické rovině a za předpokladu přísného dodržování hygienických, veterinárních a legislativních podmínek. Přesto může odborná diskuze o jejich cíleném využití představovat jeden z možných nástrojů, jak propojit ekologickou regulaci s principy udržitelnosti a bezodpadového hospodářství. Invazní druhy tak mohou paradoxně představovat nejen ekologický problém, ale i příležitost k hledání nových, systémově odpovědných přístupů k managementu biologických invazí.

LITERATURA

- AOPK ČR (2025): Nálezová databáze ochrany přírody (NDOP) [online databáze]. Dostupné z: <https://portal23.nature.cz> (stav k 4. 2. 2026).
- Benovics, M., Nosková, E., Klimešová, A., Škorpíková, L., Jaššová, E., Drimaj, J., Mikulka, O. (2025b): Helminth diversity of nutria (*Myocastor coypus*) across the Morava basin in the Czech Republic. *Parasitology*, 152(1), 61–71. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/S0031182024001628>
- Benovics, M., Švantnerová, L., Mikulka, O., Škorpíková, L., Skoták, V., Cukor, J. (2025a): First record of *Baylisascaris procyonis* in the wild invasive northern raccoon (*Procyon lotor*) in the Czech Republic. *Frontiers in Veterinary Science*, 12, 1686564. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1686564>
- Beran, L. (2008): Expansion of *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia: Unionidae) in the Czech Republic. Dostupné z: <https://doi.org/10.3391/ai.2008.3.1.15>
- Bláha, M., Ložek, F., Buřič, M., Kouba, A., Kozák, P. (2018): Native European branchiobdellids on non-native crayfishes: Report from the Czech Republic. *Journal of Limnology*, 77(1), 164–168. Dostupné z: <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2017.1679>
- Bubb, D. H., Thom, T. J., Lucas, M. C. (2004): Movement and dispersal of the invasive signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in upland rivers. *Freshwater Biology*, 49(3), 357–368. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2426.2003.01178.x>
- Carter, J., Leonard, B. P. (2002): A review of the literature on the worldwide distribution, spread of, and efforts to eradicate the coypu (*Myocastor coypus*). *Wildlife Society Bulletin*, 30, 162–175. Dostupné z: <https://doi.org/10.2307/3784650>
- Cukor, J., Skoták, V., Ševčík, R., Jarkovský, F., Brichta, J., Mikulka, O., Ježek, M. (2024): Nutrie říční v zemědělské krajině: metody monitoringu a první výsledky z ČR. *Zprávy lesnického výzkumu*. 69(4). Dostupné z: <https://doi.org/10.59269/ZLV/2024/4/748>
- ČÚZK (2025): Administrativní hranice České republiky – kraje, obce a obce s rozšířenou působností. Český úřad zeměměřický a katastrální, Praha.
- Daněk, O., Lesiczka, P. M., Hammerbauerová, I., Volfová, K., Juránková, J., Frgelecová, L., Hrazdilová, K. (2023): Role of invasive carnivores (*Procyon lotor* and *Nyctereutes procyonoides*) in epidemiology of vector-borne pathogens: molecular survey from the Czech Republic. *Parasites a Vectors*, 16(1), 219. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s13071-023-05834-w>

- Douda, K., Zieritz, A., Vodáková, B., Urbańska, M., Bolotov, I. N., Marková, J., Lopes-Lima, M. (2025): Review of the globally invasive freshwater mussels in the genus *Sinanodonta* Modell, 1945. *Hydrobiologia*, 852(5), 1243–1273. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05457-3>
- Duenas, M. A., Hemming, D. J., Roberts, A., Diaz-Soltero, H. (2021): The threat of invasive species to IUCN-listed critically endangered species: A systematic review. *Global Ecology and Conservation*, 26, e01476. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01476>
- Everard, M., Gray, J., Wilkins-Kindemba, V., Cowx, I. G. (2009): Impacts of invasive species on ecosystem services: the case of the signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*). *Environmental Law and Management*, 21(5), 250.
- Huber, V., Geist, J. (2019): Reproduction success of the invasive *Sinanodonta woodiana* (Lea 1834) in relation to native mussel species. *Biological Invasions*, 21(11), 3451–3465. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10530-019-02060-3>
- Keller, R. P., Geist, J., Jeschke, J. M., Kühn, I. (2011): Invasive species in Europe: ecology, status, and policy. *Environmental Sciences Europe*, 23(1), 23. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/2190-4715-23-23>
- Kozák, P., Buřič, M., Kanta, J., Kouba, A., Hamr, P., Polícar, T. (2009): The effect of water temperature on the number of moults and growth of juvenile signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* Dana. *Czech Journal of Animal Science*, 54(6), 286–292. Dostupné z: <https://doi.org/10.17221/1727-CJAS>
- Kozubikova, E., Filipová, L., Kozák, P., Ďuriš, Z., Martín, M. P., Diéguez-Urbeondo, J., Petrusek, A. (2009): Prevalence of the crayfish plague pathogen *Aphanomyces astaci* in invasive American crayfishes in the Czech Republic. *Conservation Biology*, 23(5), 1204–1213. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01240.x>
- Lovell, S. J., Stone, S. F., Fernandez, L. (2006): The economic impacts of aquatic invasive species: a review of the literature. *Agricultural and Resource Economics Review*, 35(1), 195–208. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/S1068280500010157>
- Marini, F., Gabrielli, E., Montaudo, L., Vecchi, M., Santoro, R., Battisti, C., Carpaneto, G. M. (2013): Diet of coypu (*Myocastor coypus*) in a Mediterranean coastal wetland: a possible impact on threatened rushbeds? *Vie et Milieu – Life and Environment*, 63(2), 97–103.
- Martino, P. E., Radman, N., Parrado, E., Bautista, E., Cisterna, C., Silvestrini, M. P., Corba, S. (2012): Note on the occurrence of parasites of the wild nutria (*Myocastor coypus*, Molina, 1782). *Helminthologia*, 49(3), 164–168. Dostupné z: <https://doi.org/10.2478/s11687-012-0033-y>
- Martino, P. E., Stanchi, N. O., Silvestrini, M., Brihuega, B., Samartino, L., Parrado, E. (2014): Seroprevalence for selected pathogens of zoonotic importance in wild nutria (*Myocastor coypus*). *European Journal of Wildlife Research*, 60(3), 551–554. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10344-014-0805-4>
- Mazza, G., Tricarico, E., eds. (2018): *Invasive species and human health*. Wallingford: CABI. Dostupné z: <https://doi.org/10.1079/9781786390981.0000>
- Mikulka, O. (2021): Nutrie říční – invazní a konfliktní. *Svět myslivosti*, 22(10), 20–22.
- Ministerstvo zemědělství ČR (2025): Mysl 01. Interní databázové podklady poskytnuté na základě žádosti.
- Moretti, A., Fioretti, D. P., Grelloni, V., Marini, C., Leonardi, L., Velatta, F. (2001): Susceptibility of nutria (*Myocastor coypus*) to *Trichinella* infection: biological aspects. *Parasite*, 8, S206–S208.

Nardoni, S., Angelici, M. C., Mugnaini, L., Mancianti, F. (2011): Prevalence of *Toxoplasma gondii* infection in *Myocastor coypus* in a protected Italian wetland. *Parasites and Vectors*, 4(1), 240. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/1756-3305-4-240>

Palinkas, C., Mistri, M., Staver, L., Lipej, L., Kružić, P., Stevenson, J. C., Orlando-Bonaca, M. (2020): Status of critical habitats and invasive species. In: *Coastal Ecosystems in Transition: A Comparative Analysis of the Northern Adriatic and Chesapeake Bay*, 177–202. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/9781119543626.ch9>

Petrusek, A., Filipová, L., Ďuriš, Z., Horká, I., Kozák, P., Policar, T., Kučera, Z. (2006): Distribution of the invasive spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) in the Czech Republic. Past and present. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, (380–381), 903–918. Dostupné z: <https://doi.org/10.1051/kmae:2006012>

Schertler, A., Rabitsch, W., Moser, D., Wessely, J., Essl, F. (2020): The potential current distribution of the coypu (*Myocastor coypus*) in Europe and climate change induced shifts in the near future. *NeoBiota*, 58, 129–160. Dostupné z: <https://doi.org/10.3897/neobiota.58.33118>

Śmietana, N., Panicz, R., Sobczak, M., Śmietana, P., Nędzarek, A. (2020): Spiny-cheek crayfish, *Faxonius limosus* (Rafinesque, 1817), as an alternative food source. *Animals*, 11(1), 59. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ani11010059>

Stangierski, J., Rezler, R., Grześ, B., Andrzejewski, W., Konieczny, P. (2021): Physicochemical characteristics of surimi-like material made from the muscle tissues of freshwater mussels (*Sinanodonta woodiana* Lea, 1834). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(2), 2161–2172. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00801-w>

Urbańska, M., Kirschenstein, M., Obolewski, K., Ożgo, M. (2019): Silent invasion: *Sinanodonta woodiana* successfully reproduces and possibly endangers native mussels in the north of its invasive range in Europe. *International Review of Hydrobiology*, 104(5–6), 127–136. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/iroh.201801971>

Vaissi, S., Rezaei, S. (2023): Climatic niche dynamics in the invasive nutria, *Myocastor coypus*: global assessment under climate change. *Biological Invasions*, 25(9), 2763–2774. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10530-023-03070-y>

Zevgolis, Y. G., Kouris, A. D., Zannetos, S. P., Selimas, I., Kontos, T. D., Christopoulos, A., Akriotis, T. (2025): Invasion Patterns of the Coypu, *Myocastor coypus*, in Western Central Greece: New Records Reveal Expanding Range, Emerging Hotspots, and Habitat Preferences. *Land*, 14(2), 365. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/land14020365>

Zhou, C., Huang, J. C., Liu, F., He, S., Zhou, W. (2018): Removal of selenium containing algae by the bivalve *Sinanodonta woodiana* and the potential risk to human health. *Environmental Pollution*, 242, 73–81. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.06.074>

Kontaktní adresa: RNdr. Ondřej Mikulka, Ph.D., Ústav ochrany lesů a myslivosti, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: ondrej.mikulka@mendelu.cz

MOŽNOSTI VYUŽITÍ AI A IOT V PRODUKCI JEDLÉHO HMYZU

APPLICATIONS OF AI AND IOT IN EDIBLE INSECT PRODUCTION

Šárka Nedomová¹ – Vlastimil Slaný² – Ondřej Št'astník³ – Andrea Roztočilová¹ – Vladimír Palupa⁴
Jiří Plachý⁴ – Adam Kovál¹ – Barbora Odehnalová¹ – Vojtěch Kumbár⁵

¹ Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

² Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální techniky, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

³ Ústav výživy zvířat a pícninářství, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

⁴ Tecpa s.r.o., Tyršova 1132, 664 42 Modřice, Česká republika

⁵ Ústav techniky a automobilové dopravy, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0263>



ABSTRAKT

Produkce jedlého hmyzu představuje dynamicky se rozvíjející odvětví zemědělství reagující na rostoucí globální poptávku po udržitelných zdrojích proteinů pro krmivářské i potravinářské využití. S objemem produkce vznikají požadavky na standardizaci kvality, welfare a ekonomickou efektivitu, přičemž roste význam technologických nástrojů umožňujících automatizaci a digitalizaci chovných procesů (např. pomocí technologie Internetu věcí a algoritmů umělé inteligence). Cílem příspěvku je popsat současné možnosti využití IoT a AI v produkci jedlého hmyzu a technologické přístupy k senzorickému monitoringu chovného prostředí, sledování biologických parametrů produkce a automatizovanému řízení mikroklimatických podmínek, dále využití algoritmů umělé inteligence v oblasti obrazové analýzy a predikci produkčních ukazatelů ve vztahu ke kvalitě výsledných produktů.

Klíčová slova: jedlý hmyz, umělá inteligence, kvalita, automatizace produkce

ABSTRACT

The production of edible insects represents a dynamically developing sector of agriculture responding to the growing global demand for sustainable protein sources for both feed and food applications. With increasing production volumes, requirements arise for quality standardization, welfare, and economic efficiency, while the importance of technological tools enabling the automation and digitalization of rearing processes is growing (e.g., Internet of Things technologies and artificial intelligence methods). The aim of this contribution is to describe current possibilities for the use of IoT and AI in edible insect production and technological approaches to sensor-based monitoring of the rearing environment, tracking biological production parameters, and automated control of microclimatic conditions, as well as the application of artificial intelligence algorithms in image analysis and the prediction of production indicators in relation to the quality of final products.

Keywords: edible insects, artificial intelligence, quality, production automation

ÚVOD

Mezi nejčastěji využívaný druh hmyzu v potravinářství v našich podmínkách patří larvy potměnky moučného (*Tenebrio molitor*). Ty byly zařazeny mezi takzvané nové potraviny prostřednictvím Evropského úřadu pro bezpečnost potravin v roce 2021. Mohou se prodávat v celku v sušené podobě jako pochoutkový snack, nebo jsou součástí výrobků jako například těstoviny, sušenky, tyčinky a další (Majewski et al., 2022). Hmyz určený pro využití v potravinářství je chován na specializovaných farmách s povolením produkce hmyzu pro potravinářské účely. Většina chovů dosud nevyužívá významnější míru automatizace, přičemž chovatelské úkony, jako jsou zakrmení a třídění, jsou stále zajišťovány převážně manuálně zaměstnanci za využití pouze základních technologických prostředků a tyto činnosti představují významnou časovou i personální zátěž. Chovatelé hmyzu často naráží na skutečnost, že v oblasti svého provozu nemají dostatečný lidský kapitál. Významnou roli zde současně sehrává lidský faktor, jenž může negativně ovlivňovat míru standardizace produkce a vést k jakostním rozdílům mezi jednotlivými šaržemi vyprodukovaného hmyzu. S ohledem na vysoké požadavky na jakost produkce pro potravinářské využití představují automatizace a implementace chytrých technologií v chovech nezbytný krok k zajištění efektivní, standardizované a konkurenceschopné produkce. Prostřednictvím automatizace lze snížit časovou a manuální náročnost chovu, eliminovat vliv lidského faktoru, což přispívá ke zvýšení produkce hmyzu a vyřešení nedostatku pracovních sil v daném sektoru (Oluwatosin et al., 2025). Automatizace v chovu jedlého hmyzu se za poslední dobu významně posunula od základních technologií – např. separátorů v podobě vibračních sít a dalších, k celostním systémům chytrého digitálního dohledu nad chovem. Aktuálně dochází ke snahám propojovat multioborové disciplíny a jejich technické prostředky. Kombinují se například chytré senzory, počítačové vidění, spektrální zobrazovací metody a řídicí moduly regulující například mikroklimatické prostředí chovu. Aby byl chov hmyzu ekonomicky rentabilní, je nezbytné zajistit produkci dostatečného množství larev odpovídající jakosti. Dosažení požadované úrovně jakosti produkce předpokládá efektivní řízení jednotlivých fází chovu. Pro nastavení optimálních podmínek je přitom nutné sledovat široké spektrum parametrů, zahrnujících mikroklimatické podmínky, růst jedinců, spotřebu krmiva, pohlaví a další ukazatele. V současné praxi je značná část těchto dat získávána manuálně s využitím dataloggerů, pravítek, vah, digitálních posuvných měřidel a dalších měřicích prostředků. Manuální měření je však časově náročné a současně může představovat invazivní zásah do chovu. Jednu z perspektivních cest k automatizaci a zefektivnění chovu, při současném respektování welfare jedinců, představuje využití strojového vidění v kombinaci s metodami umělé inteligence (Majewski et al., 2022).

Využití IoT, strojového vidění a AI v produkci hmyzu

Pro zvýšení efektivity celého managementu chovu může pomoci zavedení automatizace v podobě využití IoT (Internet of Things) a umělé inteligence (AI) (Nawoya et al., 2025). Právě technologie založené na principu IoT, počítačového vidění a AI umožňují interdisciplinární propojení, a tím efektivně napomáhají zjednodušit složité úkony spojené s vlastním chovem a vývojem hmyzu. Dokáží v krátkém čase analyzovat rozsáhlé datové sady a na jejich základě predikovat vývoje sledovaného jevu (Smith, 2018; Romano, 2025). Ke strojovému vidění v chovech se využívají kamery. Příkladem využívaných kamer jsou bispektrální kamery, hyperspektrální zobrazování či kamery mimo viditelné spektrum (UV, IR). Ačkoliv je výběr různých kamer na trhu poměrně široký, stále chybí dostatek ověřených informací, metodických postupů a přesně definovaných algoritmů, které by spolehlivě dokázaly relevantní parametry chovu (Majewski et al., 2022). Besson et al. (2022) uvádí, že počítačové vidění (CV) a hluboké učení (DL) umožňují zachycování, extrakci a interpretaci dat z obrazů a videí v reálném čase. Tyto techniky slouží jako stavební kameny v inteligentních automatizačních systémech. Strojové učení se již osvědčilo v praxi například v chovech skotu, kde napomáhá k detekci kulhání a hodnocení tělesné kondice u dojníc, nebo v chovu prasat. Roste zájem o tvorbu specializovaných datových sad v oblasti živočišné výroby. Příkladem datové sady je sada Animal Kingdom

zahrnující 850 druhů živočichů (Ni et al., 2022). Praktické využití chytrých kamer a algoritmů umělé inteligence v chovu hmyzu uvádí ve svých studiích například Migliozi et al. (2019); Sumriddetchkajorn et al. (2015); Agarwal et al. (2020); Tao et al. (2019) a další. Již existují datové sady určené pro analýzu hmyzu, většinou však v oblasti zemědělství, zejména ve vztahu ke škůdcům a používaným pesticidům. V případě potměnka moučného představuje využití počítačového vidění v kombinaci s AI relativně nový směr výzkumu. Baur et al. (2022) pomocí klasického zpracování obrazu a neuronových sítí stanovovali velikost larev potměnka moučného (*Tenebrio molitor*). Vznikají rozsáhlé datové soubory označené jako “TenebrioVision“ získané pomocí systémů vidění (Papadopoulos et al., 2024). Majewski et al. (2022) uvádí, že tohoto druhu pomocí inteligentních systémů vidění je poměrně náročné, neboť larvy se neustále pohybují, vzájemně se překrývají, bývají zakryty krmivem či fraasem a struktura i zbarvení jejich těl jsou velmi podobné. Tao et al. (2019) popisuje hyperspektrálního zobrazování k identifikaci pohlaví kukel bource morušového. Ve studii Nawoya et al. (2025) se zabývají potenciálem využití počítačového vidění v predikci pohlaví larev a morfologických znaků bráněnky jako rychlé neinvazivní metody. Studie posuzuje schopnost modelů určit hmotnost larev ze snímků pomocí morfometrického přístupu. Při analýze predikce hmotnosti larev bylo dosaženo koeficientu determinace R^2 až 0,80 mezi naměřenou a predikovanou hmotností pomocí morfometrické predikce hmotnosti. Tyto výsledky potvrzují proveditelnost využití CV technik pro predikci pohlaví a tělesných znaků larev (Nawoya et al., 2025). Další oblast využití umělé inteligence představuje monitoring a řízení podmínek prostředí v chovu hmyzu na základě senzorových dat, včetně možnosti jejich okamžité úpravy.

Monitoring mikroklimatu a automatizace procesů v chovu

Produkci hmyzu lze rozdělit na primární produkci, která zahrnuje získávání hmyzu, jeho usmrcení, následné zpracování a skladování (IPIFF, 2024). Jednou z oblastí, kde lze uplatnit chytré systémy je vlastní řízení chovu a regulace mikroklimatu. Hmyz má poměrně vysoké nároky na teplotu a vlhkost, přičemž ideální podmínky pro potměnka moučného jsou v rozmezí 25–28 °C a relativní vlhkost prostředí činí 60–75 %. Například Hansen et al. (2022) prezentují nízkonákladové zařízení „Insecto“ pro IoT, které umožňuje monitorování podmínek prostředí, jako je teplota, vlhkost, CO₂, tlak vzduchu a hladiny těkavých organických látek, spolu se snímáním obrazu ve vysokém rozlišení. Pro získání kvalitního výsledného produktu je velmi důležitý i vlastní metabolismus hmyzu. Metabolické pochody lze hodnotit více způsoby, jedním z nich je měření spotřeby O₂ a produkce CO₂. Technologie určené k hodnocení těchto jevů byly dosud poměrně drahé a náročné na použití. Velký posun přináší zavádění kompaktních elektronických senzorů. Vhodná kombinace senzorů a dalších technologií umožňuje získávat cenná souběžná data o tlaku, teplotě a vlhkosti v monitorovaném prostoru. Například Sandstrom a Offord (2022) ve své publikaci popisují využití mikrorespirometru pro měření objemu O₂ u larev a dospělců potměnka moučného. Zařízení umožňuje měřit současně více proměnných současně. Autoři uvádějí například hodnocení vlivu teploty na objem O₂ (Sandstrom a Offord, 2022). Pro správný vývoj jedinců jedlého hmyzu je zásadní i dosažení požadované vlhkosti prostředí. Nevhodná je příliš vysoká vlhkost, která může způsobovat vznik plísní v substrátu a napomáhat šíření nežádoucích mikroorganismů. Naopak nedostatečná vlhkost vede ke zvýšení prašnosti prostředí a vývojovým deformacím. Senzory mají poměrně široký rozsah detekce vlhkosti, a to od 0 do 100 % RH. Vhodné nastavení senzorů a dalších technologií umožňuje chovateli vzdálený monitoring chovu. Systémy reagují na odchylky z předem nastavených hodnot a vyšlou chovateli výstražný alert nebo spustí alarm. Chytré technologie a automatizace se v chovech uplatňují i ve vztahu přímo k jedincům hmyzu. Například Kröncke et al. (2020) popisují zařazení pneumatického systému do chovu, který zajišťuje separaci larev potměnka moučného od zbytků krmiva a fraasu. Ve své studii také definovali obrazové segmenty pro monitoring zdravotního a vývojového stavu larev pomocí systému vidění. Majewski et al. (2022) ve své studii uvádí tři moduly automatizace v chovu, a to segmentace jednotlivých vývojových stádií (larva, kukla, brouk), segmentace

vrstev pro následné vypočtení množství krmiva, fraasu, hmyzu a fenotypizaci larev na úrovni jedinců (výpočet délky, tvaru, hmotnosti jedinců). Ve studii Nawoya et al. (2025) jsou popsány dva přístupy k predikci hmotnosti larev. V prvním z nich využívají segmentační model založený na hlubokém učení a techniky analýzy obrazu k extrakci velikostních znaků, což se označuje jako „morfometrická predikce“. Ve druhém přístupu používají detekční model k předzpracování snímků jako vstupu do předtrénovaného modelu ResNet pro predikci hmotnosti jednotlivých larev, což se označuje jako CNN-regresní přístup. Hansen et al. (2022) popisuje schopnost měřit velikost larev bráněnky (*Hermetia illucens*) a také klasifikovat pohlaví cvrčků domácích (*Acheta domesticus*) detekcí přítomnosti kladélka. Dosavadní výsledky poukazují na možnost budoucí automatizace výběru žádoucích fenotypů pro následující generace, avšak Hansen et al. (2022) uvádí, že zvolené modely detekce v určitém procentu případů stále chybují. Většinou šlo o situaci, kdy se cvrčci překrývali nebo byli pod listy. Další možnost využití představují přenosné spektrometry, které nabízejí široké spektrum aplikací. Umožňují analýzu *in situ*, což je obzvláště užitečné pro monitorování v reálném čase během fázi vlastního chovu a následného zpracování (Mendez-Sanchez et al., 2025; Cruz-Tirado et al., 2025).

Využití AI při zpracování hmyzu a detekci hmyzu v potravinách

Na výslednou kvalitu hmyzích produktů má významný vliv i následné zpracování, přičemž volba vhodného způsobu úpravy je důležitá nejen z hlediska nutričních parametrů, ale také z hlediska bezpečnosti potravinové suroviny. Na druhou stranu se zpracováním mohou odstranit antinutriční složky a prodloužit trvanlivost hmyzího produktu (Meyer-Rochow et al., 2021). Umělá inteligence (AI) by v tomto případě mohla být schopna stanovit optimální metodu a parametry pro zpracování hmyzu na základě množství hmyzí biomasy, obsahu nutričních složek a dalších parametrů definovaných provozovatelem. Na základě dat, která bude mít AI k dispozici tak může navrhnout podmínky zpracování, které nutriční kvalitu nesníží, případně ji sníží pouze minimálně a zároveň zajistí bezpečnost výsledného produktu (Hoque, 2024). „Chytré technologie“ se v oblasti jedlého hmyzu uplatňují nejen v procesu chovu a následného zpracování, ale také při detekci přítomnosti a identifikaci druhů jedlého hmyzu v potravinách. Řada metod pro hodnocení obsahu složení hmyzu je časově velmi náročných, jsou pracné a mohou představovat i zdravotní riziko, například z důvodu používání různých rozpouštědel při analýze. Se zvyšujícím se zastoupením produktů obsahujících jedlý hmyz stoupá potřeba využívat k hodnocení rychlejší, bezpečnější a jednodušší metody. Jednou z metod, které lze kombinovat se strojovým učením je dle publikací metoda vibrační spektroskopie, zejména blízká infračervená spektroskopie (NIR) a střední infračervená spektroskopie (MIR). Uvedené metody dokáží stanovit obsah bílkovin, lipidů a sacharidů, rozlišit druhy hmyzu a detekovat příměsi v hmyzích práscích (Mellado-Carretero et al., 2020; García-Gutiérrez et al., 2021; Ni et al., 2024; Hou et al., 2022).

ZÁVĚR

Z uvedených poznatků vyplývá, že využití počítačového vidění, metod strojového učení, umělé inteligence a pokročilých senzorických systémů představuje perspektivní nástroj pro zefektivnění chovu jedlého hmyzu, sledování biologických parametrů jedinců i optimalizaci navazujícího zpracování. Současně se ukazuje, že další rozvoj této oblasti bude vyžadovat ověření navržených přístupů v podmínkách praktického provozu, tvorbu rozsáhlejších datových souborů a zpřesnění použitých modelů. Tyto potřeby jsou součástí projektu „InsectTech 4.0: Automatizace chovu hmyzu za využití IoT a AI“, jehož cílem je přispět k rozvoji a praktickému ověření moderních digitálních nástrojů v oblasti chovu hmyzu.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce vznikla za podpory projektu InsectTech 4.0: Automatizace chovu hmyzu za využití IoT a AI (CZ.01.01.01/01/24_063/0006749; MPO, Aplikace – Deep Tech III).

LITERATURA

- Agarwal, M., Al-Shuwaili, T., Nugaliyadde, A., Wang, P., Wong, K. W., Ren, Y. (2020): Identification and diagnosis of whole body and fragments of *Trogoderma granarium* and *Trogoderma variabile* using visible near infrared hyperspectral imaging technique coupled with deep learning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 173, 105438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105438>
- Baur, A., Koch, D., Gatternig, B., Delgado, A. (2022): Noninvasive monitoring system for *Tenebrio molitor* larvae based on image processing with a watershed algorithm and a neural net approach. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(8), 913–920. Dostupné z: <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0185>
- Besson, M., Alison, J., Bjerger, K., Gorochowski, T. E., Høye, T. T., Jucker, T., Mann, H. M. R., Clements, C. F. (2022): Towards the fully automated monitoring of ecological communities. *Ecology Letters*, 25(12), 2753–2775. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/ele.14123>
- Cruz-Tirado, J. P., dos Santos Vieira, M. S., Ferreira, R. S. B., Amigo, J. M., Batista, E. A. C., Barbin, D. F. (2025): Prediction of total lipids and fatty acids in black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) dried larvae by NIR-hyperspectral imaging and chemometrics. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 329, 125646. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2024.125646>
- García-Gutiérrez, N., Mellado-Carretero, J., Bengoa, C., Salvador, A., Sanz, T., Wang, J., Ferrando, M., Güell, C., de Lamo-Castellví, S. (2021): ATR-FTIR spectroscopy combined with multivariate analysis successfully discriminates raw doughs and baked 3D-printed snacks enriched with edible insect powder. *Foods*, 10(8), 1806. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods10081806>
- Hansen, M. F., Oparaake, A., Gallagher, R., Karimi, A., Tariq, F., Smith, M. L. (2022): Towards machine vision for insect welfare monitoring and behavioural insights. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 835529. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.835529>
- Hoque, A. (2024): Artificial intelligence in post-harvest drying technologies: A comprehensive review on optimization, quality enhancement, and energy efficiency. *International Journal of Science and Research*, 13, 493–502. Dostupné z: <https://doi.org/10.21275/SR241107163717>
- Hou, Y., Zhao, P., Zhang, F., Yang, S., Rady, A., Wijewardane, N. K., Huang, J., Li, M. (2022): Fourier-transform infrared spectroscopy and machine learning to predict amino acid content of nine commercial insects. *Food Science and Technology*, 42, e100821. Dostupné z: <https://doi.org/10.1590/fst.100821>
- Ibitoye, O., Ayeni, O., Ayanniyi, O., Wealth, A., Kolejo, O., Adenika, O. A., Murtala, M., Oyedijii, O., Aremu, A., Muritala, D. (2025): Advancing urban insect farming: Integrating automation, vertical farming, and sustainable waste management systems. *Discover Agriculture*, 3, 37. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00194-8>
- International Platform of Insects for Food and Feed. (2024, February). *IPIFF guide on good hygiene practices for European Union (EU) producers of insects as food and feed*. Dostupné z: https://ipiff.org/wp-content/uploads/2024/02/Folder-IPIFF_Guide_A4_19.02.2024_black-colour.pdf
- Kröncke, N., Baur, A., Bösch, V., Demtröder, S., Benning, R., Delgado, A. (2020): Automation of insect mass rearing and processing technologies of mealworms (*Tenebrio molitor*). In A. A. Mariod (Ed.), *African edible insects as alternative source of food, oil, protein and bioactive components*, 123–139. Springer. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-3-030-32952-5_8

- Majewski, P., Zapotoczny, P., Lampa, P., Burduk, R., Reiner, J. (2022): Multipurpose monitoring system for edible insect breeding based on machine learning. *Scientific Reports*, 12, 7892. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11794-5>
- Mellado-Carretero, J., García-Gutiérrez, N., Ferrando, M., Güell, C., García-Gonzalo, D., de Lamo-Castellví, S. (2020): Rapid discrimination and classification of edible insect powders using ATR-FTIR spectroscopy combined with multivariate analysis. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(2), 141–148. Dostupné z: <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0032>
- Meyer-Rochow, V. B., Gahukar, R. T., Ghosh, S., Jung, C. (2021): Chemical composition, nutrient quality and acceptability of edible insects are affected by species, developmental stage, gender, diet, and processing method. *Foods*, 10(5), 1036. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods10051036>
- Migliozzi, D., Cornaglia, M., Mouchiroud, L., Uhlmann, V., Unser, M. A., Auwerx, J., Gijs, M. A. M. (2018): Multimodal imaging and high-throughput image-processing for drug screening on living organisms on-chip. *Journal of Biomedical Optics*, 24(2), 021205. Dostupné z: <https://doi.org/10.1117/1.JBO.24.2.021205>
- Nawoya, S., Geissmann, Q., Karstoft, H., Bjerger, K., Akol, R., Katumba, A., Mwikirize, C., Gebreyesus, G. (2025): Prediction of black soldier fly larval sex and morphological traits using computer vision and deep learning. *Smart Agricultural Technology*, 11, 100953. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.100953>
- Ng, X. L., Ong, K. E., Zheng, Q., Ni, Y., Yeo, S. Y., Liu, J. (2022): *Animal Kingdom: A large and diverse dataset for animal behavior understanding*. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 19023–19034. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/CVPR52688.2022.01844>
- Ni, D., Nelis, J. L. D., Dawson, A. L., Bourne, N., Juliano, P., Colgrave, M. L., Juhász, A., Bose, U. (2024): Application of near-infrared spectroscopy and chemometrics for the rapid detection of insect protein adulteration from a simulated matrix. *Food Control*, 159, 110268. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110268>
- Papadopoulos, A.-M., Melissas, P., Kastellos, A., Katranitsiotis, P., Zaparas, P., Stavridis, K., Daras, P. (2024): TenebrioVision: A fully annotated dataset of *Tenebrio molitor* larvae worms in a controlled environment for accurate small object detection and segmentation. In *Proceedings of the 13th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods*, 187–196. Dostupné z: <https://doi.org/10.5220/0012295900003654>
- Qu, J.-H., Liu, D., Cheng, J.-H., Sun, D.-W., Ma, J., Pu, H., Zeng, X.-A. (2015): Applications of near-infrared spectroscopy in food safety evaluation and control: A review of recent research advances. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(13), 1939–1954. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.871693>
- Romano, D. (2025): Novel automation, artificial intelligence, and biomimetic engineering advancements for insect studies and management. *Current Opinion in Insect Science*, 68, 101337. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2025.101337>
- Sandstrom, D. J., Offord, B. W. (2022): Measurement of oxygen consumption in *Tenebrio molitor* using a sensitive, inexpensive, sensor-based coulometric microrespirometer. *Journal of Experimental Biology*, 225(9), jeb243966. Dostupné z: <https://doi.org/10.1242/jeb.243966>
- Smith, M. J. (2019): Getting value from artificial intelligence in agriculture. *Animal Production Science*, 60(1), 46–54. Dostupné z: <https://doi.org/10.1071/AN18522>

Sumriddetchkajorn, S., Kamtongdee, C., Chanhorm, S. (2015): Fault-tolerant optical-penetration-based silkworm gender identification. *Computers and Electronics in Agriculture*, 119, 201–208. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.10.004>

Tao, D., Wang, Z., Li, G., Xie, L. (2019): Sex determination of silkworm pupae using VIS-NIR hyperspectral imaging combined with chemometrics. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 208, 7–12. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2018.09.049>

Kontaktní adresa: doc. Ing. Šárka Nedomová, Ph.D., Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: sarka.nedomova@mendelu.cz

**REOLOGICKÉ VLASTNOSTI JÁTROVÝCH PAŠTIK
S PŘÍDAVKEM ŽELATINY Z JELENÍCH ŠLACH**
**RHEOLOGICAL PROPERTIES OF LIVER PÂTÉS WITH
THE ADDITION OF GELATIN FROM DEER TENDONS**

Tereza Novotná¹ – Tadeáš Kočí¹ – Pavel Mokrejš² – Jana Pavlačková³ – Robert Gál¹

¹ Ústav technologie potravin, Fakulta technologická,
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín, Česká republika

² Ústav inženýrství polymerů, Fakulta technologická,
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín, Česká republika

³ Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky, Fakulta technologická,
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0270>



ABSTRAKT

Cílem práce bylo posoudit vliv přídatku želatiny z jeleních šlach a způsobu tepelného ošetření na vybrané vlastnosti játrových paštik. Želatina byla získána pomocí enzymatické předúpravy kolagenu a aplikována do výrobku v koncentracích 0; 0,5 a 1,0 %. Vzorby byly tepelně opracovány pasterací a sterilací. Hodnoceny byly tyto parametry: obsah sušiny, roztíratelnost a viskoelastické vlastnosti pomocí dynamické oscilační reometrie. Přídavek želatiny vedl ke zvýšení obsahu sušiny a změnám roztíratelnosti výrobku. Reologická měření prokázala charakter slabého gelu s převahou elastické složky, kdy modul pružnosti převyšoval ztrátový modul v celém frekvenčním rozsahu. Nejvyšší hodnoty jednotlivých modulů byly zaznamenány při koncentraci 0,5 %, zatímco vyšší přídavek způsobil částečný plasticizační efekt související s vyšším podílem hydratované gelové fáze. Sterilizace vedla k vytvoření pevnější struktury než pasterace a zesilovala účinek želatiny. Výsledky potvrzují, že želatina ze zvěřiny nepůsobí pouze jako zahušťovadlo, ale aktivně se podílí na tvorbě mikrostruktury emulzního gelu. Její využití představuje perspektivní způsob zhodnocení vedlejších živočišných surovin a možnost cílené úpravy textury masných výrobků.

Klíčová slova: kolagen, zvěřina, játrová paštika, reologické vlastnosti, želatina

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of adding gelatin from deer tendons and the type of heat treatment on selected properties of liver pâtés. Gelatin was obtained by enzymatic pretreatment of collagen and incorporated into the product at concentrations of 0, 0.5, and 1.0%. The samples were thermally processed by pasteurization and sterilization. The following parameters were evaluated: dry matter content, spreadability, and viscoelastic properties using dynamic oscillatory rheometry. The addition of gelatin increased the dry matter content and altered the spreadability of the product. Rheological measurements indicated a weak gel with an elastic-dominant behavior, with the storage modulus exceeding the loss modulus across the entire frequency range. The highest moduli were observed at a concentration of 0.5%, while higher additions showed a partial plasticizing effect, associated with a higher proportion of the hydrated gel phase. Sterilization produced a firmer structure than pasteurization and enhanced the gelatin's effect. The results confirm that gelatin derived from game animals does not act merely as a thickening agent but also actively participates in the formation of the emulsion gel's microstructure. Its use represents a promising approach for valorizing animal by-products and for targeted modification of the texture of meat products.

Keywords: collagen, game meat, liver pâté, rheological properties, gelatin

ÚVOD

V současné době v potravinářském průmyslu roste důraz na využití vedlejších živočišných produktů a minimalizaci biologického odpadu. Vedlejší produkty vznikající při zpracování masa představují významný zdroj cenných surovin, především kolagenu (Toldrá et al., 2016). Pojivové tkáně obsahují vysoké množství této strukturální bílkoviny, která je po vhodném technologickém zpracování využitelná v potravinářství jako funkční složka (Schrieber a Gareis, 2007). Využití těchto surovin umožňuje nejen zvýšení ekonomické efektivity výroby, ale také naplňuje principy cirkulární ekonomiky a udržitelného zpracování potravinových zdrojů (FAO, 2019).

Kolagen patří mezi stromatické bílkoviny pojivových tkání a vyznačuje se specifickou strukturou a vysokým obsahem glycinu, prolinu a hydroxyprolinu (Shoulders a Raines, 2009). Při zahřívání ve vodném prostředí dochází k jeho denaturaci a přeměně na želatinu, která vykazuje výrazné hydrofilní a gelotvorné vlastnosti (Karim a Bhat, 2009). Schopnost tvorby trojrozměrné sítě a vazby vody umožňuje jeho využití jako strukturantu v řadě potravinářských aplikací. V masných výrobcích může kolagen přispívat ke stabilizaci emulzí, omezení separace tukové fáze a zlepšení texturních vlastností výrobku (Toldrá et al., 2016).

Kvalita játrových paštik je úzce spojena s jejich konzistencí, která určuje jak technologickou stabilitu výrobku, tak jeho senzorickou přijatelnost. Nevyhovující struktura se projevuje oddělováním tuku, vodnatostí nebo naopak přílišnou tuhostí výrobku. Tyto změny souvisejí s charakterem proteinové matrice vznikající během tepelného opracování (Sun a Holley, 2010; Tornberg, 2005). Vzhledem k tomu, že se jedná o systém vykazující současně pevné i tekuté chování, je pro jeho objektivní charakterizaci vhodné využít dynamickou oscilační reologii. Parametry, jako modul pružnosti a ztrátový modul, umožňují kvantifikovat míru vyvinutí proteinové matrice a stabilitu systému přesněji než běžné analýzy ukazující na texturní vlastnosti a poskytují relevantní informaci o chování výrobku (Youssef a Barbut, 2009).

Použití hydrokoloidů v emulzních systémech je spojeno s tvorbou mechanické bariéry na rozhraní fází a se zvýšením viskozity spojitě fáze, čímž dochází k omezení pohybu a koalescence tukových kapek (Dickinson, 2012). Kolagen tak může v paštikách působit nejen jako plnidlo, ale i jako aktivní složka ovlivňující mikrostrukturu výrobku (Schrieber a Gareis, 2007). Jeho účinek však závisí na interakci s ostatními proteiny systému a zejména na podmínkách tepelného zpracování (Sun a Holley, 2010).

Tepelné ošetření je jedním z klíčových technologických kroků při výrobě paštik. Při zahřívání dochází k denaturaci svalových a jaterních bílkovin, jejich agregaci a vzniku prostorové gelové sítě, která fixuje vodu a tuk (Tornberg, 2005; Sun a Holley, 2010). Intenzita těchto změn závisí na teplotě a době záhřevu. Pasterace probíhá při nižších teplotách a vede k méně výrazné denaturaci proteinů, zatímco sterilace při teplotách nad 115 °C způsobuje hlubší strukturální přestavby systému. Lze proto předpokládat, že účinek kolagenu na výsledné vlastnosti výrobku bude výrazně ovlivněn zvoleným tepelným režimem (Youssef a Barbut, 2009).

Přestože jsou technologické vlastnosti kolagenu z běžných jatečných zvířat poměrně dobře popsány, dostupné informace o kolagenu získaném ze zvěřiny jsou omezené. Nedostatek údajů se týká zejména jeho interakce s proteinovou maticí masných emulzí a vlivu na jejich reologické vlastnosti po různém tepelném ošetření. Zvláště kolagen z jeleních šlach představuje málo prozkoumaný zdroj s potenciálně odlišným chováním oproti tradičně využívaným surovinám. Cílem práce bylo posoudit vliv přídavku želatiny z jeleních šlach a způsobu tepelného ošetření na reologické vlastnosti játrové paštiky.

MATERIÁL A METODIKA

Příprava kolagenu z jeleních šlach

Vstupní surovinou byly rozmělněné jelení šlachy (Venison CZ s.r.o., Míškovice, Česká republika). Po rozmrazení byly šlachy promyty tekoucí pitnou vodou a krátce ponechány ve vodě za účelem odstranění

rozpustných nekolagenních bílkovin. Následně byla surovina opracována v roztoku NaCl ($0,2 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$) v poměru surovina : roztok 1:6 po dobu 1,5 h při laboratorní teplotě, poté byla promyta studenou vodou. Pro odstranění globulinů byla surovina dále opracována v roztoku NaOH ($0,03 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$) v poměru 1:6 po dobu 45 min; krok alkalického opracování včetně filtrace a promytí byl celkem třikrát opakován. Po posledním promytí byla surovina sušena při $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ přibližně 24–36 h do konstantní hmotnosti.

Odtučnění vysušeného kolagenního materiálu bylo provedeno směsí petrolether : ethanol (1:1, v/v) v poměru surovina : rozpouštědlo 1:6 za kontinuálního třepání při laboratorní teplotě po dobu 24–36 h, přičemž směs rozpouštědel byla v průběhu procesu dvakrát vyměněna. Po odpaření zbytků rozpouštědel byl materiál rozemlet na velikost částic přibližně 3 mm a skladován v temnu v uzavřené nádobě.

Příprava želatiny byla realizována enzymatickou hydrolýzou upraveného kolagenu. Materiál byl smíchán s destilovanou vodou v poměru 1:10 a po 20 min třepání bylo pH upraveno 3% roztokem HCl na hodnotu 6,5–7,0. Následně byl přidán enzym Protamex (Novozymes A/S, Bagsværd, Dánsko) v množství 0,3 % (vztaženo na hmotnost přesušeného kolagenu) a směs byla mírně třepána 24 h při $6 \text{ }^{\circ}\text{C}$; po 30 min byla provedena kontrola pH a případná korekce na 6,5–7,0. Po hydrolýze byla směs filtrována přes třívrstvou tkaninu.

Pro vlastní extrakci byla propláchnutá pevná fáze opět smíchána s destilovanou vodou (1:10) a extrahována za intenzivního míchání při $55 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu 30 min. Získaný roztok želatiny byl krátce zahříván na $85 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu 6 min, ochlazen (30 min při teplotě $8 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$) a následně sušen ($40 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ přibližně 12 h, poté dosušení při $65 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 8 h). Suchá želatina byla rozdrovena na částice přibližně o velikosti 1 mm a skladována v temnu.

Analýza připravené želatiny

Pro charakterizaci připravené želatiny byly stanoveny vybrané fyzikálně-chemické a funkční vlastnosti.

Obsah sušiny

Obsah sušiny byl stanoven gravimetricky podle metodiky GMIA (2013). Přibližně 1 g vzorku byl sušen při $103 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ do konstantní hmotnosti. Po ochlazení v exikátoru byl obsah sušiny vypočten jako hmotnostní podíl vysušeného zbytku vztažený k původní hmotnosti vzorku.

Obsah popelovin

Obsah popelovin byl stanoven gravimetricky podle metodiky GMIA (2013). Přibližně 0,5 g vzorku bylo mineralizováno v muflové peci při $650 \text{ }^{\circ}\text{C}$ do konstantní hmotnosti. Po ochlazení v exikátoru byl obsah popela vypočten jako hmotnostní podíl zbytku po žihání vztažený k původní hmotnosti vzorku.

Dynamická viskozita

Dynamická viskozita byla stanovena podle metodiky GMIA (2013) na 6,67% roztoku želatiny při $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ pomocí Ubbelohdeho viskozimetru. Z naměřené doby průtoku byla vypočtena kinematická a následně dynamická viskozita.

Teplota tání

Teplota tání byla stanovena podle metodiky GMIA (2013) na 6,67% gelu želatiny připraveném v kapiláře a temperovaném při $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Při postupném zahřívání ve vodní lázni byla zaznamenána teplota, při které došlo k uvolnění gelu z kapiláry.

Teplota tuhnutí

Teplota tuhnutí byla stanovena podle metodiky GMIA (2013) ochlazováním želatinového roztoku. Do vzorku byly při postupném poklesu teploty vkládány ocelové kuličky a teplota gelace byla určena v okamžiku jejich zastavení v gelové struktuře.

Vodu zadržující kapacita

Vodu zadržující kapacita byla stanovena podle Nasrin et al. (2014). Přibližně 1 g práškové želatiny byl dispergován v 25 ml destilované vody a třepán po dobu 5 min při laboratorní teplotě. Následně byl vzorek odstředěn při 5000 ot·min⁻¹ po dobu 30 min a po odstranění supernatantu byla kapacita vazby vody vypočtena jako rozdíl mezi přidáním množstvím vody a hmotností supernatantu, vyjádřený v g·g⁻¹.

Tuk vázací kapacita

Tuk vázací kapacita byla stanovena podle Li et al. (2009). Vzorek (0,1 g) byl smíchán s 10 g sójového oleje a třepán 30 min při laboratorní teplotě. Po odstředění při 2500 ot·min⁻¹ po dobu 30 min byl odstraněn supernatant a kapacita vazby tuku byla vypočtena jako množství navázaného oleje vztažené k hmotnosti vzorku (g·g⁻¹).

Výroba játrových paštik

Složení játrových paštik je zaznamenáno v tabulce 1. Do díla byla přidána želatina získaná z jeleních šlach v koncentraci 0; 0,5 a 1,0 % hmotnostních vzhledem k celkové hmotnosti výrobku.

Paštiky byly vyrobeny z chlazených kuřecích jater, kuřecích stehenních řízků a kuřecích kůží. Kuřecí kůže byla tepelně upravena ve vroucí vodě do změknutí, přičemž vznikl vývar použitý při výrobě. Játra a svalovina byly mechanicky očištěny od nežádoucích částí.

Jednotlivé suroviny byly následně homogenizovány kutrováním. Nejprve byla rozmělněna játra s dusitanovou solicí směsí, poté svalovina s kořením a následně byly přidány tepelně upravené kůže. Do vzniklého díla byl postupně přidán vývar, směs jater, želatina (0; 0,5; 1,0 %) a nakonec bramborový škrob. Po každém přidavku byla směs důkladně promíchána do homogenní emulze.

Tabulka 1: Surovinová skladba játrových paštik

Surovina	Množství [g]
Kuřecí játra	450
Kuřecí stehenní řízký	395
Kuřecí kůže	270
Vývar	310
Škrob	37,5
Dusitanová solicí směs	30
Kořenící směs	7,5

Hotové dílo bylo rozděleno do obalů podle typu tepelného ošetření. Pasterované vzorky byly plněny do skleněných nádob, od vzdušněny vakuováním a zahřívány v konvektomatu na 72 ± 1 °C v jádře po dobu 10 min. Následně byly rychle zchlazeny ve studené vodní lázni a skladovány při 4 ± 2 °C.

Sterilované vzorky byly plněny do hliníkových misek, uzavřeny víčkem a tepelně opracovány v autoklávu při 120 ± 1 °C po dobu 10 min. Po ochlazení byly rovněž skladovány při 4 ± 2 °C.

Analýzy játrových paštik

U vyrobených vzorků játrových paštik byly hodnoceny vybrané fyzikálně-mechanické vlastnosti charakterizující strukturu výrobku.

Obsah sušiny

Obsah sušiny byl stanoven gravimetricky sušením naváženého vzorku při 103–105 °C do konstantní hmotnosti podle standardní metody pro potraviny (ISO 1442:2023). Výsledek byl vyjádřen jako hmotnostní procento sušiny ve vzorku.

Spreadability test – Roztíratelnost

Roztíratelnost byla hodnocena pomocí texturního analyzátoru TA.XTplus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK) s kuželovou sondou HDP/SR. Vzorek byl umístěn do nádoby s kónickým dnem a měření probíhalo do hloubky 2 mm rychlostí $1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$. Měření poskytovalo orientační informaci o konzistenci výrobku vzhledem k nutnosti manipulace se vzorkem před analýzou. Každý vzorek byl měřen pětikrát a výsledky byly vyjádřeny jako průměrná hodnota $\pm$ směrodatná odchylka.

Reologická analýza

Reologická měření byla provedena na rotačním reometru Kinexus Pro+ (Malvern Panalytical Ltd., Malvern, UK). Každý vzorek byl měřen dvakrát při teplotě $20,0 \pm 0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ pomocí frekvenčního testu v rozsahu 0,1–10 Hz v lineární viskoelastické oblasti (LVR). Použita byla vroubkovaná geometrie deska–deska se vzdáleností mezer 1 mm.

Před měřením byla z povrchu vzorku odstraněna zoxidovaná vrstva a vzorek byl nanesen na spodní desku přístroje. Po nastavení měřicí mezery byl odstraněn přebytečný materiál, aby se zabránilo ovlivnění výsledků.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky analýz želatiny jsou zaznamenány v tabulce 2.

Tabulka 2: Vybrané analýzy jelení želatiny

Obsah sušiny	$88,57 \pm 0,07 \%$
Obsah popelovin	$0,35 \pm 0,07 \%$
Teplota tuhnutí	$18,06 \pm 1,66 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Teplota tání	$34,35 \pm 0,43 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Čirost	$3,46 \pm 0,06 \%$
Dynamická viskozita	$2,2579 \text{ mPa} \cdot \text{s}$
Vodu zadržující kapacita	$22,60 \pm 1,11 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$
Tuk vázací kapacita	$4,78 \pm 0,59 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$

Získaná želatina vykazovala vysoký obsah sušiny (88,57 %), což odpovídá běžným hodnotám pro potravinářské želatiny a potvrzuje dostatečné odstranění vody po sušení. Obsah popelovin (0,35 %) byl nízký a svědčí o minimálním zastoupení minerálních látek a dobré čistotě produktu. Nízký obsah popela je důležitý zejména z technologického hlediska, protože nadbytek minerálních látek může negativně ovlivňovat gelotvorné vlastnosti a stabilitu výsledných potravinových systémů.

Obsah sušiny připravené želatiny dosahoval $88,57 \pm 0,07 \%$, což odpovídá vlhkosti 11,43 %. Ve srovnání s želatinami získanými z kuřecích vedlejších produktů s vlhkostí přibližně 5,4 % (Rather et al., 2022) byla hodnota vyšší, což lze přičíst odlišné surovině a technologickým podmínkám zpracování ovlivňujícím vazbu vody.

Obsah popelovin činil $0,35 \pm 0,07 \%$, tedy výrazně méně než limit 2 % udávaný pro potravinářské želatiny. Nízký obsah minerálních látek potvrzuje vysokou čistotu produktu a odpovídá přirozenému charakteru kolagenu (Mohammadnezhad a Farmani, 2022).

Teplota tuhnutí byla $18,06 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a teplota tání $34,35 \text{ }^{\circ}\text{C}$, což odpovídá typickému chování kolagenních gelů. Naměřená čirost činila 3,46 %, což odpovídá hodnotám běžně uváděným pro želatiny z živočišných surovin.

Dynamická viskozita roztoku činila $2,26 \text{ mPa} \cdot \text{s}$, což odpovídá běžným hodnotám pro potravinářské želatiny a naznačuje přítomnost dostatečně dlouhých polypeptidových řetězců. Vodu zadržující kapacita byla relativně vysoká ($22,60 \pm 1,11 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$) a převyšovala hodnoty uváděné pro kuřecí želatinu ($15,6 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$; Rather et al.,

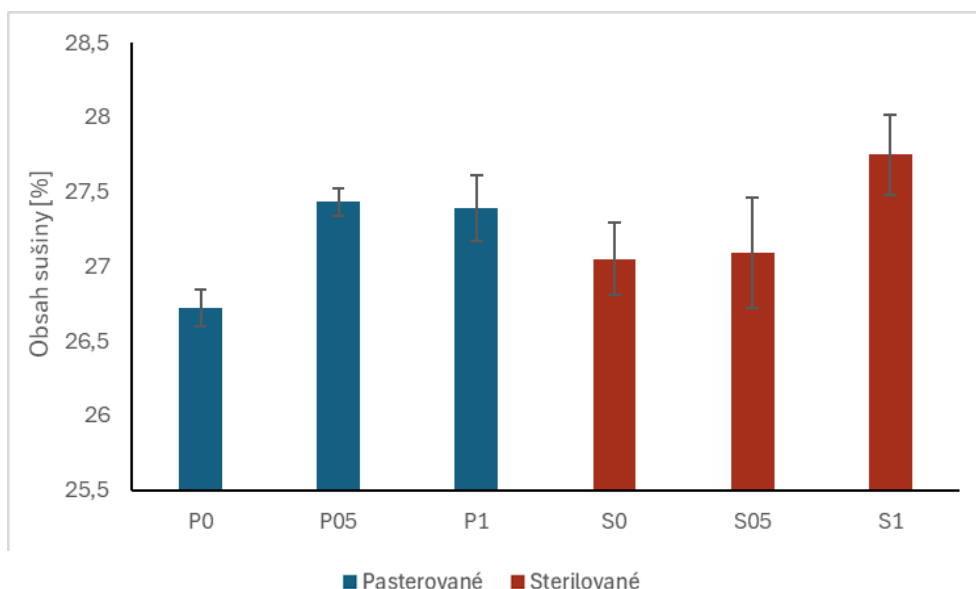
2022), zatímco tuk vázací kapacita ($4,78 \pm 0,59 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$) byla mírně nižší než u želatin z drůbežích surovin (Rather et al., 2022).

Naměřené parametry naznačují převážně hydrofilní charakter želatin a její schopnost stabilizovat vodnou fázi, což je významné pro tvorbu struktury emulzních masných výrobků.

Analýzy játrových paštik

Obsah sušiny

Výsledky obsahu sušiny jsou zobrazeny na obrázku 1.



Obrázek 1: Množství sušiny ve vzorcích játrových paštik

Legenda: P – pasterované vzorky; S – sterilované vzorky; 0 – bez přídavku želatin; 05 – 0,5% přídavek želatin; 1 – 1% přídavek želatin

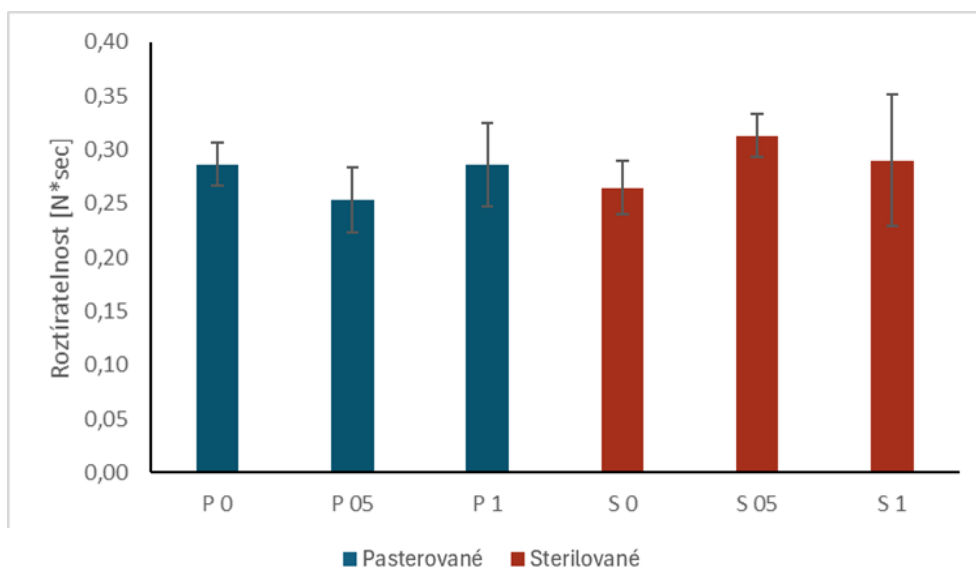
Obsah sušiny játrových paštik byl ovlivněn jak koncentrací přidané želatin, tak způsobem tepelného ošetření. U obou technologických variant byl se zvyšujícím se přídavkem želatin patrný nárůst sušiny výrobku. Nejnížší hodnoty byly zaznamenány u kontrolních vzorků bez přídavku želatin, zatímco nejvyšší obsah sušiny vykazovaly vzorky s 1,0 % želatin.

Sterilované paštiky dosahovaly obecně vyšších hodnot sušiny než pasterované varianty. Rozdíl byl nejvýraznější při vyšší koncentraci želatin, což naznačuje, že intenzivnější tepelné opracování podporuje stabilizaci pevné fáze systému.

Z technologického hlediska lze zvýšení sušiny vysvětlit především schopností želatin vázat vodu a podílet se na tvorbě gelové struktury. Vázaná voda se stává součástí proteinové matrice a nepůsobí jako volná fáze systému. Sterilizace současně způsobuje hlubší denaturaci bílkovin a intenzivnější tvorbu prostorové sítě, která vodu fixuje efektivněji než u pasterace. Zvýšený obsah sušiny tak odpovídá kompaktnější struktuře výrobku a předpokládá vyšší podíl elastického chování v následných reologických měřeních.

Roztíratelnost

Výsledky roztíratelnosti jsou zobrazeny na obrázku 2.



Obrázek 2: Výsledky roztíratelnosti játrových paštik

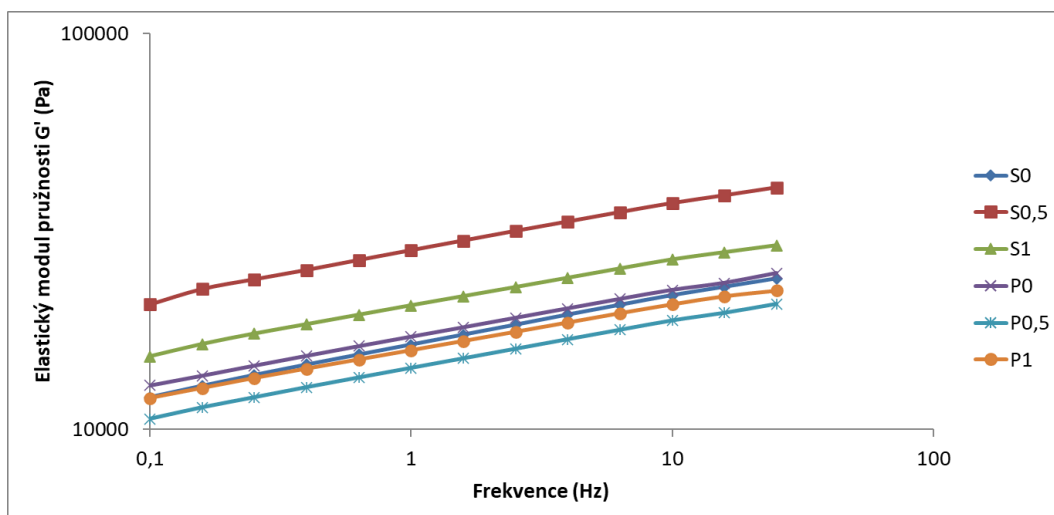
Legenda: P – pasterované vzorky; S – sterilované vzorky; 0 – bez přídavku želatiny; 05 – 0,5% přídavek želatiny; 1 – 1% přídavek želatiny

Roztíratelnost játrových paštik byla ovlivněna jak koncentrací přidané želatiny, tak způsobem tepelného ošetření. U pasterovaných vzorků byly rozdíly mezi jednotlivými koncentracemi relativně malé. Nejvyšší roztíratelnost byla zaznamenána u kontrolního pasterovaného vzorku bez přídavku želatiny (P0; 0,2866 N·s), zatímco přídavek 0,5 % želatiny vedl k mírnému snížení hodnot a při koncentraci 1,0 % došlo opět k jejich nepatrnému zvýšení, avšak bez výrazné odchylky od kontroly.

U sterilovaných paštik byl vliv želatiny výraznější. Nejvyšší hodnoty vykazoval vzorek sterilovaný s přídavkem 0,5 % želatiny (S05; 0,3130 N·s), zatímco při přídavku 1,0 % došlo k částečnému poklesu hodnot. Sterilované vzorky obecně vykazovaly vyšší odpor při roztírání než pasterované varianty, což ukazuje na tvorbu pevnější struktury během intenzivnějšího tepelného ošetření.

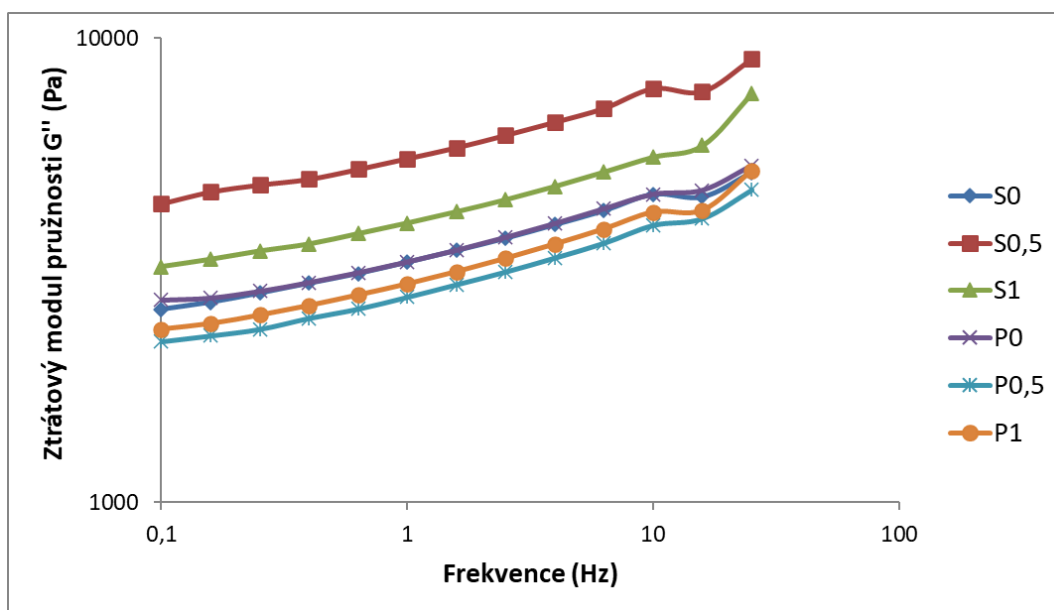
Pozorované změny lze vysvětlit interakcí želatiny s proteinovou maticí výrobku. Při nižší koncentraci se želatina pravděpodobně zapojuje do struktury svalových bílkovin a zpevňuje vzniklou síť, což vede k vyššímu odporu při deformaci. Při vyšším přídavku však dochází k většímu podílu hydratovaných gelových oblastí, které mohou působit jako lubrikační fáze a částečně snižovat odpor při roztírání. Intenzivnější účinek ve sterilovaných vzorcích souvisí s hlubší denaturací proteinů a tvorbou kompaktnější struktury, do níž se želatina účinněji začleňuje.

Výsledky měření dynamické oscilační reologie jsou zaznamenány na obrázku 3, 4 a 5.



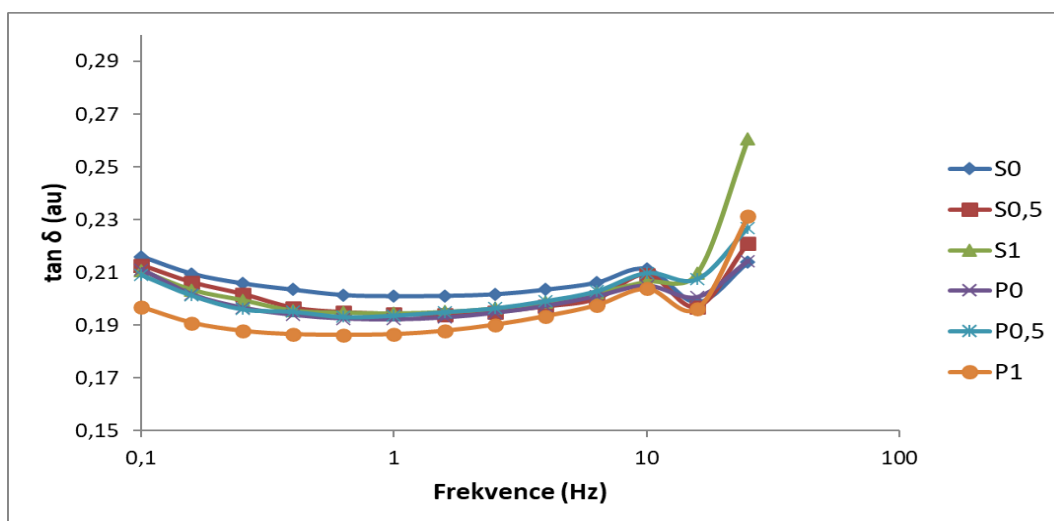
Obrázek 3: Výsledky elastického modulu pružnosti

Legenda: P – pasterované vzorky; S – sterilované vzorky; 0 – bez přídavku želatiny; 0,5 – 0,5% přídavek želatiny; 1 – 1% přídavek želatiny



Obrázek 4: Výsledky ztrátového modulu pružnosti

Legenda: P – pasterované vzorky; S – sterilované vzorky; 0 – bez přídavku želatiny; 0,5 – 0,5% přídavek želatiny; 1 – 1% přídavek želatiny



Obrázek 5: Výsledky ztrátového faktoru $\tan \delta$

Legenda: P – pasterované vzorky; S – sterilované vzorky; 0 – bez přídavku želatiny; 0,5 – 0,5% přídavek želatiny; 1 – 1% přídavek želatiny

Ve všech hodnocených vzorcích převyšoval modul pružnosti G' ztrátový modul G'' , což potvrzuje převážně elastický charakter systému typický pro emulzní gely. Hodnoty G' rostly s frekvencí, což odpovídá slabému gelu charakteristickému pro tepelně opracované masné výrobky. Sterilované vzorky vykazovaly vyšší hodnoty G' než pasterované, což svědčí o intenzivnější denaturaci bílkovin a vytvoření pevnější proteinové matrice. Přídavek želatiny ovlivnil modul pružnosti nelineárně – nejvyšší hodnoty byly zaznamenány při koncentraci 0,5 %, zatímco při 1,0 % došlo k mírnému poklesu, pravděpodobně vlivem vyššího podílu hydratované gelové fáze.

Ztrátový modul G'' vykazoval obdobný průběh jako modul pružnosti a rostl s frekvencí deformace, což potvrzuje viskoelastické chování systému. Sterilované vzorky dosahovaly vyšších hodnot G'' než pasterované varianty, což ukazuje na vyšší schopnost disipace energie v kompaktnější síti vytvořené intenzivnějším tepelným opracováním. Také v tomto případě byl vliv želatiny nelineární a nejvyšší hodnoty byly zaznamenány při koncentraci 0,5 %. Při vyšším přídavku želatiny docházelo ke snížení modulu, což naznačuje změnu struktury směrem k více hydratovanému systému s nižší kohezí.

Hodnoty ztrátového faktoru $\tan \delta$ se u všech vzorků pohybovaly přibližně v rozmezí 0,18–0,22, což potvrzuje převážně elastický charakter materiálu. Nejnižší hodnoty byly zaznamenány při nižších frekvencích, zatímco při vyšších frekvencích docházelo k jejich nárůstu v důsledku postupného narušování struktury. U sterilovaných vzorků s vyšším obsahem želatiny byl nárůst výraznější, což naznačuje vznik více hydratované a méně koherentní matrice. Výsledky potvrzují, že želatina modifikuje charakter proteinové sítě a její vliv závisí na intenzitě tepelného ošetření.

Reologická měření prokázala, že játrové paštiky mají charakter slabého gelu s převahou elastické složky. Sterilace vedla k vytvoření pevnější a stabilnější struktury než pasterace. Přídavek želatiny modifikoval strukturu nelineárně – při koncentraci 0,5 % docházelo ke zpevnění proteinové matrice, zatímco při vyšším přídavku se projevoval plasticizační efekt způsobený vyšším podílem hydratované gelové fáze. Výsledky korespondují s měřením roztíratelnosti a potvrzují, že želatina nepůsobí pouze jako zahušťovadlo, ale také se aktivně podílí na tvorbě mikrostruktury emulzního gelu a její účinek je výrazně ovlivněn intenzitou tepelného opracování.

ZÁVĚR

Přídavek želatiny získané z jeleních šlach ovlivnil vlastnosti játrových paštik v závislosti na koncentraci i způsobu tepelného ošetření. Se zvyšujícím se podílem želatiny docházelo ke zvýšení obsahu sušiny a ke změnám roztíratelnosti výrobku. Reologická měření potvrdila charakter slabého emulzního gelu s převahou elastické složky. Nejvýraznější zpevnění struktury bylo zaznamenáno při přídávku 0,5 %, zatímco vyšší koncentrace vedla k poklesu pevnosti gelové matrice. Sterilizace vytvářela kompaktnější a stabilnější strukturu než pastérace a současně zesilovala účinek kolagenu.

Výsledky ukazují, že kolagen ze zvěřiny může sloužit jako funkční strukturant masných výrobků a představuje perspektivní způsob zhodnocení vedlejších živočišných surovin.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl zpracován s podporou IGA/FT/2025/007.

LITERATURA

Dickinson, E. (2012): Emulsion gels: The structuring of soft solids with protein-stabilized oil droplets. *Food Hydrocolloids*, 28(1), 224–241. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.017>

FAO (2019): The State of Food and Agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Dostupné z: <https://doi.org/10.4060/ca6030en>

GMIA (2013): Standard testing methods for edible gelatin. Gelatin Manufacturers Institute of America. Dostupné z: https://gmia gelatin.weebly.com/uploads/1/1/8/4/118450438/gmia_official_methods_of_gelatin_revised_2013.pdf

ISO 1442:2023 (2023): Meat and meat products — Determination of moisture content — Reference method (ISO 1442:2023). Geneva: International Organization for Standardization. Dostupné z: <https://www.iso.org/standard/82664.html>

Karim, A. A., Bhat, R. (2009): Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food Hydrocolloids*, 23(3), 563–576. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.07.002>

Li, F., Jia, D., Yao, K. (2009): Amino acid composition and functional properties of collagen polypeptide from Yak (*Bos grunniens*) bone. *LWT – Food Science and Technology*, 42(5), 945–949. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.12.005>

Mohammadnezhad, S., Farmani, J. (2022): Rheological and functional characterization of gelatin and fat extracted from chicken skin for application in food technology. *Food Science and Nutrition*, 10(6), 1908–1920. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/fsn3.2807>

Nasrin, T. A. A., Noomhorm, A., Anal, A. A. (2014): Physico-chemical characterization of culled plantain pulp starch, peel starch, and flour. *International Journal of Food Properties*, 18(1), 165–177. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10942912.2013.828747>

Rather, J. A., Majid, S. D., Dar, A. H., Amin, T., Makroo, H. A. et al. (2022): Extraction of gelatin from poultry byproduct: Influence of drying method on structural, thermal, functional, and rheological characteristics of the dried gelatin powder. *Frontiers in Nutrition*, 9. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.895197>

Schrieber, R., Gareis, H. (2007): *Gelatine Handbook: Theory and Industrial Practice*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA. ISBN 978-3-527-31548-7

Shoulders, M. D., Raines, R. T. (2009): Collagen structure and stability. *Annual Review of Biochemistry*, 78, 929–958. Dostupné z: <https://doi.org/10.1146/annurev.biochem.77.032207.120833>

Sun, X. D., Holley, R. A. (2010): Factors influencing gel formation by myofibrillar proteins in muscle foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(1), 33–51. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00137.x>

Toldrá, F., Mora, L., Reig, M. (2016): New insights into meat by-product utilization. *Meat Science*, 120, 54–59. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.021>

Tornberg, E. (2005): Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*, 70(3), 493–508. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.11.021>

Youssef, M. K., Barbut, S. (2009): Effects of protein level and fat/oil on emulsion stability, texture, microstructure and color of meat batters. *Meat Science*. 82(2), 228–233. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.015>

Kontaktní adresa: Ing. Tereza Novotná, Ústav technologie potravin, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín, Česká republika, e-mail: t2_novotna@utb.cz

RTUŤ VE TKÁNÍCH PRASAT DIVOKÝCH

MERCURY IN WILD BOAR TISSUES

Kamila Novotná Kružiková¹ – Petr Linhart¹ – Martin Svoboda¹

¹ Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0281>



ABSTRAKT

Rtuť představuje perzistentní environmentální kontaminant, který se akumuluje v tkáních živočichů a může představovat riziko pro volně žijící organismy i člověka. V této studii byl stanoven obsah celkové rtuti v tkáních 32 prasat divokých (*Sus scrofa*) ulovených v České republice v roce 2025. Byly analyzovány vzorky štětín, jater, ledvin, svaloviny krku a svaloviny bránice. Koncentrace rtuti se nelišily mezi samci a samicemi a nebyla zjištěna signifikantní korelace ($p < 0,01$) mezi rtutí a hmotností zvířat. Nejvyšší koncentrace rtuti byly zjištěny v ledvinách ($0,071 \pm 0,034 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), následovaly játra ($0,02 \pm 0,01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), zatímco svalovina krku ($0,007 \pm 0,003 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) a svalovina bránice ($0,005 \pm 0,002 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) vykazovala nejnižší hladiny. Mezi obsahem rtuti ve štětínách a vnitřních orgánech byla prokázána významná korelace, stejně jako mezi játry a ledvinami a mezi oběma vzorky svaloviny.

Klíčová slova: těžké kovy, environmentální kontaminace, svalovina, štětiny

ABSTRACT

Mercury is a persistent environmental contaminant that accumulates in animal tissues and can pose a risk to both wild organisms and humans. In this study, the total mercury content in the tissues of 32 wild boars (*Sus scrofa*) caught in the Czech Republic in 2025 was determined. Samples of bristles, liver, kidneys, neck muscles and diaphragm muscles were analysed. Mercury concentrations did not differ between males and females, and no significant correlation ($p < 0.01$) was found between mercury and animal weight. The highest concentrations of mercury were found in the kidneys ($0.071 \pm 0.034 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), followed by the liver ($0.02 \pm 0.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), while neck muscles ($0.007 \pm 0.003 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) and diaphragm muscles ($0.005 \pm 0.002 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) showed the lowest levels. A significant correlation was shown between the mercury content in the bristles and internal organs, as well as between the liver and kidneys and between the two muscle samples.

Keywords: heavy metals, environmental contamination, muscle, bristles

ÚVOD

Rtuť patří mezi významné environmentální toxikanty, které se díky své perzistenci mohou hromadit v ekosystémech a představovat zdravotní riziko pro volně žijící živočichy i člověka. Její toxické účinky jsou často chronické a subletální, zahrnující imunopatologické změny, poruchy reprodukce, teratogenitu či karcinogenitu (Srebocan et al. 2011; Rice et al. 2014).

Volně žijící savci představují vhodné bioindikátory kontaminace prostředí, neboť se pohybují napříč trofickými úrovněmi, řada z nich se dožívá vyššího věku a odráží tak dlouhodobou expozici polutantům (Sobanska 2005). Prase divoké (*Sus scrofa*) je z tohoto pohledu obzvláště vhodným druhem, protože je všežravé, vyhledává potravu i pod povrchem půdy a je vystaveno různorodým cestám vstupu rtuti do organismu (Florijancic et al. 2015; González-Gómez et al. 2021). Přítomnost rtuti v jeho tkáních tak může vypovídat o úrovni znečištění prostředí i potenciálním riziku pro člověka.

Cílem příspěvku bylo porovnat obsah celkové rtuti ve štětinách, játrech, ledvinách a dvou typech svaloviny prasete divokého uloveného na území České republiky a posoudit vztahy mezi obsahem rtuti v jednotlivých tkáních a zjistit možnost využití srsti jako neinvazivního indikátoru kontaminace rtutí.

MATERIÁL A METODIKA

Prasata divoká

V roce 2025 byly na území České republiky odebrány vzorky tkání od 32 prasat divokých. Soubor tvořilo 17 samců, 15 samic. U každého jedince byly odebrány vzorky štětín, jater, ledvin, svaloviny krku a svaloviny bránice. Zvířata pocházela z lokalit Vrčeň (n = 13), Kladruby (n = 3), Křínice (n = 2), Netolice (n = 6), Truskovice (Netolice) (n = 3) a Skály u Protivína (n = 5).

Analýza rtuti

Stanovení celkové rtuti bylo provedeno pomocí atomové absorpční spektrometrie (AMA 254, Altec, Praha). Každý vzorek byl analyzován bez předchozí přípravy vzorku minimálně ve dvou opakováních s relativní odchylkou nepřesahující 10 %. Štětiny prasat byly před samotnou analýzou vyčištěny od vnější kontaminace promytím v destilované vodě a acetonu a opět v destilované vodě, přičemž vždy v daném rozpouštědle byly vzorky ponechány po dobu 10 min. Statistická analýza zahrnovala testování normality (Shapiro–Wilkův test), porovnání koncentrací rtuti u prasat mezi pohlavími (nepárový t-test), Kruskal-Wallis ANOVA, Pearsonův korelační koeficient nebo Spearmanův koeficient pořadové korelace byl použit pro posouzení korelace mezi hmotností jedinců a koncentrací rtuti v jednotlivých tkáních a orgánech a k posouzení korelace mezi jednotlivými tkáněmi u prasat.

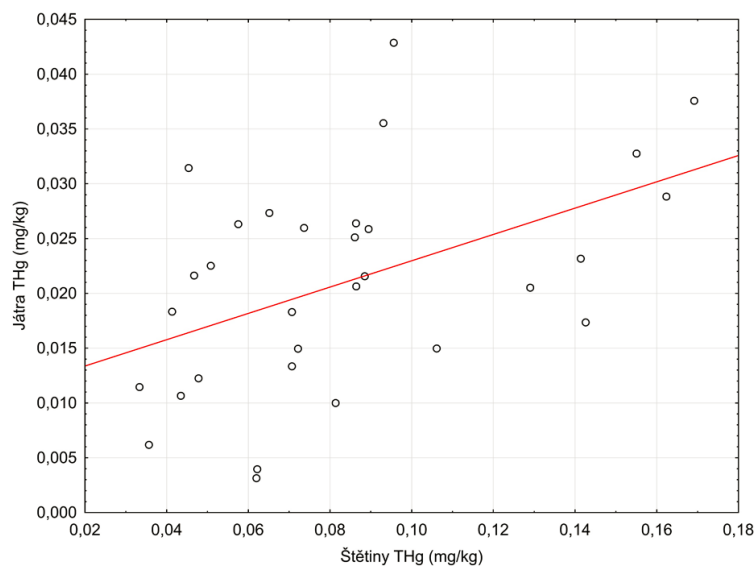
VÝSLEDKY A DISKUZE

Koncentrace celkové rtuti se v jednotlivých tkáních výrazně lišily (tab. 1). Nejvyšší hodnoty byly zjištěny v ledvinách, následovaly játra, zatímco nejnižší koncentrace byly prokázány ve svalovině krku a bránice. Tento vzorec odpovídá dříve publikovaným studiím, které rovněž uvádějí akumulaci rtuti především v orgánech podílejících se na detoxikaci a vylučování (Gyrd-Hansen 1981; Lohren et al. 2015). Koncentrace rtuti nebyly ovlivněny pohlavím ani hmotností zvířat, což je v souladu s literaturou, která zmiňuje především význam lokálního zatížení prostředí.

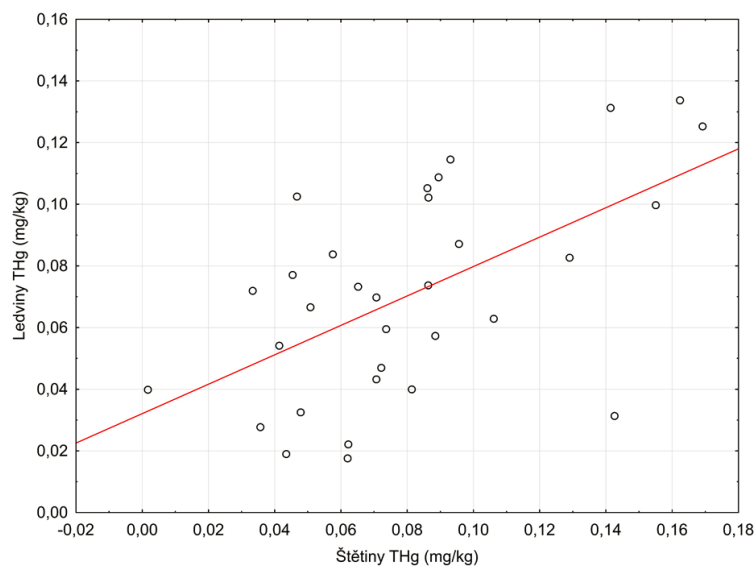
Tabulka 1: hmotnost a obsah celkové rtuti THg (mg/kg) ve tkáních prasat divokých

	Hmotnost [kg]	THg [mg·kg ⁻¹]				
		Štětiny	Játra	Ledviny	Svalovina krku	Svalovina bránice
průměr	37,45	0,081	0,021	0,071	0,007	0,005
SD	13,23	0,040	0,010	0,034	0,003	0,002
min	7	0,002	0,003	0,018	0,003	0,002
max	70	0,169	0,043	0,134	0,016	0,011

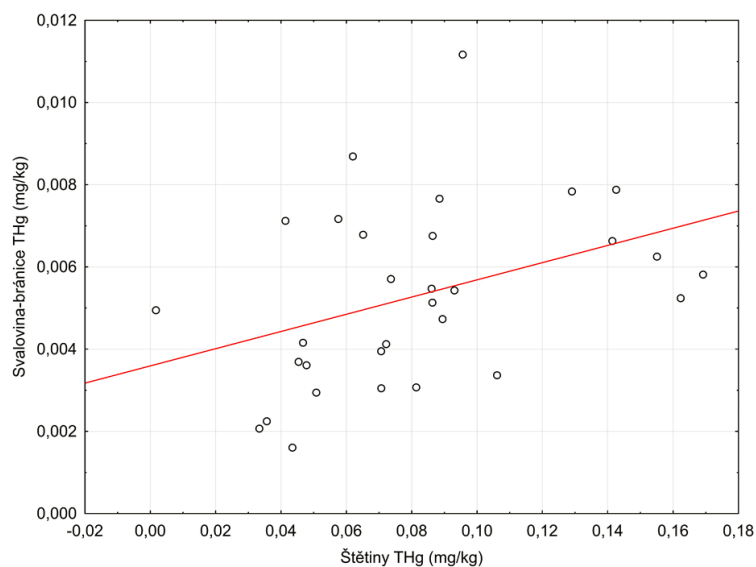
V grafech na obrázcích 1–4 jsou uvedeny zjištěné významné statisticky průkazné korelace mezi koncentrací rtuti ve štětinách a v jednotlivých orgánech. Korelační koeficient mezi štětinami a játry činil 0,475, mezi štětinami a ledvinami 0,572, mezi štětinami a svalovinou krku 0,526 a mezi štětinami a svalovinou bránice 0,394. Silná korelace byla nalezena mezi játry a ledvinami (0,762) a mezi svalovinou krku a bránice (0,763). Tyto výsledky (tab. 2) ukazují, že štětiny mohou odrážet dlouhodobou expozici rtuti a představují vhodný neinvazivní biomarker, jak uvádí také Sobanska (2005).



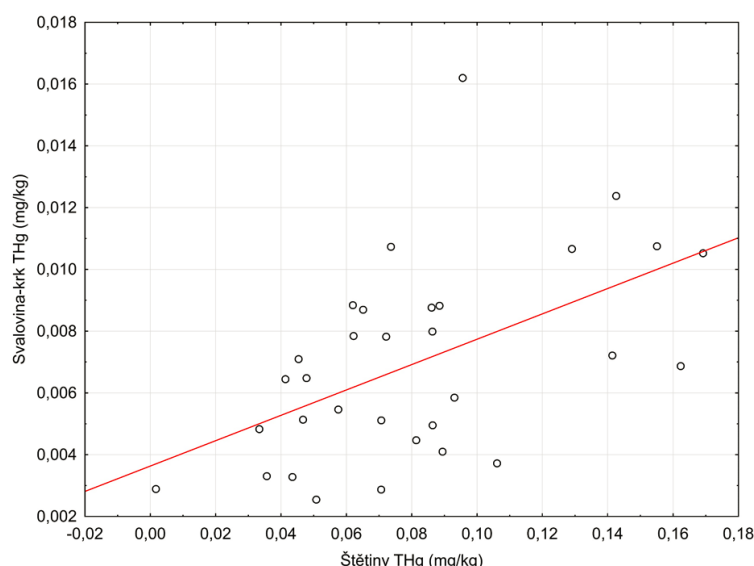
Obrázek 1: Korelace obsahu celkové rtuti ve štětínách a játrech



Obrázek 2: Korelace obsahu celkové rtuti mezi štětínami a ledvinami



Obrázek 3: Korelace obsahu celkové rtuti mezi štětínami a svalovinou bránice



Obrázek 4: Korelace obsahu celkové rtuti mezi štětini a svalovinou krku

Z hlediska potravinové bezpečnosti byly porovnány naměřené koncentrace s maximálními reziduálními limity (Nařízení Evropského Parlamentu a Rady č. 2018/73). Limit $0,02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ byl překročen v 18 jaterních vzorcích a v 30 vzorcích ledvin. Maximální naměřená hodnota činila $0,04 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ v játrech a $0,13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ v ledvinách. U svaloviny krku byl limit $0,01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ překročen v šesti případech a u svaloviny bránice v jednom případě. Přestože svalovina obecně vykazuje nejnížší obsahy rtuti nejvyšší riziko však představují vnitřnosti, zejména ledviny. Toto zjištění odpovídá rovněž výsledkům ze studie, kterou publikoval Srebocan (2011). Naopak pokud jde o efekt věku na koncentraci rtuti ve tkáních, pozorujeme spíše velmi slabou negativní korelaci, která ale není signifikantní.

Tabulka 2: Korelace (Spearmanův pořadový test) obsahu celkové rtuti mezi jednotlivými tkáněmi u prasat

	Štětiny	Játra	Ledviny	Svalovina krk	Svalovina bránice
Štětiny	x	x	x	x	x
Játra	0,4752	x	x	x	x
Ledviny	0,5724	0,7616	x	x	x
Svalovina krk	0,5258	0,4744	N	x	x
Svalovina bránice	0,3941	0,4391	N	0,7634	x

Výsledky této studie odpovídají dřívějším pozorováním, která uvádějí vyšší akumulaci rtuti u prasete divokého, ve srovnání s býložravými druhy, což je pravděpodobně spojeno s jejich potravní strategií a trofickou vazbou na půdu, kde dochází k depozici atmosféricky transportované rtuti.

ZÁVĚR

Studie prokázala, že prase divoké představuje vhodný bioindikátor kontaminace rtutí v přírodním prostředí. Nejvyšší obsahy rtuti byly zjištěny v ledvinách a játrech, zatímco svalová tkáň vykazovala nejnižší hodnoty. Nebyla prokázána souvislost mezi pohlavím či hmotností zvířat a koncentrací rtuti. Významné korelace mezi obsahem rtuti ve štětínách a vnitřními orgány potvrzují, že srst je vhodným neinvazivním materiálem pro monitoring environmentální kontaminace.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena Projektem Interní tvůrčí agentury Veterinární univerzity Brno č. 2025ITA25.

LITERATURA

European Commission regulation (EU) 2018/73 of 16 January 2018 amending Annexes II and III to Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council as regards maximum residue levels for mercury compounds in or on certain products, 2018 [vid. 2025-02-02]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2018/73/oj/eng>

Florijancic, T., Ozimec, S., Jelkic, D., Vuksic, N., Bilandzic, N., Gross Boskovic, A., Boskovic, I. (2015): Assessment of heavy metal content in wild boar (*Sus scrofa* L.) hunted in eastern Croatia. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 16(2), 630–636. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/jox15030074>

Gyrd-Hansen, N. (1981): Toxicokinetics and methyl mercury in pigs. *Archives of Toxicology*, 48(2–3), 173–181. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/BF00310486>

González-Gómez, X., Cambeiro-Pérez, N., Figueiredo-González, M., Martínez-Carballo, E. (2021): Wild Boar (*Sus scrofa*) as Bioindicator for Environmental Exposure to Organic Pollutants. *Chemosphere*, 268, 128848. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128848>

Lohren, H., Blagojevic, L., Fitkau, R., Ebert, F., Schildknecht, S., Leist, M., Schwerdtle, T. (2015): Toxicity of organic and inorganic mercury species in differentiated human neurons and human astrocytes. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 32, 200–208.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2015.06.008>

Sobanska, M. A. (2005): Wild boar hair (*Sus scrofa*) as a non-invasive indicator of mercury pollution. *Science of The Total Environment*, 339(1–3), 81–88. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.07.018>

Srebocan, E., Prevendar, C. A., Ekert-Kabalin, A. M., Lazarus, M., Jurasović, J., Tomljanović, K., Andreić, D., Strunjak, P. I., Čož-Rakovac, R. (2011): Cadmium, lead, and mercury concentrations in tissues of roe deer (*Capreolus capreolus* L.) and wild boar (*Sus scrofa* L.) from Lowland Croatia. *Czech Journal of Food Sciences*, 29(6), 624–633. Dostupné z: <https://doi.org/10.17221/249/2010-CJFS>

Rice, K. M., Walker, E. M., Wu, M., Gillette, C., Blough, E. R. (2014): Environmental mercury and its toxic effects. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 47(2), 74–83.

Dostupné z: <https://doi.org/10.3961/jpmph.2014.47.2.74>

Kontaktní adresa: Ing. Kamila Novotná Kružiková, Ph.D., Ústav ochrany zvířat a welfare a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, e-mail: novotnakruzik@vfu.cz

ZMĚNY FYZIKÁLNÍCH VLASTNOSTÍ KÁVOVÝCH ZRN V PRŮBĚHU PRAŽENÍ A JEJICH SENZORICKÉ HODNOCENÍ

CHANGES IN THE PHYSICAL PROPERTIES OF COFFEE BEANS DURING ROASTING AND THEIR SENSORY EVALUATION

Barbora Odehnalová¹ – Šárka Nedomová¹

Veronika Božena Hendrychová¹ – Andrea Roztočilová¹ – Adam Kovál¹

¹ Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0286>



ABSTRAKT

Tato práce se zabývá hodnocením vlivu fyzikálních a mechanických vlastností pražených kávových zrn na jejich senzorní parametry. Analyzována byla kávová zrna botanických druhů *Coffea arabica* a *Coffea canephora* zpracované metodami natural a washed. Pražení probíhalo při teplotě 200 °C po dobu 10, 15 a 20 minut. U jednotlivých vzorků byly stanoveny geometrické charakteristiky, hmotnost, hustota a index tvaru zrn. Senzorické hodnocení celých pražených zrn zahrnovalo posouzení barvy, rovnoměrnost pražení a intenzitu vůně suchých zrn pomocí bodové stupnice. Výsledky prokázaly, že prodlužující se doba pražení vedla k objemové expanzi zrn a současněmu poklesu jejich hmotnosti, přičemž rozsah těchto změn byl významně ovlivněn botanickým druhem a způsobem posklizňového zpracování. Výraznější geometrické změny byly zaznamenány u zrn *Coffea arabica*, zejména u varianty washed, zatímco zrna *Coffea canephora* vykazovala vyšší strukturální stabilitu a nižší míru expanze. Senzorická analýza potvrdila významný vliv délky pražení na intenzitu barvy a rovnoměrnost pražení, kdy vyšší homogenita byla obecně dosažena u zrn zpracovaných metodou washed.

Klíčová slova: káva, struktura, kvalita

ABSTRACT

This study deals with the evaluation of the influence of the physical and mechanical properties of roasted coffee beans on their sensory parameters. Coffee beans of the botanical species *Coffea arabica* and *Coffea canephora*, processed by the natural and washed methods, were analyzed. Roasting was carried out at a temperature of 200 °C for 10, 15, and 20 minutes. For individual samples, geometric characteristics, weight, density, and bean shape index were determined. Sensory evaluation of whole roasted beans included the assessment of color, roasting uniformity, and the intensity of the aroma of dry beans using a point scale. The results demonstrated that increasing roasting time led to volumetric expansion of the beans and a simultaneous decrease in their weight, while the extent of these changes was significantly influenced by the botanical species and the post-harvest processing method. More pronounced geometric changes were recorded in *Coffea arabica* beans, especially in the washed variant, whereas *Coffea canephora* beans exhibited higher structural stability and a lower degree of expansion. Sensory analysis confirmed a significant effect of roasting time on color intensity and roasting uniformity, with higher homogeneity generally achieved in beans processed by the washed method.

Keywords: coffee, structure, quality

ÚVOD

Káva patří mezi nejvýznamnější komodity potravinářského průmyslu a její kvalitu určuje botanický původ, nadmořská výška pěstování, způsob posklizňového zpracování a následné technologické zpracování, zejména pražení (Sundaryanto, 2020). Kávová zrna představují biologický materiál, jehož fyzikální, mechanické a chemické vlastnosti se v průběhu zpracování významně mění. Tyto změny mají zásadní vliv na senzorické vlastnosti výsledného nápoje, ale také na chování zrn během pražení. Jednotlivé botanické druhy kávovníku, především arabica (*Coffea arabica* L.) a robusta (*Coffea canephora* L.) se od sebe liší morfologií zrn, strukturou a chemickým složením (Sigalingging et al., 2018; Cwиковá et al., 2022). Významnou roli hraje také způsob posklizňového zpracování, tedy suché (natural), mokré (washed) nebo honey metoda, které ovlivňují obsah vody v zrnech, jejich buněčnou strukturu a distribuci chemických látek (Rodak et al., 2021; Ganju et al., 2024). Pražení představuje důležitý technologický krok, při němž dochází k intenzivním fyzikálním změnám a chemickým reakcím, jako je ztráta vody, uvolňování plynů, navýšení objemu, ztráta pevnosti, snížení obsahu polyfenolů a navýšení obsahu kofeinu. Tyto změny jsou závislé na délce a intenzitě pražení a liší se mezi jednotlivými druhy káv i způsoby jejich zpracování (Bizimungu, 2023).

Senzorická analýza kávových zrn je dalším důležitým krokem pro určení celkové jakosti zrn a jejich kvalitu ve výsledném produktu. Kávová zrna se hodnotí ještě před upražením, kdy se hodnotí její geometrické charakteristiky a separují se tak zrna s defektem, které významně snižují celkovou kvalitu. Opět se zrna hodnotí po upražení, kde pražič kontroluje kvalitu upražení (sleduje rovnoměrnost barvy, olejnatost zrn, vývoj pražení a jiné). Kávová zrna poté hodnotí profesionální degustátoři (například metodou cupping), kde káva dostává bodové skóre, od kterého se dále odvíjí cena finálního produktu (Ganju et al., 2024; Oliveros et al., 2017). Cílem práce bylo charakterizovat změny fyzikálních vlastností kávových zrn během pražení ve vztahu k jejich senzorickému hodnocení.

MATERIÁL A METODIKA

Materiál

Sledovány byly vzorky kávových zrn botanických druhů: *Coffea arabica* L. (dále arabica) a *Coffea canephora* L. (dále robusta) ve variantách zpracování natural a washed. Vzorky zelených zrn pocházely z distribuční sítě.

Pražení

Pražení probíhalo při konstantní teplotě 200 °C po dobu 10, 15 a 20 minut v pražičce (Gene Cafe CBR 101). Po upražení byla zrna skladována v obalech s jednosměrným ventilem po dobu jednoho týdne.

Stanovení geometrických a fyzikálních vlastností kávových zrn

Stanovení geometrických parametrů kávových zrn probíhalo u 100 zrn všech vzorků pomocí posuvného měřidla, kdy byla stanovena délka, šířka a výška zrna v nejvyšším možném bodě. Z hodnot byl vypočítán index tvaru jednotlivých zrn dle Bizimungu (2023) tedy index tvaru = délka zrna děleno odmocninou součinu šířky a výšky zrna. Objem zrn byl stanoven pomocí odměrné nádoby. Hmotnost zrn byla stanovena pomocí analytických vah (KERN ADB 100-4). Hustota kávových zrn se stanovovala pomocí výpočtu uvedeného níže.

$$Hustota\ zrn\ (g \cdot ml^{-1}) = \frac{hmotnost\ zrn\ (g)}{objem\ zrn\ (ml)}$$

Senzorické hodnocení celých zrn po pražení

Senzorická analýza celých kávových zrn byla provedena 10 hodnotiteli. Hodnocena byla barva zrn (na škále od velmi světlá – velmi tmavá), rovnoměrnost pražení (nerovnoměrné – zcela rovnoměrné) a vůně suchých zrn (slabá, neznatelná – silná, intenzivní). V rámci vizuálního hodnocení barvy a rovnoměrnosti pražení byla posuzována homogenita barevného odstínu a přítomnost případných defektů pražení. Vůně suchých zrn byla hodnocena bezprostředně po otevření obalu. Jednotlivé senzorické deskriptory byly hodnoceny

pomocí bodové stupnice (0–100 bodů), kde vyšší hodnota odpovídala vyšší intenzitě nebo vyšší kvalitě daného znaku.

Statistické vyhodnocení

Získaná data byla statisticky vyhodnocena s využitím softwaru STATISTICA 14, přičemž byly použity testy pro ověření normality (Shapiro–Wilkův test), ověření homogenity rozptylů (Leveneův test), parametrická jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA) a následný post-hoc Tukeyův HSD test; v případě nesplnění požadavků na normalitu nebo homoskedasticitu byl použit neparametrický Kruskal–Wallisův test.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Hodnoty geometrických charakteristik pražených kávových zrn (tab. 1) ukazují, že pražení při 200 °C vede k mírné, avšak systematické expanzi zrn, přičemž rozsah změn závisí na botanickém druhu i způsobu zpracování. U zrn arabica (natural i washed) docházelo s prodlužující se dobou pražení k nárůstu délky, šířky i výšky zrn; změny byly výraznější u varianty washed, zejména ve směru výšky zrna. Tento trend souvisí s intenzivním rozvojem vnitřní porozity a tvorbou plynů v endospermu během pražení. U zrn robusty byly změny rozměrů méně výrazné, což je v souladu s literaturou popisující jejich vyšší buněčnou hustotu a mechanickou odolnost, která omezuje jejich objemovou expanzi při tepelném zpracování (Al-Shemmeri et al., 2024). Kávová zrna v průběhu pražení ztrácí svou hmotnost v důsledku odpařování vody a termických reakcí, které probíhají uvnitř zrna (Indriati et al., 2020).

Tabulka 1: Geometrické a fyzikální charakteristiky pražených kávových zrn

Vzorky	Typ pražení	Délka [mm]	Šířka [mm]	Výška [mm]	Hmotnost [g]	Hustota [g·ml ⁻¹]	Index tvaru [SI]
Arabica natural	10 min, 200 °C	9,60 ± 0,44 ^a	7,74 ± 0,16 ^a	4,17 ± 0,19 ^a	0,13 ± 0,01 ^a	0,458 ± 0,43	0,86 ± 0,14
	15 min, 200 °C	9,98 ± 0,57 ^{ab}	8,08 ± 0,57 ^{ab}	4,40 ± 0,55 ^{ab}	0,13 ± 0,02 ^a	0,453 ± 0,22	0,81 ± 0,06
	20 min, 200 °C	10,02 ± 0,69 ^{ab}	8,20 ± 0,37 ^{ab}	4,68 ± 0,18 ^{ab}	0,14 ± 0,01 ^{ab}	0,301 ± 0,69	0,84 ± 0,08
Arabica washed	10 min, 200 °C	10,91 ± 1,29 ^{abc}	7,92 ± 0,18 ^{ab}	4,62 ± 0,15 ^{ab}	0,17 ± 0,04 ^{ab}	0,563 ± 0,13	0,72 ± 0,06
	15 min, 200 °C	11,97 ± 1,02 ^c	8,21 ± 0,57 ^{ab}	4,87 ± 0,34 ^{ab}	0,20 ± 0,02 ^b	0,417 ± 0,42	0,71 ± 0,08
	20 min, 200 °C	11,62 ± 1,02 ^{bc}	8,78 ± 0,80 ^b	5,61 ± 0,44 ^b	0,19 ± 0,01 ^{ab}	0,365 ± 0,96	0,76 ± 0,09
Robusta natural	10 min, 200 °C	11,00 ± 1,16 ^{ab}	9,31 ± 0,72 ^a	6,25 ± 1,11 ^a	0,28 ± 0,05 ^a	0,556 ± 0,33	0,85 ± 0,06
	15 min, 200 °C	10,93 ± 1,63 ^{ab}	9,41 ± 1,08 ^a	6,01 ± 0,72 ^a	0,26 ± 0,06 ^{ab}	0,493 ± 0,51	0,85 ± 0,06
	20 min, 200 °C	11,53 ± 0,90 ^a	9,95 ± 0,10 ^{ab}	6,04 ± 0,49 ^a	0,27 ± 0,07 ^a	0,301 ± 0,09	0,88 ± 0,06
Robusta washed	10 min, 200 °C	8,64 ± 0,55 ^b	6,21 ± 0,31 ^c	4,24 ± 0,29 ^{ab}	0,10 ± 0,00 ^b	0,526 ± 0,68	0,72 ± 0,05
	15 min, 200 °C	8,73 ± 0,58 ^b	6,48 ± 0,06 ^{ad}	4,40 ± 0,44 ^{ab}	0,11 ± 0,01 ^{ab}	0,445 ± 0,32	0,74 ± 0,05
	20 min, 200 °C	9,15 ± 0,66 ^{ab}	6,62 ± 0,10 ^{abcd}	4,11 ± 0,23 ^b	0,10 ± 0,01 ^{ab}	0,415 ± 0,97	0,72 ± 0,05

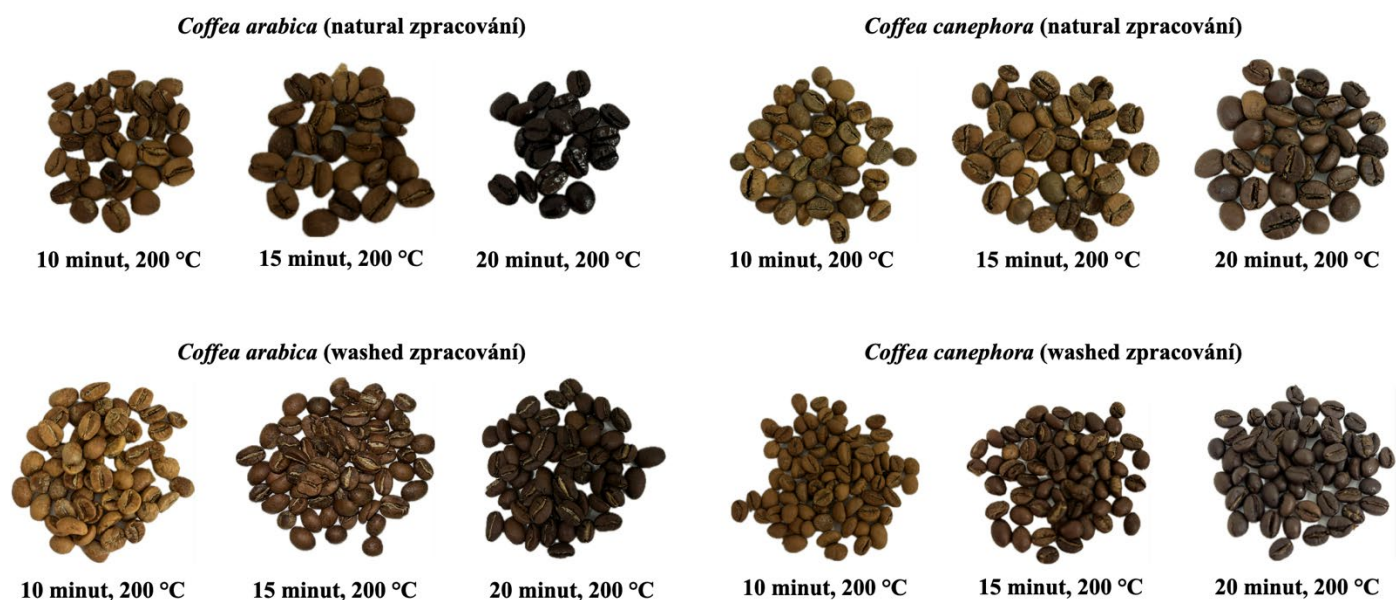
Legenda: Rozdílné horní indexy ve sloupci v rámci druhu kávovníku označují statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$), hustota a index tvaru zrn jsou prezentovány jako průměrné hodnoty ± směrodatná odchylka

Výsledky senzorické analýzy (tab. 2) ukazují, že doba pražení zásadně ovlivňuje senzorické atributy kávových zrn. Se zvyšující se dobou pražení docházelo ve vzorcích k významnému nárůstu intenzity barvy zrn (obr. 1), což souvisí s chemickými reakcemi probíhajícími během pražení (Maillardova reakce a karamelizace sacharidů), vedoucí k tmavšímu zbarvení a komplexnějšímu aromatickému profilu kávových zrn (Nascimento et al., 2024; Ribeiro et al., 2016). Rozdíly byly patrné také v rovnoměrnosti pražení mezi zpracovatelskými metodami: zrna typu washed vykazovala obecně vyšší rovnoměrnost než zpracování natural, což může souviset s fermentací a odstraněním pergamenu, vedoucí k homogennějšímu přenosu tepla během pražení (Debona et al., 2025). Intenzita vůně suchých zrn vykazovala méně konzistentní trend se zvyšující se dobou pražení. V případě robusty se ukázalo, že delší pražení může zvyšovat intenzitu vůně, což souvisí s tvorbou pyrazinu a fenolických sloučenin, které jsou dominantními aromatickými složkami u kávy robusta (Urugo et al., 2025).

Tabulka 2: Senzorická analýza pražených kávových zrn

Vzorky	Typ pražení	Barva zrna	Rovnoměrnost pražení	Vůně suchých zrn
Arabica natural	10 min, 200 °C	47,00 ± 24,01 ^a	54,00 ± 22,3 ^a	40,13 ± 11,28
	15 min, 200 °C	42,63 ± 17,56 ^a	75,75 ± 14,73 ^{ab}	56,75 ± 18,27
	20 min, 200 °C	89,00 ± 4,75 ^b	94,88 ± 8,13 ^b	62,75 ± 24,63
Arabica washed	10 min, 200 °C	20,00 ± 13,58 ^a	71,75 ± 22,48 ^a	38,75 ± 29,91
	15 min, 200 °C	56,50 ± 10,54 ^{ab}	81,37 ± 13,61 ^{ab}	66,62 ± 18,03
	20 min, 200 °C	74,12 ± 5,71 ^b	94,25 ± 6,29 ^b	55,62 ± 21,96
Robusta natural	10 min, 200 °C	21,75 ± 11,51 ^a	29,25 ± 19,81 ^{ab}	16,12 ± 21,71 ^a
	15 min, 200 °C	53,25 ± 17,87 ^b	55,62 ± 26,43 ^{ab}	52,12 ± 23,30 ^b
	20 min, 200 °C	69,37 ± 14,79 ^b	78,50 ± 19,25 ^b	69,50 ± 8,94 ^b
Robusta washed	10 min, 200 °C	32,00 ± 18,87 ^a	90,87 ± 7,97 ^a	23,37 ± 16,02 ^a
	15 min, 200 °C	66,00 ± 16,02 ^b	96,75 ± 3,19 ^a	40,75 ± 21,73 ^a
	20 min, 200 °C	94,00 ± 7,23 ^c	95,62 ± 4,53 ^a	75,37 ± 18,33 ^b

Legenda: Rozdílné horní indexy ve sloupci v rámci vzorku označují statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$)

**Obrázek 1:** Vzhled vzorků kávových zrn po upražení

ZÁVĚR

Pražení při teplotě 200 °C vedlo k změnám fyzikálních i senzorických vlastností kávových zrn, jejichž rozsah byl podmíněn botanickým druhem a způsobem posklizňového zpracování. S prodlužující se dobou pražení docházelo k objemové expanzi zrn a současně k úbytku jejich hmotnosti. Výraznější geometrické změny byly zjištěny u kávy arabica, zejména u varianty washed, zatímco zrna robusty vykazovala nižší míru expanze.

Senzorické hodnocení potvrdilo významný vliv délky pražení na intenzitu barvy a rovnoměrnost pražení; vyšší homogenita byla zaznamenána u zrn zpracovaných metodou washed. Z technologického hlediska výsledky poukazují na význam diferencovaného nastavení pražicích profilů podle druhu kávy a technologie zpracování. Zohlednění rozdílů v expanzi zrn, úbytku hmotnosti a vývoji senzorických atributů umožňuje optimalizaci parametrů pražení, stabilizaci kvality produkce a cílené formování výsledného senzorického profilu.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena Interní grantovou agenturou Agronomické fakulty Mendelovy univerzity v Brně, projekt č. IGA25-AF-IP-039 „Vliv mechanických vlastností kávových zrn na jejich jakostní parametry“.

LITERATURA

- Al-Shemmeri, M., Fryer, P., Farr, R., Lopez-Quiroga, E. (2024): Development of coffee bean porosity and thermophysical properties during roasting. *Journal of Food Engineering*, 378(2), 111–123. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2024.112096>
- Bizimungu, G. (2023): Physical and mechanical properties of Arabica coffee (*Coffea arabica* L.) cherries and beans in Rwanda. *Food Research*, 7(5), 283–296. Dostupné z: [https://doi.org/10.26656/fr.2017.7\(5\).498](https://doi.org/10.26656/fr.2017.7(5).498)
- Cwиковá, O., Komprda, T., Šottníková, V., Svoboda, Z., Simonová, J., Slováček, J., Jůzl, M. (2022): Effects of Different Processing Methods of Coffee *Arabica* on Colour, Acrylamide, Caffeine, Chlorogenic Acid, and Polyphenol Content. *Foods*, 11(20), 1–13. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods11203295>
- Debona, D. G., Lyrio, M. V. V., Rodrigues da Luz, J. M., Frinhani, R. Q., Araújo, B. Q., Oliveira, E. C. S., Agnoletti, B. Z., Coura, M. R., Pereira, L. L., Castro, E. V. R. (2025): Comprehensive evaluation of volatile compounds and sensory profile of coffee throughout the roasting process. *Food Chemistry*, 478 (30), 1–12. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.143586>
- Ganju, E., Chawla, K., Yang, S., Chawla, M. (2024): Time-resolved roasting-induced microstructural evolution of *Arabica* coffee beans from Brazil, Colombia, and Ethiopia captured using x-ray computed micro-tomography. *Journal of Food Engineering*, 361(1), 1–12. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111733>
- Indriati, A., Hidayat, D., Adriansyah, C. E., Rahayuningtyas, A., Sudaryanto, A. (2020): Changes Of Some Engineering Properties Of Coffee Beans Due To Roasting Process. *Asian Journal of Applied Sciences*, 8(1), 12–21. Dostupné z: <https://doi.org/10.24203/ajas.v8i1.6055>
- Nascimento, M., Ombredane, A. S., Oliveira, L. L. (2024): Descriptive sensory tests for evaluating *Coffea arabica*. *Coffee Science*, 19, 1–21. Dostupné z: <https://doi.org/10.25186/v19i.2204>
- Oliveros, N., Hernández, J. A., Sierra-Espinosa, F. Z., Guardián-Topia, R., Pliego-Solórzano, R. (2017): Experimental study of dynamic porosity and its effects on simulation of the coffee beans roasting. *Journal of Food Engineering*, 199, 100–112. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.12.012>
- Ribeiro, E. D., Borém, F. M., Cirillo, M. A., Mariele, V. B. P., Ferraz, V., Alves, H. M. R., Jose, H. S. T. (2016): Interaction of genotype, environment and processing in the chemical composition expression and sensorial quality of Arabica coffee. *African Journal of Agricultural Research*, 11(27), 2412–2422. Dostupné z: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.10832>
- Rodak, K., Kokot, I., Kratz, E. M. (2021): Caffeine as a Factor Influencing the Functioning of the Human Body—Friend or Foe? *Nutrients*, 13, 1–29. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu13093088>
- Sigallingging, R., Herak, D., Kabutey, A., Sigalingging, C. (2018): Mechanical behaviour of Arabica coffee (*Coffea arabica*) beans under loading compression. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 122(1), 1–4. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/122/1/012100>
- Sundaryanto, A. (2020): Changes of Mechanical Properties and Color from Arabica Coffee Cherry to Green Bean. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(8), 4840–4844. Dostupné z: <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/123882020>

Urugo, M. M., Worku, M., Astatkie, T., Boeckx, P., Tola, Y. B., Getachew, P. (2025): The prospects of replacing the sensory coffee quality assessment methods with objective, instrument-based approaches: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 163, 1–15.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2025.105210>

Kontaktní adresa: Ing. Barbora Odehnalová, Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: odehnalova.bara@seznam.cz

VLIV SKLADOVACÍ TEPLoty NA ÚČINNOST OCHRANNÉ KULTURY PROTI *LISTERIA MONOCYTOGENES* VE VEPŘOVÉM MLETÉM MASE

EFFECT OF STORAGE TEMPERATURE ON THE EFFICACY OF A PROTECTIVE CULTURE AGAINST *LISTERIA MONOCYTOGENES* IN MINCED PORK

Simona Ondruchová¹ – Marta Dušková¹ – Helena Veselá¹ – Pavlína Navrátilová¹
Alena Zouharová¹ – Barbora Drabová¹ – Josef Kameník¹

¹ Ústav hygieny a technologie potravin živočišného původu a gastronomie, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0292>



ABSTRAKT

Cílem práce bylo posoudit vliv dvou typů bakteriálních ochranných kultur (OK) na růst *Listeria monocytogenes* v mletém vepřovém mase při dvou teplotách skladování (2 ± 1 °C a $5,5 \pm 1$ °C). Vzorky byly inokulovány koktejlem čtyř kmenů *L. monocytogenes* a skladovány po dobu 14 dnů. Při skladování při 2 ± 1 °C nebyly mezi variantami s OK a kontrolními vzorky zjištěny statisticky významné rozdíly v počtech *L. monocytogenes* ani významné změny v průběhu skladování ($p > 0,05$). Při skladování při $5,5 \pm 1$ °C byl u kontrolních vzorků zaznamenán statisticky významný nárůst počtů *L. monocytogenes* mezi 0. a 2. dnem skladování ($p < 0,05$), zatímco u varianty s OK obsahující bakterie rodu *Pediococcus* nebyly změny v čase statisticky významné ($p > 0,05$). U varianty s OK s bakteriemi rodu *Leuconostoc* byl ve 14. dni skladování zjištěn statisticky významný pokles počtů *L. monocytogenes* ve srovnání s počátečním stavem ($p < 0,05$). Výsledky ukazují, že účinek OK na růst *L. monocytogenes* je omezený a výrazně závislý na skladovací teplotě a typu použité kultury.

Klíčová slova: bakterie mléčného kvašení, chladírenský řetězec, bioochrana

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of two types of bacterial protective cultures (PC) on the growth of *Listeria monocytogenes* in minced pork during storage at two temperatures (2 ± 1 °C and 5.5 ± 1 °C). The samples were inoculated with a cocktail of four *L. monocytogenes* strains and stored for 14 days. During storage at 2 ± 1 °C, no statistically significant differences in *L. monocytogenes* counts were observed between the PC-treated variants and the control samples, nor were significant changes detected over the storage period ($p > 0.05$). At 5.5 ± 1 °C, a statistically significant increase in *L. monocytogenes* counts was recorded in the control samples between day 0 and day 2 of storage ($p < 0.05$), whereas no statistically significant changes over time were observed in the variant containing a PC based on *Pediococcus* spp. ($p > 0.05$). In the variant with the PC containing *Leuconostoc* spp., a statistically significant decrease in *L. monocytogenes* counts was detected on day 14 of storage compared to the initial level ($p < 0.05$). The results indicate that the effect of protective cultures on the growth of *L. monocytogenes* is limited and strongly dependent on storage temperature and the type of culture applied.

Keywords: lactic acid bacteria, cold chain, bioprotection

ÚVOD

Mleté vepřové maso patří mezi mikrobiologicky vysoce rizikové potraviny, zejména v důsledku vysokého obsahu vody, bohatého nutričního profilu a výrazného zvětšení specifického povrchu během mletí. Tyto

faktory vytvářejí příznivé podmínky pro růst mikroorganismů i během chladiřenského skladování a současně zvyšují nároky na zajištění mikrobiologické stability produktu (Karbowski et al., 2025).

Z hlediska mikrobiologické bezpečnosti masa představuje významné riziko psychrotrofní patogen *Listeria monocytogenes*, který je považován za jeden z klíčových cílových mikroorganismů v oblasti bioprotekce masných výrobků. Jeho schopnost dlouhodobě přetrvávat v masné matrici a adaptovat se na nízké skladovací teploty z něj činí vhodný modelový organismus pro hodnocení účinnosti ochranných opatření v mase (Aljasir and D'Amico, 2021; Cocolin et al., 2025; Jůzl et al., 2026).

Ochranné kultury jsou zkoumány jako cílený nástroj ke kontrole růstu *L. monocytogenes* během skladování masa a masných výrobků, přičemž jejich účinnost je úzce závislá na teplotních podmínkách skladování. Pro jejich praktické uplatnění je nezbytné, aby byly schopny působit při chladiřských teplotách typických pro distribuci masa, neboť i relativně malé rozdíly v teplotě mohou významně ovlivnit mikrobiální stabilitu produktu a dynamiku růstu sledovaného patogenu (Cocolin, 2025; Jůzl et al., 2026).

Ochranné kultury by proto neměly být vnímány jako samostatná náhrada hygienických opatření, ale jako cílená překážka integrovaná do systému zajištění bezpečnosti potravin, který zahrnuje kontrolované podmínky chlazeného skladování masa a důsledné dodržování chladiřského řetězce (Jůzl et al., 2026). Podle nařízení (ES) č. 853/2004 je maximální skladovací teplota chlazeného mletého masa stanovena na +2 °C. Vyhláška č. 69/2016 Sb., v aktuálním znění účinném od 1. 1. 2026, však tuto úpravu doplňuje a pro balené mleté maso vyráběné a uváděné na trh výhradně v maloobchodě na území ČR umožňuje uchovávání při vnitřní teplotě až +4 °C.

Cílem práce bylo posoudit vliv skladovací teploty na účinnost vybraných ochranných kultur na růst *Listeria monocytogenes* v mletém vepřovém mase během chlazeného skladování. Současně bylo hodnoceno, zda a do jaké míry se účinek ochranných kultur liší v závislosti na typu použité kultury a teplotních podmínkách skladování (2 ± 1 °C a $5,5 \pm 1$ °C).

MATERIÁL A METODIKA

Příprava vzorků a experimentální uspořádání

Mleté vepřové maso bylo analyzováno ve dvou experimentech. Jako surovina byla v obou případech použita vepřová plec. V každém experimentu byly připraveny tři varianty: kontrola (bez OK) a dvě varianty s OK. Kontrolní vzorky sloužily jako referenční základ pro porovnání účinku OK. Jednotlivé varianty byly připraveny v množství 1 kg. V obou experimentech byly použity dvě odlišné ochranné kultury, označené jako varianta A a varianta B. Ochranná kultura A (OK A) obsahovala bakterie *Pedococcus acidilactici*, ochranná kultura B (OK B) bakterie *Leuconostoc carnosum*. Ochranné kultury byly připraveny a aplikovány do vzorků mletého masa podle doporučení výrobce.

Inokulace *Listeria monocytogenes* a skladování

Po mletí byl do vzorků určených k inokulaci přidán koktejl čtyř kmenů *L. monocytogenes* (serovary 1/2a, 1/2b, 1/2c a 4b) v cílové koncentraci přibližně 3 log KTJ·g⁻¹ masa. Následně byly vzorky rozděleny na kontrolní variantu bez aplikace ochranné kultury a na dvě varianty s aplikovanými ochrannými kulturami (OK A a OK B). Poté byly vzorky vakuově zabaleny a skladovány při definovaných teplotních podmínkách jednotlivých experimentů.

V experimentu 1 byly vzorky skladovány při teplotě 2 ± 1 °C, zatímco v experimentu 2 byly vzorky skladovány při teplotě $5,5 \pm 1$ °C. Mikrobiologické analýzy byly provedeny bezprostředně po přípravě a balení (0. den) a dále po 2, 7 a 14 dnech skladování.

Mikrobiologická analýza

Mikrobiologická analýza zahrnovala stanovení počtu *L. monocytogenes* (listeriový chromogenní agar podle Ottavianiho a Agostiho – ALOA agar, Oxoid, UK; 37 °C, 24–48 h) podle ČSN EN ISO 11290-2:2017, bakterií čeledi *Enterobacteriaceae* (agar s krystalovou violetí, neutrální červení, žlučovými solemi a glukosou – VČŽG agar, Oxoid; 30 °C, 24 h; oxidázová reakce negativní, Erba Lachema, CZ) v souladu s normou ČSN EN ISO 21528-2:2021, psychrotrofních bakterií mléčného kvašení – pBMK (De Man, Rogosa a Sharpe agar – MRS agar, Oxoid; 15 °C, 7 dní; negativní reakce oxidázová i katalázová, Erba Lachema) a celkového počtu psychrotrofních mikroorganismů – pCPM (agar s glukosou, tryptonem a kvasničným extraktem – GTK agar, Oxoid; 6,5 °C, 10 dní) stanoveného podle normy ČSN EN ISO 4833-1:2014. Výsledky mikrobiologických analýz byly vyjádřeny v log KTJ·g⁻¹.

Statistické zpracování

Získaná data byla statisticky zpracována pomocí základní popisné statistiky. Pro hodnocení byly použity logaritmicky transformované hodnoty (log KTJ·g⁻¹). Statistické porovnání výsledků mezi jednotlivými variantami a mezi sledovanými dny skladování bylo provedeno pomocí analýzy rozptylu (ANOVA). Následně byl použit post-hoc test Tukey HSD. Rozdíly byly považovány za statisticky významné při hladině významnosti $p < 0,05$. Statistické vyhodnocení dat bylo provedeno v programu Microsoft® Excel® 2016 MSO (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky uvedené v tabulce 1 dokumentují vývoj *Listeria monocytogenes* v mletém vepřovém mase během 14 dnů skladování při 2 ± 1 °C a $5,5 \pm 1$ °C v závislosti na použití ochranných kultur. Během skladování při 2 ± 1 °C (tab. 1) se počty *L. monocytogenes* mezi variantami s ochrannými kulturami a kontrolními vzorky bez ochranné kultury v žádném sledovaném dni statisticky významně nelišily ($p > 0,05$). Současně nebyly v rámci jednotlivých variant prokázány statisticky významné rozdíly v počtech *L. monocytogenes* v průběhu skladování.

Tabulka 1: Růst *Listeria monocytogenes* (log KTJ·g⁻¹, průměr ± SD) v mletém vepřovém mase během skladování při 2 ± 1 °C a $5,5 \pm 1$ °C

Skladování při 2 ± 1 °C				
Varianta	0. den	2. den	7. den	14. den
A – OK s <i>Pediococcus</i>	3,82 ± 0,02 ^{Aa}	3,67 ± 0,15 ^{Aa}	3,88 ± 0,02 ^{Aa}	4,07 ± 0,19 ^{Aa}
B – OK s <i>Leuconostoc</i>	3,75 ± 0,04 ^{Aa}	3,77 ± 0,12 ^{Aa}	3,65 ± 0,14 ^{Aa}	3,59 ± 0,22 ^{Aa}
Kontrola bez OK	3,98 ± 0,02 ^{Aa}	3,82 ± 0,16 ^{Aa}	3,99 ± 0,01 ^{Aa}	3,96 ± 0,05 ^{Aa}
Skladování při $5,5 \pm 1$ °C				
Varianta	0. den	2. den	7. den	14. den
A – OK s <i>Pediococcus</i>	3,86 ± 0,15 ^{Aa}	4,18 ± 0,10 ^{Ab}	4,08 ± 0,14 ^{Ab}	4,05 ± 0,09 ^{Ab}
B – OK s <i>Leuconostoc</i>	3,81 ± 0,10 ^{Aa}	3,55 ± 0,30 ^{Aa}	3,48 ± 0,14 ^{Aa}	2,73 ± 0,35 ^{Ba}
Kontrola bez OK	3,90 ± 0,14 ^{Aa}	4,47 ± 0,03 ^{Bc}	4,29 ± 0,12 ^{Bc}	4,10 ± 0,32 ^{Bb}

Legenda: Malá písmena označují statisticky významné rozdíly mezi variantami v rámci jednoho dne, velká písmena označují statisticky významné rozdíly mezi dny v rámci jedné varianty (Tukey HSD, $p < 0,05$)

Při skladování při 2 ± 1 °C nebyly v počtech *Listeria monocytogenes* v průběhu sledovaného období zaznamenány výrazné změny. Zároveň nebyl při této teplotě prokázán rozdíl mezi kontrolními vzorky a variantami s aplikovanými ochrannými kulturami. Tyto výsledky naznačují, že při nízké skladovací teplotě měl rozhodující vliv samotný teplotní režim, zatímco přítomnost ochranných kultur se v rámci sledovaného období statisticky neprojevovala.

Naopak při skladování při $5,5 \pm 1$ °C (tab. 1) se projevil výrazný vliv doby skladování na vývoj počtů *L. monocytogenes*. U kontrolních vzorků bez OK byl zaznamenán statisticky významný nárůst počtů *L. monocytogenes* mezi 0. a 2. dnem skladování ($p < 0,05$), přičemž zvýšené hodnoty přetrvávaly i v dalších dnech. U varianty s OK *P. acidilactici* nebyly mezi jednotlivými dny skladování prokázány statisticky významné rozdíly v rámci varianty. Naproti tomu u varianty s OK s *L. carnosum* byl pozorován postupný pokles počtů *L. monocytogenes*, který vyústil ve statisticky významně nižší hodnoty ve 14. dni skladování ve srovnání s počátečním stavem ($p < 0,05$).

Odlišný průběh vývoje počtů *L. monocytogenes* při skladování při $5,5 \pm 1$ °C ukazuje, že při této teplotě se již mohou projevit rozdíly mezi jednotlivými variantami. Zatímco u kontrolních vzorků došlo k nárůstu počtů patogenu v časně fázi skladování, u variant s OK byl vývoj počtů stabilnější, případně byl zaznamenán jejich pokles. Tyto rozdíly naznačují, že při zvýšené skladovací teplotě může mít aplikace OK měřitelný vliv na chování *L. monocytogenes*, který se při nižší teplotě neprojevil. Souhrnně lze konstatovat, že účinek OK na vývoj *L. monocytogenes* se v této studii projevil pouze při vyšší skladovací teplotě, zatímco při 2 ± 1 °C zůstával průběh ve všech variantách srovnatelný.

Výsledky uvedené v tabulce 2 dokumentují rozdíly v dynamice růstu psychrotrofních bakterií mléčného kvašení (pBMK) mezi kontrolními vzorky a variantami s aplikovanými ochrannými kulturami. Již v 0. dni byly u variant A a B zjištěny vyšší počty pBMK ve srovnání s kontrolou, což odpovídá přímému přidavku těchto mikroorganismů v rámci ochranných kultur. Dynamika vývoje pBMK se mezi variantami lišila. Zatímco u kontrolních vzorků a varianty s ochrannou kulturou na bázi *Pediococcus* byl během skladování zaznamenán nárůst počtů pBMK, u varianty s *Leuconostoc carnosum* došlo po předchozím nárůstu ke statisticky významnému poklesu ve 14. dni skladování při 2 ± 1 °C ($p < 0,05$).

Vyšší počáteční počty pBMK u variant s OK odrážejí jejich cílenou aplikaci do masné matrice a potvrzují jejich přítomnost po celou dobu skladování. Postupný nárůst pBMK byl při teplotě 2 ± 1 °C pozvolný, což ukazuje na omezenou mikrobiální aktivitu za těchto podmínek. Přesto si varianty s OK udržovaly odlišný průběh vývoje pBMK ve srovnání s kontrolou, což naznačuje stabilní osídlení systému aplikovanými kulturami i při nízké skladovací teplotě.

Tabulka 2: Růst psychrotrofních bakterií mléčného kvašení ($\log \text{KTJ} \cdot \text{g}^{-1}$, průměr $\pm$ SD) v mletém vepřovém mase během skladování při 2 ± 1 °C a $5,5 \pm 1$ °C

Skladování při 2 ± 1 °C				
Varianta	0. den	2. den	7. den	14. den
A – OK s <i>Pediococcus</i>	$6,85 \pm 0,10^{\text{Aa}}$	$7,00 \pm 0,12^{\text{Aa}}$	$7,08 \pm 0,15^{\text{Aa}}$	$7,81 \pm 0,01^{\text{Ab}}$
B – OK s <i>Leuconostoc</i>	$6,83 \pm 0,31^{\text{Aa}}$	$7,62 \pm 0,28^{\text{Ab}}$	$8,05 \pm 0,09^{\text{Bb}}$	$6,69 \pm 0,41^{\text{Aa}}$
Kontrola bez OK	$<1,70^{\text{Aa}}$	$3,91 \pm 0,29^{\text{Ba}}$	$6,79 \pm 0,07^{\text{Cb}}$	$7,46 \pm 0,09^{\text{Cb}}$
Skladování při $5,5 \pm 1$ °C				
Varianta	0. den	2. den	7. den	14. den
A – OK s <i>Pediococcus</i>	$6,73 \pm 0,06^{\text{Aa}}$	$6,97 \pm 0,04^{\text{Aa}}$	$7,57 \pm 0,23^{\text{Ab}}$	$8,24 \pm 0,27^{\text{Ab}}$
B – OK s <i>Leuconostoc</i>	$4,18 \pm 0,67^{\text{Aa}}$	$7,09 \pm 0,07^{\text{Bb}}$	$6,93 \pm 0,09^{\text{Bb}}$	$7,74 \pm 0,07^{\text{Aa}}$
Kontrola bez OK	$4,22 \pm 0,74^{\text{Aa}}$	$5,69 \pm 0,07^{\text{Ba}}$	$7,63 \pm 0,11^{\text{Cb}}$	$7,89 \pm 0,02^{\text{Cc}}$

Legenda: Malá písmena označují statisticky významné rozdíly mezi variantami v rámci jednoho dne, velká písmena označují statisticky významné rozdíly mezi dny v rámci jedné varianty (Tukey HSD, $p < 0,05$)

Vyšší počty pBMK byly ve většině sledovaných dnů zjištěny u variant s OK ve srovnání s kontrolními vzorky, přičemž tyto rozdíly byly ve většině sledovaných dnů statisticky významné ($p < 0,05$). Při skladování při

$5,5 \pm 1$ °C byl u všech variant zaznamenán statisticky významný nárůst počtů pBMK v dřívějších dnech skladování ve srovnání s 2 ± 1 °C ($p < 0,05$).

Vyšší skladovací teplota vedla k rychlejšímu prosazení pBMK u všech sledovaných variant, což se projevilo již v časných fázích skladování. Rozdíly mezi variantami s OK a kontrolou byly při této teplotě výraznější než při 2 ± 1 °C, což naznačuje, že zvýšená teplota vytvářela příznivější podmínky pro aktivitu aplikovaných kultur. Současně je patrné, že vliv typu OK se při $5,5 \pm 1$ °C projevil rozdílně v průběhu skladování, aniž by byl tento efekt ve všech časových bodech shodný.

Údaje shrnuté v tabulce 3 ukazují vliv varianty (A, B, kontrola) a teploty skladování na vývoj celkového počtu psychrotrofních mikroorganismů v mletém vepřovém masa. Rozdíly v počáteční mikrobiální zátěži mezi oběma experimenty lze přičíst odlišným výchozím vlastnostem použité suroviny. Jak je patrné z tabulky 3, již v 0. dni skladování byly mezi jednotlivými variantami zjištěny statisticky významné rozdíly v počtech pCPM ($p < 0,05$), přičemž varianta B s ochrannou kulturou *Leuconostoc* dosahovala vyšších hodnot než varianta A a kontrolní vzorky, mezi nimiž rozdíl prokázán nebyl.

Tabulka 3: Růst celkového počtu psychrotrofních mikroorganismů ($\log \text{KTJ} \cdot \text{g}^{-1}$, průměr $\pm$ SD) v mletém vepřovém masa během skladování při 2 ± 1 °C a $5,5 \pm 1$ °C

Skladování při 2 ± 1 °C				
Varianta	0. den	2. den	7. den	14. den
A – OK s <i>Pediococcus</i>	$5,40 \pm 0,14^{\text{Aa}}$	$6,30 \pm 0,17^{\text{Ba}}$	$7,16 \pm 0,06^{\text{Ca}}$	$7,76 \pm 0,12^{\text{Da}}$
B – OK s <i>Leuconostoc</i>	$6,72 \pm 0,04^{\text{Ab}}$	$7,50 \pm 0,05^{\text{Bb}}$	$8,10 \pm 0,15^{\text{Cb}}$	$7,60 \pm 0,95^{\text{Da}}$
Kontrola bez OK	$5,59 \pm 0,07^{\text{Aa}}$	$6,54 \pm 0,23^{\text{Ba}}$	$7,14 \pm 0,13^{\text{Ca}}$	$7,25 \pm 0,24^{\text{Ca}}$
Skladování při $5,5 \pm 1$ °C				
Varianta	0. den	2. den	7. den	14. den
A – OK s <i>Pediococcus</i>	$7,82 \pm 0,13^{\text{Aa}}$	$8,82 \pm 0,08^{\text{Ba}}$	$8,67 \pm 0,06^{\text{Ba}}$	$8,56 \pm 0,13^{\text{Ba}}$
B – OK s <i>Leuconostoc</i>	$7,94 \pm 0,08^{\text{Aa}}$	$8,96 \pm 0,02^{\text{Bb}}$	$8,66 \pm 0,24^{\text{Ba}}$	$8,39 \pm 0,04^{\text{Ba}}$
Kontrola bez OK	$8,16 \pm 0,02^{\text{Ab}}$	$8,85 \pm 0,09^{\text{Ba}}$	$8,47 \pm 0,03^{\text{Ca}}$	$8,66 \pm 0,03^{\text{Cb}}$

Legenda: Malá písmena označují statisticky významné rozdíly mezi variantami v rámci jednoho dne, velká písmena označují statisticky významné rozdíly mezi dny v rámci jedné varianty (Tukey HSD, $p < 0,05$)

Při skladování mletého vepřového masa při $5,5 \pm 1$ °C (tab. 3), které vykazovalo vyšší počáteční kontaminaci, došlo u všech sledovaných variant ke statisticky významnému nárůstu pCPM již mezi 0. a 2. dnem skladování ($p < 0,05$). V dalších dnech byly u variant s OK zaznamenány pouze omezené změny hodnot, zatímco u kontrolních vzorků byly mezi 2. a 7. dnem skladování zaznamenány statisticky významné změny hodnot pCPM ($p < 0,05$). I přes rozdílnou výchozí kvalitu surovin je patrné, že zvýšená teplota skladování ($5,5 \pm 1$ °C) vedla k rychlejšímu dosažení limitních hodnot pCPM ve srovnání s dynamikou nárůstu při teplotě 2 ± 1 °C. Rozdíly mezi jednotlivými variantami byly při vyšší teplotě méně výrazné než rozdíly spojené s teplotním režimem a kvalitou vstupní suroviny.

Pozorovaný průběh pCPM potvrzuje dominantní vliv skladovací teploty na celkovou psychrotrofní mikrobiotu, která převážila nad efektem aplikovaných ochranných kultur. Zatímco při 2 ± 1 °C se rozdíly mezi variantami projevily zejména v počátečních fázích skladování, při $5,5 \pm 1$ °C byl vývoj pCPM řízen především teplotním režimem a výchozí mikrobiální zátěží suroviny. V tomto kontextu se ochranné kultury neprojevily jako faktor schopný významně modifikovat celkový růst psychrotrofních mikroorganismů.

Tabulka 4 zachycuje změny počtů bakterií z čeledi *Enterobacteriaceae* v mletém vepřovém masa v závislosti na teplotě skladování a aplikaci OK. V souladu s výsledky pCPM byla i u této skupiny mikroorganismů

zaznamenána vyšší počáteční kontaminace u vepřového masa použitého pro experiment při $5,5 \pm 1$ °C. Již v 0. dni byly mezi variantami zjištěny rozdíly v počtech *Enterobacteriaceae* ($p < 0,05$), přičemž tyto rozdíly byly výraznější při skladování při $5,5 \pm 1$ °C než při 2 ± 1 °C.

Během skladování při 2 ± 1 °C (tab. 4) byl u všech variant zaznamenán statisticky významný nárůst počtů *Enterobacteriaceae* v průběhu skladování ($p < 0,05$). Varianta s OK *Pediococcus* vykazovala po celou dobu sledování mírně nižší nebo srovnatelné hodnoty ve srovnání s kontrolou, varianta s OK *Leuconostoc* dosahovala v některých dnech statisticky významně vyšších hodnot ($p < 0,05$). Rozdíly mezi variantami však zůstávaly relativně malé a dynamika růstu byla při této teplotě pozvolná.

Tabulka 4: Růst *Enterobacteriaceae* ($\log \text{KTJ} \cdot \text{g}^{-1}$, průměr $\pm$ SD) v mletém vepřovém masu během skladování při 2 ± 1 °C a $5,5 \pm 1$ °C

Skladování při 2 ± 1 °C				
Varianta	0. den	2. den	7. den	14. den
A – OK s <i>Pediococcus</i>	$2,56 \pm 0,74^{\text{Aa}}$	$3,74 \pm 0,17^{\text{Ba}}$	$4,48 \pm 0,16^{\text{Ca}}$	$4,66 \pm 0,00^{\text{Da}}$
B – OK s <i>Leuconostoc</i>	$2,89 \pm 0,12^{\text{Ab}}$	$3,58 \pm 0,04^{\text{Ba}}$	$4,08 \pm 0,00^{\text{Bb}}$	$4,20 \pm 0,04^{\text{Bb}}$
Kontrola bez OK	$2,79 \pm 0,10^{\text{Aa}}$	$3,81 \pm 0,05^{\text{Ba}}$	$4,55 \pm 0,12^{\text{Cb}}$	$4,65 \pm 0,08^{\text{Ca}}$
Skladování při $5,5 \pm 1$ °C				
Varianta	0. den	2. den	7. den	14. den
A – OK s <i>Pediococcus</i>	$3,58 \pm 0,71^{\text{Aa}}$	$6,28 \pm 0,02^{\text{Ba}}$	$7,08 \pm 0,00^{\text{Ca}}$	$7,19 \pm 0,01^{\text{Ca}}$
B – OK s <i>Leuconostoc</i>	$5,43 \pm 0,91^{\text{Ab}}$	$5,84 \pm 0,02^{\text{Ab}}$	$7,38 \pm 0,01^{\text{Bb}}$	$7,59 \pm 0,02^{\text{Bb}}$
Kontrola bez OK	$4,50 \pm 0,38^{\text{Aa}}$	$6,37 \pm 0,04^{\text{Ba}}$	$7,54 \pm 0,01^{\text{Cb}}$	$7,45 \pm 0,07^{\text{Cb}}$

Legenda: Malá písmena označují statisticky významné rozdíly mezi variantami v rámci jednoho dne, velká písmena označují statisticky významné rozdíly mezi dny v rámci jedné varianty (Tukey HSD, $p < 0,05$)

Naopak během skladování při $5,5 \pm 1$ °C došlo u všech sledovaných variant ke statisticky významnému nárůstu počtů *Enterobacteriaceae* již mezi 0. a 2. dnem skladování ($p < 0,05$), přičemž zvýšené hodnoty přetrvávaly i v dalších dnech. Rozdíly mezi variantami byly při této teplotě výraznější než při skladování při 2 ± 1 °C, zejména v počátečních fázích skladování. Varianta s OK *Pediococcus* vykazovala v některých dnech nižší počty *Enterobacteriaceae* ve srovnání s kontrolou, zatímco varianta s OK *Leuconostoc* dosahovala často vyšších hodnot.

Porovnání obou teplotních režimů ukazuje, že skladovací teplota měla zásadní vliv nejen na rychlost nárůstu počtů *Enterobacteriaceae*, ale i na míru rozdílů mezi jednotlivými variantami. Zatímco při 2 ± 1 °C zůstávaly rozdíly mezi variantami omezené, při $5,5 \pm 1$ °C se projevil výraznější rozptyl hodnot, zejména v počátečních fázích skladování. To naznačuje, že vyšší teplota zvyrazňuje rozdíly v mikrobiálním chování jednotlivých variant, aniž by se však projevil jednoznačný potlačující účinek ochranných kultur vůči této skupině mikroorganismů.

ZÁVĚR

Teplota skladování měla zásadní vliv na účinnost ochranných kultur i na vývoj *Listeria monocytogenes* v mletém vepřovém masu. Při skladování při 2 ± 1 °C nebyl během sledovaného období prokázán významný růst *L. monocytogenes* ani rozdíly mezi variantami s ochrannými kulturami a kontrolními vzorky. Při skladování při $5,5 \pm 1$ °C došlo u kontrolních vzorků k nárůstu počtů *L. monocytogenes*, zatímco u variant s ochrannými kulturami byly pozorovány pouze omezené a časově podmíněné změny v závislosti na použitém kmeni. Získané výsledky naznačují, že ochranné kultury mohou ovlivnit dynamiku růstu *L. monocytogenes* pouze v omezeném rozsahu a jejich přínos je výrazně závislý na skladovací teplotě.

Samotná aplikace ochranných kultur proto nepředstavuje samostatné řešení zajištění mikrobiologické bezpečnosti mletého masa.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl v rámci projektu QK23020047 „Ověření možností prokazování použití ochranných kultur ve výrobě potravin živočišného původu“ z programu aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství na období 2017–2025, ZEMĚ.

LITERATURA

Aljasir, S. F., D'Amico, D. J. (2021): Effect of pre-exposure to protective bacterial cultures in food on *Listeria monocytogenes* virulence. *LWT – Food Science and Technology*, 152, 112373. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112373>

Cocolin, L. (2025): Microbial bioprotection: An opportunity to improve safety and quality of meat products in a sustainable way. *Meat Science*, 219, 109576. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109576>

ČSN EN ISO 11290-2 Mikrobiologie potravinového řetězce – Horizontální metoda průkazu a stanovení počtu *Listeria monocytogenes* a *Listeria* spp. – Část 2: Metoda počítání kolonií. 2017.

ČSN EN ISO 21528-2 Mikrobiologie potravinového řetězce – Horizontální metoda průkazu a stanovení počtu bakterií čeledi *Enterobacteriaceae* – Část 2: Technika počítání kolonií. 2021.

ČSN EN ISO 4833-1 Mikrobiologie potravinového řetězce – Horizontální metoda pro stanovení počtu mikroorganismů – Část 1: Technika přelivem a počítání kolonií vykultivovaných při 30 °C. 2014.

Jůzl, M., Kalhotka, L., Kameník, J., Dušková, M., Ondruchová, S., Slováček, J. (2026): Protective cultures applied in meat products: Technological functions, safety aspects and current advances: A review. *Processes*, 14(3), 425. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/pr14030425>

Karbowiak, M., Okoń, A., Łaszkiwicz, B., Szymański, P., Zielińska, D. (2025): Novel applications of lactic acid and acetic acid bacteria preparations in shaping the technological and microbiological quality of ready-to-cook minced pork. *Foods*, 14(11), 1934. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods14111934>

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu. Úřední věstník Evropské unie. L 139, 30. 4. 2004, s. 55–205.

Vyhláška č. 69/2016 Sb. o požadavcích na maso, masné výrobky, produkty rybolovu a akvakultury a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich, ve znění pozdějších předpisů (ve znění účinném od 1. 1. 2026).

Kontaktní adresa: Ing. Simona Ondruchová, VETUNI Brno, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Ústav hygieny a technologie potravin živočišného původu a gastronomie, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, e-mail: ondruchovas@vfu.cz.

**INOVAČNÉ TECHNOLOGIE BALENIA MLIEKA A MLIEČNYCH VÝROBKOV
SO ZAMERANÍM NA INTELIGENTNÉ BALENIE**
**INNOVATIVE PACKAGING TECHNOLOGIES FOR MILK AND DAIRY PRODUCTS
WITH A FOCUS ON INTELLIGENT PACKAGING**

Adriana Pavelková¹

¹ Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva,
Slovenská poľnohospodárska univerzita, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0299>



ABSTRAKT

Mlieko a mliečne výrobky patria medzi potraviny s obmedzenou trvanlivosťou, pričom ich stabilita je výrazne ovplyvnená podmienkami skladovania a distribúcie. Vysoký obsah vody a živín vytvára priaznivé prostredie pre mikrobiologické a chemické zmeny, ktoré môžu viesť k zhoršeniu kvality aj bezpečnosti výrobkov. V tomto kontexte zohráva balenie nielen ochrannú, ale aj stabilizačnú úlohu. Cieľom príspevku je analyzovať súčasné inovačné technológie balenia mlieka a mliečnych výrobkov s osobitným dôrazom na inteligentné obalové systémy. Pozornosť je venovaná modifikovanej atmosfére, aktívnemu baleniu, využitiu nanotechnológií a najmä indikátorovým a senzorickým prvkom inteligentného balenia. Text zároveň poukazuje na praktické limity implementácie týchto systémov v mliekarenskom sektore. Z dostupnej literatúry vyplýva, že inteligentné balenie môže prispieť k presnejšiemu hodnoteniu aktuálneho stavu výrobku a k redukcii potravinových strát. Jeho širšie uplatnenie však bude závisieť od ekonomickej efektívnosti, technologickej realizovateľnosti a miery akceptácie zo strany spotrebiteľov.

Kľúčové slová: balenie, inteligentné balenie, mlieko, mliečne výrobky, kvalita

ABSTRACT

Milk and dairy products are characterised by limited shelf life due to their high water activity and rich nutritional composition, which promote microbiological and chemical changes during storage and distribution. Packaging therefore plays a crucial role not only in protecting these products but also in maintaining their quality and safety until consumption. This paper provides a comprehensive overview of innovative packaging technologies applied in the dairy sector, with particular emphasis on intelligent packaging systems. Modified atmosphere packaging, active packaging, nanotechnology-based materials and various indicator and sensor systems are discussed. Special attention is given to the role of intelligent packaging in monitoring real storage conditions and assessing the actual status of dairy products. The analysis indicates that intelligent packaging has the potential to improve quality control, reduce food losses and enhance transparency within the supply chain. However, its broader implementation depends on economic feasibility, technological reliability and consumer acceptance.

Keywords: packaging, intelligent packaging, milk, dairy products, quality

ÚVOD

Balenie potravín predstavuje integrálnu súčasť potravinového reťazca, pričom jeho základnou funkciou je ochrana výrobku pred vonkajšími vplyvmi a zachovanie jeho kvalitatívnych vlastností až do momentu spotreby (Robertson, 2006). V prípade mlieka a mliečnych výrobkov nadobúda táto funkcia osobitný význam, keďže ide o produkty s vysokým obsahom vody a živín, ktoré vytvárajú priaznivé podmienky pre rast mikroorganizmov a urýchlené degradačné procesy (Alizadeh et al., 2022).

Mliečne výrobky zahŕňajú široké spektrum produktov – od surového a tepelne ošetrovaného mlieka, cez fermentované výrobky až po syry, maslo či smotanu. Každá z týchto skupín kladie odlišné nároky na obalový materiál, najmä z hľadiska bariérových vlastností voči kyslíku, svetlu, vlhkosti a mikroorganizmom (Alvarez a Pascall, 2011; Ščetar et al., 2019). Napríklad mlieko je mimoriadne citlivé na pôsobenie svetla, ktoré môže iniciovať oxidačné zmeny vedúce k senzorickým defektom. Fermentované výrobky si vyžadujú kontrolu výmeny plynov, zatiaľ čo pri syroch je kľúčová regulácia vlhkosti a mikrobiologickej stability (Alizadeh et al., 2022). Rozmanitosť týchto požiadaviek vytvára priestor pre aplikáciu špecifických a technologicky diferencovaných obalových riešení.

Rastúce požiadavky spotrebiteľov na bezpečnosť potravín, predlžovanie distribučných reťazcov a snaha o znižovanie potravinových strát zároveň podporujú vývoj pokročilejších baliacich systémov. Tieto systémy už neplnia iba ochrannú funkciu, ale poskytujú aj informácie o kvalite výrobku počas skladovania a distribúcie (Yam et al., 2005; Alizadeh et al., 2022). Medzi významné inovačné technológie patrí balenie v modifikovanej atmosfére, aktívne balenie, využitie nanotechnológií a inteligentné obalové systémy (Marsh a Bugusu, 2007; Ščetar et al., 2019). Práve inteligentné balenie predstavuje progresívny prístup, ktorý rozširuje tradičnú ochrannú funkciu obalu o schopnosť monitorovať aktuálny stav potravy počas skladovania a distribúcie (Heising et al., 2014).

PREHĽAD INOVAČNÝCH TECHNOLOGIÍ BALENIA V MLIEKARSTVE

Modifikovaná atmosféra

Balenie v modifikovanej atmosfére patrí medzi technologicky stabilizované a v praxi už etablované riešenia v mliekarstve. Jeho princíp spočíva v nahradení vzduchu v obale zmesou plynov, ktoré obmedzujú rast mikroorganizmov a spomaľujú oxidačné procesy. V prípade syrov sa tento prístup ukázal ako efektívny najmä pri predlžovaní trvanlivosti bez zásadného zásahu do senzorických vlastností výrobku (Garabal et al., 2010). Treba však zdôrazniť, že účinnosť modifikovanej atmosféry nie je univerzálna. Je podmienená typom výrobku, jeho mikrobiálnym zložením a presným nastavením plynovej zmesi. V niektorých prípadoch môže nesprávne zvolený pomer plynov viesť k nežiaducim zmenám textúry alebo k selektívnej podpore rastu určitých mikroorganizmov. Z tohto dôvodu je implementácia MAP vždy viazaná na konkrétny technologický kontext.

Aktívne balenie

Na rozdiel od modifikovanej atmosféry aktívne balenie nepracuje iba s úpravou vnútorného prostredia pri balení, ale s jeho priebežnou reguláciou počas skladovania. Využíva absorbéry kyslíka, regulátory vlhkosti alebo systémy uvoľňujúce antimikrobiálne látky, ktoré interagujú s prostredím v obale. V mliečnych výrobkoch sa tieto systémy uplatňujú najmä pri produktoch citlivých na oxidáciu alebo sekundárnu kontamináciu (Conte et al., 2013; Haghighi-Manesh a Azizi, 2017). Hoci aktívne balenie môže významne prispieť k stabilite výrobku, jeho aplikácia je technologicky náročnejšia. Okrem zabezpečenia kompatibility aktívnych látok s potravinou je potrebné riešiť aj otázky migrácie a legislatívne obmedzenia. Praktické využitie je preto často limitované na produkty s vyššou pridanou hodnotou, kde je zvýšenie nákladov ekonomicky obhájitelné.

Nanotechnológie v obalových systémoch

Nanotechnológie predstavujú ďalší krok vo vývoji obalových materiálov. Začlenenie nanočastíc alebo nanokompozitov umožňuje zlepšiť mechanickú pevnosť, bariérové vlastnosti voči kyslíku a vlhkosti a v niektorých prípadoch aj antimikrobiálnu aktivitu obalu (Duncan, 2011; Gopirajah a Anandharamakrishnan, 2017).

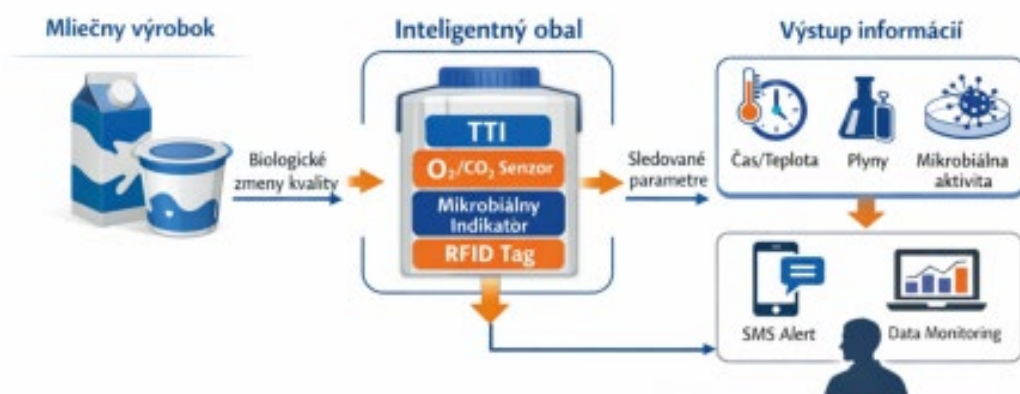
Potenciál týchto materiálov je nepochybne vysoký, avšak ich širšiemu rozšíreniu zatiaľ bránia otázky bezpečnosti a akceptácie spotrebiteľmi. V prípade potravín, ktoré sú vnímané ako „prirodzené“, môže použitie nanomateriálov vyvolávať obavy, a to aj napriek vedeckým dôkazom o ich bezpečnosti pri správnom použití. Diskusia o nanotechnológiách v potravinárskom balení tak presahuje čisto technologický rámec a vstupuje aj do oblasti percepcie rizika.

INTELIGENTNÉ BALENIE

Inteligentné balenie možno chápať ako rozšírenie tradičnej ochrannej funkcie obalu o schopnosť sledovať a komunikovať informácie o stave potraviny alebo o podmienkach jej skladovania. Nejde teda o pasívny prvok, ale o systém, ktorý reaguje na zmeny fyzikálnych, chemických alebo biologických parametrov a tieto zmeny určitým spôsobom signalizuje výrobcovi či spotrebiteľovi (Robertson, 2006; O’Callaghan a Kerry, 2016).

Na rozdiel od aktívneho balenia, ktoré priamo ovplyvňuje vnútorné prostredie obalu, inteligentné systémy primárne monitorujú jeho stav. Ich úlohou nie je zasahovať do procesov prebiehajúcich v potravine, ale poskytovať informácie o tom, že tieto procesy nastávajú. Takéto systémy umožňujú sledovať teplotu, čas skladovania, koncentráciu plynov, mikrobiologickú aktivitu či integritu obalu bez toho, aby dochádzalo k zásahu do samotného výrobku (Dainelli et al., 2008).

Význam inteligentného balenia je obzvlášť zreteľný pri produktoch s vysokou citlivosťou na porušenie chladiaceho reťazca. V prípade mlieka a mliečnych výrobkov môže už krátkodobé vystavenie nevhodnej teplote viesť k zrýchlenému rastu mikroorganizmov a zmenám senzorických vlastností. Tradičný dátum minimálnej trvanlivosti pritom vychádza z predpokladaných, ideálnych skladovacích podmienok. Inteligentné systémy poskytujú možnosť hodnotiť skutočný stav výrobku v reálnych podmienkach distribúcie (Alizadeh et al., 2022). Princíp fungovania inteligentného balenia je schematicky znázornený na obrázku 1.



Obrázok 1: Princíp fungovania inteligentného balenia mlieka a mliečnych výrobkov – integrácia indikátorov, senzorov a dátových nosičov v dodávateľskom reťazci (Autor, 2026)

Typy inteligentného balenia používané v mliekarstve

Inteligentné balenie v mliekarstve nepredstavuje jednotnú technológiu, ale súbor rozdielnych riešení, ktorých spoločným cieľom je monitorovanie kvality a bezpečnosti výrobku počas distribúcie a skladovania. Jednotlivé systémy sa líšia mechanizmom detekcie aj typom sledovaného parametra. V praxi sa najčastejšie uplatňujú časovo-teplotné indikátory, indikátory čerstvosti, indikátory plynov, prvky signalizujúce porušenie obalu a elektronické senzory alebo dátové nosiče. Hoci tieto technológie možno klasifikovať samostatne, ich efektívnosť sa často zvyšuje kombináciou viacerých prvkov. Výber konkrétneho riešenia závisí od typu výrobku, dĺžky distribučného reťazca a požadovanej úrovne kontroly kvality.

Tabuľka 1: Prehľad inteligentných baliacich systémov využívaných v mliekarstve (Autor, 2026)

Typ inteligentného prvku	Sledovaný parameter	Princíp funkcie	Príklady využitia v mliekarstve	Hlavné výhody	Obmedzenia
Časovo-teplotný indikátor (TTI)	Čas a teplota	Kumulatívna chemická alebo enzymatická reakcia	Pasterizované mlieko, jogurty	Kontrola chladiaceho reťazca	Nepriama informácia o kvalite
Indikátor čerstvosti	pH, metabolity	Farebná zmena	Jogurty, fermentované výrobky	Priama informácia o stave	Vyššie náklady
Indikátor kyslíka	O ₂	Reakcia na prítomnosť kyslíka	Syry v MAP	Detekcia porušenia obalu	Obmedzená citlivosť
Indikátor CO ₂	CO ₂	Zmena indikátora	Fermentované výrobky	Monitorovanie procesov	Nepriama informácia
Senzory / biosenzory	pH, plyny	Elektronická/biologická detekcia	Tekuté mlieko	Vysoká presnosť	Cena, technická náročnosť

Časovo-teplotné indikátory (TTI)

Časovo-teplotné indikátory patria medzi najrozšírenejšie a zároveň technologicky najjednoduchšie prvky inteligentného balenia. Ich funkcia je založená na kumulatívnom zaznamenávaní teplotnej histórie výrobku, pričom vizuálna odozva indikátora koreluje s degradačnými procesmi prebiehajúcimi v potravine (Alizadeh et al., 2022). V mliekarstve nachádzajú TTI uplatnenie najmä pri pasterizovanom mlieku, smotane, jogurtoch a čerstvých syroch. Ide o produkty, ktorých kvalita je výrazne ovplyvnená aj krátkodobými teplotnými výkyvmi. V porovnaní s fixne stanoveným dátumom spotreby umožňujú TTI pružnejšie hodnotenie skutočnej trvanlivosti výrobku, pretože zohľadňujú reálne podmienky počas distribúcie (Alizadeh et al., 2022).

Komerčné aplikácie týchto systémov sú už dnes dostupné. Indikátory Timestrip® slúžia na monitorovanie chladiaceho reťazca pri chladených mliečnych výrobkoch, pričom poskytujú jednoduchú vizuálnu informáciu o kumulatívnom teplotnom zaťažení. Podobne indikátor Fresh-Check® (Temptime Corporation) pracuje na princípe teplotne citlivej polymérnej reakcie a signalizuje teplotné zneužitie počas distribúcie (Yam et al., 2005; Heising et al., 2014).

Napriek svojej praktickosti však TTI poskytujú nepriamu informáciu o kvalite. Signalizujú teplotnú históriu, nie samotný mikrobiologický stav výrobku. Ich interpretácia preto predpokladá znalosť vzťahu medzi teplotou a kinetikou degradácie konkrétneho produktu. V tomto smere predstavujú kompromis medzi jednoduchosťou použitia a presnosťou hodnotenia.

Indikátory čerstvosti

Na rozdiel od časovo-teplotných indikátorov, ktoré reagujú nepriamo prostredníctvom sledovania teplotnej histórie, indikátory čerstvosti sa snažia zachytiť samotné chemické alebo biologické zmeny prebiehajúce v potravine. Najčastejšie reagujú na zmeny pH alebo na prítomnosť metabolitov vznikajúcich pri mikrobiálnom raste, ako sú prchavé bázičné zlúčeniny či organické kyseliny (Mohebi a Marquez, 2015).

V kontexte mliečnych výrobkov sa ich využitie javí ako obzvlášť vhodné pri fermentovaných produktoch a zrejúcich syroch, kde je dynamika mikrobiálnych procesov prirodzenou súčasťou výrobku. Indikátor

čerstvosti tak nehodnotí iba čas od výroby, ale reflektuje aktuálny biologický stav produktu (Heising et al., 2014). Tento prístup predstavuje posun smerom k individualizovanému hodnoteniu kvality.

Treba však zdôrazniť, že citlivosť indikátora musí byť presne kalibrovaná na konkrétny typ výrobku. Rovnaký systém nemusí reagovať adekvátne pri produktoch s rozdielnou mikrobiálnou flórou alebo rozdielnym pH. V tomto smere je vývoj indikátorov čerstvosti úzko spätý s detailným poznaním kinetiky zmien konkrétnej potraviny.

Mikrobiálne indikátory

Mikrobiálne indikátory možno považovať za špecifickú podskupinu indikátorov čerstvosti, ktorých cieľom je čo najpriamejšie zachytiť produkty metabolizmu mikroorganizmov. Reagujú predovšetkým na zmeny pH, tvorbu oxidu uhličitého alebo akumuláciu prchavých dusíkatých látok, ktoré korelujú s nárastom celkového počtu mikroorganizmov (TVC) (Heising et al., 2014; Alizadeh et al., 2022).

V prípade mlieka demonštrovali praktickú aplikáciu takéhoto systému Cavallo et al. (2014), ktorí pripravili indikátor skazenia adsorbovaný na modifikovanom polypropylénovom filme. Zmena farby indikátora bola v štúdiu preukázateľne spojená so zhoršením senzorických vlastností a s nárastom mikrobiálnej populácie. Tento výsledok poukazuje na potenciál mikrobiálnych indikátorov ako relatívne presného nástroja hodnotenia kvality. Na druhej strane, implementácia takýchto systémov v praxi vyžaduje dôslednú kalibráciu a validáciu pre každý konkrétny produkt. Mikroflóra mliečnych výrobkov je variabilná a jej dynamika závisí od viacerých faktorov vrátane teploty, typu spracovania a balenia. Bez adekvátneho nastavenia citlivosti môže indikátor reagovať predčasne alebo naopak oneskorene, čo by znižovalo jeho praktickú využiteľnosť.

V porovnaní s TTI poskytujú mikrobiálne indikátory bezprostrednejšiu informáciu o biologickom stave výrobku. Zároveň však kladú vyššie nároky na technologickú presnosť a validáciu systému (Alizadeh et al., 2022).

Indikátory plynu a neporušenosti obalu

Zmeny v koncentrácii plynov vo vnútornom prostredí obalu môžu predstavovať citlivý indikátor prebiehajúcich degradačných procesov alebo narušenia integrity balenia. V mliečnych výrobkoch, najmä pri syroch a fermentovaných produktoch, dochádza počas skladovania k produkcii oxidu uhličitého alebo iných plyných metabolitov, ktorých akumulácia môže signalizovať mikrobiálnu aktivitu (Heising et al., 2014).

Indikátory plynu reagujú najčastejšie na kyslík alebo oxid uhličitý. Zmena farby indikátora môže poukazovať na porušenie obalu alebo na únik modifikovanej atmosféry, čo je obzvlášť významné pri produktoch balených v MAP systéme. Takéto riešenia poskytujú jednoduchú, vizuálne interpretovateľnú informáciu bez potreby špecializovaného vybavenia.

Treba však rozlišovať medzi signalizáciou porušenia obalu a signalizáciou skazenia výrobku. Zatiaľ čo indikátor kyslíka môže odhaliť netesnosť balenia, nemusí nutne znamenať, že produkt je mikrobiologicky nevyhovujúci. Interpretácia týchto systémov preto vyžaduje pochopenie súvislosti medzi fyzikálnym stavom obalu a biologickým stavom potraviny (Dainelli et al., 2008).

Z praktického hľadiska sú indikátory integrity obalu relatívne jednoduché na implementáciu. Ich širšie využitie však závisí od ekonomickej efektívnosti a od miery, do akej pridaná informácia zvyšuje hodnotu výrobku v očiach spotrebiteľa.

Senzory a biosenzory

Elektronické senzory a biosenzory predstavujú technologicky najpokročilejšiu kategóriu inteligentného balenia. Na rozdiel od jednoduchých farebných indikátorov umožňujú kvantitatívne meranie vybraných

parametrov, ako sú koncentrácie plynov, prítomnosť špecifických metabolitov alebo mikrobiálnych produktov (Neethirajan, 2018).

V mliekarstve sa výskum v tejto oblasti zameriava najmä na detekciu zlúčenín súvisiacich so skazením, ako sú prchavé amíny či zmeny pH. Biosenzory využívajú biologicky aktívne prvky – napríklad enzýmy alebo mikroorganizmy – ktoré reagujú špecificky na cieľovú látku. Takýto prístup môže priniesť vyššiu presnosť v porovnaní s konvenčnými indikátormi (Mohebi a Marquez, 2015).

Napriek technologickému potenciálu zostáva implementácia týchto systémov v komerčnej praxi obmedzená. Elektronické komponenty zvyšujú cenu obalu a komplikujú jeho recyklovateľnosť. Okrem toho je potrebné zabezpečiť stabilitu senzora počas celej doby skladovania výrobku. Tieto faktory predstavujú významnú bariéru širšieho rozšírenia biosenzorov v segmente bežných mliečnych výrobkov.

Z dlhodobého hľadiska však možno očakávať, že digitalizácia potravinového reťazca a pokles nákladov na mikroelektroniku podporia ich širšie využitie. Integrácia senzorov s RFID technológiami by mohla umožniť kontinuálne monitorovanie kvality počas celej distribúcie (Dabbene et al., 2014).

Dátové nosiče a systémy sledovateľnosti

Popri indikátoroch a senzoroch zohrávajú v koncepte inteligentného balenia významnú úlohu aj dátové nosiče a systémy sledovateľnosti. Ich funkcia nespočíva v hodnotení kvality samotnej potraviny, ale v zaznamenávaní a prenose informácií o jej pôvode, pohybe a podmienkach distribúcie. V tomto smere predstavujú prepojenie medzi fyzickým výrobkom a digitálnym informačným systémom.

Technológie RFID umožňujú bezkontaktnú identifikáciu výrobkov a automatizovaný zber údajov v rámci distribučného reťazca (Barge et al., 2014). V mliekarstve sa využívajú najmä pri sledovaní šarží a optimalizácii logistiky. Výhodou je rýchlosť a presnosť spracovania dát, čo znižuje riziko administratívnych chýb a zvyšuje transparentnosť pohybu výrobkov.

Z pohľadu riadenia kvality však samotná identifikácia výrobku nepostačuje. Efektívnosť systémov sledovateľnosti narastá vtedy, keď sú prepojené s údajmi o teplote, čase skladovania alebo iných relevantných parametroch. Takýto integrovaný prístup umožňuje nielen dohľadateľnosť pôvodu, ale aj spätné vyhodnotiť podmienky, ktorým bol výrobok vystavený (Dabbene et al., 2014).

Treba však konštatovať, že zavedenie komplexných sledovacích systémov je technologicky a organizačne náročné. Vyžaduje koordináciu medzi výrobcami, distribútormi a maloobchodom. Ich prínos preto závisí od miery integrácie v celom dodávateľskom reťazci, nie iba od technickej úrovne samotného obalu.

Výhody a limity inteligentného balenia

Inteligentné balenie prináša možnosť prehodnotiť spôsob, akým sa posudzuje kvalita potravín počas distribúcie. Namiesto fixne stanoveného dátumu minimálnej trvanlivosti umožňuje sledovať reálne podmienky skladovania a reagovať na odchýlky. Tento prístup môže byť prínosný najmä pri mliečnych výrobkoch, kde aj krátkodobé narušenie chladiaceho reťazca ovplyvňuje mikrobiologickú stabilitu (Heising et al., 2014; Alizadeh et al., 2022).

Za jednu z hlavných výhod možno považovať potenciál zníženia potravinových strát. Ak je výrobok skladovaný v optimálnych podmienkach, inteligentný systém môže potvrdiť jeho bezpečnosť aj po prekročení konzervatívne stanoveného dátumu. Na druhej strane dokáže identifikovať situácie, keď je kvalita narušená ešte pred uplynutím deklarovanej trvanlivosti.

Napriek tomu nemožno prehliadať praktické limity. Technologická presnosť indikátorov musí byť prispôbená konkrétnemu výrobku. Univerzálne riešenia v tejto oblasti prakticky neexistujú. Navyše, interpretácia vizuálnych alebo digitálnych signálov závisí od informovanosti používateľa. Dainelli et al.

(2008) upozorňujú, že bez adekvátnej komunikácie môže nesprávne pochopenie funkcie indikátora znižovať dôveru spotrebiteľa.

Ekonomický aspekt zohráva rovnako významnú úlohu. V segmente základných mliečnych výrobkov je cenová citlivosť vysoká a dodatočné náklady spojené s implementáciou inteligentných prvkov môžu obmedziť ich širšie využitie. Reálne uplatnenie týchto technológií preto závisí od rovnováhy medzi pridanou hodnotou a finančnou náročnosťou.

Perspektívy a budúce trendy

Budúci vývoj inteligentného balenia v mliekarstve bude pravdepodobne smerovať k integrácii viacerých technológií do jedného funkčného systému. Kombinácia indikátorov, senzorov a dátových nosičov môže umožniť komplexné monitorovanie výrobku od výroby až po spotrebiteľa. Zároveň sa čoraz výraznejšie presadzuje požiadavka udržateľnosti. Obalové systémy budú musieť spĺňať nielen technologické kritériá, ale aj environmentálne nároky. Marsh a Bugusu (2007) poukazujú na potrebu minimalizovať materiálovú záťaž a podporovať recyklovateľnosť obalov. Integrácia inteligentných prvkov do ekologických materiálov tak predstavuje jednu z hlavných výziev budúcnosti.

Digitalizácia potravinového reťazca môže navyše premeniť inteligentné balenie z pasívneho informačného prvku na súčasť dynamického systému riadenia kvality. Prepojenie senzorických údajov s databázami a logistickými platformami by umožnilo priebežné vyhodnocovanie rizík a efektívnejšie riadenie distribúcie. Otvorenou otázkou však zostáva miera akceptácie spotrebiteľmi. O'Callaghan a Kerry (2016) zdôrazňujú, že dôvera a pochopenie funkcie inteligentných systémov sú kľúčové pre ich úspešné zavedenie. Budúci výskum by sa preto mal zamerať nielen na technologické inovácie, ale aj na komunikáciu ich prínosov.

ZÁVER

Vývoj obalových technológií v mliekarstve odráža širší trend transformácie potravinového sektora smerom k vyššej bezpečnosti, sledovateľnosti a efektívnejšiemu riadeniu kvality. Zatiaľ čo tradičné obalové materiály plnia primárne ochrannú funkciu, moderné systémy rozširujú túto úlohu o aktívnu alebo monitorovaciu zložku. Modifikovaná atmosféra a aktívne balenie sú dnes technologicky etablované riešenia, ktorých prínos bol opakovane potvrdený v praxi. Inteligentné balenie ide o krok ďalej – neposkytuje iba bariéru, ale aj informáciu. V kontexte mliečnych výrobkov, kde je kvalita úzko previazaná s teplotou a mikrobiálnou stabilitou, môže mať takýto prístup zásadný význam. Zároveň však nemožno prehliadať limity týchto technológií. Ekonomická náročnosť, potreba presnej kalibrácie indikátorov a otázky spotrebiteľskej akceptácie predstavujú faktory, ktoré budú určovať tempo ich širšieho rozšírenia. Technologická inovatívnosť sama osebe totiž negarantuje komerčný úspech. Budúcnosť inteligentného balenia v mliekarstve bude pravdepodobne závisieť od schopnosti prepojiť funkčnosť, udržateľnosť a cenovú dostupnosť. Ak sa podarí dosiahnuť rovnováhu medzi týmito aspektmi, inteligentné systémy môžu významne prispieť k redukcii potravinových strát a k transparentnejšiemu hodnoteniu kvality výrobkov počas celej distribučnej fázy.

POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol s podporou grantového projektu KEGA č. 016SPU-4/2025.

LITERATÚRA

Alizadeh, A. M., Masoomian, M., Shakooie, M., Zabihzadeh Khajavi, M., Farhoodi, M. (2022): Trends and applications of intelligent packaging in dairy products: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(2), 383–397. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1817847>

- Alvarez, V., Pascall, M. A. (2011): Food packaging and shelf life. In M. L. Rooney (Ed.), *Food packaging and shelf life* (pp. 1–24). CRC Press.
- Barge, P., Gay, P., Merlino, V., Tortia, C. (2014): Item-level radio-frequency identification for the traceability of food products: Application on a dairy product. *Journal of Food Engineering*, 125, 119–130. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.10.019>
- Cavallo, J. A., Strumia, M. C., Gomez, C. G. (2014): Preparation of a milk spoilage indicator adsorbed to a modified polypropylene film as an attempt to build a smart packaging. *Journal of Food Engineering*, 136, 48–55. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.03.021>
- Conte, A., Longano, D., Costa, C., Ditaranto, N., Ancona, A., Cioffi, N., Scrocco, C., Sabbatini, L., Contò, F., Del Nobile, M. A. (2013): A novel preservation technique applied to fiordilatte cheese. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 19, 158–165. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.04.010>
- Dabbene, F., Gay, P., Tortia, C. (2014): Traceability issues in food supply chain management: A review. *Biosystems Engineering*, 120, 65–80. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.09.006>
- Dainelli, D., Gontard, N., Spyropoulos, D., Zondervan-van den Beuken, E., Tobback, P. (2008): Active and intelligent food packaging: Legal aspects and safety concerns. *Trends in Food Science and Technology*, 19(Suppl. 1), S103–S112. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.09.011>
- Duncan, T. V. (2011): Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: Barrier materials, antimicrobials and sensors. *Journal of Colloid and Interface Science*, 363(1), 1–24. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2011.07.017>
- Garabal, J. I., Rodríguez-Alonso, P., Franco, D., Centeno, J. A. (2010): Chemical and biochemical study of industrially produced San Simón da Costa smoked semi-hard cow's milk cheeses: Effects of storage under vacuum and different modified atmospheres. *Journal of Dairy Science*, 93(5), 1868–1881. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2749>
- Gopirajah, R., Anandharamakrishnan, C. (2017): Packaging of dried dairy products. In C. Anandharamakrishnan (Ed.), *Handbook of drying for dairy products* (pp. 229–248). Wiley Blackwell.
- Haghighi-Manesh, S., Azizi, M. H. (2017): Active packaging systems with emphasis on its application in dairy products. *Journal of Food Process Engineering*, 40(5), e12542. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jfpe.12542>
- Heising, J. K., Dekker, M., Bartels, P. V., van Boekel, M. A. J. S. (2014): Monitoring the quality of perishable foods: Opportunities for intelligent packaging. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(5), 645–654. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.600477>
- Marsh, K., Bugusu, B. (2007): Food packaging—Roles, materials, and environmental issues. *Journal of Food Science*, 72(3), R39–R55. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x>
- Mohebi, E., Marquez, L. (2015): Intelligent packaging in meat industry: An overview of existing solutions. *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), 3947–3964. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1588-z>
- Neethirajan, S. (2018): Biosensors for Sustainable Food Engineering: Challenges and Perspectives. *Biosensors*, 8(1), 23. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/bios8010023>
- O'Callaghan, K. A. M., Kerry, J. P. (2016): Consumer attitudes towards the application of smart packaging technologies to cheese products. *Food Packaging and Shelf Life*, 9, 1–9. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.05.001>

Robertson, G. L. (2006): Food packaging: Principles and practice (2nd ed.). CRC Press.

Ščetar, M., Barukčić, I., Kurek, M., Lisak Jakopović, K., Božanić, R., Galić, K. (2019): Packaging perspective of milk and dairy products. *Mljekarstvo – Dairy Experts Journal*, 69(1), 3–20. Dostupné z: <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2019.0101>

Yam, K. L., Takhistov, P. T., Miltz, J. (2005): Intelligent packaging: Concepts and applications. *Journal of Food Science*, 70(1), R1–R10. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09052.x>

Kontaktná adresa: Mgr. Ing. Adriana Pavelková, PhD., Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: adriana.pavelkova@uniag.sk

USE OF EDIBLE FILMS AND COATINGS IN FOOD PRESERVATION: AN OVERVIEW

Esteban Pérez¹ – Esther Sanjuán¹ – José Raduán² – António Raposo³ – Conrado Carrascosa¹

¹ Department of Animal Pathology, Animal Production, and Food Science and Technology,
Faculty of Veterinary, University of Las Palmas de Gran Canaria, 35413,
Aruacas, Las Palmas de Gran Canaria, Spain

² Department of Morphology, Faculty of Veterinary, University of Las Palmas de Gran Canaria,
35413, Arucas, Las Palmas de Gran Canaria, Spain

³ CBIOS (Research Center for Biosciences and Health Technologies), ECTS (School of Health
Sciences and Technologies), Lusófona University, Campo Grande 376, 1749-024 Lisboa, Portugal

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0308>



ABSTRACT

Edible films and coatings have emerged as a sustainable alternative to conventional synthetic packaging, addressing both environmental and health concerns. This review explores their definitions, recent advancements, and functional properties, focusing on their composition and applications in the food industry. Derived from renewable biopolymers such as polysaccharides, proteins, and lipids, these materials are biodegradable and enhance food preservation by incorporating active agents like antioxidants and antimicrobials. Applications span various sectors, including fresh produce, meat, seafood, and bakery products, improving shelf life, quality, and safety while minimizing synthetic waste. Despite challenges like scalability and cost, innovations such as composite films and nanomaterial incorporation offer promising directions for future development. This review emphasizes the potential of edible films and coatings to transform sustainable food packaging and improve food quality, aligning with global priorities for environmental sustainability and consumer health.

Keywords: edible films, food packaging, food preservation, sustainability

INTRODUCTION

Edible films and coatings have been used for centuries to protect food products and enhance their appearance. Historically, wax coatings on fruits were common practices in China as early as the 12th century, and similar methods have been used in various cultures to preserve and improve the aesthetic qualities of food. The modern concept of edible films, however, has only been formally recognized in the past 50 years, with significant commercial use beginning around the 1960s (Paylath and Orts, 2009).

The concept of edible films has evolved significantly, especially in recent decades, as a response to increasing environmental and health concerns associated with traditional synthetic packaging materials (Otoni et al., 2017; Díaz-Montes and Castro-Muñoz, 2021).

The use of edible films dates back centuries, but their modern development has been driven by the need for sustainable and environmentally friendly packaging solutions. Initially, these films were simple and primarily used for basic food preservation. Over time, advancements in food science and technology have led to the incorporation of various functional ingredients, such as antioxidants, antimicrobials, and essential oils, to enhance the protective and preservative qualities of edible films (Ávila-Sosa et al., 2016; Ribeiro et al., 2020).

Edible films and coatings are defined as thin layers made from naturally occurring renewable sources such as polysaccharides, proteins, lipids, and composites. These materials are safe for consumption and can be

eaten along with the food product they protect (Tavassoli-Kafrani et al., 2016; Hassan et al., 2017; Nurjanah et al., 2023).

This kind of films and coatings protect food products, extend shelf life, improve organoleptic characteristics, and enhance nutritional value by carrying active ingredients like colorants, flavors, and natural extracts (Ribeiro et al., 2020).

Recent advances in edible films and coatings incorporate natural extracts, improving shelf life, organoleptic characteristics, and nutritional value, while addressing health and environmental concerns (Díaz-Montes and Castro-Muñoz, 2021).

ENVIRONMENTAL BENEFITS OF EDIBLE FILMS AND COATINGS

Edible films and coatings have emerged as a sustainable alternative to traditional synthetic packaging, offering numerous environmental benefits. These biodegradable materials are primarily derived from natural polymers such as polysaccharides, proteins, and lipids, which can be consumed along with the food product, thereby reducing waste and environmental pollution.

Reduction in Synthetic Packaging Use

One of the primary environmental benefits of edible films and coatings is their potential to significantly reduce the reliance on synthetic polymer materials. Traditional plastic packaging contributes to environmental pollution due to its non-biodegradable nature. In contrast, edible films and coatings are made from renewable resources and are biodegradable, thus offering an eco-friendly packaging solution (Umaraw and Verma, 2017; Hammam, 2019; Kocira et al., 2021). The use of natural polymers like polysaccharides not only reduces the consumption of synthetic materials but also utilizes waste products generated during food processing, further enhancing their environmental appeal (Kocira et al., 2021).

Biodegradability and Reduced Waste

Designed to naturally decompose without leaving harmful residues, these biodegradable solutions are the core feature of edible films and coatings. This characteristic is crucial in addressing the global issue of plastic waste. By replacing non-biodegradable packaging with edible alternatives, the burden of waste disposal is significantly alleviated, contributing to a cleaner environment (Umaraw and Verma, 2017; Butu et al., 2023; Matloob et al., 2023).

The incorporation of natural extracts and biopolymers ensures that these films and coatings decompose harmlessly, reducing the overall environmental footprint (Hashemi et al., 2022; Butu et al., 2023).

Utilization of Natural and Renewable Resources

The production of edible films and coatings often involves the use of natural and renewable resources such as polysaccharides, proteins, and lipids. These materials are not only abundant but also renewable, making them a sustainable choice for packaging solutions. For instance, polysaccharides like alginates and carrageenans are derived from seaweed, a renewable resource that can be harvested sustainably (Tavassoli-Kafrani et al., 2016). The use of such materials ensures that the production of edible films and coatings does not deplete natural resources, aligning with the principles of sustainable development (Hassan et al., 2017).

Health Benefits

The shift from petrochemical-based packaging to edible films and coatings addresses both environmental and health concerns. Traditional plastic packaging materials are not biodegradable and pose significant environmental hazards. In contrast, edible films and coatings are eco-friendly alternatives that decompose naturally, reducing the environmental footprint of food packaging (Bizymis and Tzia, 2021; Song et al., 2021).

Additionally, the use of natural antioxidants and antimicrobial agents in these films mitigates the health risks associated with synthetic compounds, aligning with consumer preferences for natural and safe food preservation methods (Ribeiro et al., 2020; Hashemi et al., 2020).

TYPES AND COMPOSITION OF EDIBLE FILMS AND COATINGS

Polysaccharide-Based Films and Coatings

Polysaccharides such as pectin, starch, alginate, carrageenan, and xanthan gum are commonly used to create edible films and coatings. These materials are renewable, biodegradable, and provide excellent barriers to oxygen and carbon dioxide, making them suitable for food packaging applications (Tavassoli-Kafrani, 2016; Mohamed et al., 2020). Polysaccharide-based films are particularly effective in maintaining the quality of fruits and vegetables by preventing moisture loss and reducing spoilage (Kocira et al., 2021). Additionally, the incorporation of essential oils into polysaccharide matrices has been shown to enhance their antimicrobial properties, further extending the shelf life of food products (Anis et al., 2021).

Protein-Based Films and Coatings

Proteins are another category of biopolymers used in the formulation of edible films and coatings. These films are known for their good mechanical properties and ability to form strong, cohesive films. Proteins such as casein, whey, soy, and gelatin are commonly used in these applications. Protein-based films can be tailored to improve their functionality by blending with other biopolymers or incorporating active ingredients like antioxidants and antimicrobials (Hassan et al., 2017; Mohamed et al., 2020).

Lipid-Based Films and Coatings

Lipids are widely used in edible coatings and films to provide hydrophobic properties, which help in reducing moisture loss from food products. Lipid-based films can be made from natural waxes, resins, acetoglycerides, fatty acids, and various oils. These films are particularly useful for protecting foods that are sensitive to moisture, such as fresh and processed fruits, vegetables, and bakery products (Ribeiro et al., 2020; Yousuf et al., 2021). The emulsification of lipids in an aqueous phase is often necessary to create stable, functional coatings (Galus and Kadzinska, 2015).

Composite Films and Coatings

Composite films and coatings combine different types of biopolymers, such as polysaccharides, proteins, and lipids, to leverage the complementary advantages of each component. These composite materials often exhibit improved mechanical and barrier properties compared to films made from a single type of biopolymer. For example, combining polysaccharides with lipids can enhance water barrier properties while maintaining the mechanical strength provided by the polysaccharides (Galus et al., 2015; Hassan et al., 2017). Recent research has focused on developing multilayered and blended composite films to address specific food preservation needs (Liyanapathirana et al., 2023).

Herbal and Essential Oil-Based Films and Coatings

Herbal extracts and essential oils are increasingly being used in the formulation of edible films and coatings due to their natural antimicrobial and antioxidant properties. Aloe vera gel, for instance, has been extensively studied for its potential as a base material for edible films and coatings. It contains bioactive compounds that can extend the shelf life of perishable food items (Maan et al., 2021). Essential oils like citral and eugenol are also incorporated into polysaccharide matrices to enhance the antimicrobial efficacy of the coatings (Anis et al., 2021).

Functional Additives in Edible Films and Coatings

To improve the performance of edible films and coatings, various functional additives are often incorporated. These include plasticizers like glycerol and sorbitol, which enhance the flexibility and durability of the films.

Other additives such as cross-linkers, surfactants, and nanosilver particles can modify the physical and chemical properties of the coatings to better suit specific applications (Hassan et al., 2017; Kocira et al., 2021). Additionally, natural extracts and active compounds are used to impart antimicrobial and antioxidant properties, further enhancing the shelf life and safety of the food products (Ribeiro et al., 2020).

APPLICATION OF EDIBLE FILMS AND COATINGS IN FOOD SYSTEMS

Fruit and vegetables

The application of edible films and coatings in fruits and vegetables has gained significant attention due to their potential to enhance food quality, extend shelf life, and provide an environmentally friendly alternative to synthetic packaging materials. These films and coatings are primarily composed of natural biopolymers such as polysaccharides, proteins, and lipids, which can be further enhanced with various additives to improve their functional properties.

Edible films and coatings offer several benefits, including acting as barriers to moisture, gases, and volatiles, thereby reducing the respiration rate and delaying ripening of fruits and vegetables (Kocira et al., 2021; Jafarzadeh et al., 2021). They also help in maintaining the nutritional value and sensory attributes of the produce (Nair et al., 2020). For instance, chitosan-based films have been shown to protect strawberries from fungal attacks without significantly altering their flavor, appearance, aroma, and texture (Pavinatto et al., 2020).

The functionality of edible films and coatings can be significantly enhanced by incorporating various additives such as plasticizers, surfactants, antimicrobial agents, and nanoparticles. These additives improve the mechanical and barrier properties of the films, making them more effective in preserving the quality of fruits and vegetables (Xing et al., 2019; Nair et al., 2020; Kocira et al., 2021). For example, the inclusion of metal nanoparticles in biopolymeric films has been shown to decrease color changes, reduce weight loss, and extend the shelf life of tropical fruits and vegetables (Jafarzadeh et al., 2021).

Meat and seafood

By preventing moisture loss, delaying microbial spoilage, and reducing lipid, protein, and pigment oxidation, edible films play a crucial role in extending the shelf life of meat and seafood. These packaging materials are composed of biopolymers derived from food industry wastes or underutilized sources of proteins, lipids, or polysaccharides, making them biodegradable and edible (Umaraw et al., 2020; Ribeiro et al., 2020; Hashemi et al., 2023). The incorporation of natural extracts, essential oils, and other bioactive compounds into these films and coatings further enhances their protective effects, ensuring the sensory and quality characteristics of the packaged products are maintained for longer periods (Umaraw et al., 2020; Ribeiro et al., 2020).

The integration of antimicrobial and antioxidant agents into edible films and coatings is a significant advancement in food packaging. These active components, such as natural extracts and essential oils, inhibit the growth of pathogenic microorganisms and reduce oxidative reactions that compromise the quality and safety of meat and seafood (Song et al., 2021; Abdollahzadeh et al., 2021; Hamann et al., 2021). For instance, polysaccharide-based films incorporated with lipid-based nanosystems loaded with bioactive compounds have shown promising results in enhancing the oxidation stability and microbial safety of meat products (Hashemi et al., 2023; Maciel et al., 2020).

Bakery and confectionery

Various bakery and confectionery products benefit from the application of edible films and coatings, which enhance shelf life and maintain product quality. For instance, a study by Pilli (2020) demonstrated the use of an edible film made from vegetable oil and egg proteins to replace preservatives and primary plastic packaging for sweet baked goods. This film effectively prevented fungal growth and maintained the sensory

characteristics of the products over an 85-day storage period. Another research by San et al. (2022) highlighted the use of functional polymeric packaging incorporating antimicrobial agents to preserve the quality of bakery products by preventing microbial spoilage and moisture loss.

Edible coatings are effective in mitigating quality losses in bakery products by restricting moisture migration, preventing texture changes, and inhibiting mold growth. For instance, the use of edible coatings on bread has been shown to retain moisture and maintain textural quality during storage (Chakravartula and Sirisha, 2019).

CHALLENGES AND FUTURE PROSPECTS

Despite the benefits, the large-scale application of edible films and coatings faces challenges such as cost, consumer awareness, and the need for further research to enhance their functional properties.

Edible films often do not match the mechanical strength and barrier properties of conventional plastic packaging. The development of composite films and the incorporation of nanomaterials are promising strategies to improve the mechanical and barrier properties of these packaging materials (Jeevahan and Chandrasekaran, 2019; Bizymis and Tzia, 2021; Hamann et al., 2021).

Future research should focus on optimizing the formulations and production methods to make edible films and coatings more cost-effective and widely acceptable in the food industry (Umaraw et al., 2020; Díaz-Montes and Castro-Muñoz, 2021).

CONCLUSIONS

Edible films and coatings offer an innovative and sustainable solution to the challenges associated with food packaging. Their evolution, from rudimentary applications to complex formulations incorporating antioxidants, antimicrobials, and natural extracts, highlights their potential to extend food shelf life, enhance sensory attributes, and reduce environmental impact. However, technical and economic challenges still hinder their large-scale adoption. Continued research is essential to optimize formulations, improve mechanical and barrier properties, and lower production costs. The future of these technologies relies on the food industry's ability to integrate them into sustainable and accessible packaging systems while fostering greater consumer acceptance.

REFERENCES

- Abdollahzadeh, E., Nematollahi, A., Hosseini, H. (2021): Composition of antimicrobial edible films and methods for assessing their antimicrobial activity: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 110, 291–303. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.084>
- Anis, A., Pal, K., Al-Zahrani, S. M. (2021): Essential Oil-Containing Polysaccharide-Based Edible Films and Coatings for Food Security Applications. *Polymers*, 13(4), 575. Available at: <https://doi.org/10.3390/polym13040575>
- Ávila-Sosa, R., Palou, E., López-Malo, A. (2016): Essential oils added to edible films. In: Preedy, V. R. (ed.), *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. Academic Press, 149–154. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00015-8>
- Bizymis, A.-P., Tzia, C. (2022): Edible films and coatings: properties for the selection of the components, evolution through composites and nanomaterials, and safety issues. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(31), 8777–8792. Available at: <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1934652>

- Buřu, M., Buřu, A., Rodino, S. (2023): Improve the post-harvest quality of fruits based on edible natural resources. *Global NEST International Conference on Environmental Science and Technology (CEST2023) Proceedings* (Paper ID: cest2023_00269). Available at: <https://doi.org/10.30955/gnc2023.00269>
- Chakravartula, N. (Nallan Chakravartula), S. S., Sirisha, S. (2019): Optimizing quality losses and shelf-life in bakery products by edible coatings. *Doctoral thesis*, Alma Mater Studiorum – Università di Bologna. Available at: <https://doi.org/10.6092/UNIBO/AMSDOTTORATO/8890>
- Dehghani, S., Hosseini, S. V., Regenstein, J. M. (2018): Edible films and coatings in seafood preservation: A review. *Food Chemistry*, 240, 505–513. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.034>
- Díaz-Montes, E., Castro-Muñoz, R. (2021): Edible Films and Coatings as Food-Quality Preservers: An Overview. *Foods*, 10(2), 249. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods10020249>
- Galus, S., Kadzińska, J. (2015): Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Trends in Food Science and Technology*, 45, 273–283. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.011>
- Hamann, D., Puton, B. M. S., Colet, R., Steffens, J., Ceni, G. C., Cansian, R., Backes, G. (2021): Active edible films for application in meat products. *Research, Society and Development*, 10(7), e13610716379. Available at: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16379>
- Hamam, A. (2019): Technological, applications, and characteristics of edible films and coatings: a review. *SN Applied Sciences*, 1, 632. Available at: <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0660-8>
- Hashemi, M., Hashemi, M., Daneshamooz, S., Raeisi, M., Jannat, B., Taheri, S., Noori, S. (2020): An Overview on Antioxidants Activity of Polysaccharide Edible Films and Coatings Contains Essential Oils and Herb Extracts in Meat and Meat Products. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 8(2), 198–207. Available at: <https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2020/8.2.198.207>
- Hashemi, S., Kaveh, S., Abedi, E., Phimolsiripol, Y. (2023): Polysaccharide-Based Edible Films/Coatings for the Preservation of Meat and Fish Products: Emphasis on Incorporation of Lipid-Based Nanosystems Loaded with Bioactive Compounds. *Foods*, 12(17), 3268. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods12173268>
- Hashemi, S., Khorshidian, N., Mohammadi, M. (2022): An insight to potential application of synbiotic edible films and coatings in food products. *Frontiers in Nutrition*, 9, 875368. Available at: <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.875368>
- Hassan, B., Chatha, S. A. S., Hussain, A. I., Zia, K. M., Akhtar, N. (2017): Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 1095–1107. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097>
- Jafarzadeh, S., Nafchi, A. M., Salehabadi, A., Oladzadabbasabadi, N., Jafari, S. M. (2021): Application of bio-nanocomposite films and edible coatings for extending the shelf life of fresh fruits and vegetables. *Advances in Colloid and Interface Science*, 291, 102405. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cis.2021.102405>
- Jeevahan, J., Chandrasekaran, M. (2019): Nanoedible films for food packaging: a review. *Journal of Materials Science*, 54, 12290–12318. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10853-019-03742-y>
- Kocira, A., Kozłowiec, K., Panasiewicz, K., Staniak, M., Szpunar-Krok, E., Horthyńska, P. (2021): Polysaccharides as Edible Films and Coatings: Characteristics and Influence on Fruit and Vegetable Quality—A Review. *Agronomy*, 11(5), 813. Available at: <https://doi.org/10.3390/agronomy11050813>

- Liyanapathiranaige, A., Dassanayake, R., Gamage, A., Karri, R., Manamperi, A., Evon, P., Jayakodi, Y., Madhujith, T., Merah, O. (2023): Recent Developments in Edible Films and Coatings for Fruits and Vegetables. *Coatings*, 13(7), 1177. Available at: <https://doi.org/10.3390/coatings13071177>
- Maan, A., Ahmed, Z., Khan, M. K. I., Riaz, A., Nazir, A. (2021): Aloe vera gel, an excellent base material for edible films and coatings. *Trends in Food Science and Technology*, 116, 329–341. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.035>
- Maciel, V. B. V., Contini, L. R. F., Yoshida, C. M. P., Venturini, A. C. (2020): Application of edible biopolymer coatings on meats, poultry, and seafood. *Biopolymer Membranes and Films*. Elsevier, 515–533. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818134-8.00021-3>
- Matloob, A., Ayub, H., Mohsin, M., Ambreen, S., Khan, F., Oranab, S., Rahim, M., Khalid, W., Nayik, G., Ramniwas, S., Ercişli, S. (2023): A Review on Edible Coatings and Films: Advances, Composition, Production Methods, and Safety Concerns. *ACS Omega*, 8(32), 28932–28944. Available at: <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c03459>
- Mohamed, S. A. A., El-Sakhawy, M., El-Sakhawy, M. A.-M. (2020): Polysaccharides, Protein and Lipid - Based Natural Edible Films in Food Packaging: A Review. *Carbohydrate Polymers*, 238, 116178. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116178>
- Nair, M. S., Tomar, M., Punia, S., Kukuła-Koch, W., Kumar, M. (2020): Enhancing the functionality of chitosan- and alginate-based active edible coatings/films for the preservation of fruits and vegetables: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 304–320. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.083>
- Nurjanah, H., Umam, H., Pambudi, T. (2023): Edible film for food packaging. *Al Uhum: Jurnal Sains dan Teknologi*, 9(3), 127–137. Available at: <https://doi.org/10.31602/jst.v9i3.12639>
- Otoni, C. G., Avena-Bustillos, R. J., Azeredo, H. M. C., Lorevice, M. V., Moura, M. R., Mattoso, L. H. C., McHugh, T. H. (2017): Recent Advances on Edible Films Based on Fruits and Vegetables—A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(5), 1151–1169. Available at: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12281>
- Pavinatto, A., De Almeida Mattos, A., Malpass, A., Okura, M., Balogh, D., Sanfelice, R. (2020): Coating with chitosan-based edible films for mechanical/biological protection of strawberries. *International Journal of Biological Macromolecules*, 151, 1004–1011. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.11.076>
- Pavláth, A. E., Orts, W. (2009): Edible Films and Coatings: Why, What, and How? *Edible Films and Coatings for Food Applications*. Springer, 1–23. Available at: https://doi.org/10.1007/978-0-387-92824-1_1
- Pilli, T. (2020): Development of a vegetable oil and egg proteins edible film to replace preservatives and primary packaging of sweet baked goods. *Food Control*, 114, 107273. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107273>
- Ribeiro, A. M., Estevinho, B., Rocha, F. (2021): Preparation and Incorporation of Functional Ingredients in Edible Films and Coatings. *Food and Bioprocess Technology*, 14, 209–231. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02528-4>
- San, H., Laorenza, Y., Behzadfar, E., Sonchaeng, U., Wadaugsorn, K., Sodsai, J., Kaewpetch, T., Promhuad, K., Srisa, A., Wongphan, P., Harnkarnsujarit, N. (2022): Functional Polymer and Packaging Technology for Bakery Products. *Polymers*, 14(18), 3793. Available at: <https://doi.org/10.3390/polym14183793>

- Song, D., Hoa, V. B., Kim, H. W., Khang, S. M., Cho, S.-H., Ham, J.-S., Seol, K.-H. (2021): Edible Films on Meat and Meat Products. *Coatings*, 11(11), 1344. Available at: <https://doi.org/10.3390/coatings11111344>
- Tavassoli-Kafrani, E., Shekarchizadeh, H., Masoudpour-Behabadi, M. (2016): Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. *Carbohydrate Polymers*, 137, 360–374. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.10.074>
- Umaraw, P., Verma, A. K. (2017): Comprehensive review on application of edible film on meat and meat products: An eco-friendly approach. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(6), 1270–1279. Available at: <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.986563>
- Umaraw, P., Munekata, P. E. S., Verma, A. K., Barba, F. J., Singh, V. P., Kumar, P., Lorenzo, J. M. (2020): Edible films/coating with tailored properties for active packaging of meat, fish and derived products. *Trends in Food Science and Technology*, 98, 10–24. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.032>
- Xing, Y., Li, W., Wang, Q., Li, X., Xu, Q., Guo, X., Bi, X., Liu, X., Shui, Y., Lin, H., Yang, H. (2019): Antimicrobial Nanoparticles Incorporated in Edible Coatings and Films for the Preservation of Fruits and Vegetables. *Molecules*, 24(9), 1695. Available at: <https://doi.org/10.3390/molecules24091695>
- Yousuf, B., Sun, Y., Wu, S. (2021): Lipid and Lipid-containing Composite Edible Coatings and Films. *Food Reviews International*, 38, 574–597. Available at: <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1876084>

Contact Information: Prof. Esteban Pérez, PhD, University of Las Palmas de Gran Canaria, Department of Animal Pathology, Animal Production, and Food Science and Technology, Faculty of Veterinary, 35413, Arucas, Las Palmas de Gran Canaria, Spain, e-mail: esteban.perezgarcia@ulpgc.es

SOUČASNÉ STRATEGIE V TLUMENÍ MORU A HNILOBY VČELÍHO PLODU V CHOVECH VČEL

CURRENT STRATEGIES IN THE MITIGATION OF AMERICAN AND EUROPEAN FOULBROOD IN APIARIES

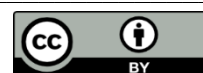
Matej Pospiech¹ – Jan Dobeš¹ – Martin Pijáček² – Lenka Kudělková³

¹ Ústav hygieny a technologie potravin rostlinného původu, Fakulta veterinární hygieny a ekologie,
Veterinární univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Česká republika

² Oddělení patologické morfologie (NRL pro zdraví včel), SVÚ Olomouc,
Jakoubka ze Stříbra 1, 779 00 Olomouc, Česká republika

³ Ústav výživy zvířat a pícninářství, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0316>



ABSTRAKT

Príspevek shrnuje aktuální poznatky o moru a hnilobě včelího plodu v kontextu novelizace vyhlášky č. 144/2023 Sb., která redefinuje legislativní rámec pro tlumení těchto nákaz. Ačkoliv nelze v dohledné době očekávat úplnou eradikaci původců, nová úprava harmonizuje veterinární postupy u obou onemocnění. Odklon od plošné likvidace celých stanovišť směrem k selektivnímu utrácení pozitivních včelstev přináší chovatelům nezanedbatelné ekonomické i etické benefity. Komparace se zahraničními strategiemi naznačuje, že tento přístup nezvyšuje riziko zhoršení epizootologické situace a přispívá k větší transparentnosti legislativního prostředí.

Klíčová slova: *Paenibacillus larvae*, *Melissococcus plutonius*, vyhláška č. 144/2023 Sb.

ABSTRACT

The article summarizes current knowledge regarding American Foulbrood and European Foulbrood in the context of the amendment to Decree No. 144/2023 Coll., which redefines the legislative framework for the control of these infections. Although complete eradication of the causative agents cannot be expected in the foreseeable future, the new regulation harmonizes veterinary procedures for both diseases. The shift away from the blanket destruction of entire apiaries towards the selective culling of positive colonies brings significant economic and ethical benefits to beekeepers. A comparison with foreign strategies suggests that this approach does not increase the risk of worsening the epizootiological situation and contributes to greater transparency in the legislative environment.

Keywords: *Paenibacillus larvae*, *Melissococcus plutonius*, decree No. 144/2023 Coll.

ÚVOD

V České republice dochází postupně ke změně přístupu v rámci eradikaci nebezpečných nákaz včel. Už od roku 2023 je přípustná částečná likvidace pozitivních včelstev na stanovišti s výskytem moru včelího plodu. Pokud je nákaza pod 15 % včelstev na stanovišti, je přípustná likvidace nakažených včelstev a současně provedení účinné dezinfekce zbývajících úlů a ostatního včelařského příslušenství, které přišlo nebo mohlo přijít do styku se včelstvy s potvrzeným výskytem nákazy. Rovněž vyhláška č. 144/2023 Sb., o veterinárních požadavcích na chov včel a včelstev a o opatřeních pro předcházení a tlumení některých nákaz včel ve znění vyhlášky č. 447/2025 Sb. (dále jen vyhláška č. 144/2023 Sb.) nařizuje další bezprostřední opatření které mají

za cíl předcházet šíření moru včelího plodu na nenakažená včelstva a včelstva mimo stanoviště. Přehled těchto opatření je uveden v paragrafu 7 zmíněné vyhlášky.

Tento přístup byl však odlišný vzhledem k eradikaci hniloby včelího plodu, kde do 1. 1. 2026 platila povinná eradikace všech včelstev na stanovišti v případě výskytu pozitivních nálezů. Od letošního roku došlo k novelizaci vyhlášky č. 144/2023 Sb. Paragraf 11 nově upravuje povinnosti chovatele v případě výskytu nákazy hniloby včelího plodu následovně. V případě výskytu nákazy vyšší než 15 % nakažených včelstev nakazuje neprodlené utracení všech včelstev na stanovišti včetně likvidace úlů, všech plástů a veškerého včelařského příslušenství spálením, pokud nelze zajistit jeho účinnou dezinfekci, zejména v případě kovových předmětů, s předchozím nebo následným vyžháním plamenem; to neplatí pro budovy a konstrukce včelínů a kočovných vozů. V případě výskytu nákazy hniloby včelího plodu pod 15 % nakažených včelstev dochází také ke sjednocení a nově je nařízeno neprodlené utracení všech včelstev s potvrzeným výskytem nákazy včetně likvidace úlů, všech plástů a veškerého včelařského příslušenství spálením, pokud nelze zajistit jeho účinnou dezinfekci, a současně účinnou dezinfekci zbývajících úlů a ostatního včelařského příslušenství, které přišlo nebo mohlo přijít do styku se včelstvy s potvrzeným výskytem nákazy.

Cílem této práce bylo stručně shrnout změnu vyhlášky č. 144/2023 Sb. s účinností od 1. 1. 2026.

MATERIÁL A METODIKA

V rámci práce byly analyzovány nové vědecké studie za poslední tři roky pojednávající o moru včelího plodu (*Paenibacillus larvae*) a hniloby včelího plodu (*Melissococcus plutonius*) včel (*Apis mellifera*). Hodnotícími kritérii pro vyhledávání byly nové poznatky o *Paenibacillus larvae* a *Melissococcus plutoni*, způsob šíření nákaz, epidemiologie a přenos, diagnostika, strategie eradikace v EU a ve světě.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Původce moru včelího plodu je grampozitivní, sporulující tyčinka *Paenibacillus larvae*, která je vysoce specializovaná na infikování larev včely medonosné a je charakteristická schopností tvořit endospory, které vykazují extrémní odolnost vůči fyzikálním a chemickým faktorům. V současnosti rozlišujeme pět genotypů (ERIC I–V), přičemž nejnovější studie z let 2023–2025 potvrzují, že v Evropě hrají dominantní roli genotypy ERIC I a ERIC II, zatímco genotypy ERIC III–V jsou detekovány jen vzácně nebo jsou spojovány s historickými izoláty (Biová et al., 2021). Genotyp ERIC I je charakteristický pomalejším průběhem infekce na úrovni larvy. Úhyn nastává obvykle až po zavičkování buňky (přibližně 12. den vývoje). To vede k vytvoření typického klinického obrazu s propadlými, děravými víčky a viskózní hmotou táhnoucí se v nitkách. Tento genotyp umožňuje dlouhodobé přežívání včelstva, které se stává chronickým zdrojem nákazy pro okolí. Genotyp ERIC II je v regionu střední Evropy, a specificky v ČR, dominantní (představuje více než 80 % izolátů). ERIC II je vysoce virulentní na úrovni larvy – úhyn nastává rychleji, často již kolem 7. dne, tedy před zavičkováním. Včely čističky (hygienické chování) dokáží tyto mrtvé larvy efektivně odstranit dříve, než vznikne typický "příškar". Výsledkem je klinický obraz "mezerovitého plodu", který může být snadno zaměněn za jiné problémy (např. nekvalitní matka, varroáza). Tato symptomatologie komplikuje vizuální diagnostiku a zvyšuje význam laboratorního monitoringu měli (Biová et al., 2021).

Infekční proces začíná perorálním příjmem spor larvami prvního a druhého instaru, infekční dávka je velmi nízká (u ERIC II stačí desítky spor). Ve střevě larvy spory vyklíčí do vegetativních forem, které proliferují a produkují proteázy (např. PlbA) a toxiny (C3larvin, SplA) které narušují střevní bariéru a vedou k invazi do hemocélu a následné septikémii. Po úhynu larvy dochází k masivní sporulaci. Jedna rozpadlá larva může obsahovat až 2,5 miliardy infekčních spor (Agriculture Victoria, 2026), které mohou přežít v prostředí úlu, v medu či na včelařském vybavení po dobu 35 a více let (New Zealand Bee Health and Biosecurity, 2025).

Persistence je hlavním důvodem, proč je eradikace prostou sanitací často neúčinná a proč se v mnoha zemích přistupuje k radikálnímu pálení.

Původce hniloby včelího plodu je grampozitivní kok *Melissococcus plutonius*. Toto onemocnění bylo historicky považováno za méně závažné a stresově podmíněné. Data z let 2024–2025 však ukazují na jeho vzestup, zvyšující se virulenci a schopnost způsobovat masivní úhyny i v silných včelstvech. *Melissococcus plutonius* se klasifikuje do klonálních komplexů (Clonal Complexes - CC), přičemž nejvýznamnější jsou CC3, CC12 a CC13 (Okumura et al., 2019). Typické kmeny (CC3, CC13) jsou obtížně kultivovatelné. Vyznačují se vysokou virulencí. Studie potvrdily, že klonální komplexy CC3 způsobují statisticky významně vyšší podíl nemocného plodu ve srovnání s ostatními klonálními komplexy (Budge et al., 2014). Atypické kmeny (CC12) jsou méně náročné na kultivaci a v minulosti byly považovány za méně virulentní. Recentní studie z Japonska a Evropy však ukazují na jejich rostoucí prevalenci a schopnost způsobovat závažné klinické projevy, často v koinfekci s dalšími bakteriemi (Okamoto et al., 2022). Za nejvýznamnější koinfekci u hniloby včelího plodu je v současnosti považován *Paenibacillus melissococcoides*, dále *Paenibacillus alvei*, *Brevibacillus laterosporus* nebo *Enterococcus faecalis*. Problémem koinfekcí je také popisována absence *Melissococcus plutonius* při bakteriologické diagnostice, přičemž jsou ale popisovány typické klinické příznaky (Ory et al., 2025).

Epidemiologie a přenos nákaz

Obě onemocnění mají podobný mechanismus přenosu. Jedná se o horizontální přenos v rámci včelího společenstva trofalaxe (krmení larev). U hniloby včelího plodu byla navíc potvrzena rezistence dospělých včel, které pak slouží jako rezervoár nákazy (Sebastian Jose et al., 2025). Tento přenos lze v rámci eradikace nákazy ovlivnit zejména likvidací všech nemocných včelstev za použití včelotěsného uzávěru úlů tak, jak stanovuje vyhláška č. 144/2023 Sb. Rizikovým faktorem ale zůstává přenos mezi včelstvy v rámci stanovišť ale také v rámci doletové vzdálenosti včel. Přenos mezi včelstvy může být přirozeného původu daného etologií včel, a to zejména loupeže na slabých včelstvech a zalétávání trubců a dělnic, zejména při hustém rozmístění úlů na stanovišti. Neméně významným rizikovým faktorem je včelařská praxe, zejména přesun plástů s plodem nebo zásobami mezi včelstvy a používání kontaminovaného vybavení, jako jsou nářadí, rukavice, úly, vosk, rámky či mezistěny.

Diagnostika nákaz

Rychlá a přesná diagnostika je základem úspěšné eradikace nákaz. Zatímco klinická diagnostika a klasické metody (kultivace, mikroskopie, PCR) zůstávají zlatým standardem pro potvrzení, roky 2024–2026 přinesly nástup terénních molekulárních testů. Souhrn použitých diagnostických metod je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1: Diagnostické metody průkazu *Paenibacillus larvae* a *Melissococcus plutonius* (Heo et al., 2025, Ackerly et al., 2024)

Metoda	Princip	Trvání	Citlivost	Využití
Klinická diagnostika	Vizuální (sirkový test)	Ihned	Nízká (zejména u ERIC II)	Prvotní screening včelařem, kontrola inspektorem SVS
Kultivace	Růst na médiu	3–7 dní	Vysoká (<i>Paenibacillus larvae</i>), nízká (<i>Melissococcus plutonius</i>)	Konfirmace, testy rezistence
Laboratorní qPCR	Detekce DNA	4–6 hodin	Velmi vysoká	Monitoring (měl), úřední vzorky
POC qPCR	Terénní PCR	<1 hodina	Vysoká (93–95 %)	Rychlá diagnostika ohniska
LAMP	Izotermální amplifikace	20–30 min	Vysoká (97 %)	Screening v terénu

Kontrola a eradikace v EU

Přístup k tlumení moru a hniloby včelího plodu se v Evropě liší stát od státu, ačkoliv základní rámec je dán legislativou EU. Společným znakem je zákaz používání antibiotik k léčbě včelstev, což nutí evropské země spoléhat na zootechnická a radikální opatření. Zastřešujícím předpisem je Nařízení (EU) 2016/429 ("Zákon o zdraví zvířat"). Mor včelího plodu je zařazen mezi nákazy kategorií D a E, což znamená, že podléhá povinnosti dozoru a platí pro něj restriktce při přemísťování mezi členskými státy. Hniloba včelího plodu není na seznamu nákaz vyžadujících povinnou eradikaci na celoevropské úrovni a členské státy mají pravomoc zavádět vlastní národní eradikační programy.

Tabulka 2: Přístup k moru a hnilobě včelího plodu v sousedících zemích (Alburaki et al., 2024, BMELV, 2012, Mosca et al., 2023)

Parametr	Slovensko	Polsko	Německo a Rakousko
Právní status nákazy	Povinně hlášená nákaza	Povinně hlášená nákaza	Povinně hlášená nákaza
Primární strategie	Eradikace Povinné pálení úlů a včelstev	Transformace. Do 2026 eradikace z úřední moci. Od 3/2026 pravděpodobná deregulace a přesun odpovědnosti na chovatele.	Sanace Přednost má metoda "přemetení" pro záchranu včel. Pálení jen u klinicky těžkých případů.
Použití antibiotik	Zakázáno	Zakázáno	Zakázáno
Kompenzace	Ano , státní při splnění podmínek registrace.	Do 2026 ano. Po novele 2026 nejisté (pravděpodobné zrušení státního odškodnění pro mor včelího plodu).	Ano , prostřednictvím nákazových fondů, pokud jsou dodržena pravidla.

Jak už bylo zmíněno, ČR uplatňuje strategii nulové tolerance (pozitivní včelstva jsou likvidována) a kolem stanoviště je vymezené tříkilometrové ochranné pásmo s přihlédnutím k místním epizootologickým, zeměpisným, biologickým a ekologickým podmínkám. V ohnisku je sledována i nadále nákazová situace a dojde-li v době do 2 let ode dne utracení včelstev v ohnisku nákazy moru nebo hniloby včelího plodu k opětovnému potvrzení nákazy, nařídí Krajská veterinární správa SVS utracení včelstev a likvidaci včelařského příslušenství (Vyhláška č. 144/2023 Sb.). Důvodem pro tyto radikální řešení je zejména vysoká

incidence v České republice, a tedy vysoké riziko šíření nákaz. Přístup v jiných zemí je uveden v následujících tabulkách (tab. 2 a 3).

Z tabulek 2 a 3 je patrné, že v EU je přístup k zdolávání podobný i když existují určité rozdíly. Země visegrádské čtyřky přistupují k oběma nákazám radikálně a za účasti dozorových orgánů dochází k likvidaci nemocných včelstev společně s úly. Obdobný přístup mají i další země (např. Itálie). V Německu je přístup založen na sanaci. Cílem přístupu je eliminovat nákazu a zachránit dospělé včely. Provedení sanace je následující:

- Smetení včel do nového nebo vydezinfikovaného úlu na rámky bez zásob a plodu.
- Hladovění, během kterého včely spotřebují obsah medného váčku, včetně spor.
- Staré plásty s plodem a zásobami (hlavní zdroj spor) se spálí nebo vyvaří za přísných podmínek (BMELV, 2012).

Tabulka 3: Přístup k moru a hnilobě včelího plodu v dalších zemích EU a světa (MRiRW, 2016, Magyar Mezőgazdaság, 2023, ŠVPS SR, 2024)

Parametr	Maďarsko	Itálie	USA	Nový Zéland
Právní status nákazy	Povinně hlášená nákaza.	Povinně hlášená nákaza.	Regulováno na úrovni států, obecně povinně hlášená.	Povinně hlášená nákaza.
Primární strategie	Karanténa a Eradikace Izolace ohniska. Povinné pálení úlů a včelstev.	Eradikace Povinné pálení úlů a včelstev.	Smíšená Některé státy vyžadují pálení, jiné povolují ozařování nebo antibiotika.	Eradikace Povinné pálení úlů a včelstev do 7 dnů od nálezu.
Použití antibiotik	Zakázáno	Zakázáno	Povoleno Oxytetracyklin	Zakázáno
Kompenzace	Ano , státní odškodnění za úředně nařízenou likvidaci.	Omezené , vázané na pojištění. Liší se regionálně.	Obecně ne , v některých státech částečná kompenzace.	Ne , průmyslem financovaný systém odvodů platí agenturu, nikoliv ztráty včelařů.

Léčba moru a hniloby včelího plodu ATB není v zemích EU povolena, stejně tak není povoleno použití ATB i pro další nemoci včel. Důvodem je dopad na ekosystém a snaha o tlumení vzniku ATB rezistence a zamezení výskytu reziduí ATB v medu. Opačný přístup je v USA, kde je povolena léčba pomocí ATB zejména tetracykliny nebo tylosinem. Nicméně USA reflektuje také riziko ATB rezistence a od roku 2017 je léčba včelstev možná pouze na základě veterinárního vyšetření. Vznik rezistence byl potvrzen v nedávné studii a u původce moru včelího plodu dosáhla 38 % (Obshta et al., 2023).

ZÁVĚR

Novela vyhlášky č. 144/2023 Sb. zavádí nový rámec pro tlumení moru a hniloby včelího plodu. Ačkoliv metoda radikální likvidace včelstev spálením není v kontextu EU ani ve světě výjimečná, země jako Německo či Rakousko dlouhodobě uplatňují mírnější sanační opatření. Dosavadní strategie striktního pálení včelstev na stanovišti v ČR nevedla k úplnému vymýcení těchto nákaz, což je stav, kterého pravděpodobně nelze v dohledné době dosáhnout. Zahraniční zkušenosti se sanačními metodami potvrzují, že ozdravení ohnisek je možné i bez nutnosti utracení včelstev. Lze proto předpokládat, že legislativní zmírnění přístupu k likvidaci

pouze nemocných včelstev na stanovišti v případě hniloby včelího plodu nepovede ke zhoršení epizootologické situace v ČR.

PODĚKOVÁNÍ

Projekt byl podpořen z finančních prostředků na podporu výzkumu přidělených Ústavu hygieny a technologie potravin rostlinného původu Fakulty veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzity Brno.

LITERATURA

Ackerly, D., Tran, L., Beddoe, T. (2024): The development of a loop-mediated isothermal amplification (LAMP) assay to detect American foulbrood in managed honey bee populations. *Apidologie*, 55(3), 38. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13592-024-01080-w>

Agriculture Victoria. (n.d.). *Diagnosis, control and eradication of American foulbrood disease*. Victorian Government. Retrieved February 11, 2026, Dostupné z: <https://agriculture.vic.gov.au/biosecurity/animal-diseases/honey-bee-pests-and-diseases/diagnosis-control-and-eradication-of-american-foulbrood-disease>

Alburaki, M., Abban, S. K., Evans, J. D., Chen, Y. P. (2024): Occurrence and distribution of two bacterial brood diseases (American and European foulbrood) in US honey bee colonies and resistance to antibiotics from 2015 to 2022. *Journal of Apicultural Research*.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/00218839.2024.2329854>

Biová, J., Bzdil, J., Dostálková, S., Petřivalský, M., Brus, J., Carra, E., Danihlík, J. (2021): American foulbrood in the Czech Republic: ERIC II genotype of *Paenibacillus larvae* is prevalent. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 698976. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.698976>

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV). (2012): *Leitlinie zur Bekämpfung der Amerikanischen Faulbrut der Bienen in Deutschland*. Friedrich-Loeffler-Institut. Dostupné z: <https://koelner-imkerverein.de/wp-content/uploads/2024/07/Am.-Faulbrut-Leitlinie.pdf>

Budge, G. E., Shirley, M. D., Jones, B., Quill, E., Tomkies, V., Feil, E. J., Brown M. A., Haynes, E. G. (2014): Molecular epidemiology and population structure of the honey bee brood pathogen *Melissococcus plutonius*. *The ISME Journal*, 8(8), 1588–1597. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/ismej.2014.20>

Heo, J., Cheon, D. S., Chung, N. K., Kim, Y., Kim, D. Y. (2025): Evaluation of the performance of a point-of-care molecular assay for simultaneous detection of the agents of American foulbrood and European foulbrood in apiaries. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 37(6), 919-926. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/10406387251369898>

Magyar Mezőgazdaság. (2023): *Biológiai eljárás nyúlós költésrothadás ellen*. Dostupné z: <https://magyarmezogazdasag.hu/2023/10/20/biologiai-eljaras-nyulos-koltesrothadas-ellen/>

Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi (MRiRW). (2016): *Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 11 lipca 2016 r. w sprawie zwalczania zgnilca amerykańskiego pszczoł*. Dziennik Ustaw, poz. 1123. Dostupné z: <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzu-dziennik-ustaw/zwalczanie-zgnilca-amerykanskiego-pszczol-18330835>

Ministerstvo zemědělství. (2023). *Vyhláška č. 144/2023 Sb., o veterinárních požadavcích na chov včel a včelstev a o opatřeních pro předcházení a tlumení některých nákaz včel*. Sbírka zákonů České republiky, částka 72. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2023/144>

Mosca, M., Bubnic, J., Giannetti, L., Fortugno, L., Pietropaoli, M., Manara, V., Bonerba, E., Formato, G. (2023): Adoption of partial shook swarm in the integrated control of American and European foulbrood of honey bee (*Apis mellifera* L.). *Agriculture*, 13(2), 363.

Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/agriculture13020363>

New Zealand Bee Health and Biosecurity. (2025): *American Foulbrood – Beekeeper Levy*. NZBB.

Dostupné z: <https://www.nzbb.org.nz/afb-levy>

Obshta, O., Zabrodski, M. W., Soomro, T., Wilson, G., Masood, F., Thebeau, J., Wood, S. C. (2023): Oxytetracycline-resistant *Paenibacillus* larvae identified in commercial beekeeping operations in Saskatchewan using pooled honey sampling. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 35(6), 645–654. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/10406387231200178>

Okamoto, M., Furuya, H., Sugimoto, I., Kusumoto, M., Takamatsu, D. (2022): A novel multiplex PCR assay to detect and distinguish between different types of *Paenibacillus* larvae and *Melissococcus plutonius*, and a survey of foulbrood pathogen contamination in Japanese honey. *Journal of Veterinary Medical Science*, 84(3), 390–399. Dostupné z: <https://doi.org/10.1292/jvms.21-0629>

Okumura, K., Takamatsu, D., Okura, M. (2019): Complete genome sequences of two *Melissococcus plutonius* strains with different virulence profiles, obtained by PacBio sequencing. *Microbiology Resource Announcements*, 8(21), 10–1128. Dostupné z: <https://doi.org/10.1128/mra.00038-19>

Ory, F., Dainat, B., Würigler, O., Wenger, F., Roetschi, A., Braillard, L., Charriere, J. D. Dietemann, V. (2025): Ecology and pathogenicity for honey bee brood of recently described *Paenibacillus melissococcoides* and comparison with *Paenibacillus dendritiformis*, *Paenibacillus thiaminolyticus*. *Environmental microbiology reports*, 17(3), e70089. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1758-2229.70089>

Sebastian Jose, M., Bezerra da Silva, M. C., Obshta, O., Masood, F., Thebeau, J. M., Biganski, S., Raza, M.F., Camill, M.P., Prieto E.E.T, Edirithilake, T., Kozii I, Moshynskyy I., Simko, E., Wood, S. C. (2025): Antimicrobial control and temporal dynamics of *M. plutonius* colonization in adult worker honey bees (*Apis mellifera*). *PLoS One*, 20(5), e0322770. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0322770>

Štátna veterinárna a potravinová správa Slovenskej republiky (ŠVPS SR). (2024): *Národný program eradikácie moru a hniloby včelieho plodu na roky 2024-2025*. Dostupné z: <https://vcelari.sk/wp-content/uploads/2024/03/Narodny-eradikacny-program-na-MVP-a-HVP-2024-2025.pdf>

Kontaktní adresa: doc. MVDr. Matej Pospiech, Ph.D., Ústav hygieny a technologie potravín rastlinného pôvodu, Veterinárni univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, e-mail: mpospiech@vfu.cz

VÝVOJ FERMENTOVANÉHO NÁPOJE NA BÁZI OVSA: VLIV TYPU SLADIDLA A KONCENTRACE KARBOXYMETYLCELULÓZY NA FUNKČNÍ VLASTNOSTI

THE DEVELOPMENT OF A FERMENTED OAT-BASED BEVERAGE: EFFECT OF SWEETENER TYPE AND CARBOXYMETHYLCELLULOSE CONCENTRATION ON FUNCTIONAL PROPERTIES

Eliška Raputová¹ – Lucie Smejkalová¹ – Tadeáš Kočí¹ – Anita Rejdlová¹

Jana Šenkýřová¹ – Richardos Nikolaos Salek¹

¹ Ústav technologie potravin, Technologická fakulta,

Univerzita Tomáše Bati, nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0323>



ABSTRAKT

Práce se zaměřuje na vývoj fermentovaného nápoje na bázi ovsa a hodnocení vlivu typu sladidla (čekankový sirup, sacharóza) a koncentrace karboxymethylcelulózy (CMC) na jeho funkční vlastnosti. Cílem práce bylo navrhnout inovativní rostlinný fermentovaný nápoj s přidanou nutriční hodnotou, který by představoval alternativu k fermentovaným mléčným výrobkům. Fermentace probíhala za kontrolovaných podmínek pomocí jogurtové startovací kultury. Vzorky byly hodnoceny z hlediska fyzikálně-chemických, reologických, mikrobiologických a organoleptických vlastností v průběhu skladování. Výsledky prokázaly, že koncentrace CMC měla zásadní vliv na reologické vlastnosti nápoje, zatímco typ sladidla ovlivňoval především senzorickou přijatelnost a barevné vlastnosti výrobku. Všechny varianty vykazovaly odpovídající mikrobiologickou kvalitu a životaschopnost bakterií mléčného kvašení. Nejlépe hodnocenou variantou byl vzorek slazený čekankovým sirupem s přídavkem 0,25 % (w/v) CMC. Studie potvrzuje potenciál fermentovaného ovesného nápoje jako perspektivní funkční potraviny a vytváří základ pro další výzkum a vývoj moderních fermentovaných rostlinných alternativ mléka.

Klíčová slova: fermentovaný nápoj na bázi ovsa, rostlinné alternativy mléka, CMC, fyzikálně-chemická analýza

ABSTRACT

This study focuses on the development of a fermented oat-based beverage and the evaluation of the effects of sweetener type (chicory syrup, sucrose) and carboxymethylcellulose (CMC) concentration on its functional properties. The aim of the study was to design an innovative plant-based fermented beverage with added nutritional value that could serve as an alternative to fermented dairy products. Fermentation was realized under controlled conditions using the yogurt starter culture. The samples were evaluated for physicochemical, rheological, microbiological, and sensory properties during storage. The results demonstrated that CMC concentration had a significant impact on the rheological properties of the beverage, while the type of sweetener primarily influenced sensory acceptability and colour characteristics. All variants exhibited satisfactory microbiological quality and adequate viability of lactic acid bacteria. The highest-rated variant was the sample sweetened with chicory syrup and with 0.25% (w/v) CMC addition. The study confirmed the potential of fermented oat-based beverages as a promising functional food and provides a foundation for further research and development of modern fermented plant-based milk alternatives.

Keywords: fermented oat beverage, carboxymethylcellulose, sweeteners, physicochemical properties

ÚVOD

Rostoucí zájem o fermentované potraviny v posledních letech vedl k širšímu využívání rostlinných surovin, zejména obilovin a luštěnin, při výrobě veganských fermentovaných potravin reagujících na poptávku po přírodních a „clean label“ alternativách (Goksen et al., 2023). Většina rostlinných alternativ mléka je ale z hlediska živin nedostatečná ve srovnání s živočišným mlékem (Clegg et al., 2021). Fermentace se jeví jako vhodný proces ke zvýšení nutriční hodnoty a organoleptických vlastností, ale také k mikrobiální bezpečnosti rostlinných nápojů. Bylo prokázáno, že fermentace pomocí bakterií mléčného kvašení (BMK) zvyšuje dostupnost živin v rostlinných alternativách mléčných výrobků (Gan et al., 2023), prodlužuje trvanlivost produktu, snižuje inhibiční účinek antinutričních látek, eliminuje nežádoucí chuť (Alcorta et al., 2021; Samtiya et al., 2021) a snižuje alergenitu rostlinných bílkovin (Rahim et al., 2023).

Popularita rostlinných alternativ mléka roste z důvodu výskytu alergií a intolerancí i zájmu o jejich potenciální zdravotní benefity. Mezi rostlinné alternativy mléka patří například kokosové, mandlové nebo sójové nápoje, nicméně zvyšující se výskyt alergie na ořechy a sóju zvyšuje zájem o oves, jako vhodné suroviny pro výrobu (McCarron et al., 2024; Wang et al., 2025; Costa-Catala et al., 2025). Oves setý (*Avena sativa*) je obilovina s vysokým nutričním a funkčním potenciálem, která je však v potravinářství dosud méně využívána. Oves je bohatým zdrojem β -glukanů a avenanthramidů, bioaktivních látek s prokázanými hypocholesterolemickými, protizánětlivými a imunomodulačními účinky. Fermentace ovesného nápoje pomocí jogurtových kultur představuje perspektivní technologický přístup, který může zlepšit jeho fyzikálně-chemické, mikrobiologické a organoleptické vlastnosti a zároveň zvýšit nutriční hodnotu produktu (Benmeziiane a Belleili, 2023).

V rostlinných fermentovaných nápojích bývá sacharóza často používána jako chuťová složka a fermentovatelný substrát, avšak stále častěji se hledají možnosti její částečné nebo úplné náhrady alternativními sladidly s vyšší přidanou hodnotou (Tangyu et al., 2019). Jedním z takových sladidel je inulin, rozpustná vláknina, která se hojně vyskytuje v různých rostlinách (slunečnice, topinambur, kořen čekanky) jako zásobní polysacharid. Inulin působí jako prebiotikum, podporuje růst prospěšných střevních bakterií a vykazuje nízký glykemický index (Qin et al., 2023; Melilli, Buzzanca a Stefano, 2024; Fabiano et al., 2025).

Během fermentace dochází k poklesu pH, což může vést k tvorbě nesouvislého slabého gelu a následné fázové separaci (Ren et al., 2024). Pro dosažení vhodné konzistence a fyzikální stability mohou být do nápojů přidávány hydrokoloidy, které působí jako zahušťovadla, želírující látky či stabilizátory emulzí. Karboxymethylcelulóza (CMC) je jedním z nejdůležitějších a nejčastěji používaných hydrokoloidů (Pirsa a Hafezi, 2023). Využití CMC je nejen ekonomicky výhodné, ale vyznačuje se i řadou příznivých vlastností, mezi které řadíme bezbarvost, absenci zápachu, nízkou kalorickou hodnotu a stabilitu v kyselých podmínkách (Ren et al., 2024).

Cílem této práce bylo vyvinout nový typ fermentovaného nápoje na bázi ovsa jako potenciální rostlinnou alternativu fermentovaných mléčných výrobků a systematicky posoudit vliv přídavku CMC ve dvou různých koncentracích na jeho strukturu. Současně byla hodnocena možnost částečné nebo úplné náhrady sacharózy čekankovým sirupem, případně jejich kombinace, z hlediska průběhu fermentace a výsledných fyzikálně-chemických, mikrobiologických a organoleptických vlastností produktu.

MATERIÁL A METODIKA

Výroba modelových vzorků

Pro výrobu modelových vzorků fermentovaných nápojů byly využity ovesné vločky (Emco s.r.o., Praha, Česká republika), sacharóza (Cukrovar Vrbátky a.s., Vrbátky, Česká republika) čekankový sirup (KAUMY CZECHIA s.r.o., Podivín, Česká republika) a CMC (Sigma-Aldrich Inc., Saint Louis, USA). Jako startovací

kultura byl využit zakysaný celozrnný výrobek z klíčeného ovsa Ovsánek Natural (SEMIX PLUSO, s.r.o., Česká republika).

Fermentovaný nápoj byl připraven z ovesných vloček a pitné vody v poměru 1:10 (w/v). Směs byla rozmixována pomocí mixéru (ETA Dritto, ETA a.s., Praha, Česká republika) a přefiltrována. Následně byla směs podrobena tepelnému ošetření při teplotě 72 ± 1 °C po dobu 10 minut. Po ochlazení na inokulační teplotu 45 ± 1 °C bylo do směsi přidáno 5 % (w/v) startovací kultury. Celkem byly vyrobeny dvě sady vzorků lišící se koncentrací CMC (0,25 a 0,50 % (w/v)). Každá sada zahrnovala tři vzorky s odlišným přidavkem sladidla. Vzorek A obsahoval 18 % (w/v) čekankového sirupu, vzorek B kombinaci 9 % (w/v) čekankového sirupu a 4,5 % (w/v) sacharózy a vzorek C 9 % (w/v) sacharózy. Vzorky byly označeny kombinací písmene (typ sladidla) a čísla (koncentrace CMC). Vzorky A_0,25, B_0,25 a C_0,25 obsahovaly 0,25 % (w/v) CMC, zatímco vzorky A_0,50, B_0,50 a C_0,50 obsahovaly 0,50 % (w/v). Fermentace probíhala při teplotě 43 ± 1 °C po dobu 3 hodin. Následně byly vzorky skladovány při chladírenské teplotě 4 ± 1 °C. Analýzy byly provedeny v čase 0, 24 a 168 hodin.

Fyzikálně-chemická analýza

Fyzikálně-chemická analýza zahrnovala stanovení pH, obsahu refraktometrické sušiny (RS, °Bx) a instrumentální analýzu barvy. Stanovení pH bylo provedeno pomocí vpichového pH metru HI 99161 (Edge; Hanna Instruments Czech s.r.o., Praha, Česká republika). Pro stanovení RS byl využit digitální refraktometr Kern ORF 45BE (Kern and Sohn GmbH, Německo). Analýza barvy byla provedena pomocí kolorimetru HunterLab UltraScan Pro (Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, VA, USA) podle studie Rejdllová et al. (2024). Fyzikálně-chemické analýzy byly provedeny vždy třikrát ($n = 3$).

Reologická analýza

Během reologické analýzy byla sledována závislost smykového napětí na zvyšujícím se gradientu smykové rychlosti. Reologické vlastnosti modelových vzorků byly stanoveny pomocí reometru HAAKE RheoStress 1 (Thermo Fisher Scientific, USA) s využitím geometrie válec-válec a štěrbinou 2,1 mm při teplotě 20 ± 1 °C. Dávkovaný objem vzorku byl 1 ml temperovaného na teplotu 20 ± 1 °C. Modelové vzorky byly měřeny v rozsahu smykové rychlosti 0–200 s⁻¹. Pro popis tokových křivek byl použit Power Law model, definován vztahem:

$$\tau = K\dot{\gamma}^n \quad (1)$$

kde: τ smykové napětí; K součinitel konzistence; $\dot{\gamma}$ smyková rychlost; n index tokového chování.

Mikrobiologická analýza

Pro mikrobiologickou analýzu bylo asepticky odebráno 10 ml vzorku a homogenizováno v 90 ml sterilního fyziologického roztoku. Byla připravena řada desetinných ředění a vybraná ředění byla podrobena mikrobiologickému rozboru. Celkový počet mikroorganismů (CPM) byl stanoven metodou roztěru na Plate Count agaru (PCA) po aerobní kultivaci. Přítomnost BMK, resp. *Lactobacillus* spp., byla hodnocena metodou roztěru na agaru De Man–Rogosa–Sharpe (MRS) za anaerobních podmínek. Počet kvasinek a plísní byl stanoven metodou roztěru na Sabouraudově agaru (SAB) za aerobních podmínek. Přítomnost koliformních bakterií byla stanovena metodou přelivu na Violet Red Bile agar (VRBA) za aerobních kultivačních podmínek. Kultivace probíhala při teplotě 30 ± 1 °C, s výjimkou stanovení kvasinek a plísní, které bylo provedeno při teplotě 25 ± 1 °C, po dobu 72 hodin.

Senzorická analýza

V rámci senzorické analýzy byly hodnoceny organoleptické vlastnosti jako vzhled a barva, chuť, aroma, textura pomocí 5-bodové hédonické stupnice (1–výnikající, 5–nepříjemné). Celkový dojem byl hodnocen pomocí samostatné 5-bodové hédonické stupnice (1–mimořádně dobrý, 5–mimořádně špatný). Současně byla

provedena pořadová zkouška modelových vzorků (1–nejlepší, 6–nejhorší). Senzorického hodnocení se zúčastnilo 12 hodnotitelů (6 žen, 6 mužů). Vzorky byly předkládány v náhodném pořadí ve skleněných nádobách o objemu 50 ml, označených třímístným kódem.

Statistická analýza

Fyzikálně-chemické a reologické vlastnosti byly vyhodnoceny jednofaktorovou analýzou rozptylu (ANOVA) s následným Tukeyho post-hoc testem. Výsledky jsou uvedeny jako průměr $\pm$ směrodatná odchylka. Organoleptické vlastnosti byly ověřeny Kruskal-Wallisovým a Wilcoxonovým testem. Hladina významnosti byla stanovena na $\alpha = 0,05$. Statistické zpracování bylo provedeno v softwaru Minitab® 16 (Minitab®, Ltd., UK).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Fyzikálně-chemická analýza

Výsledky základní fyzikálně-chemické analýzy a barevného spektra jsou uvedeny v tabulce 1. Mezi jednotlivými vzorky byly pozorovány na počátku fermentace statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$). V průběhu fermentace došlo k poklesu pH u všech modelových vzorků, kdy konečná hodnota pH se pohybovala v rozmezí 4,36–4,51. Vzorky fermentovaného ovesného nápoje ve studii Zarour et al. (2026) vykazovaly nižší hodnoty pH po 24 hodinách ($\text{pH} = 3,81$).

Hodnoty RS klesaly v průběhu fermentace. Mezi jednotlivými modelovými vzorky byl pozorován statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$). Naměřené hodnoty v čase 0 se pohybovaly v rozmezí 8,6–11,5 °Bx. Nejvyšší hodnoty RS byly po celou dobu experimentu zaznamenány u vzorku obsahující čekankový sirup (A_0,25 a A_0,50), zatímco vzorky se sacharózou (C_0,25 a C_0,50) vykazovaly nejnižší obsah RS. Nejvýraznější pokles RS nastal mezi časy 0 a 24 hodin, po kterém již nebyl pokles výrazný, což by mohlo značit zpomalení procesu fermentace po 24 hodinách, kdy došlo k vyčerpání dostupných fermentovaných látek. Stejný poznatek uvádí i studie Baygut et al. (2023), kde analýza průběhu fermentace poukazuje na nelineární rychlost fermentace. Výsledná hodnota RS se pohybovala v rozmezí 7,1–9,7 °Bx.

V kolorimetrické analýze bylo zjištěno, že u vzorků slazených sacharózou (C_0,25 a C_0,50) byla hodnota L^* vyšší v porovnání s těmi slazenými čekankovým sirupem (A_0,25 a A_0,50). V čase se hodnota L^* u všech modelových vzorků zvyšovala, tedy vzorky v čase světlaly. Stejnými výsledky disponovala i studie Kokwar, Arya a Bhat (2022), kde sledovali, mimo jiné, i vliv přídavku inulinu na vzorky funkčního multizrnného probiotického nápoje. Vzorek s inulinem měl zde také nižší hodnotu L^* , což znamená, že byl tmavší než kontrolní vzorek bez přídavku inulinu. To značí jeho pravděpodobný vliv přídavku inulinu na výslednou barvu produktu. U vzorků s čekankovým sirupem (A_0,25 a A_0,50) nabývaly parametry a^* i b^* spíše kladných hodnot, proto lze barvu modelových vzorků popsat jako žlutou s červeným odstínem (viz hodnoty parametrů h a C^* – tab. 1). U vzorků slazených pouze sacharózou (C_0,25 a C_0,50) nabývaly hodnoty parametru a^* záporných hodnot, naopak tomu bylo u hodnot parametru b^* , které se pohybovaly v kladných číslech. Z tohoto poznatku lze vyvodit, že dané vzorky disponovaly spíše zelenou barvou se žlutým odstínem (viz hodnoty parametrů h a C^* – tab. 1).

Tabulka 1: Výsledky fyzikálně-chemické a kolorimetrické analýzy

vzorek	čas [hod]	pH	RS [°Bx]	L*	a*	b*	h [°]	C*
A_0,25	0	6,28 ± 0,01 ^a	10,7 ± 0,1 ^a	64,42 ± 0,02 ^a	-0,02 ± 0,01 ^a	13,23 ± 0,01 ^a	90,09 ± 0,01 ^a	13,22 ± 0,09 ^a
B_0,25		6,45 ± 0,02 ^b	9,6 ± 0,2 ^b	65,83 ± 0,07 ^b	-0,13 ± 0,01 ^b	12,59 ± 0,01 ^b	90,58 ± 0,02 ^b	12,59 ± 0,18 ^b
C_0,25		6,48 ± 0,01 ^b	8,6 ± 0,1 ^c	66,93 ± 0,03 ^c	-0,32 ± 0,01 ^c	11,35 ± 0,03 ^c	91,63 ± 0,02 ^c	11,35 ± 0,02 ^c
A_0,50		6,14 ± 0,01 ^c	11,5 ± 0,3 ^d	65,37 ± 0,05 ^b	0,10 ± 0,02 ^d	13,36 ± 0,02 ^d	89,59 ± 0,02 ^d	13,36 ± 0,08 ^d
B_0,50		6,49 ± 0,03 ^b	10,6 ± 0,2 ^a	66,20 ± 0,03 ^d	-0,03 ± 0,01 ^a	12,60 ± 0,03 ^b	90,15 ± 0,01 ^e	12,60 ± 0,08 ^b
C_0,50		6,47 ± 0,01 ^b	9,4 ± 0,1 ^b	67,42 ± 0,02 ^e	-0,23 ± 0,03 ^e	11,59 ± 0,01 ^e	91,14 ± 0,02 ^f	11,59 ± 0,02 ^e
A_0,25	24	5,87 ± 0,02 ^e	9,5 ± 0,1 ^b	65,06 ± 0,04 ^f	0,14 ± 0,01 ^d	13,48 ± 0,02 ^f	89,39 ± 0,03 ^g	13,48 ± 0,03 ^f
B_0,25		5,87 ± 0,01 ^e	8,3 ± 0,2 ^c	66,26 ± 0,10 ^d	-0,10 ± 0,03 ^b	12,53 ± 0,02 ^g	90,44 ± 0,01 ^h	12,53 ± 0,07 ^g
C_0,25		5,84 ± 0,01 ^e	7,2 ± 0,3 ^e	67,38 ± 0,02 ^e	-0,32 ± 0,02 ^c	11,58 ± 0,03 ^h	91,58 ± 0,02 ⁱ	11,58 ± 0,05 ^e
A_0,50		5,93 ± 0,02 ^f	10,2 ± 0,2 ^a	65,86 ± 0,06 ^b	0,15 ± 0,01 ^d	13,20 ± 0,01 ⁱ	89,35 ± 0,01 ^j	13,20 ± 0,12 ^h
B_0,50		6,06 ± 0,01 ^g	9,0 ± 0,2 ^b	66,46 ± 0,01 ^f	-0,10 ± 0,01 ^b	12,46 ± 0,02 ^j	90,48 ± 0,04 ^k	12,46 ± 0,27 ⁱ
C_0,50		5,84 ± 0,01 ^e	7,8 ± 0,3 ^e	67,14 ± 0,02 ^h	-0,13 ± 0,02 ^b	11,54 ± 0,05 ^e	90,66 ± 0,01 ^l	11,54 ± 0,10 ^j
A_0,25	168	4,37 ± 0,01 ^h	9,0 ± 0,2 ^b	66,80 ± 0,03 ^g	0,25 ± 0,01 ^f	13,65 ± 0,04 ^k	88,96 ± 0,03 ^m	13,65 ± 0,03 ^k
B_0,25		4,36 ± 0,02 ^h	7,8 ± 0,1 ^e	68,15 ± 0,06 ^j	0,09 ± 0,01 ^d	12,72 ± 0,03 ^l	89,61 ± 0,02 ⁿ	12,72 ± 0,24 ^l
C_0,25		4,41 ± 0,01 ⁱ	6,7 ± 0,1 ^f	69,10 ± 0,05 ^k	-0,12 ± 0,03 ^b	11,63 ± 0,01 ^m	90,60 ± 0,04 ^o	11,63 ± 0,13 ^m
A_0,50		4,42 ± 0,02 ⁱ	9,7 ± 0,2 ^b	66,88 ± 0,03 ^g	0,28 ± 0,02 ^f	13,79 ± 0,02 ⁿ	88,82 ± 0,01 ^p	13,80 ± 0,02 ⁿ
B_0,50		4,51 ± 0,03 ^j	8,6 ± 0,2 ^c	68,27 ± 0,02 ^l	0,03 ± 0,02 ^g	12,66 ± 0,01 ^o	89,85 ± 0,01 ^q	12,66 ± 0,02 ^o
C_0,50		4,51 ± 0,01 ^j	7,1 ± 0,1 ^e	68,39 ± 0,04 ^m	-0,09 ± 0,01 ^b	11,73 ± 0,04 ^p	90,46 ± 0,02 ^r	11,73 ± 0,04 ^p

Legenda: Výsledky jsou uváděny jako průměr ± směrodatná odchylka. Průměry ve sloupci následované různými horními indexy se statisticky liší ($p < 0,05$).

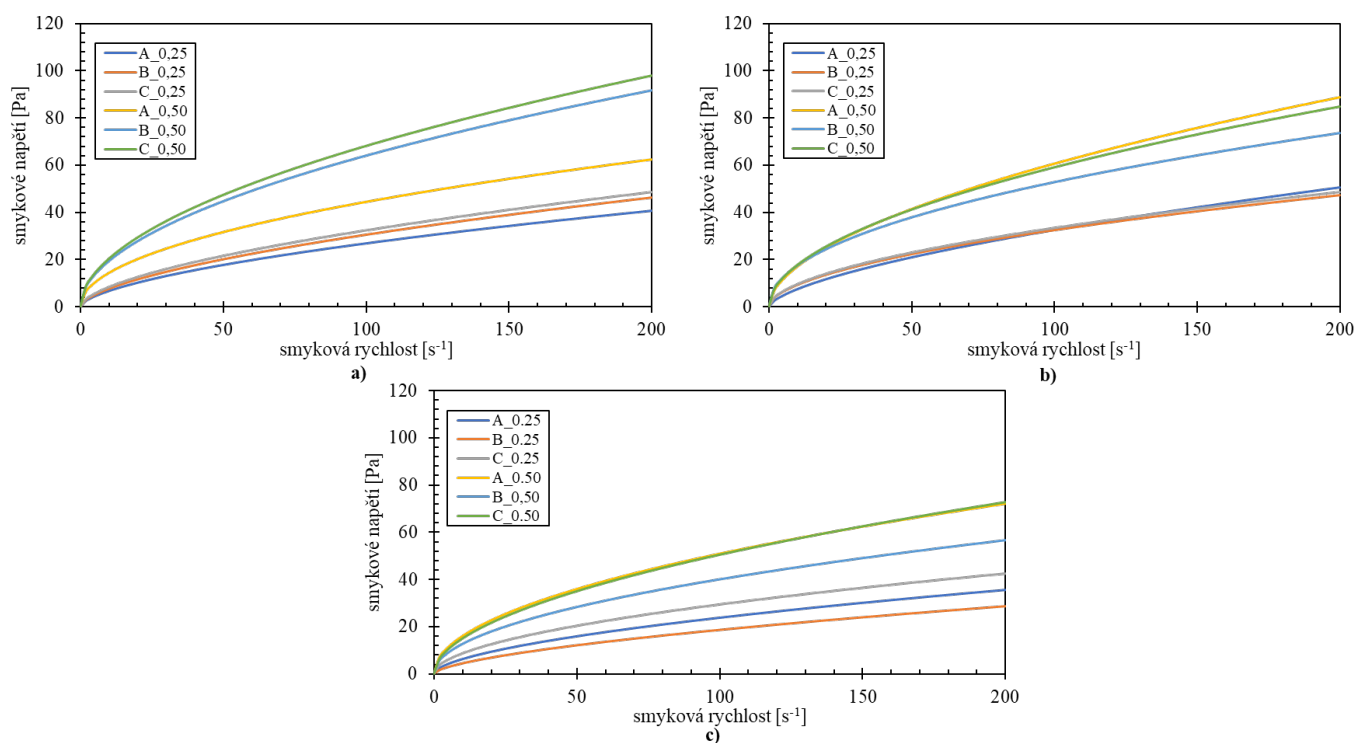
A_0,25 – čekankový sirup, 0,25 % (w/v) CMC; B_0,25 – čekankový sirup + sacharóza, 0,25 % (w/v) CMC; C_0,25 – sacharóza, 0,25 % (w/v) CMC; A_0,50 – čekankový sirup, 0,50 % (w/v) CMC; B_0,50 – čekankový sirup + sacharóza, 0,50 % (w/v) CMC; C_0,50 – sacharóza, 0,50 % (w/v) CMC

Reologická analýza

Pro vyhodnocení byl použit Power Law model, který je pravděpodobně nejčastěji používaným modelem pro newtonovské kapaliny a je široce využíván k popisu tokových vlastností kapalin (Deswal, Deora a Mishra, 2014). Na základě hodnot tokového indexu n lze říci, že všechny vzorky vykazovaly pseudoplastické chování, a tedy se jednalo o newtonovské kapaliny, neboť u všech vzorků byla zjištěna hodnota $n < 1$. Ke stejnému závěru pro ovesné nápoje dospěly i studie Deswal, Deora a Mishra (2014), Yao et al. (2022), McCarron et al. (2024).

Hodnoty konzistenčního indexu K se u vzorků pohybovaly v rozmezí $1,0686\text{--}6,1503 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$ v závislosti na sledovaných faktorech ($p < 0,05$). Naměřené hodnoty K byly značně vyšší než hodnoty ze studie Deswal, Deora a Mishra (2014), které se pohybovaly mezi $0,107 \pm 0,09\text{--}0,110 \pm 0,40 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$. Oproti tomu ve studii Yao et al. (2022) byla hodnota K u ovesného nápoje $0,155 \pm 0,51 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$, tedy výrazně nižší.

Na viskozitu měla vliv především koncentrace CMC ($p < 0,05$), kdy vzorky s 0,50 % (w/v) přídavkem byly viskóznější než vzorky s 0,25 % (w/v) přídavkem CMC ve všech daných měřeních. Současně měl na výslednou viskozitu vliv i typ použitého sladidla ($p < 0,05$). Obecně lze říci, že vzorky obsahující čekankový sirup (A_0,25 a A_0,50) vykazovaly nižší viskozitu, kdežto vzorky se sacharózou (C_0,25 a C_0,50) vykazovaly vždy v dané sadě vzorků vyšší viskozitu – tento trend je možné pozorovat především v čase 0 h, tedy před fermentací (obr. 1). V průběhu fermentace došlo u většiny vzorků k nárůstu viskozity mezi 0 h a 24 h, při další fermentaci viskozita povětšinou klesla nebo se ustálila.



Obrázek 1: Tokové křivky Power-Law modelu pro a) čas 0 h; b) čas 24 h; c) čas 168 h

Legenda: A_0,25 – čekankový sirup, 0,25 % (w/v) CMC; B_0,25 – čekankový sirup + sacharóza, 0,25 % (w/v) CMC; C_0,25 – sacharóza, 0,25 % (w/v) CMC; A_0,50 – čekankový sirup, 0,50 % (w/v) CMC; B_0,50 – čekankový sirup + sacharóza, 0,50 % (w/v) CMC; C_0,50 – sacharóza, 0,50 % (w/v) CMC

Mikrobiologická analýza

Výsledky mikrobiologické analýzy fermentovaných nápojů na bázi ovsa (tab. 2) ukazují vysokou stupeň hygieny výrobního procesu a životaschopnost sledované mikrobioty. V žádném z připravených nápojů nebyly

detekovány jak koliformní bakterie, kvasinky, ani přítomnost plísní. Stejně výsledky byly publikovány i ve studii Marchwińska et al. (2023), ve které se taktéž, zaměřili na sledování mikrobiologické kvality fermentovaných ovesných nápojů, a ve které dále potvrzují pozitivní nárůst bakterií mléčného kvašení po ukončení fermentace. Výrobce produktu Ovsánek Natural (byl použitý jako startovací kultura) uvádí, že se v produktu vyskytuje jogurtová kultura tvořena *Bifidobacterium animalis subsp. lactis*, *Lbc. acidophilus*, *Lbc. delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lbc. paracasei*, *Str. thermophilus* a *Lbc. rhamnosus* a to v množství alespoň 10^6 v 1 g výrobku. V našem experimentu bylo dosaženo stejného nebo o řád vyššího množství BMK, a proto lze konstatovat, že daný výrobek obsahuje zrající kulturu a lze jej označit za zakysaný výrobek.

Při porovnání množství BMK u vzorků s různou koncentrací CMC lze říci, že obecně nižších počtů BMK bylo dosaženo ve vzorcích s 0,25 % (w/v) přídavkem CMC. Naopak u vzorků s přídavkem 0,50 % (w/v) CMC byl pozorován vyšší nárůst populace BMK. Ke stejnému závěru směřovala i studie Kil, Kim a Chang (2025), ve které byl zkoumán přídavek CMC na fermentaci sójového kysaného produktu společně s extraktem kvasnic. V této studii bylo rovněž zjištěno, že 0,3–0,7% (w/w) přídavek CMC spolu s kvasničným extraktem vede k vyššímu růstu BMK, čímž byly potvrzeny i lepší mikrobiální fermentační vlastnosti.

Hodnoty celkového počtu mikroorganismů se pohybují v rozmezí $9,60 \times 10^6$ – $1,43 \times 10^7$ CFU·ml⁻¹.

Tabulka 2: Výsledky mikrobiologické analýzy fermentovaných nápojů na bázi ovsa

Vzorek	CPM [JTK·ml ⁻¹]	BMK [JTK·ml ⁻¹]	koliformní b. [JTK·ml ⁻¹]	kvasinky a plísně [JTK·ml ⁻¹]
A_0,25	$1,43 \cdot 10^7$	$1,00 \cdot 10^7$	-	-
B_0,25	$6,80 \cdot 10^6$	$0,78 \cdot 10^6$	-	-
C_0,25	$1,80 \cdot 10^7$	$0,64 \cdot 10^6$	-	-
A_0,50	$1,26 \cdot 10^7$	$1,08 \cdot 10^7$	-	-
B_0,50	$9,60 \cdot 10^6$	$1,12 \cdot 10^7$	-	-
C_0,50	$1,76 \cdot 10^7$	$2,00 \cdot 10^7$	-	-

Legenda: A_0,25 – čekankový sirup, 0,25 % (w/v) CMC; B_0,25 – čekankový sirup + sacharóza, 0,25 % (w/v) CMC; C_0,25 – sacharóza, 0,25 % (w/v) CMC; A_0,50 – čekankový sirup, 0,50 % (w/v) CMC; B_0,50 – čekankový sirup + sacharóza, 0,50 % (w/v) CMC; C_0,50 – sacharóza, 0,50 % (w/v) CMC, JTK-jednotky tvořící kolonie

Senzorická analýza

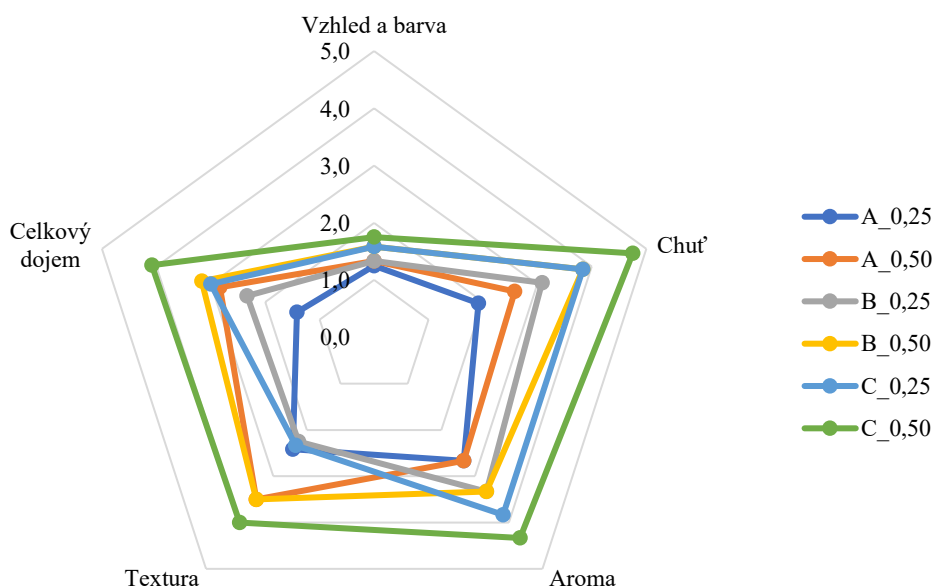
Senzorická analýza byla provedena s cílem posoudit vliv typu sladidla a koncentrace CMC na celkovou senzorickou kvalitu hodnocených vzorků. Hodnocení probíhalo formou pořadové (preferenční) a stupnicové zkoušky, které umožnily jak vzájemné porovnání vzorků, tak detailní posouzení jednotlivých senzorických vlastností.

Ve studii Yao et al. (2022) bylo zjištěno, že ovesný nápoj v neochucené podobě vykazuje nižší senzorickou přijatelnost ve srovnání s ostatními hodnocenými rostlinnými nápoji. Negativní hodnocení bylo spojeno zejména s nevhodným aroma, chutí a vyšší viskozitou. Výsledky naznačují potřebu technologických úprav ke zlepšení spotřebitelské akceptace. Proto bylo v našem experimentu využito různých sladidel pro zlepšení celkové přijatelnosti hodnotiteli.

Výsledky pořadové (preferenční) senzorické zkoušky ukázaly jednoznačný vliv jak typu sladidla, tak koncentrace CMC na celkový dojem hodnocených vzorků. Nejlépe byl hodnocen vzorek A_0,25, který respondenti označili jako senzoricky nejvyváženější. Na druhém místě se umístil vzorek B_0,25, což naznačuje, že přítomnost čekankového sirupu pozitivně ovlivňuje přijatelnost produktu. Obecně byly vzorky s 0,25 % (w/v) CMC, hodnoceny příznivěji než vzorky s 0,50 % (w/v) CMC, u nichž docházelo

ke zhoršení celkového dojmu. Nejnižší preference byla zaznamenána u vzorků slazených pouze sacharózou, zejména při vyšší koncentraci stabilizátoru (C_0,50), což poukazuje na negativní kombinaci jednoduchého sladidla a nadměrného množství stabilizační složky.

Stupnicová senzorická zkouška (obr. 2) potvrdila závěry preferenčního hodnocení a umožnila detailnější pohled na jednotlivé organoleptické vlastnosti. Zatímco hodnocení vzhledu a barvy bylo mezi vzorky bez významných rozdílů ($p \geq 0,05$), výrazné rozdíly se projeví především v chuti, textuře a celkovém dojmu ($p < 0,05$). Vzorky obsahující čekankový sirup dosahovaly vyššího hodnocení chuti a aromatu. Přídavek 0,50 % (w/v) CMC měl negativní vliv zejména na texturu. Nejvyšší celkové hodnocení tak opět získaly vzorky s nižším obsahem CMC v kombinaci s čekankovým sirupem, což potvrzuje jejich senzorickou výhodnost.



Obrázek 2: Pavučinový graf senzoričkého hodnocení fermentovaných nápojů na bázi ovsa

Legenda: A_0,25 – čekankový sirup, 0,25 % (w/v) CMC; B_0,25 – čekankový sirup + sacharóza, 0,25 % (w/v) CMC; C_0,25 – sacharóza, 0,25 % (w/v) CMC; A_0,50 – čekankový sirup, 0,50 % (w/v) CMC; B_0,50 – čekankový sirup + sacharóza, 0,50 % (w/v) CMC; C_0,50 – sacharóza, 0,50 % (w/v) CMC

ZÁVĚR

Výsledky práce prokázaly, že složení fermentovaného ovesného nápoje významně ovlivňuje jeho kvalitu. Koncentrace CMC se ukázala jako rozhodující faktor pro reologické vlastnosti, přičemž vyšší obsah CMC vedl ke zvýšení viskozity a ke zlepšení strukturální stability, avšak ve všech případech ke snížení senzorické přijatelnosti. Typ použitého sladidla ovlivňoval zejména organoleptické vlastnosti, barevné parametry a celkovou akceptovatelnost výrobku, přičemž vzorky slazené čekankovým sirupem dosahovaly příznivějších senzorických hodnocení.

Fermentace probíhala u všech hodnocených variant správně a vedla k dosažení odpovídající mikrobiologické kvality i dostatečné životaschopnosti BMK v průběhu skladování. To potvrzuje vhodnost ovesného substrátu jako nosiče pro fermentaci jogurtovými kulturami a jeho potenciál pro vývoj rostlinných alternativ fermentovaných mléčných výrobků. Na základě komplexního hodnocení byla jako nejvhodnější stanovena formulace slazená čekankovým sirupem s nižší koncentrací CMC (A_0,25), která vykazovala vyvážený poměr mezi technologickými vlastnostmi, mikrobiologickou stabilitou a senzorickou přijatelností.

Práce potvrzuje potenciál fermentovaného ovesného nápoje jako funkční potraviny a poskytuje podklady pro další optimalizaci složení a technologických podmínek výroby fermentovaných rostlinných alternativ mléka.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce vznikla v rámci výuky předmětu Ročníkový projekt (v akademickém roce 2025/2026) ve studijním programu Technologie potravin na Fakultě technologické Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

LITERATURA

- Abd Rahim, M. H., Hazrin-Chong, N. H., Harith, H. H., Wan, W. A. A. Q. I., Sukor, R. (2023): Roles of fermented plant-, dairy-and meat-based foods in the modulation of allergic responses. *Food Science and Human Wellness*, 12(3), 691–701. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2022.09.002>
- Alcorta, A., Porta, A., Tárrega, A., Alvarez, M. D., Vaquero, M. P. (2021): Foods for plant-based diets: Challenges and innovations. *Foods*, 10(2), 293. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods10020293>
- Baygut, H., Cais-Sokolińska, D., Bielska, P., Teichert, J. (2023): Fermentation kinetics, microbiological and physical properties of fermented soy beverage with acai powder. *Fermentation*, 9(4), 324. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/fermentation9040324>
- Benmeziiane, F., Belleili, I. (2023): An innovative approach: Formulation and evaluation of fermented oat milk using native yoghurt cultures. *Measurement: Food*, 12, 100113. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.meafoo.2023.100113>
- Clegg, M. E., Ribes, A. T., Reynolds, R., Kliem, K., Stergiadis, S. (2021): A comparative assessment of the nutritional composition of dairy and plant-based dairy alternatives available for sale in the UK and the implications for consumers' dietary intakes. *Food Research International*, 148, 110586. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110586>
- Costa-Catala, J., Tabanelli, G., Díez-González, A., Latorre-Moratalla, M. L., Vidal-Carou, M. C., Comas-Basté, O. (2025): Managing bioactive amines in plant-based fermented products. *Food Control*, 111749. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2025.111749>
- Deswal, A., Deora, N. S., Mishra, H. N. (2014): Effect of concentration and temperature on the rheological properties of oat milk. *Food and Bioprocess Technology*, 7(8), 2451–2459. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1332-8>
- Fabiano, G. A., Oliveira, R. P. D. S., Rodrigues, S., Santos, B. N., Venema, K., Antunes, A. E. C. (2025): Evidence of synbiotic potential of oat beverage enriched with inulin and fermented by *L. rhamnosus* LR B in a dynamic in vitro model of human colon. *Food Research International*, 116489. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116489>
- Gan, J., Kong, X., Wang, K., Chen, Y., Du, M., Xu, B., Xu, J., Wang, Z., Cheng, Y., Yu, T. (2023): Effect of fermentation using different lactic acid bacteria strains on the nutrient components and mineral bioavailability of soybean yogurt alternative. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1198456. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1198456>
- Goksen, G., Altaf, Q. S., Farooq, S., Bashir, I., Capozzi, V., Guruk, M., Bavaro, S. L., Sarangi, P. K. (2023): A glimpse into plant-based fermented products alternative to animal based products: Formulation, processing, health benefits. *Food Research International*, 173, 113344. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113344>

- Kil, B. J., Kim, M., Chang, Y. H. (2025): Modulating structural and microbial fermentation properties of soy yogurt via carboxymethyl cellulose and yeast extract. *Food Bioscience*, 107378. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.107378>
- Kokwar, M. A., Arya, S. S., Bhat, M. S. (2022): A cereal-based nondairy probiotic functional beverage: An insight into the improvement in quality characteristics, sensory profile, and shelf-life. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(1), e16147. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jfpp.16147>
- Marchwińska, K., Gwiazdowska, D., Juś, K., Gluzińska, P., Gwiazdowska, J., Pawlak-Lemańska, K. (2023): Innovative functional lactic acid bacteria fermented oat beverages with the addition of fruit extracts and Lyophilisates. *Applied Sciences*, 13(23), 12707. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app132312707>
- McCarron, R., Methven, L., Grahl, S., Elliott, R., Lignou, S. (2024): Oat-based milk alternatives: the influence of physical and chemical properties on the sensory profile. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1345371. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1345371>
- Melilli, M. G., Buzzanca, C., Di Stefano, V. (2024): Quality characteristics of cereal-based foods enriched with different degree of polymerization inulin: A review. *Carbohydrate Polymers*, 332, 121918. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2024.121918>
- Pirsa, S., Hafezi, K. (2023): Hydrocolloids: Structure, preparation method, and application in food industry. *Food Chemistry*, 399, 133967. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133967>
- Qin, Y. Q., Wang, L. Y., Yang, X. Y., Xu, Y. J., Fan, G., Fan, Y. G., Ren, J. N., An, Q, Li, X. (2023): Inulin: Properties and health benefits. *Food and function*, 14(7), 2948–2968. Dostupné z: <https://doi.org/10.1039/d2fo01096h>
- Rejdlová, A., Vašina, M., Lorencová, E., Hružík, L., Salek, R. N. (2024): Assessment of different levels of blackcurrant juice and furcellaran on the quality of fermented whey-based beverages using rheological and mechanical vibration damping techniques. *Foods*, 13(12), 1855. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods13121855>
- Ren, W., Liang, H., Liu, S., Li, Y., Chen, Y., Li, B., Li, J. (2024): Formulations and assessments of structure, physical properties, and sensory attributes of soy yogurts: Effect of carboxymethyl cellulose content and degree of substitution. *International Journal of Biological Macromolecules*, 257, 128661. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.128661>
- Samtiya, M., Aluko, R. E., Puniya, A. K., Dhewa, T. (2021): Enhancing micronutrients bioavailability through fermentation of plant-based foods: A concise review. *Fermentation*, 7(2), 63. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/fermentation7020063>
- Tangyu, M., Muller, J., Bolten, C. J., Wittmann, C. (2019): Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. *Applied microbiology and biotechnology*, 103(23), 9263–9275. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9>
- Wang, X., Wang, L., Wei, X., Xu, C., Cavender, G., Lin, W., Sun, S. (2025): Invited review: Advances in yogurt development—Microbiological safety, quality, functionality, sensory evaluation, and consumer perceptions across different dairy and plant-based alternative sources. *Journal of Dairy Science*, 108(1), 33–58. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25322>

Yao, Y., He, W., Cai, X., Bekhit, A. E. -D. A., Xu, B. (2022): Sensory, physicochemical and rheological properties of plant-based milk alternatives made from soybean, peanut, adlay, adzuki bean, oat and buckwheat. *International Journal of Food Science and Technology*, 57(8), 4868–4878.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/ijfs.15814>

Zarour, K., Hernández-Alcántara, A. M., Bouacheria, F., Boufatah, L. Y., Rodríguez-Sánchez, L., López, P., Mohedano, M. L. (2026): Oat-based beverage biofortification with the novel riboflavin-overproducing and dextran-producing *Leuconostoc mesenteroides* B12-B2 strain. *International Journal of Food Microbiology*, 446, 111513. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2025.111513>

Kontaktní adresa: Ing. Anita Rejdlová, Ústav technologie potravin, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati, nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín, Česká republika, e-mail: a_rejdlova@utb.cz

MODERN NUTRITION-FOCUSED CATERING SERVICES AND THEIR EFFECT ON HUMAN HEALTH- A CASE STUDY OF CHANGES IN METABOLIC AND BODY COMPOSITION PARAMETERS AND MICROBIOTA RESPONSES

Agnieszka Rudzka¹ – Ondřej Patloka² – Magdalena Plecha^{3,4} – Marek Zborowski⁵

Tomasz Królikowski⁶ – Michał Oczkowski⁶ – Danuta Kołożyn-Krajewska^{1,7} – Dorota Zielińska⁷

¹ Department of Dietetics and Food Studies, Faculty of Science and Technology, Jan Długosz University in Częstochowa, Al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa, Poland

² Department of Food Technology, Faculty of AgriSciences, Mendel University in Brno, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic

³ Institute of Biochemistry and Biophysics, Polish Academy of Sciences, Pawińskiego 5a, 02-106 Warsaw, Poland

⁴ Institute of Evolutionary Biology, Faculty of Biology, Biological and Chemical Research Centre, University of Warsaw, Żwirki i Wigury 101, 02-089 Warsaw, Poland

⁵ The Faculty of Medicine and Health Sciences, University of Applied Sciences in Nowy Sącz, Kościuszki 2G, 33-300 Nowy Sącz, Poland

⁶ Department of Dietetics, Institute of Human Nutrition Sciences, Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW) Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warsaw, Poland

⁷ Department of Gastronomic Technology and Food Hygiene, Institute of Human Nutrition Sciences, Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW), Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warsaw, Poland

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0334>



ABSTRACT

The aim of this experimental work (a case study) was to compare dietary changes between a standard (routine) diet and modern personalized diet provided by nutrition catering service (experimental) diet including possible effects on body composition and specific metabolic parameters related to human health. The experimental diet had a positive effect on the metabolic parameters and body composition of the participating volunteer, while no appreciable changes were noted in her fecal microbiota composition. Further research is required to assess the utility of the dietary catering in prevention of obesity and metabolic diseases.

Keywords: food-catering services, human nutrition, dietary intake, metabolic health, fecal microbiota

INTRODUCTION

Nutrition-focused dietary catering services are companies that deliver nutritionally balanced meals to individuals. Such services, commonly referred to as dietary catering, are particularly popular in Poland (Dobiecka et al., 2025, Zborowski and Mikulec, 2022), with a rapid increase in the number of new companies during the COVID-19 pandemic (Bin Zarah et al., 2022). Since then, these services have broadened their offers to include a wide range of dietary options, from standard omnivorous to gluten- and lactose-free diets, as well as vegetarian and vegan choices (Maj, 2024). Menus are designed by dietitians or nutritionists, who ensure appropriate energy content and nutritional balance (Hussain, 2017). To date, only a limited number of studies have investigated the effects of such dietary services on human health (Pohořelá et al., 2022). Moreover, unhealthy dietary habits lead to overweight and obesity which are a global public health problem with current worldwide prevalence of (43% and 16 %, respectively) in adult population (WHO, 2025). Hence,

the aim of this study was to evaluate metabolic outcomes and gut microbiota responses to dietary catering intervention. It was hypothesized that the use of a nutritionally balanced catering may improve metabolic health while modulating the composition of gut microbiota in a positive way (Arshad et al., 2026).

MATERIALS AND METHODS

This contribution describes a case study of a healthy 39-year-old female who used a dietary catering service for 28 days, receiving a standard (experimental) diet and probiotic supplementation. The intake of selected macronutrients for routine (28 day daily dietary record before the experiment) and experimental diet was assessed within the study. Volunteer's metabolic parameters, as well as body composition, were assessed before the intervention and twice during the study period. Multiple faecal samples were collected for genomic DNA extraction used for microbiota analysis (16S rRNA V3–V4 region Next Generation Sequencing), and correlations between microbiota composition and nutrient intake were examined.

RESULTS

Overall, the dietary intervention (experimental diet) significantly increased protein and fiber intake, while also consumption of cholesterol and increased total energy intake ($p > 0,05$). However experimental diet resulted in favourable changes in body composition, including a reduction in fat mass (by 10 %) and an increase in lean body mass. Exceeded fiber intake (from average 14 g/day in routine diet to 38 g/day in provided experimental diet) had beneficial effects on blood lipid parameters, manifested by decreased triglycerides (by 27 %), total cholesterol and low-density lipoprotein levels by (15 % and 14 %, respectively). In addition, the probiotic supplementation seemed to decrease the fasting glucose status.

No substantial changes in overall microbiota composition were observed; however relative abundance of *Blautia* and Enterobacteriaceae decreased with the progress of the experiment. In contrast, faecal samples contained higher presence of beneficial genera such as *Bacteroides* and *Bifidobacterium*. Also, the abundance of several bacterial genera was correlated with the intake of specific nutrients, indicating a potential diet-microbiota interaction despite the overall structural stability. These findings highlight the potential of dietary catering as a practical strategy supporting metabolic health and disease prevention.

CONCLUSIONS

Modern possibilities and tools, such as nutrition-focused catering services providing nutritional balanced diet, may help to stabilize and improve the dietary habits of the human population and thus mitigate the tendency of increased civilization diseases and comorbidities associated with inadequate human nutrition. In this case study, we have confirmed that such an approach may indeed improve metabolic parameters in a healthy person within only 28 days. Nevertheless, larger studies that would allow us to quantify and assess the utility of dietary caterings in the prevention and treatment of obesity and related disorders are required. The educational value of these tools in terms of visualising optimal portion sizes and the composition of balanced nutrition may also be significant. Therefore, further studies in this area are warranted.

ACKNOWLEDGMENT

This experimental project and therefore part of this research was funded by the National Science Centre, Poland 2021/05/X/NZ4/01613. The authors of this contribution would like to thank the academic staff and students of the Warsaw Life Sciences University for support and guidance during the experimental work.

REFERENCES

- Arshad, M. T., Ali, M. K. M., Awlqadr, F. H., Maqsood, S., Ikram, A., Hossain, M. S., Abdullahi, M. A., Rashed, M. M. (2026): Mitigation of Metabolic Diseases Through Personalized Nutrition: A Critical In-Depth Review. *Food Science and Nutrition*, 14(1). Available at: <https://doi.org/10.1002/fsn3.71387>
- Bin Zarah, A., Schneider, S. T., Andrade, J. M. (2022): Association between Dietary Habits, Food Attitudes, and Food Security Status of US Adults since March 2020: A Cross-Sectional Online Study. *Nutrients*, 14(21), 4636. Available at: <https://doi.org/10.3390/nu14214636>
- Dobiecka, D. P., Markiewicz-Żukowska, R., Socha, K., Naliwajko, S. K. (2025): New Dietary Trends—Meal Kit Delivery Services as a Source of Nutrients: A Scoping Review. *Nutrients*, 17(7), 1154. Available at: <https://doi.org/10.3390/nu17071154>
- Hussain, Z. (2017): Role of Dietitian in a Food Service Industry. *Nutrition and Food Science International Journal*, 3(1). Available at: <https://doi.org/10.19080/nfsij.2017.03.555604>
- Maj, A. (2024): Diet as a challenge and a strategy: on the phenomenon of diet rationalisation in everyday life. *Acta Universitatis Lodzianae. Folia Sociologica*, (89), 57–70. Available at: <https://doi.org/10.18778/0208-600x.89.04>
- Pohořelá, B., Poláchová, A., Růžicková, M., Doležal, M., Pulkrábová, J., Pánek, J. (2022): Nutritional evaluation of the full-day diet. *Czech Journal of Food Sciences*, 40(2), 118–129. Available at: <https://doi.org/10.17221/273/2021-cjfs>
- Zborowski, M., Mikulec, A. (2022): Dietary Catering: The Perfect Solution for Rational Food Management in Households. *Sustainability*, 14(15), 9174. Available at: <https://doi.org/10.3390/su14159174>
- World Health Organization (WHO) Reports data (2025): Obesity and overweight status [online]. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Contact Information: Dr. Agnieszka Rudzka, Department of Dietetics and Food Studies, Faculty of Science and Technology, Jan Długosz University in Częstochowa, Al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa, Poland, e-mail: a.dudkiewicz@ujd.edu.pl*

**OBSAH ARZÉNU, KADMIA A OLOVA V SVALOVINE DANIELA ŠKVRNITÉHO
(DAMA DAMA) Z VYBRANÝCH LOKALÍT SLOVENSKA STANOVENÝ METÓDOU ICP-MS
CONTENT OF ARSENIC, CADMIUM AND LEAD IN FALLOW DEER (DAMA DAMA) MUSCLE
FROM SELECTED LOCATIONS IN SLOVAKIA DETERMINED BY ICP-MS**

Ladislav Staruch¹ – Ervín Ďurka¹ – Miroslav Jůzl²

**¹ Ústav potravinárstva a výživy, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie,
Slovenská technická univerzita v Bratislave, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovensko**

**² Ústav technológie potravín, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika**

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0337>



ABSTRAKT

Daniel škvrnitý (*Dama dama*) je významnou komoditou diviny a zároveň vhodným bioindikátorom environmentálnej záťaže. Cieľom príspevku bolo stanoviť obsah arzénu, kadmia a olova v svalovine daniela zo Slovenska metódou ICP-MS a rámcovo zhodnotiť výsledky z pohľadu potravinovej bezpečnosti. Vzorky svaloviny boli spracované mikrovlnnou mineralizáciou a analyzované ICP-MS pri použití štandardných prvkov kontroly kvality. Všetky sledované prvky boli zistené v nízkych koncentráciách a pri kadmiu a olove neboli zaznamenané prekročenia relevantných maximálnych limitov používaných na orientačné porovnanie pre mäso. Zistené údaje poukazujú na nízku úroveň kontaminácie sledovanými prvkami v analyzovaných vzorkách svaloviny daniela.

Kľúčové slová: daniel škvrnitý, divina, arzén, kadmium, olovo, ICP-MS, Slovensko

ABSTRACT

Fallow deer (*Dama dama*) is an important game meat commodity and a relevant bioindicator of environmental contamination. This study quantified arsenic, cadmium and lead in fallow deer muscle from Slovakia using ICP-MS and provided a preliminary food safety interpretation. Muscle samples were microwave-digested and analysed by ICP-MS with standard quality control procedures. All target elements were detected at low levels, and no exceedances were observed for cadmium and lead when compared against maximum levels commonly applied as a reference for meat. Overall, the results indicate a low contamination burden in the analysed fallow deer muscle samples.

Keywords: fallow deer, game meat, arsenic, cadmium, lead, ICP-MS, Slovakia

ÚVOD

Ťažké kovy a metaloidy (vrátane Cd, Pb a As) patria medzi významné potravinové kontaminanty vzhľadom na perzistenciu v prostredí, potenciál bioakumulácie a toxikologickú relevanciu (EFSA, 2009a; EFSA, 2009b; EFSA, 2010). Legislatívny rámec pre maximálne limity vybraných kontaminantov v potravinách je v EÚ ukotvený v nariadení Komisie (EÚ) 2023/915 (Commission Regulation (EU) 2023/915, 2023). Popri produktoch hospodárskych zvierat je potrebné sledovať aj divinu, ktorá sa vyznačuje vyššou variabilitou kontaminácie a v niektorých regiónoch má stabilné zastúpenie v spotrebe.

Daniel škvrnitý (*Dama dama*) môže slúžiť ako vhodný bioindikátor, keďže stopové prvky sa u jeleňovitej zveri distribučne líšia medzi tkanivami a ich hladiny môžu súvisieť s lokalitou, vekom a pohlavím (Wenting et al., 2024; van Beest et al., 2024). Z hľadiska potravinovej bezpečnosti je dôležité, že koncentrácie

neesenciálnych prvkov bývajú spravidla vyššie v akumulčných orgánoch (najmä obličky, pečeň) než v svalovine (Vengušt and Vengušt, 2004; Wenting et al., 2024). V dostupných prácach na danielovi boli toxické prvky vrátane As, Cd a Pb stanovované v rôznych tkanivách (napr. pečeň/obličky/svalovina) a poukazuje sa na vplyv lokality a environmentálnych podmienok (De Roma et al., 2018; Vukšić et al., 2018). Z regionálneho hľadiska je pre interpretáciu relevantná aj práca zo Slovenska zameraná na kadmium v orgánoch daniela a ďalších druhov zveri (Toman and Massányi, 1996).

Osobitnú pozornosť si zasluhuje olovo (Pb), keďže v divine môže byť prítomné nielen v dôsledku environmentálnej expozície, ale aj vplyvom fragmentácie oloveného streliva, ktorá môže spôsobiť heterogénnu distribúciu Pb v tkanive a lokálne extrémny (Taggart et al., 2011; Gerofke et al., 2018). Spracovanie a kulinárska úprava môžu ovplyvňovať biopristupnosť Pb z fragmentov streliva v tráviacom prostredí (Mateo et al., 2011). Z hľadiska spotrebiteľa je preto dôležité interpretovať Pb v kontexte spôsobu odberu a spracovania zveriny (Lazarus et al., 2014; Taggart et al., 2011).

Cieľom príspevku je stanoviť koncentrácie As, Cd a Pb v svalovine daniela škvrnitého zo Slovenska pomocou ICP-MS a rámcovo zhodnotiť výsledky v kontexte potravinovej bezpečnosti.

MATERIÁL A METODIKA

Vzorky a príprava

Analyzovaným materiálom bola svalovina daniela škvrnitého (*Dama dama*) odobratá zo stehna. Vzorky diviny boli získané z vybraných oblastí Slovenska s cieľom pokryť rozdielne environmentálne podmienky, konkrétne z oblasti Nitry (vzorka 1), z územia Polonín (vzorka 2) a z okolia priemyselného areálu Chemko Strážske (vzorka 3). Pred analýzou boli vzorky uchovávané v zmrazenom stave. Stanovenie vybraných toxických prvkov (As, Cd, Pb) a zabezpečenie analytickej kvality meraní prebiehalo v spolupráci s odborným pracoviskom Úradu verejného zdravotníctva Slovenskej republiky (ÚVZ SR).



Obrázok 1: Mapa Slovenska s vyznačenými lokalitami odberu vzoriek (Nitra, Poloniny a okolie Chemko Strážske) a ilustračnou fotografiou daniela škvrnitého (*Dama dama*)

Príprava vzoriek a mineralizácia

Vzorky svaloviny boli homogenizované. Alikvotná časť svaloviny (zvyčajne 0,5 g) bola mineralizovaná mikrovlnným rozkladom v kyslom prostredí (HNO_3) v uzavretých nádobách. Po ochladení bol mineralizát kvantitatívne prevedený do odmernej banky a doplnený na definovaný objem (napr. 25 ml) riediacim roztokom (zvyčajne 1 % HNO_3).

ICP-MS analýza a zabezpečenie kvality (QA/QC)

Stanovenie As, Cd a Pb sa vykonalo metódou ICP-MS. Pred analytickou sériou prebehla optimalizácia a kalibrácia; koncentrácie boli vyjadrené v $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s ohľadom na navážku a riedenie. Kontrola kvality zahŕňala:

- procedurálne blanky (kontrola kontaminácie činidiel a laboratórneho prostredia),
- prídavky (spike) na orientačné overenie výťažnosti a matricových efektov,
- priebežné QC vzorky na kontrolu driftu a stability merania.

Metodicky ide o štandardný prístup pre stopové prvky v potravinových matriciach (Wilschefskei and Baxter, 2019).

Štatistické spracovanie a odhad expozície

Boli vypočítané priemery a smerodajné odchýlky (SD). Orientačný odhad expozície bol vyjadrený ako príjem kontaminantu z porcie 200 g svaloviny, bez korekcie o kulinárske straty a bez špecifikácie As.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Koncentrácie As, Cd a Pb v svalovine daniela

Namerané koncentrácie As, Cd a Pb v svalovine ($n = 3$) sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1: Obsah arzenu (As), kadmia (Cd) a olova (Pb) v svalovine daniela škvrnitého (*Dama dama*) stanovený metódou ICP-MS ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Vzorka	As [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Cd [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Pb [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]
1 (Nitra)	3,28	1,36	3,69
2 (Poloniny)	3,70	1,21	5,90
3 (Strážske)	3,81	1,65	2,90
$\bar{x} \pm \text{SD}$	$3,60 \pm 0,28$	$1,41 \pm 0,22$	$4,16 \pm 1,56$

Legenda: Uvedené sú jednotlivé merania (vzorky 1–3) a súhrnné aritmetický priemer s príslušnou smerodajnou odchýlkou ($\bar{x} \pm \text{SD}$); $n = 3$.

Všetky hodnoty sa nachádzajú na nízkych hladinách. Variabilita Pb v pilotnom súbore môže byť ovplyvnená lokálnymi podmienkami; v rámci diviny je zároveň známe, že pri použití oloveného streľiva môže dochádzať k heterogénnej distribúcii Pb v tkanive (Taggart et al., 2011; Gerofke et al., 2018).

Porovnanie s maximálnymi limitmi pre Cd a Pb

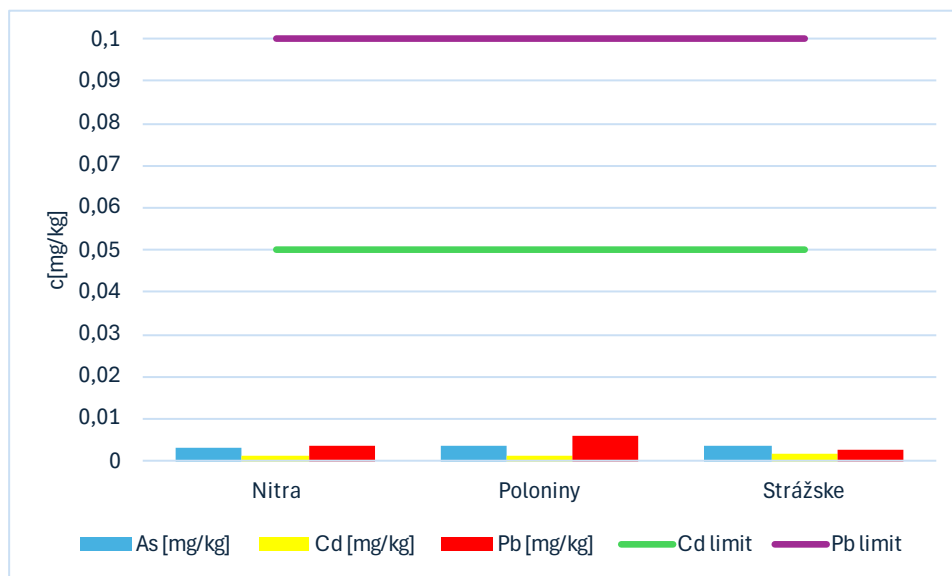
Pre Cd a Pb sú v EÚ stanovené maximálne limity pre vybrané kategórie potravín (Commission Regulation (EU) 2023/915, 2023). Pre orientačné porovnanie svaloviny daniela boli použité limity uplatňované pre svalovinu mäsa hospodárskych zvierat.

Tabuľka 2: Porovnanie priemerných a maximálnych koncentrácií kadmia (Cd) a olova (Pb) v svalovine daniela s maximálnymi limitmi EÚ (EÚ ML) a vyjadrenie podielu nameraných hodnôt voči limitu (v %)

Prvok	EÚ ML [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Priemer / ML [%]	Max / ML [%]
Cd	0,05	2,81	3,30
Pb	0,10	4,16	5,90

Legenda: Priemer/ML (%) predstavuje pomer priemernej koncentrácie k maximálnemu limitu a Max/ML (%) predstavuje pomer najvyššej nameranej koncentrácie k limitu

V pilotnom súbore neboli zistené prekročenia limitov. Pri Pb je však potrebné počítať s tým, že výsledky môžu byť ovplyvnené typom streliva a spôsobom odberu; pre rozšírený monitoring je preto vhodné štandardizovať odber mimo strelného kanála a evidovať typ použitého streliva (Taggart et al., 2011; Gerofke et al., 2018; Mateo et al., 2011).



Obrázok 2: Koncentrácie arzénu (As), kadmia (Cd) a olova (Pb) v svalovine daniela škvrnitého (*Dama dama*) z lokalít Nitra, Poloniny a Strážske (Chemko)

Legenda: Stĺpce znázorňujú namerané hodnoty jednotlivých prvkov ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), pričom vodorovné línie vyznačujú maximálne limity EÚ pre kadmium (Cd limit) a olovo (Pb limit) používané na orientačné porovnanie pre mäso.

Arzén: interpretácia bez harmonizovaného limitu pre mäso

Pre As nie je v EÚ zavedený harmonizovaný maximálny limit pre mäso. V tomto príspevku sú prezentované hodnoty celkového As; pri detailnejšom rizikovom hodnotení je kľúčové rozlíšenie anorganického arzénu, čo sa v praxi rieši špeciálnou analýzou (EFSA, 2009b; EFSA, 2024). Zistené hodnoty celkového As v svalovine daniela boli nízke (tab. 1).

Odhad príjmu z porcie a toxikologický kontext

Orientačný príjem kontaminantov z jednej porcie 200 g svaloviny je uvedený v tabuľke 3.

Tabuľka 3: Orientačný príjem arzénu (As), kadmia (Cd) a olova (Pb) z jednej porcie svaloviny daniela (200 g) vypočítaný z priemernej koncentrácie prvkov

Prvok	Priemer [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Príjem z 200 g [μg]
As	3,60	0,72
Cd	1,41	0,28
Pb	4,16	0,83

Legenda: Priemer je uvedený v $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a „Príjem z 200 g“ vyjadruje odhadované množstvo prvku prijaté konzumáciou 200 g svaloviny

Pre Cd možno porovnať príjem s TWI EFSA $2,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ telesnej hmotnosti/týždeň (EFSA, 2009a). U dospelých osoby s hmotnosťou 70 kg predstavuje TWI $175 \mu\text{g}$ na týždeň; jedna porcia 200 g podľa priemeru predstavuje približne $0,589 \mu\text{g}$ Cd ($\approx 0,34\%$ TWI). Pri Pb EFSA uvádza, že aj nízke expozície môžu byť z hľadiska verejného zdravia relevantné; hodnotenie rizika sa opiera o BMDL/MOE prístup (EFSA, 2010). V prípade

diviny je špecifické, že Pb z fragmentov streľiva môže byť bioprístupnosť a riziko narastá pri častej konzumácii (Mateo et al., 2011; Green and Pain, 2012; Green and Pain, 2019; Pain et al., 2022).

Porovnanie s európskou literatúrou (daniel a jeleňovitá zver)

Publikované práce na danielovi ukazujú, že koncentrácie toxických prvkov bývajú tkanivovo odlišné a vo svalovine sú spravidla nižšie než v orgánoch (Vengušt and Vengušt, 2004; Wenting et al., 2024). Štúdie na danielovi z rôznych regiónov Európy dokumentujú vplyv lokality a environmentálnych podmienok na prítomnosť kovov/metaloidov v tkanivách (De Roma et al., 2018; Vukšić et al., 2018). Práce zamerané na jeleňovú zver a potravinovo-toxikologický význam v svalovine potvrdzujú, že pri hodnotení rizika je vhodné pracovať s konkrétnym tkanivom a spôsobom odberu (Lehel et al., 2016). Z pohľadu spotreby diviny a expozície spotrebiteľa poskytujú relevantný kontext aj práce zamerané na odhad diétarnej expozície z voľne žijúcej zveri vrátane daniela (Lazarus et al., 2014). Ako doplnkový bioindikačný materiál sa pri danielovi skúmajú aj parohy, ktoré reflektujú expozíciu počas rastu (Tajchman et al., 2023). Historicky, v slovenskom prostredí bola pri danielovi zdokumentovaná prítomnosť Cd v orgánoch, čo podporuje význam monitoringu diviny v závislosti od lokality (Toman and Massányi, 1996). Variabilita prvkov medzi tkanivami a jej vzťah k biologickým faktorom (vek, pohlavie, zdravotný stav) je predmetom novších „multi-tissue“ štúdií na danielovi (Wenting et al., 2024; van Beest et al., 2024).

ZÁVER

V analyzovaných vzorkách svaloviny daniela škvrnitého boli zistené nízke koncentrácie arzénu, kadmia a olova. Pri kadmiu a olove neboli zaznamenané prekročenia relevantných maximálnych limitov používaných na orientačné porovnanie pre mäso. Výsledky poukazujú na nízku úroveň kontaminácie sledovanými prvkami v hodnotenom súbore vzoriek svaloviny daniela.

POĎAKOVANIE

Autori ďakujú pracovníkom Úradu verejného zdravotníctva SR za odbornú spoluprácu pri realizácii ICP-MS meraní a všetkým, ktorí poskytli vzorky pre analýzu.

LITERATÚRA

Commission Regulation (EU) 2023/915 (2023): Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006. Official Journal of the European Union [online].

De Roma, A., Lucifora, G., Picazio, G., Marigliano, L., Colanera, A., Galiero, G., Esposito, M. (2018): Heavy metal, organochlorine pesticide and polychlorinated biphenyl occurrence in tissues of fallow deer (*Dama dama*) from Southern Italy. *Large Animal Review*, 24, 235–239.

EFSA (2009a): Scientific Opinion on Cadmium in Food. *EFSA Journal*, 7(3), 980. Dostupné z: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.980>

EFSA (2009b): Scientific Opinion on Arsenic in Food. *EFSA Journal*, 7(10), 1351. Dostupné z: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.1351>

EFSA (2010): Scientific Opinion on Lead in Food. *EFSA Journal*, 8(4), 1570. Dostupné z: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1570>

EFSA (2024): Update of the risk assessment of inorganic arsenic in food. *EFSA Journal*, 22, e8488. Dostupné z: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.8488>

- Gerofke, A., Ullrich, S., Heydecke, S. et al. (2018): Lead content in wild game shot with lead or non-lead ammunition – does “state of the art consumer health protection” require non-lead ammunition? *PLOS ONE*, 13(7), e0200792. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200792>
- Lazarus, M., Prevendar Crnić, A., Bilandžić, N., Kusak, J., Reljić, S. (2014): Cadmium, lead, and mercury exposure assessment among Croatian consumers of free-living game. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 65(3), 281–292. Dostupné z: <https://doi.org/10.2478/10004-1254-65-2014-2527>
- Lehel, J., Laczay, P., Gyurcsó, A., Jánoska, F., Majoros, S., Lányi, K., Marosán, M. (2016): Toxic heavy metals in the muscle of roe deer (*Capreolus capreolus*) – food toxicological significance. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(5), 4465–4472. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5658-1>
- Mateo, R., Baos, A. R., Vidal, D., et al. (2011): Bioaccessibility of Pb from ammunition in game meat is affected by cooking treatment. *PLOS ONE*, 6(1), e15892. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015892>
- Taggart, M. A., Reglero, M. M., Camarero, P. R., Mateo, R. (2011): Should legislation regarding maximum Pb and Cd levels in human food also cover large game meat? *Environment International*, 37(1), 18–25. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.06.007>
- Tajchman, K., Ukalska-Jaruga, A., Ceacero, F., Janiszewski, P., Pecio, M. (2023): Concentration of Potentially Toxic Elements in Farmed Fallow Deer Antlers Depending on Diet and Age. *Animals*, 13(22), 3468. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ani13223468>
- Toman, R., Massányi, P. (1996): Cadmium in selected organs of fallow-deer (*Dama dama*), sheep (*Ovis aries*), brown hare (*Lepus europaeus*) and rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in Slovakia. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 31(5), 1043–1051. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10934529609376406>
- Van Beest, F. M., Schmidt, N. M., Frederiksen, M. L., Krogh, A. K. H., Petersen, H. H., Hansson, S. V. (2024): Direct and Indirect Linkages Between Trace Element Status and Health Indicators – a Multi-tissue Case-Study of Two Deer Species in Denmark. *Biological Trace Element Research*, 202(8), 3623–3638. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03926-3>
- Vengušt, G., Vengušt, A. (2004): Some minerals as well as trace and toxic elements in livers of fallow deer (*Dama dama*) in Slovenia. *European Journal of Wildlife Research*, 50, 59–61. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10344-004-0038-z>
- Vukšić, N. (2016): Effect of selenium on the distribution of heavy metals in tissues of fallow deer (*Dama dama* L.). *Poljoprivreda*, 22(1), 57–57. Dostupné z: <https://doi.org/10.18047/poljo.22.1.12>
- Vukšić, N., Šperanda, M., Lončarić, Z., Đidara, M., Ludek, E., Budor, I. (2018): The effect of dietary selenium addition on the concentrations of heavy metals in the tissues of fallow deer (*Dama dama* L.) in Croatia. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(11), 11023–11033. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1406-7>
- Wenting, E., Siepel, H., Christerus, M., Jansen, P. A. (2024): Ionomic Variation Among Tissues in Fallow Deer (*Dama dama*) by Sex and Age. *Biological Trace Element Research*, 202(3), 965–979. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03724-x>
- Wilschefska, S. C., Baxter, M. R. (2019): Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry: Introduction to Analytical Aspects. *Clinical Biochemist Reviews*, 40(3), 115–133. Dostupné z: <https://doi.org/10.33176/AACB-19-00024>

Kontaktná adresa: Ing. Ladislav Staruch, PhD., Ústav potravinárstva a výživy, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, e-mail: ladislav.staruch@stuba.sk

OBSAH ARZÉNU, KADMIA A OLOVA V SVALOVINE DIVIAKA LESNÉHO (*SUS SCROFA*) Z VYBRANÝCH LOKALÍT SLOVENSKA STANOVENÝ METÓDOU ICP-MS

CONTENT OF ARSENIC, CADMIUM AND LEAD IN WILD BOAR (*SUS SCROFA*) MUSCLE FROM SELECTED LOCATIONS IN SLOVAKIA DETERMINED BY ICP-MS

Ladislav Staruch¹ – Ervín Ďurka¹ – Miroslav Jůzl²

¹ Ústav potravinárstva a výživy, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovensko

² Ústav technológie potravín, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0344>



ABSTRAKT

Diviak lesný (*Sus scrofa*) je významnou komoditou diviny a zároveň vhodným bioindikátorom environmentálnej záťaže. Cieľom príspevku bolo stanoviť obsah arzenu, kadmia a olova vo svalovine diviaka z vybraných lokalít Slovenska metódou ICP-MS a rámcovo zhodnotiť výsledky z pohľadu potravinovej bezpečnosti. Vzorky svaloviny boli spracované mikrovlnnou mineralizáciou a analyzované ICP-MS pri použití štandardných prvkov kontroly kvality. Všetky sledované prvky boli zistené v nízkych koncentráciách a pri kadmiu a olove neboli zaznamenané prekročenia relevantných maximálnych limitov používaných na orientačné porovnanie pre mäso. Výsledky poukazujú na nízku úroveň kontaminácie sledovanými prvkami v analyzovaných vzorkách svaloviny diviaka.

Kľúčové slová: diviak lesný, divina, ťažké kovy, arzén, kadmium, olovo, ICP-MS, Slovensko

ABSTRACT

Wild boar (*Sus scrofa*) is an important game meat commodity and a relevant bioindicator of environmental contamination. This study quantified arsenic, cadmium and lead in wild boar muscle from selected locations in Slovakia using ICP-MS and provided a preliminary food safety interpretation. Muscle samples were microwave-digested and analysed by ICP-MS with standard quality control procedures. All target elements were detected at low levels, and no exceedances were observed for cadmium and lead when compared against maximum levels commonly applied as a reference for meat. Overall, the results indicate a low contamination burden of the analysed wild boar muscle samples.

Keywords: wild boar, game meat, heavy metals, arsenic, cadmium, lead, ICP-MS, Slovakia

ÚVOD

Ťažké kovy a metaloidy (vrátane Cd, Pb a As) patria medzi významné potravinové kontaminanty vzhľadom na perzistenciu v prostredí, potenciál bioakumulácie a toxikologickú relevanciu (EFSA, 2009a; EFSA, 2009b; EFSA, 2010). Legislatívny rámec pre maximálne limity vybraných kontaminantov v potravinách je v EÚ ukotvený v nariadení Komisie (EÚ) 2023/915 (Commission Regulation (EU) 2023/915, 2023). Popri produktoch hospodárskych zvierat je potrebné sledovať aj divinu, ktorá sa vyznačuje vyššou variabilitou kontaminácie a v niektorých regiónoch má stabilné alebo rastúce zastúpenie v spotrebe mäsa.

Diviak lesný (*Sus scrofa*) je vhodným druhom pre biomonitoring, pretože ako všežravec prijíma zložky potravy z rôznych trofických úrovní a často prichádza do kontaktu s pôdou, ktorá predstavuje relevantný rezervoár Cd a ďalších prvkov (Wenting et al., 2024; Malmsten et al., 2021). Viaceré európske práce

poukazujú na výrazné tkanivové rozdiely; vyššie hladiny Cd a často aj Pb sa spravidla pozorujú v obličkách a pečeni v porovnaní so svalovinou (Malmsten et al., 2021; Bąkowska et al., 2024). Pre Slovensko sú dostupné štúdie zamerané na kovy v tkanivách diviaka, ktoré potvrdzujú význam obličiek ako akumuláčného orgánu pre Cd (Gašparík et al., 2012; Gašparík et al., 2017).

Osobitnú pozornosť si zasluhuje olovo (Pb), keďže v divine môže mať dvojité pôvod: (i) environmentálnu expozíciu a (ii) sekundárnu kontamináciu fragmentmi oloveného streliva. Táto kontaminácia môže viesť k heterogénnej distribúcii Pb v tkanive a k lokálnym extrémom, najmä v oblasti strelného kanála (Taggart et al., 2011; Gerofke et al., 2018). Z pohľadu expozície ľudí je významné, že spracovanie a kulinárska úprava môžu ovplyvniť biopristupnosť Pb z fragmentov streliva (Mateo et al., 2011). Riziká pre častých konzumentov diviny a zraniteľné skupiny boli opakovane diskutované na základe európskych dát a hodnotení (Green and Pain, 2012; Green and Pain, 2019; Pain et al., 2022). Súčasťou európskej diskusie je aj regulácia olova v strelive a podklady ECHA, vrátane odborných výstupov zameraných na expozíciu ľudí cez konzumáciu diviny (ECHA, 2021–2024; Durkalec et al., 2025; Mateo and Kanstrup, 2019). Paralelne sa diskutuje nastavenie maximálnych limitov Pb pre zverinu a terminológia používaná pri komunikácii rizík (Thomas, 2020; Thomas et al., 2025).

Kadmium (Cd) je primárne spájané s dlhodobou environmentálnou expozíciou; EFSA stanovila tolerovateľný týždenný príjem (TWI) Cd na úrovni $2,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ telesnej hmotnosti na týždeň (EFSA, 2009a). Arzén (As) predstavuje komplexnú skupinu zlúčenín, pričom toxikologicky najvýznamnejší je anorganický arzén; EFSA publikovala hodnotenie As a následne aktualizáciu rizikového hodnotenia iAs (EFSA, 2009b; EFSA, 2024). Pre mäso nie je v EÚ zavedený harmonizovaný maximálny limit pre As, čo zvyšuje význam literárnych porovnaní v prípade konkrétnej potreby špecializovanej analýzy.

MATERIÁL A METODIKA

Vzorky a príprava

Analyzovaným materiálom bola svalovina diviaka lesného (*Sus scrofa*) odobratá zo stehna. Vzorky diviny boli získané z vybraných oblastí Slovenska s cieľom pokryť rozdielne environmentálne podmienky, konkrétne z oblasti Nitry (vzorka 1), z okolia priemyselného areálu Chemko Strážske (vzorka 3) a z územia Polonín (vzorka 2). Výber lokalít bol koncipovaný tak, aby umožnil porovnanie potenciálne zaťažených území s územiami s predpokladane nižšou antropogénnou záťažou. Pred analýzou boli vzorky uchovávané v zmrazenom stave. Stanovenie vybraných toxických prvkov (As, Cd, Pb) a zabezpečenie analytickej kvality meraní prebiehalo v spolupráci s odborným pracoviskom Úradu verejného zdravotníctva Slovenskej republiky (ÚVZ SR).



Obrázok 1: Mapa Slovenska s vyznačenými lokalitami odberu vzoriek (Nitra, Poloniny a okolie Chemko Strážske) a ilustračnou fotografiou diviaka lesného (*Sus scrofa*)

Príprava vzoriek a mineralizácia

Vzorky svaloviny boli homogenizované. Alikvotná časť svaloviny (zvyčajne 0,5 g) bola mineralizovaná mikrovlnným rozkladom v kyslom prostredí (HNO₃) v uzavretých nádobách. Po ochladení bol mineralizát kvantitatívne prevedený do odmernej banky a doplnený na definovaný objem (napr. 25 ml) riediacim roztokom (zvyčajne 1 % HNO₃).

ICP-MS analýza a zabezpečenie kvality (QA/QC)

Stanovenie As, Cd a Pb sa vykonalo metódou ICP-MS. Pred analytickou sériou prebehla optimalizácia a kalibrácia; koncentrácie boli vyjadrené v µg/kg s ohľadom na navážku a riedenie. Kontrola kvality zahŕňala:

- procedurálne blanky (kontrola kontaminácie činidiel a laboratórneho prostredia),
- prídavky (spike) na orientačné overenie výťažnosti a matricových efektov,
- priebežné QC vzorky na kontrolu driftu a stability merania.

Metodicky ide o štandardný prístup pre stopové prvky v potravinových matriciach (Wilschefskei and Baxter, 2019).

Štatistické spracovanie a odhad expozície

Boli vypočítané priemery a smerodajné odchýlky (SD). Orientačný odhad expozície bol vyjadrený ako príjem kontaminantu z porcie 200 g svaloviny, bez korekcie o kulinárske straty a bez špecifikácie As.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Koncentrácie As, Cd a Pb v svalovine diviaka

Namerané koncentrácie As, Cd a Pb v svalovine (n = 3) sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1: Obsah arzénu (As), kadmia (Cd) a olova (Pb) v svalovine diviaka lesného (*Sus scrofa*) stanovený metódou ICP-MS (µg·kg⁻¹).

Vzorka	As [µg·kg ⁻¹]	Cd [µg·kg ⁻¹]	Pb [µg·kg ⁻¹]
1(Nitra)	2,56	3,69	5,05
2 (Poloniny)	2,98	3,23	3,71
3 (Strážske)	6,89	1,92	3,76
$\bar{x} \pm SD$	4,14 ± 2,39	2,95 ± 0,92	4,17 ± 0,76

Legenda: Uvedené sú jednotlivé merania (vzorky 1–3) a súhrnné aritmetický priemer s príslušnou smerodajnou odchýlkou ($\bar{x} \pm SD$); n = 3

Všetky hodnoty sa nachádzajú na nízkych hladinách. Relatívne širšie rozpätie As môže odrážať variabilitu lokálnej expozície alebo vyššiu neistotu pri meraní veľmi nízkych koncentrácií.

Porovnanie s maximálnymi limitmi pre Cd a Pb

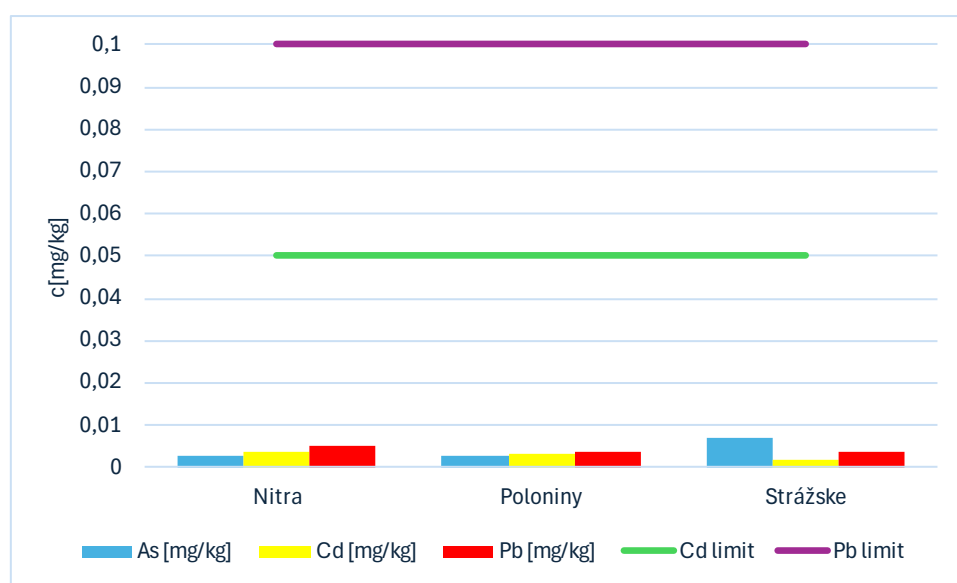
Pre Cd a Pb sú v EÚ stanovené maximálne limity pre vybrané kategórie potravín (Commission Regulation (EU) 2023/915, 2023). Pre orientačné porovnanie svaloviny diviaka boli použité limity uplatňované pre „meat of bovine animals, sheep, pig and poultry“: Cd 0,050 mg·kg⁻¹ a Pb 0,10 mg·kg⁻¹.

Tabuľka 2: Porovnanie priemerných a maximálnych koncentrácií kadmia (Cd) a olova (Pb) v svalovine diviaka s maximálnymi limitmi EÚ (EÚ ML) a vyjadrenie podielu nameraných hodnôt voči limitu (v %)

Prvok	EÚ ML [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Priemer / ML [%]	Max / ML [%]
Cd	0,05	5,89	7,38
Pb	0,10	4,17	5,05

Legenda: Priemer/ML (%) predstavuje pomer priemernej koncentrácie k príslušnému maximálnemu limitu a Max/ML (%) predstavuje pomer najvyššej nameranej koncentrácie k limitu

V pilotnom súbore neboli zistené prekročenia limitov. Pri Pb je však potrebné počítať s tým, že výsledky môžu byť ovplyvnené typom streliva a spôsobom odberu; pre rozšírený monitoring je preto vhodné štandardizovať odber mimo strelného kanála a evidovať typ použitého streliva (Taggart et al., 2011; Gerofke et al., 2018; Mateo et al., 2011).



Obrázok 2: Koncentrácie arzénu (As), kadmia (Cd) a olova (Pb) v svalovine diviaka lesného (*Sus scrofa*) z lokalít Nitra, Poloniny a Strážske

Legenda: Stĺpce znázorňujú namerané hodnoty jednotlivých prvkov ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), pričom vodorovné línie vyznačujú maximálne limity EÚ pre kadmium (Cd limit) a olovo (Pb limit) používané na orientačné porovnanie pre mäso.

Arzén: interpretácia bez harmonizovaného limitu pre mäso

Pre As nie je v EÚ zavedený harmonizovaný maximálny limit pre mäso. Toxikologicky najvýznamnejší je anorganický iAs, pričom EFSA zverejnila hodnotenie As a následne aktualizáciu rizikového hodnotenia iAs (EFSA, 2009b; EFSA, 2024). V tomto príspevku sú prezentované hodnoty celkového As. Z praktického hľadiska preto interpretácia stojí na literárnom porovnaní a na odporúčaní doplniť špecifikáciu As v ďalšom kroku (EFSA, 2024).

Odhad príjmu z porcie a toxikologický kontext

Orientačný príjem kontaminantov z jednej porcie 200 g svaloviny je uvedený v tabuľke 3.

Tabuľka 3: Orientačný príjem arzénu (As), kadmia (Cd) a olova (Pb) z jednej porcie svaloviny diviaka (200 g) vypočítaný z priemernej koncentrácie prvkov

Prvok	Priemer [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Príjem z 200 g [μg]
As	4,14	0,83
Cd	2,95	0,59
Pb	4,17	0,84

Legenda: Priemer je uvedený v $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a „Príjem z 200 g“ vyjadruje odhadované množstvo prvku prijaté konzumáciou 200 g svaloviny

Pre Cd možno porovnať príjem s TWI EFSA $2,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ telesnej hmotnosti/týždeň (EFSA, 2009a). U dospelých osoby s hmotnosťou 70 kg predstavuje TWI 175 μg na týždeň; jedna porcia 200 g podľa priemeru predstavuje približne 0,589 μg Cd ($\approx 0,34$ % TWI). Pri Pb EFSA uvádza, že aj nízke expozície môžu byť z hľadiska verejného zdravia relevantné; hodnotenie rizika sa opiera o BMDL/MOE prístup (EFSA, 2010). V prípade diviny je špecifické, že Pb z fragmentov streľiva môže byť bioprístupnosť a riziko narastá pri častej konzumácii (Mateo et al., 2011; Green and Pain, 2012; Green and Pain, 2019; Pain et al., 2022).

Porovnanie s európskou literatúrou (svalovina vs. orgány)

Európske štúdie konzistentne ukazujú, že koncentrácie Cd a často aj Pb sú vyššie v obličkách a pečeni než v svalovine, čo súvisí s fyziologickou distribúciou prvkov a dlhodobou expozíciou (Malmsten et al., 2021; Bąkowska et al., 2024; Franzoni et al., 2022). Slovenské údaje zamerané na diviaka tento trend potvrdzujú, najmä pre Cd (Gašparík et al., 2012; Gašparík et al., 2017).

Publikované práce z rôznych regiónov Európy, často s ICP-MS meraniami, poukazujú na vplyv lokality a typu prostredia:

- Španielsko (Sierra Nevada): dlhodobá expozícia Pb a Cd (Mulero et al., 2016).
- Maďarsko: monitoring kovov v tkanivách diviaka s dôrazom na potravinovú bezpečnosť (Lénárt et al., 2023).
- Taliansko: rozdiely medzi urban a rural/semi-wild prostrediami; významné rozdiely v stopových prvkoch v tkanivách (Draghi et al., 2024; Cammilleri et al., 2025).
- Rumunsko: prvky v svalovine a orgánoch a rámcové hodnotenie zdravotného rizika (Boișteanu et al., 2024).
- Chorvátsko: hodnotenie kovov a As v diviakovi v lokálnom kontexte (Vidosavljević et al., 2025).
- Portugalsko: potreba monitoringu diviny z pohľadu verejného zdravia (Baptista et al., 2024).

V porovnaní s uvedenými štúdiami sa pilotný súbor svaloviny v tomto príspevku vyznačuje veľmi nízkymi hodnotami. Pri priamej komparácii je však potrebné zohľadniť rozdiely v lokalite, vekovej štruktúre populácie, type tkaniva a v prípade Pb aj poľovníckych faktoroch (Taggart et al., 2011; Gerofke et al., 2018).

ZÁVER

V pilotnom súbore svaloviny diviaka lesného boli stanovené nízke koncentrácie arzénu, kadmia a olova. Pri hodnotení výsledkov neboli zistené zvýšené hodnoty ani prekročenia relevantných limitov pre kadmium a olovo používaných na orientačné porovnanie pre mäso. Zistené údaje tak poukazujú na nízku úroveň kontaminácie sledovanými prvkami v analyzovaných vzorkách svaloviny diviaka.

POĎAKOVANIE

Autori ďakujú pracovníkom Úradu verejného zdravotníctva SR za odbornú spoluprácu pri realizácii ICP-MS meraní a všetkým, ktorí poskytli vzorky pre analýzu.

LITERATÚRA

- Bąkowska, M., Pilarczyk, B., Tomza-Marciniak, A., Pilarczyk, R., Udała, J. (2024): Cadmium in Selected Organs of Game Animals from Areas with Different Degrees of Industrialisation and Its Intake by Human Consumers. *Animals*, 14(2), 305. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ani14020305>
- Baptista, C. J., Seixas, F., Gonzalo-Orden, J. M., Patinha, C., Pato, P., Ferreira Da Silva, E., Merino-Goyenechea, L. J., Oliveira, P. A. (2024): Heavy metals and metalloids in wild boars (*Sus scrofa*) – a silent but serious public health hazard. *Veterinary Research Communications*, 48(2), 1015–1023. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11259-023-10272-1>
- Boișteanu, P.-C., Flocea, E.-I., Anchidin, B.-G., et al. (2024): Essential and toxic elements analysis of wild boar tissues from north-eastern Romania and health risk implications. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1406579. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1406579>
- Cammilleri, G., Messina, E. M. D., Pantano, L., et al. (2025): Trace metals and metalloids in wild boars (*Sus scrofa*) from Southern Italy: comparison between urban and wild areas. *Chemosphere*, 380, 144473. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2025.144473>
- Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006. Official Journal of the European Union [online]. 2023.
- Draghi, S., Spinelli, M., Fontanarosa, C., et al. (2024): Evaluation of the Difference in the Content of Essential and Non-Essential Elements in Wild Boar and Swine Tissues Sampled in the Same Area of Northern Italy. *Animals*, 14(6), 827. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ani14060827>
- Durkalec, M., et al. (2025): Health risks and bioavailability of metal residues from hunting ammunition in game meat (Workshop report). EFSA Supporting Publications, Dostupné z: <https://doi.org/10.2903/fr.efsa.2025.FR-0080>
- ECHA (2021–2024): Lead in shot, bullets and fishing weights (restriction dossier and supporting information; human exposure including game meat). European Chemicals Agency (ECHA) [online].
- EFSA (2009a): Scientific Opinion on Cadmium in Food. *EFSA Journal*, 7(3), 980. Dostupné z: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.980>
- EFSA (2009b): Scientific Opinion on Arsenic in Food. *EFSA Journal*, 7(10), 1351. Dostupné z: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.1351>
- EFSA (2010): Scientific Opinion on Lead in Food. *EFSA Journal*, 8(4), 1570. Dostupné z: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1570>
- EFSA (2024): Update of the risk assessment of inorganic arsenic in food. *EFSA Journal*, 22, e8488. Dostupné z: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.8488>
- Franzoni, G., Ciccotelli, V., Masiello, L., et al. (2022): Cadmium and wild boar: Environmental exposure and immunological impact on macrophages. *Toxicology Reports*, 9, 171–180. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2022.01.009>

- Gašparík, J., Dobiaš, M., Capcarová, M., et al. (2012): Concentration of cadmium, mercury, zinc, copper and cobalt in the tissues of wild boar (*Sus scrofa*) hunted in western Slovakia. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 47(9), 1212–1216. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10934529.2012.672065>
- Gašparík, J., et al. (2017): Levels of Metals in Kidney, Liver, and Muscle Tissue and their Influence on the Fitness for the Consumption of Wild Boar from Western Slovakia. *Biological Trace Element Research*, 177, 258–266. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s12011-016-0884-z>
- Gerofke, A., Ullrich, S., Heydecke, S., et al. (2018): Lead content in wild game shot with lead or non-lead ammunition – Does “state of the art consumer health protection” require non-lead ammunition? *PLOS ONE*, 13(7), e0200792. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200792>
- Green, R. E., Pain, D. J. (2012): Potential health risks to adults and children in the UK from exposure to dietary lead in gamebirds shot with lead ammunition. *Food and Chemical Toxicology*, 50(11), 4180–4190. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.08.032>
- Green, R. E., Pain, D. J. (2019): Risks to human health from ammunition-derived lead in Europe. *Ambio*, 48(9), 954–968. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01194-x>
- Lénárt, Z., Bartha, A., Abonyi-Tóth, Z., Lehel, J. (2023): Monitoring of metal content in the tissues of wild boar (*Sus scrofa*) and its food safety aspect. *Environmental Science and Pollution Research*, Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23329-6>
- Lenti, A., et al. (2021): Lead Levels in Wild Boar Meat Sauce (Ragù) Sold on the Italian Market. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 3989. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijerph18083989>
- Malmsten, A., Dalin, A.-M., Pettersson, J., Persson, S. (2021): Concentrations of cadmium, lead, arsenic, and some essential metals in wild boar from Sweden. *European Journal of Wildlife Research*, 67, 18. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10344-021-01460-y>
- Mateo, R., Baos, A. R., Vidal, D., et al. (2011): Bioaccessibility of Pb from ammunition in game meat is affected by cooking treatment. *PLOS ONE*, 6(1), e15892. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015892>
- Mateo, R., Kanstrup, N. (2019): Regulations on lead ammunition adopted in Europe and evidence of compliance. *Ambio*, 48(9), 989–998. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01170-5>
- Mulero, R., Cano-Manuel, J., Ráez-Bravo, A., et al. (2016): Lead and cadmium in wild boar (*Sus scrofa*) in the Sierra Nevada Natural Space (southern Spain). *Environmental Science and Pollution Research*, 23(16), 16598–16608. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6845-4>
- Pain, D. J., Green, R. E., Taggart, M. A., et al. (2022): How contaminated with ammunition-derived lead is meat from European small game animals? Assessing and reducing risks to human health. *Ambio*, Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01737-9>
- Taggart, M. A., Reglero, M. M., Camarero, P. R., Mateo, R. (2011): Should legislation regarding maximum Pb and Cd levels in human food also cover large game meat? *Environment International*, 37(1), 18–25. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.06.007>
- Thomas, V. G. (2020): Setting maximum levels for lead in game meat in EC regulations. *Ambio*, Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01336-6>

Thomas, V. G., Green, R. E., Pain, D. J. (2025): Inaccurate and misleading terminology may impede the protection of people and wildlife from adverse effects of lead ammunition. *Environmental Pollution*, 384, 127010. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.127010>

Vidosavljević, D., Venus, M., Puntarić, D., et al. (2025): Assessment of Selected Heavy Metals and Arsenic Concentrations in Wild Boar (*Sus scrofa* L.) from Papuk Nature Park (Croatia). *Journal of Xenobiotics*, 15(3), 74. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/jox15030074>

Wenting, E., Siepel, H., Jansen, P. A. (2024): Variability of the ionome of wild boar (*Sus scrofa*) and red deer (*Cervus elaphus*) in a Dutch national park, with implications for biomonitoring. *Biological Trace Element Research*, Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03879-7>

Wilschefski, S. C., Baxter, M. R. (2019): Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry: Introduction to Analytical Aspects. *Clinical Biochemist Reviews*, 40(3), 115–133. Dostupné z: <https://doi.org/10.33176/AACB-19-00024>

Kontaktná adresa: Ing. Ladislav Staruch, PhD., Ústav potravinárstva a výživy, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, e-mail: ladislav.staruch@stuba.sk

VLIV APLIKACE OCHRANNÉ KULTURY NA BAREVNÉ PARAMETRY FERMENTOVANÝCH MASNÝCH VÝROBKŮ

EFFECT OF PROTECTIVE CULTURE APPLICATION ON THE COLOUR PARAMETERS OF FERMENTED MEAT PRODUCTS

Stephanie Staškivová¹ – Jan Slováček¹ – Aneta Kocandová¹ – Tereza Valachová¹
Natálie Kubelková¹ – Andrea Roztočilová¹ – Šárka Nedomová¹ – Miroslav Jůzl¹

¹ Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0352>



ABSTRAKT

Cílem práce bylo zhodnotit vliv aplikace ochranné kultury na barevné parametry fermentovaných masných výrobků. Byly vyrobeny dvě varianty trvanlivého fermentovaného salámu Poličan – kontrolní bez ochranné kultury a varianta s ochrannou kulturou obsahující (*Lactobacillus sakei*, *Staphylococcus carnosus*, *Staphylococcus carnosus* ssp.). Barva byla hodnocena pomocí parametrů L^* , a^* a b^* v den výroby, po ukončení fermentace a sušení a po 21 dnech skladování. V den výroby nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v žádném z hodnocených barevných parametrů ($p > 0,05$). U hotového výrobku vykazovaly vzorky s ochrannou kulturou vyšší hodnoty světlosti L^* ($p < 0,05$), zatímco hodnoty a^* a b^* se mezi variantami nelišily. Po 21 dnech skladování byly u varianty s ochrannou kulturou zaznamenány vyšší hodnoty L^* a b^* a nižší hodnoty a^* ($p < 0,05$). Výsledky ukazují, že vliv ochranné kultury na barvu fermentovaných masných výrobků se projevuje až v průběhu zrání a skladování.

Klíčová slova: ochranná kultura, barva, trvanlivé fermentované masné výrobky

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of protective culture application on the colour parameters of fermented meat products. Two variants of a dry fermented sausage Poličan were produced: a control variant without protective culture and a variant containing a protective culture containing (*Lactobacillus sakei*, *Staphylococcus carnosus*, *Staphylococcus carnosus* ssp.). Colour was assessed using the L^* , a^* and b^* parameters on the day of production, after completion of fermentation and drying, and after 21 days of storage. On the day of production, no statistically significant differences were observed in any of the evaluated colour parameters ($p > 0.05$). In the finished product, samples with protective culture showed higher lightness values L^* ($p < 0.05$), while a^* and b^* values did not differ between variants. After 21 days of storage, samples with protective culture exhibited higher L^* and b^* values and lower a^* values ($p < 0.05$). The results indicate that the effect of protective culture on the colour of fermented meat products becomes apparent only during ripening and storage.

Keywords: protective culture, colour, dry-fermented meat products

ÚVOD

Fermentované masné výrobky patří mezi tradiční potraviny s dlouhou historií výroby a spotřeby a v řadě zemí představují významnou součást sortimentu masných výrobků. Jejich kvalita je hodnocena na základě několika technologických, senzorických a mikrobiologických ukazatelů, přičemž jedním z nejdůležitějších znaků ovlivňujících rozhodování spotřebitele je barva výrobku (Van Reckem et al., 2019). Barevné vlastnosti

fermentovaných masných výrobků jsou vnímány jako indikátor čerstvosti, jakosti i technologické správnosti výrobního procesu.

Charakteristické růžovo-červené zbarvení masných výrobků je tvořeno komplexem nitrosomyoglobinu, který vzniká vazbou oxidu dusnatého na hemovou skupinu myoglobinu. K zajištění stabilní barvy a současně ke zvýšení mikrobiologické bezpečnosti výrobků se v masném průmyslu běžně používá dusitan sodný (Shakil et al., 2022). Používání dusitanů je však dlouhodobě diskutováno vzhledem k jejich možným negativním účinkům na lidské zdraví, zejména v souvislosti s tvorbou N-nitrosaminů. Z tohoto důvodu se pozornost výzkumu i praxe zaměřuje na hledání alternativních přístupů, které by umožnily snížit množství přidávaných dusitanů při zachování požadované barvy, bezpečnosti a senzorické kvality výrobků (Ferysiuk a Wójciak, 2020; Zhang et al., 2007).

Současní spotřebitelé stále častěji preferují potraviny s minimálním stupněm zpracování, nižším obsahem konzervantů a aditiv, avšak při zachování vysoké mikrobiologické bezpečnosti a senzorické přijatelnosti (Castellano et al., 2008). V tomto kontextu se do popředí dostává koncept biokonzervace, jehož cílem je prodloužení trvanlivosti a zvýšení bezpečnosti potravin prostřednictvím využití přirozené mikrobioty a/nebo jejích antimikrobiálních metabolitů (Cocolin, 2025). Jedním z nástrojů biokonzervace jsou ochranné kultury, které jsou tvořeny převážně bakteriemi mléčného kvašení se schopností inhibovat růst kazících a patogenních mikroorganismů (Barcenilla et al., 2022).

Antimikrobiální účinek ochranných kultur je založen na několika mechanismech, mezi které patří produkce organických kyselin, konkurence o živiny, snížení oxidačně-redukčního potenciálu prostředí a tvorba antagonistických sloučenin, včetně bakteriocinů (Jůzl et al., 2026). Ideální ochranná kultura by měla být zdravotně nezávadná, technologicky stabilní, bez negativního vlivu na senzorické vlastnosti výrobku a současně schopná indikovat porušení stanovených výrobních nebo skladovacích podmínek (Holzapfel et al., 1995).

Obecně je působení ochranných kultur na senzorické vlastnosti finálních masných výrobků považováno za nežádoucí a jejich přítomnost by měla zůstat pro spotřebitele prakticky nepostřehnutelná (Jůzl et al., 2026). Některé mikroorganismy však mohou vedle antimikrobiálního účinku pozitivně ovlivňovat také barevné vlastnosti masných výrobků. Vybrané kmeny bakterií mléčného kvašení a stafylokoků jsou schopny podílet se na tvorbě růžového zbarvení masa prostřednictvím mikrobiální redukce železitých iontů myoglobinu na železnaté, čímž podporují vznik stabilních barevných pigmentů i při sníženém obsahu dusitanů. Mezi takové mikroorganismy patří například *Lactobacillus fermentum* nebo *Staphylococcus xylosus* (Zhang et al., 2007).

Využitelnost ochranných kultur v masném průmyslu a jejich vliv na kvalitu, bezpečnost a senzorické vlastnosti fermentovaných masných výrobků představují aktuální směr výzkumu a nabízejí perspektivní alternativu k tradičním konzervačním postupům. Hodnocení jejich působení na barevné parametry fermentovaných masných výrobků je proto důležité nejen z technologického, ale i z hlediska akceptace výrobků spotřebitelem.

Cílem této práce bylo zhodnotit vliv aplikace ochranné kultury na barevné parametry fermentovaných masných výrobků, konkrétně na hodnoty L^* , a^* a b^* , a posoudit její potenciál jako nástroje pro ovlivnění barevné stability výrobků při zachování jejich technologické a senzorické kvality.

MATERIÁL A METODIKA

Výroba trvanlivých fermentovaných masných výrobků – salámů Poličan

Byly připraveny dvě varianty salámu Poličan ve dvou nezávislých šaržích (každá o hmotnosti 10 kg) podle receptury uvedené v tabulce 1.

Tabulka 1: Receptura salámu Poličan na 100 kg

Použitá surovina	Hmotnost [kg]
HSO	19,0
VSO	32,2
VVbk	45,8
DSS	2
Kořenící směs Poličan TN	1

Legenda: HSO – hovězí speciálně opracované; VSO – vepřové speciálně opracované; VVbk – vepřové výrobní bez kůže; DSS – dusitanová solící směs

Kontrolní varianta bez přídavku ochranné kultury (BO) a experimentální varianta s přídavkem ochranné mikrobiální kultury (O). Libové a tučné vepřové maso pocházelo z místních jatek (Jatka Ivančice s.r.o., Česká republika), bylo dopraveno do masného provozu Ústavu technologie potravin Mendelovy univerzity v Brně (CZ22067). Před zpracováním bylo maso porcováno a zbaveno kůže a šlach a skladováno při teplotě menší než $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu 24 hodin.

Hovězí a vepřové libové maso ($\leq 5\%$ tuku) a tučné vepřové maso ($\approx 50\%$ tuku) a vepřové hřbetní sádlo bylo následně nahrubo pomleto (12 mm; TMP 23-98, Braher, Španělsko). Masná směs byla míchána (RC-10, Manca, Španělsko) s kořenící směsí Poličan TN (MASOPROFIT a.s., Česká republika). V závěrečné fázi míchání byla do obou šarží přidána dusitanová solící směs a 0,25 g startovací kultury Bitec Starter LD 20 (Gewürzmüller, Německo); do experimentální varianty byla navíc přidána ochranná mikrobiální kultura BactoFlavor® Flora Italia (*Lactobacillus sakei*, *Staphylococcus carnosus*, *Staphylococcus carnosus* ssp.) (Novonesis, Dánsko). Následovalo jemné mletí masné směsi (8 mm).

Dílo bylo naplněno (HTS 95, HTS Fleischereimaschinen, Rakousko) do vepřových střev (30/32 mm; MASOPROFIT a.s., Česká republika) a ručně zavěšeno na udírenský vozík. Po dobu 24 hodin byly salámy ponechány při teplotě $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Následně byly výrobky přeneseny do udírny (Bastramat B 850 FR, BASTRA GmbH, Německo) a podrobeny osmihodinovému udicímu cyklu při teplotě $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Po ukončení uzení byly salámy přemístěny do zrací komory (KRA-Gen3 M, Lackner, Německo), kde probíhalo sušení po dobu 5 týdnů při teplotě $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu 80–88 %. Vzorky byly odebrány k analýzám (Boxer 35, Henkelman, Nizozemsko) po ukončení sušení (po 5 týdnech) a následně skladovány při teplotě $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ vakuově zabaleny.

Měření barvy

Barva vzorků salámu Poličan byla měřena v den výroby u díla naraženého do obalu, dále po ukončení sušení (5. týden po výrobě) a po 21 dnech skladování (8. týden po výrobě) pomocí spektrofotometru CM-3500d (Konica Minolta, Japonsko) v barevném prostoru CIELAB, který zahrnuje parametry L^* (světlost), a^* (červenost) a b^* (žlutost). Měření byla prováděna na řezu výrobku (osvětlovací podmínky D65, 6 500 K) v režimu SCE (Specular Component Excluded) s průměrem měřicí apertury 30 mm. Každý vzorek byl měřen minimálně třikrát.

Statistické zpracování

Statistické vyhodnocení bylo provedeno při hladině významnosti $\alpha = 0,05$ v programu Statistica 14 (TIBCO, USA). Výsledky jsou vyjádřeny jako průměr $\pm$ směrodatná odchylka. Normalita dat byla ověřena Shapiro–Wilkovým testem a homogenita rozptylů Leveneovým testem. Pro porovnání dvou skupin byl použit Studentův t-test, případně Mann–Whitneyho U test, pokud nebyly splněny předpoklady parametrického testu.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Barevné parametry vzorků salámů byly hodnoceny v den výroby, tedy bezprostředně po vymíchání masného díla se solí, kořením a ochrannou kulturou. S následným naplněním do obalu. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Barevné parametry díla salámů Poličan v den výroby

Vzorek	L^* ($\bar{x} \pm SD$)	a^* ($\bar{x} \pm SD$)	b^* ($\bar{x} \pm SD$)
BO	44,54 $\pm$ 0,41	15,38 $\pm$ 0,24	16,26 $\pm$ 0,66
O	45,66 $\pm$ 0,35	14,83 $\pm$ 0,52	15,82 $\pm$ 0,36

Legenda: BO – vzorky bez ochranné kultury; O – vzorky s ochrannou kulturou. Hodnoty jsou uvedeny jako průměr $\pm$ směrodatná odchylka

Hodnocení barevných parametrů vzorků v den výroby neprokázalo statisticky významný vliv aplikace ochranné kultury na barvu masné směsi. Ačkoli byly mezi vzorky s ochrannou kulturou a bez ochranné kultury zaznamenány drobné rozdíly v hodnotách L^* , a^* a b^* , tyto rozdíly lze považovat za prakticky nevýznamné a vizuálně obtížně rozlišitelné.

Tento výsledek je v souladu s předpokladem, že v den výroby se ochranná kultura nachází ve fázi adaptace na prostředí masného díla a její metabolická aktivita je minimální. Ochranné kultury vyžadují určitý čas k aktivaci, množení a produkci metabolitů, které by mohly ovlivnit oxidačně-redukční stav myoglobinu a tím i barevné vlastnosti výrobku. Bezprostředně po zamíchání surovin proto nelze očekávat výrazný biologický efekt ochranné kultury na tvorbu nebo stabilizaci barevných pigmentů (Djukić et al., 2021).

Zjištěné drobné rozdíly v hodnotách barevných parametrů lze spíše přičíst přirozené variabilitě suroviny, heterogenitě masné směsi a okamžitému vlivu soli na vazbu vody a optické vlastnosti povrchu než působení ochranné kultury.

Barevné parametry hotových fermentovaných masných výrobků byly hodnoceny po ukončení fermentace a sušení (5. týden zrání). Výsledky vzorků s ochrannou kulturou (O) a bez ochranné kultury (BO) jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Barevné parametry hotových salámů Poličan (5 týdnů po výrobě)

Vzorek	L^* ($\bar{x} \pm SD$)	a^* ($\bar{x} \pm SD$)	b^* ($\bar{x} \pm SD$)
BO	47,90 $\pm$ 0,06 ^b	16,31 $\pm$ 0,11	8,81 $\pm$ 0,08
O	49,15 $\pm$ 0,37 ^a	15,77 $\pm$ 0,38	9,24 $\pm$ 0,15

Legenda: BO – vzorky bez ochranné kultury; O – vzorky s ochrannou kulturou. Hodnoty jsou uvedeny jako průměr $\pm$ směrodatná odchylka. Rozdílné horní indexy ve stejném sloupci označují statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$)

Na rozdíl od stavu v den výroby se u hotového výrobku projevil vliv aplikace ochranné kultury na parametr světlosti L^* , kdy vzorky s ochrannou kulturou vykazovaly statisticky významně vyšší hodnoty tohoto

parametru ($p < 0,05$). Tento výsledek indikuje světlejší vzhled výrobků s ochrannou kulturou, což lze mimo jiné spojit s dlouhodobým působením mikroorganismů během fermentace a zrání. Tento závěr je v souladu se studií Martín et al. (2023), kteří v rámci hodnocení barevných parametrů v systému CIELAB prokázali statisticky významně vyšší hodnotu světlosti L^* ($p < 0,05$) u vzorků inokulovaných kulturou *L. sakei* oproti kontrolní skupině.

Zvýšení hodnot L^* může souviset se změnami struktury bílkovin a vazby vody v masné matici, případně se změnami povrchových optických vlastností výrobku v důsledku mikrobiální aktivity ochranné kultury. Tyto procesy mohou vést k rovnoměrnějšímu rozptylu světla a světlejšímu vizuálnímu projevu výrobku. Zhou et al. (2022) uvádějí, že zvýšení hodnoty L^* může být způsobeno mikrobiální hydrolýzou triacylglycerolů na glycerol a mastné kyseliny, které na povrchu výrobku zvyšují odražené světlo. Dále prokázali, že tento jev byl patrný u vzorků s přítomností *Staphylococcus carnosus* (Zhou et al., 2022). Také Ježek et al. (2025) potvrdili u šunek ošetřených ochrannou kulturou světlejší barvu než u kontrolních vzorků bez ochranné kultury, ale je zde možný vliv odlišného tepelného opracování.

Naopak u parametrů a^* a b^* nebyly mezi vzorky s ochrannou kulturou a bez ochranné kultury zjištěny statisticky významné rozdíly ($p > 0,05$). To naznačuje, že aplikace ochranné kultury v této fázi technologického procesu neměla zásadní vliv na intenzitu červeného ani žlutého zbarvení hotových fermentovaných salámů. Drobné barevné změny v této fázi tak byly pravděpodobně ovlivněny především technologickými podmínkami fermentace a sušení, nikoli přímým působením ochranné kultury na barevné pigmenty. Tyto výsledky jsou v rozporu s charakteristikou a vlastnostmi *Staphylococcus carnosus*, který byl součástí ochranné kultury. Výše zmíněná bakterie produkuje nitrát reduktázu, která za současného poklesu pH urychluje vazbu oxidu dusnatého a myoglobinu, čímž napomáhá vzniku nitrosomyoglobinu. Výrobky s použitím ochranné kultury by proto měly mít červenější barvu (Zhou et al., 2022). Avšak na aktivitu nitrát reduktáz má vliv řada deskriptorů. Optimálních výsledků se dosahuje při teplotě nad 30 °C, nižších hodnotách pH a použití chloridu sodného. V neposlední řadě záleží na parametrech masa: obsahu vody, redoxním potenciálu a obsahu pigmentu (Sánchez Mainar a Leroy, 2015).

Barevné parametry fermentovaných masných výrobků byly hodnoceny po 21 dnech skladování hotového výrobku (8 týdnů po výrobě). Výsledky vzorků s ochrannou kulturou (O) a bez ochranné kultury (BO) jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4: Barevné parametry salámů Poličan po 21 dnech skladování ve vakuu při 20 °C (8 týdnů po výrobě)

Vzorek	L^* ($\bar{x} \pm SD$)	a^* ($\bar{x} \pm SD$)	b^* ($\bar{x} \pm SD$)
BO	40,63 ± 0,10 ^b	17,62 ± 0,14 ^a	9,88 ± 0,15 ^b
O	43,56 ± 0,14 ^a	16,50 ± 0,13 ^b	10,44 ± 0,11 ^a

Legenda: BO – vzorky bez ochranné kultury; O – vzorky s ochrannou kulturou. Hodnoty jsou uvedeny jako průměr ± směrodatná odchylka. Rozdílné horní indexy ve stejném sloupci označují statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$)

Po 21 dnech skladování hotového výrobku se vliv ochranné kultury na barevné parametry projevil výrazněji. Vzorky s ochrannou kulturou vykazovaly statisticky významně vyšší hodnoty světlosti L^* , což potvrzuje trend pozorovaný již u hotového výrobku a naznačuje stabilnější a světlejší vzhled výrobků v průběhu skladování.

Současně byly u vzorků s ochrannou kulturou zaznamenány nižší hodnoty parametru a^* a vyšší hodnoty parametru b^* , přičemž tyto rozdíly byly statisticky významné ($p < 0,05$). Tyto změny lze interpretovat jako důsledek odlišného průběhu oxidačně-redukčních reakcí myoglobinu a postupné transformace barevných pigmentů během skladování. Zvýšení parametru b^* prokázali ve své studii i Zhou et al. (2022), kteří testovali

použití různých směsí startovacích kultur u sušeného masa. Ačkoliv Chen et al. (2017) uvádí, že *Staphylococcus carnosus*, může během fermentace snižovat neenzymatické hnědnutí mezi produkty oxidace lipidů a aminy, čímž inhibuje hnědnutí výrobku. Přítomnost ochranné kultury tak může ovlivňovat stabilitu barevných parametrů v dlouhodobém horizontu, aniž by docházelo ke zhoršení vizuální jakosti výrobku (Ježek et al., 2025).

Celkově výsledky ukazují, že vliv ochranné kultury na barvu fermentovaných masných výrobků není okamžitý, ale stává se patrným až v průběhu zrání a následného skladování.

ZÁVĚR

Aplikace ochranné kultury neměla v den výroby fermentovaných masných výrobků statisticky ani technologicky významný vliv na barevné parametry, což souvisí s časovou prodlevou nutnou k adaptaci a rozvoji její metabolické aktivity. Naopak u hotového výrobku a zejména po 21 dnech skladování se vliv ochranné kultury na barvu projevil, především ve zvýšení světlosti L^* , a v pozdější fázi také ve změnách parametrů a^* a b^* . Výsledky potvrzují, že účinek ochranných kultur na barevné vlastnosti fermentovaných masných výrobků je časově podmíněný a stává se patrným až v průběhu fermentace, zrání a skladování. Další výzkum by se měl zaměřit na vztah mezi aktivitou ochranných kultur, oxidačně-redukčními změnami myoglobinu a stabilitou barevných parametrů fermentovaných masných výrobků v průběhu zrání a skladování.

PODĚKOVÁNÍ

Tato studie byla podpořena projektem QK23020047 „Ověření metod pro prokazování použití ochranných kultur při výrobě potravin živočišného původu“, financovaným Ministerstvem zemědělství České republiky v rámci Programu aplikovaného výzkumu ZEMĚ (2017–2025).

LITERATURA

- Barcenilla, C., Ducic, M., López, M., Prieto, M., Álvarez-Ordóñez, A. (2022): Application of lactic acid bacteria for the biopreservation of meat products: A systematic review. *Meat Science*, 183, 108661.
- Castellano, P., Belfiore, C., Fadda, S., Vignolo, G. (2008): A review of bacteriocinogenic lactic acid bacteria used as bioprotective cultures in fresh meat produced in Argentina. *Meat Science*, 79, 483–499.
- Cocolin, L. (2025): Microbial bioprotection: An opportunity to improve safety and quality of meat products in a sustainable way. *Meat Science*, 219, 109576.
- Djukić, D., Stojanova, M., Vesković-Moračanin, S., Stojanova, M. T., Šatana, A. (2021): The use of starter cultures in the meat industry and their effect on the quality of meat products – A review. *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences*, 07(03), 046–056.
- Dostupné z: <https://doi.org/10.30574/wjbphs.2021.7.3.0093>
- Ferysiuk, K., Wójciak, K. M. (2020): Reduction of Nitrite in Meat Products through the Application of Various Plant-Based Ingredients. *Antioxidants*, 9(8), 711. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox9080711>
- Holzappel, W. H., Geisen, R., Schillinger, U. (1995): Biological preservation of foods with reference to protective cultures, bacteriocins and food-grade enzymes. *International Journal of Food Microbiology*, 24, 343–362.
- Chen, Q., Kong, B., Han, Q., Xia, X., Xu, L. (2017): The role of bacterial fermentation in lipolysis and lipid oxidation in Harbin dry sausages and its flavour development. *LWT – Food Science and Technology*, 77, 389–396. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.075>

Ježek, F., Dušková, M., Kameník, J., Veselá, H. (2025): Vliv ochranné kultury na barvu, texturu a senzorické parametry dušené šunky / Effect of protective culture on color, texture and sensory parameters of cooked ham, 79–87. Dostupné z: <https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0079>

Jůzl, M., Kalhotka, L., Kameník, J., Dušková, M., Ondrušková, S., Slováček, J. (2026): Protective Cultures Applied in Meat Products: Technological Functions, Safety Aspects and Current Advances: A Review. *Processes*, 14(3), 425. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/pr14030425>

Martín, I., García, C., Rodríguez, A., Córdoba, J. J. (2023): Effect of a Selected Protective Culture of *Lactilactobacillus sakei* on the Evolution of Volatile Compounds and on the Final Sensorial Characteristics of Traditional Dry-Cured Fermented “Salchichón”. *Biology*, 12(1), 88. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/biology12010088>

Sánchez Mainar, M., Leroy, F. (2015): Process-driven bacterial community dynamics are key to cured meat colour formation by coagulase-negative staphylococci via nitrate reductase or nitric oxide synthase activities. *International Journal of Food Microbiology*, 212, 60–66. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.03.009>

Shakil, M. H., Trisha, A. T., Rahman, M., Talukdar, S., Kobun, R., Huda, N., Zzaman, W. (2022): Nitrites in Cured Meats, Health Risk Issues, Alternatives to Nitrites: A Review. *Foods*, 11(21), 3355. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods11213355>

Van Reckem, E., Geeraerts, W., Charmpi, C., Van der Veken, D., De Vuyst, L., Leroy, F. (2019): Exploring the Link Between the Geographical Origin of European Fermented Foods and the Diversity of Their Bacterial Communities: The Case of Fermented Meats. *Frontiers in Microbiology*, 10, 11. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02302>

Zhang, X., Kong, B., Xiong, Y. L. (2007): Production of cured meat color in nitrite-free Harbin red sausage by *Lactobacillus fermentum* fermentation. *Meat Science*, 77(4), 593–598. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.010>

Zhou, J., Ying, Y., Peng, J., Su, P., Chen, J., Hu, Y. (2022): Lactic acid bacteria and *Staphylococcus carnosus* fermentation as a means for eliminating 4-alkyl branched odour fatty acids of mutton jerky and its effect on other quality characteristics. *International Journal of Food Science and Technology*, 57(10), 6843–6851. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/ijfs.16024>

Kontaktní adresa: Ing. Jan Slováček, Ph.D., Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: jan.slovacek@mendelu.cz

THE EFFECT OF CASTRATION AND CASTRATION METHODS ON THE GROWTH PERFORMANCE, CARCASS AND MEAT QUALITY OF SOUTH AFRICAN BOER GOATS

Phillip E. Strydom¹ – Joseph M. Boden¹ – Jeannine Marais²

Louw C. Hoffman^{1,3} – Johan H. G. van Zyl¹

¹ Department of Animal Sciences, Stellenbosch University, South Africa

² Department of Food Science, Stellenbosch University, South Africa

³ Centre for Nutrition and Food Sciences, QAAFI, The University of Queensland, Australia

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0359>



ABSTRACT

The effect of immunocastration as an alternative method to physical castration, of South African (SA) Boer goats on growth performance, carcass and meat quality has not received much scientific attention and were investigated in this study. Boer goat males (between 3.5 and 4.5 months of age) were castrated using a Burdizzo emasculator (physical castration), Improvac® vaccine (immunocastration), while an intact group served as a control. The goats were fed a pelleted feedlot diet for 84 days and housed in individual pens. Intact goats gain weight faster and more efficiently and produced heavier carcasses than the two castrated groups. The meat of the two castrated groups had a lighter colour compared to meat intact males. A trained analytical sensory panel scored goat-like flavour of intact goats higher by only 2 units (100 point scale) than meat from castrated groups. No differences were noted between treatments for the meat texture attributes. If intact male and female animals can be separated in production system, intact Boer goats will perform better in feedlots without compromising meat quality.

Keywords: Boer goat, immune castration, goat-like aroma, meat colour

INTRODUCTION

South African (SA) Boer goats are mainly farmed extensively and are sold to the informal market and for religious and cultural ceremonies and rituals (DALRRD, 2023). The common perception regarding a species-specific ‘goaty’ flavour and aroma of goat meat has been the reason for the reluctance of many consumers to buy goat meat, along with goat meat being rarely available in South African retail stores (Makusha et al., 2023). The goaty flavour in goat meat is presumably due to specific branched-chain fatty acids (4-methyloctanoic and 4-ethyloctanoic acid) possibly influenced by age and sex (Nagamine and Sunagawa, 2017). Thus, the significant reduction of testosterone by physical and/or immunocastration have been identified as possible methods to reduce the goaty flavour and aroma of goat meat (Zamiri et al., 2012), thereby potentially increasing urbanised consumers’ acceptability of goat meat. In addition, because goats tend to deposit fat later in their growth cycle than sheep (Gawat et al., 2023), intensive feeding for pre-slaughter conditioning on high-energy/protein diets may further enhance the eating quality of goat meat (Pophiwa et al., 2017). Furthermore, physical castration methods which include either using a Burdizzo emasculator, rubber band elastrator or surgical testicle removal is most commonly used. However, many consumers have an antipathy towards physical castration methods used in livestock production due to ethical and animal welfare concerns (Coetzee, 2010). An alternative castration method is an immunocastration vaccine that stimulates an immune response to develop antibodies and inhibit the action of the gonadotropin-releasing hormone (GnRH) resulting in an impairment of testes functionality (Needham et al., 2017).

This study aimed to investigate the effect of the castration method on the growth, meat quality and composition, and sensory profile of SA Boer goats fed a concentrate diet in a feedlot for an extended period.

MATERIALS AND METHODS

Trial layout and growth phase and slaughter

SA Boer goat males (between 3.5 and 4.5 months of age) were castrated using different castration methods: Burdizzo emasculator (physical castration; $n = 15$), Improvac® vaccine (immunocastration; 2ml/animal at start and repeated twice with 4-week intervals; $n = 15$), while an intact group served as a control ($n = 15$). The goats were fed a pelleted grain/lucerne and oil-cake-based diet (dry matter: crude protein = 15.3%) for 84 days and housed in individual pens. Animals were slaughtered at a commercial abattoir after overnight lairage.

Sampling and carcass measurements

Carcasses were weighed and chilled overnight ($3 \pm 3^\circ\text{C}$) and cold carcass weight (CCW; kg) was calculated as 3% shrinkage and dressing percentage calculated by dividing the calculated CCW by the final body weight. A handheld pH meter (Thermo Scientific™ Eutech™ pH 450 Meter, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) was used to measure pH and temperature at 1 h and 48 h post-mortem of the *longissimus thoracis* (LT) muscle. The loin rack (*longissimus thoracis et lumborum*, LTL muscle with bones) were sampled from each carcass and shipped to the Meat Science Laboratory of the Stellenbosch University. The LTL from each carcass was cut into smaller samples as required for proximate analysis, shelf-life colour analysis, physical analysis (WBSF, thawing loss, and cooking loss) and descriptive sensory analysis (DSA).

Colour and chemical composition

Three chops of 2.5 cm thickness used for shelf-life measurements were randomly placed on polystyrene trays, labelled and wrapped with 10 µm polyvinyl chloride (PVC) film and stored at $3 \pm 1^\circ\text{C}$ in a chiller room for 0, 4 or 8 days. A Spectro-guide 45/0 gloss colourimeter (BYK-209 Gardner GmbH, Gerestried, Germany; illuminant/observer of D65/10°; 11 mm aperture) was used to measure the CIELAB colour descriptors (lightness (L^*), redness (a^*), and yellowness (b^*)) at various positions on the surface of the cut meat of each chop (King et al., 2023) on day 0 after 60 minutes bloom and on 4 and 8 days. Subsamples (2.5 g) of the homogenised sample were used to determine the moisture, ash, protein and fat of the LT (no external fat; AOAC, 2005).

Sensory analyses

LL and LT portions of the left side of the carcass were used for sensory training and tasting. The cuts were roasted uncovered, with bone and subcutaneous fat still intact, in a preheated ($163 \pm 1^\circ\text{C}$) industrial oven (Hobart, Paris, France) according to American Meat Science Association (AMSA) (2016) guidelines to an internal temperature of $71 \pm 1^\circ\text{C}$. Three cubes of meat (1 cm³ cubes, fat removed) per sample were individually wrapped, labelled with a unique code and served to a ten-member trained sensory panel. Training was done beforehand for 4 consecutive days to familiarise the panellists with aromas, flavour (various attributes) and texture (tenderness and juiciness) variation across samples and to develop a lexicon for aromas and flavours. Testing was conducted in the following days in three sessions per day where each panellist received one sample of each of the three treatment groups. Intensity rating of each attribute was done using a 100-point unstructured line scale with anchor words (0 = none; 100 = prominent).

Statistical analyses

Data was analysed using a linear mixed-effects model approach with the castration method as a fixed effect and animal and/or carcass/taste sample as random effects. For colour shelf life, days on the shelf was added

as fixed effect. Analysis of variance (ANOVA) was performed on the data using SAS software (Version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, USA). Outliers were identified and removed if the Shapiro–Wilk test indicated significant deviation from normality ($p \leq 0.050$) and the standardised residual of an observation deviated by more than three standard deviations from the model value. Post hoc Fisher's LSD multiple comparisons were used to determine differences between treatments.

RESULTS AND DISCUSSION

Intact animals gained weight faster ($p < 0.001$) and more efficiently ($p = 0.011$) and therefore produced heavier animals at slaughter ($p = 0.001$) with higher carcass weights ($p = 0.003$) than animals in the two castrated groups. The comparison of intact and Burdizzo castrated animals agree with the results of Tesema et al. (2023) and El-Waziry et al. (2011) who grain-fed Iranian goats Ardhi goats and also with the general assumption that intact animals will grow faster and efficiently due to the effect of testosterone. The testes circumference of intact goats increased from 21 cm to 31 cm over the growth period showing sexual development towards puberty. In contrast, the Improvac group recorded a final testes circumference of 21.5 cm and the Burdizzo group 19 cm. Hochmanova et al. (2024) who also reported a decrease in the size of the testes and testosterone concentration of Improvac® treated goats, compared to intact goats at four and eight weeks, respectively, after the initial vaccine was administered. No growth or carcass data were reported in these studies. Interestingly, Needham et al. (2018; 2019) reported that a Improvac® vaccinations decreased scrotal circumference and seminiferous tubule size of Dohne Merino lambs, reduced serum testosterone concentrations but had no effect on growth performance or cold carcass weight and carcass yield compared to intact lambs, although both burdizzo castrated and immunocastrated lambs produced carcasses with higher fat thickness than intact lambs (Needham et al., 2019). In the current study, castration and castration method had no effect back fat thickness of goats and also no effect on muscle fat (Table 2). The critical point on a growth curve where the rate of fat deposition is faster than muscle growth for most sheep breeds is between 20 and 42 kg, while goats are expected to reach this point at body weights of higher than 50 kg. This late maturing characteristic is the main contributor to the leanness of goat carcasses in our study as reflected by the low back fat thickness values.

Castration and castration method had no effect on initial (warm carcass) and final pH, although the final pH showed mean values above 5.8 which indicate the lower threshold for dark firm and dry meat (DFD) (Page et al., 2001) and were typical for goat meat due to higher excitability and susceptibility to peri-mortem stress (Gawat et al., 2023). In agreement, no differences in final pH were recorded across between intact lambs and burdizzo and immunocastrated treatments but all final pH values were below 5.8 (Needham et al., 2019).

Table 1: Effect (Mean $\pm$ SEM) of castration method on growth parameters of SA Boer goats after a 12-week feedlot finishing period

Growth parameters	Treatment			<i>p</i> value
	Intact	Burdizzo	Improvac®	
Initial body weight [kg]	24.63 $\pm$ 0.927	23.00 $\pm$ 0.960	24.04 $\pm$ 0.927	0.475
Average daily gain [kg]	0.32 $\pm$ 0.008 ^a	0.26 $\pm$ 0.008 ^b	0.26 $\pm$ 0.008 ^b	<0.001
Feed conversion ratio [kg/kg]	5.00 $\pm$ 0.148 ^a	5.49 $\pm$ 0.153 ^b	5.63 $\pm$ 0.148 ^b	0.011
Slaughter weight [kg]	51.85 $\pm$ 1.324 ^a	44.94 $\pm$ 1.371 ^b	45.60 $\pm$ 1.324 ^b	0.001
Cold carcass weight [kg]	24.28 $\pm$ 0.670 ^a	21.83 $\pm$ 0.700 ^b	20.84 $\pm$ 0.670 ^b	0.003
Dressing [%]	46.93 $\pm$ 1.071	47.07 $\pm$ 1.109	45.84 $\pm$ 1.071	0.680

Notes: a, b Means in rows with different superscripts differ ($p < 0.05$) with *p* values in bold. SEM = standard error from the mean

Even though colour is not necessarily an indication of actual eating quality, consumers do tend to interpret it as such (Tomasevic et al., 2021). Ultimate pH and temperature as well as the rate of pH and temperature decline have been reported as the main contributors to the ultimate meat colour. These characteristics may be influenced by numerous factors such as peri-mortem stress, breed, sex, age, weight, degree of fatness, cool room capacity, and load (Mahmood et al., 2019).

Table 2: Means ($\pm$ SEM) of the effect of castration method on intramuscular fat, pH and colour descriptors and drip loss

Parameter	Treatment			<i>p</i> value
	Intact	Burdizzo	Improvac®	
Back fat thickness [mm]	2.74 $\pm$ 0.212	2.94 $\pm$ 0.219	2.52 $\pm$ 0.212	0.397
Muscle fat [%]	3.38 $\pm$ 0.151	3.76 $\pm$ 0.156	3.67 $\pm$ 0.151	0.194
pH ₁	6.53 $\pm$ 0.055	6.45 $\pm$ 0.057	6.53 $\pm$ 0.055	0.523
pH _u	5.89 $\pm$ 0.069	5.87 $\pm$ 0.071	5.85 $\pm$ 0.069	0.938
T ₁ , [°C]	29.72 $\pm$ 0.704	30.11 $\pm$ 0.729	30.83 $\pm$ 0.704	0.534
Colour descriptors				
<i>L</i> *	37.34 $\pm$ 0.360 ^b	38.43 $\pm$ 0.373 ^a	38.51 $\pm$ 0.360 ^a	0.040
<i>a</i> *	12.53 $\pm$ 0.204	12.99 $\pm$ 0.211	12.66 $\pm$ 0.204	0.280
<i>b</i> *	10.60 $\pm$ 0.260	11.22 $\pm$ 0.269	10.93 $\pm$ 0.260	0.260

Notes: *a*, *b* Means in rows with different superscripts differ ($p < 0.05$). SEM = standard error from the mean. pH₁ = pH one hour post-mortem, pH_u = pH 48 hours post-mortem, T₁ = temperature one hour post-mortem

Loin muscle of intact goats was darker (lower *L** values; $p = 0.040$), even though there was no difference between the mean pH values of the treatment groups. The numerical difference in *L** was only 1 unit. In contrast to our study, Van Wyk et al. (2022) recorded higher values for *L** and lower values for *a** for the loin muscle of intact Boer goats compared to castrates on day 1 of display, but no effects were recorded at day 4. The colour of intact animals also tended to deteriorate sooner, as measured by higher hue angle values on days 1 and 4. Our study showed no interactions between treatment and shelf days and hue angle values of all treatments increased towards day 4 and then declined (not presented). Needham et al. (2019) reported no differences between intact, Burdizzo and immunocastrated (Improvac®) lambs for *L** and *b** values. However, castration by Burdizzo or immunocastration resulted in lower values for *a**. Immunocastration with the last injection 6 weeks prior to slaughter produced the poorest colour outcomes in their study. Popphiwa et al. (2017) found that higher pH values in goats resulted in darker meat (low *L** values) and higher water holding capacity, thus lower drip loss values. pH_u values in our study varied and 50% of the values were above 5.8, the lower threshold for dark, firm and dry (DFD) meat, and 30 % above 6.0, although this was not affected by castration or castration method. Higher pH values showed an fairly strong inverse relationship with *L** ($r = 0.77$) as was expected.

No effect of castration and castration method was found for any aroma or flavour, juiciness or tenderness, except that ‘goat-like flavour’ (but not aroma) was scored higher for intact animals ($p = 0.004$). This is in agreement with Aung et al. (2023). However, the mean difference in scores was small in our study, i.e. 3–3.5 units. and it is unlikely that an untrained consumer will be able to identify a difference. The intensity of the goat-like aroma or flavours of the intact treatment group was expected to be more prominent due to the presumed effect of male hormones (such as testosterone) (Nagamine and Sunagawa, 2017; Needham et al., 2017) but the low scores and small differences are probably due to the young age of the goats and could be expected to increase at higher maturity.

Table 3: Mean scores ($\pm$ SEM) for selected aroma, flavour and texture attributes of SA Boer goat *longissimus* muscle as affected by different castration methods.

Attribute	Treatment			p value
	Intact	Burdizzo	Improvac®	
Meaty aroma	66.14 $\pm$ 0.375	66.72 $\pm$ 0.373	66.52 $\pm$ 0.201	0.440
Fatty aroma	20.83 $\pm$ 0.048	20.94 $\pm$ 0.072	20.88 $\pm$ 0.064	0.471
Goat-like aroma	9.77 $\pm$ 0.892	9.11 $\pm$ 0.612	9.03 $\pm$ 0.615	0.731
Meaty flavour	70.78 $\pm$ 0.370	71.79 $\pm$ 0.428	70.45 $\pm$ 0.435	0.073
Fatty flavour	22.64 $\pm$ 0.217	22.88 $\pm$ 0.205	22.76 $\pm$ 0.192	0.717
Goat-like flavour	19.81 $\pm$ 0.750 ^a	17.90 $\pm$ 0.409 ^b	16.89 $\pm$ 0.531 ^b	0.004
Sustained juiciness	69.36 $\pm$ 0.904	69.54 $\pm$ 0.808	68.51 $\pm$ 0.851	0.665
Tenderness	70.82 $\pm$ 0.968	70.49 $\pm$ 1.265	70.76 $\pm$ 1.069	0.976

Notes: a, b Values in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$). SEM = standard error from the mean. All scores were given on a 100-point unstructured line scale with anchor words: 0 = none, 100 = prominent for aroma and flavour, 0 = extremely dry, 100 = extremely juicy for sustained juiciness and 0 = not tender, 100 = tender for tenderness

CONCLUSIONS

Immunocastration with Improvac proved to have the same effect on growth and carcass characteristics as burdizzo castration and could effectively be used on goats as a less invasive or painful castration method. Intact goats produced over an extended intensive feeding period, i.e. longer than sheep (lambs) will grow faster and more efficiently and produce larger carcasses than castrated animals and will have acceptable carcass fatness levels at slaughter. Intact Boer goats will produce acceptable meat quality in terms of flavour, tenderness and juiciness, comparable to castrated animals with a small risk of off-flavours.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to thank Mrs M. van der Rijst for performing the statistical analysis.

REFERENCES

- American Meat Science Association (AMSA) (2016): Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation and Instrumental Tenderness of Meat Second Edition.
- AOAC (2005): Official method of analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC, USA.
- Aung, S. H., Abeyrathne, E. D. N. S., Hossain, M. A., Jung, D. Y., Kim, H. C., Jo, C., Nam, K. C. (2023): Comparative quality traits, flavor compounds, and metabolite profile of Korean Native Black goat meat. *Food Science of Animal Resources*, 43 (4), 639–658. Available at: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2023.e25>
- Coetzee, J. F., Nutsch, A. L., Barbur, L. A., Bradburn, R. M. (2010): A survey of castration methods and associated livestock management practices performed by bovine veterinarians in the United States. *BMC Veterinary Research*, 6, 12. Available at: <https://doi.org/10.1186/1746-6148-6-12>
- DALRRD, Department of Agriculture, Land Reform and Rural Development (2023): A profile of the South African goat market value chain 2023.
- El-Waziry, A. M., Al-Owaimer, A. N., Suliman, G. M., Hussein, E. S., Abouheif, M.A. (2011): Performance, carcass characteristics and meat quality of intact and castrated ardhi goat kids fed high energy diet. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10, 2157–2162. Available at: <https://doi.org/10.3923/javaa.2011.2157.2162>

- Gawat, M., Boland, M., Singh, J., Kaur, L. (2023): Goat Meat: Production and Quality Attributes. *Foods*, 12(16), 3130. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods12163130>
- Hochmanova, A., Novotny, R., Simkova, I., Plesko, M., Bina, V., Indrova, E. (2024): Use of immunocontraception in the regulation of male goat sexual activity. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 27(3), 441–450. Available at: <https://doi.org/10.24425/pjvs.2024.151737>
- Mahmood, S., Dixon, W. T., Bruce, H. L. (2019): Cattle production practices and the incidence of dark cutting beef. *Meat Science*, 157, 107873. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107873>
- Nagamine, I., Sunagawa, K. (2017): Effects of the castration on the growth, meat production and odours in male goats. *Animal Behaviour and Management*, 53(4), 137–150. Available at: https://doi.org/10.20652/ABM.53.4_137
- Makusha, A., Ikusika, O. O., Akinmoladun, O. F., Mpendulo, C. T. (2023): Investigation of goat meat consumption in relation to market potential among major stores in Eastern Cape, South Africa. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 23(10), 24964–24985. Available at: <https://doi.org/10.18697/ajfand.125.23875>
- Needham, T., Lambrechts, H., Hoffman, L. C. (2017): Castration of male livestock and the potential of immunocastration to improve animal welfare and production traits: Invited review. *South African Journal of Animal Sciences*, 47, 731–742. Available at: <https://doi.org/10.4314/sajas.v47i6.1>
- Needham, T., Lambrechts, H., Hoffman, L. C. (2019): Influence of extending the pre-slaughter interval after second vaccination on the carcass cutting yield and the quality of meat from immunocastrated lambs. *Meat Science*, 148, 13–18. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.09.014>
- Page, J. K., Wulf, D. M., Schwotzer, T. R. (2001): A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science*, 79(3), 678–687. Available at: <https://doi.org/10.2527/2001.793678x>
- Pophiwa, P., Webb, E. C., Frylinck, L. (2017): Carcass and meat quality of Boer and indigenous goats of South Africa under delayed chilling conditions. *South African Journal of Animal Science*, 47(6), 794–803. Available at: <https://doi.org/10.4314/SAJAS.V47I6.7>
- Tesema, Z., Kefale, A., Deribe, B., Tilahun, M., Lakew, M., Alebachew, G. W., Belayneh, N., Zegeye, A., Yizengaw, L., Alemayehu, K., Getachew, T., Kebede, D., Taye, M., Gizaw, S. (2023): Growth curve analysis in different generations of Boer x Central Highland goats using alternative estimation models. *PLoS ONE*, 18(11), e0293493. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293493>
- Tomasevic, I., Djekic, I., Font-i-Furnols, M., Terjung, N., Lorenzo, J. M. (2021): Recent advances in meat color research. *Current Opinion in Food Science*, 41, 81–87. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.COFS.2021.02.012>
- Van Wyk, G. L., Hoffman, L. C., Strydom, P. E., Frylinck, L. (2022): Differences in Meat Quality of Six Muscles Obtained from Southern African Large-Frame Indigenous Veld Goat and Boer Goat Wethers and Bucks. *Animals*, 12(3), 382. Available at: <https://doi.org/10.3390/ani12030382>
- Zamiri, M. J., Eilami, B., Kianzad, M. R. (2012): Effects of castration and fattening period on growth performance and carcass characteristics in Iranian goats. *Small Ruminant Research*, 104(1–3), 55–61. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.11.008>

Contact Information: Prof. Phillip Strydom, Department of Animal Sciences, Stellenbosch University, South Africa, e-mail: pestrydom@sun.ac.za

**PODPORA DLOUHODOBÉHO KOJENÍ U STUDENTŮ
A STUDENTEK LÉKAŘSKÉ FAKULTY MU**

**SUPPORT FOR LONG-TERM BREASTFEEDING AMONG STUDENTS
OF THE FACULTY OF MEDICINE, MASARYK UNIVERSITY**

Veronika Suchodolová¹ – Magdaléna Výstupová¹

**¹ Ústav veřejného zdraví, Lékařská fakulta,
Masarykova univerzita, Kamenice 753/5, 625 00 Brno, Česká republika**

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0365>



ABSTRAKT

Mateřské mléko je přirozenou součástí stravy kojenců ale i starších dětí. Mateřské mléko a kojení jako takové je velmi přínosné i pro děti starší 24 měsíců. Mezi tyto benefity patří například snížení rizika rozvoje nadváhy a obezity v pozdějším věku, posílení imunitního systému a příznivý vliv na kognitivní vývoj. Kojení je ale pozitivní i pro matku a celkově má významný vliv i na veřejné zdraví. Pojem dlouhodobé kojení nemá jednotně stanovenou definici a jeho společenské vnímání je často rozporuplné. Významnou roli v podpoře kojení sehrávají zdravotničtí pracovníci, jejichž edukace a respektování Mezinárodního kodexu marketingu náhrad mateřského mléka mohou ovlivnit rozhodování matek o délce kojení. Tato práce porovnává znalosti, postoje a chování studentů před a po absolvování výuky zaměřené na podporu a ochranu kojení. Výsledky u sledovaného souboru popisují zlepšení znalostí v oblasti doporučené délky kojení, obsahu Mezinárodního kodexu i benefitů kojení. Studenti z vyšších ročníků vykazovali pozitivnější postoje ke kojení starších dětí, včetně kojení na veřejnosti, a ve vyšší míře by matkám doporučovali delší dobu kojení.

Klíčová slova: kojení, mateřské mléko, podpora, délka kojení

ABSTRACT

Breast milk is a natural part of the diet of infants and older children. Breast milk and breastfeeding are very beneficial even for children older than 24 months. These benefits include, for example, a reduced risk of developing overweight and obesity later in life, a strengthened immune system, and a positive effect on cognitive development. Breastfeeding is also beneficial for the mother and has a significant impact on public health overall. The term “long-term breastfeeding” does not have a uniform definition, and its social perception is often contradictory. Healthcare professionals play an important role in promoting breastfeeding, and their education and respect for the International Code of Marketing of Breast-milk Substitutes can influence mothers’ decisions about the duration of breastfeeding. This study compares the knowledge, attitudes, and behaviors of students before and after completing a course focused on promoting and protecting breastfeeding. The results for the study sample indicate an improvement in knowledge regarding the recommended duration of breastfeeding, the content of the International Code, and the benefits of breastfeeding. Students in higher grades exhibited more positive attitudes toward breastfeeding older children, including breastfeeding in public, and were more likely to recommend longer breastfeeding durations to mothers.

Keywords: breastfeeding, breast milk, support, duration of breastfeeding

ÚVOD

Kojení představuje biologickou normu a nenahraditelný způsob výživy s hlubokým dopadem na zdraví jedince i celospolečenský blahobyt. V souladu s doporučeními WHO a UNICEF, která jsou od roku 2005 součástí

zdravotní politiky ČR, je prosazováno výlučné kojení do 6. měsíce s následným pokračováním do 2 let věku či déle (WHO, 2026). Ačkoliv je při odchodu z porodnice dle aktuálních dat téměř 75 % dětí tzv. plně kojeno (NZIP, 2025), je následně v ČR evidován spíše strmý klesající trend – v šesti měsících bylo dle dostupných údajů kojeno pouze 30,5 % dětí (Laktační liga, 2021). Tato skutečnost podtrhuje naléhavost systematické podpory laktace, a to zejména skrze edukaci budoucích lékařů.

Význam kojení po prvním roce života nespočívá pouze v pokrytí 35–40 % energetické potřeby dítěte, ale především v unikátní imunitní podpoře (např. IgA, laktoferin). Dlouhodobá laktace působí jako protektivní faktor v prevenci obezity (pokles rizika o 22 %), hypertenze a rozvoje kognitivních funkcí (Výstupová, 2025).

Pro matku má kojení prokazatelný kumulativní efekt. Laktace delší než 12 měsíců signifikantně snižuje riziko karcinomu prsu a vaječníků (pokles až o 37 %) a zlepšuje metabolické zdraví (prevence diabetu 2. typu a kardiovaskulárních chorob). Psychologický přínos spočívá v regulaci stresu skrze oxytocin a posílení citové vazby (Výstupová, 2025).

Odhad celkových globální ekonomických ztrát plynoucích z nákladů spojených s nekojením dosahuje ročně více jak 340 miliard USD (Walters et al., 2019). Kojení je zároveň nejehospodárnějším a nejekologičtějším systémem výživy s nulovou uhlíkovou stopou, na rozdíl od produkce náhrad mateřského mléka (NMM), která je energeticky i vodohospodářsky (Kudlová, 2020).

Klíčovým nástrojem ochrany je Mezinárodní kodex marketingu náhrad mateřského mléka (WHO, 1981). Ten striktně reguluje marketing NMM a pomůcek do 3 let věku, zakazuje přímou propagaci matkám a definuje etickou roli zdravotnických zařízení. Právě nedostatečný monitoring Kodexu v praxi a přetrvávající marketingové tlaky akcentují potřebu kvalitního pregraduálního vzdělávání studentů lékařských fakult jakožto budoucích garantů odborné podpory kojících žen (Výstupová, 2025).

MATERIÁL A METODIKA

Výzkum byl realizován formou anonymního dotazníkového šetření v období od prosince 2024 do března 2025. Cílovou skupinou byli studenti a studentky oboru Všeobecné lékařství na Lékařské fakultě Masarykovy univerzity (LF MU).

Sběr a analýza dat: K získání dat byl využit nestandardizovaný dotazník vlastní konstrukce obsahující 22 položek. V rámci předběžného testování byla pilotně ověřena jeho srozumitelnost. Otázky byly zaměřeny na tři klíčové domény: znalosti, postoje a chování v souvislosti s podporou a ochranou dlouhodobého kojení. Data byla statisticky zpracována v programu Microsoft Excel a následně vyhodnocena pomocí metod deskriptivní statistiky.

Charakteristika souboru: Celkem bylo distribuováno a následně analyzováno 126 validních dotazníků. Soubor tvořilo 64 % žen ($n = 80$), 35 % mužů ($n = 45$) a 1 % respondentů uvedlo jiné pohlaví. Respondenti byli rozděleni do dvou komparativních skupin podle absolvování výuky tématu ochrany a podpory kojení v rámci předmětu Ochrana veřejného zdraví II ve 3. ročníku studia. Skupinu před výukou (studující 1. a 2. ročníku) tvořilo

51 % studentů a skupinu po výuce (studující 5. a 6. ročník) 49 %.

Cílem tohoto rozdělení bylo komparativně posoudit vliv pregraduálního vzdělávání na míru informovanosti a postoje budoucích lékařů k problematice kojení.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Analýza dat prokázala, že cílená výuka na LF MU zvyšuje odbornou kompetenci mediků, avšak naráží na limity v oblasti hlubší internalizace praktických doporučení.

1. Znalostní progres a etické povědomí

Studenti po absolvované výuce častěji uváděli správnou interpretaci doporučení WHO o délce kojení (z 18,8 % na 61,3 %). Zásadní posun nastal i v informovanosti o Mezinárodním kodexu marketingu NMM, o kterém před výukou 64 % studentů nemělo žádné znalosti. Po výuce již 77 % respondentů identifikovalo nepřipustnost propagace NMM ve zdravotnických zařízeních. Přesto přetrvávají rezervy v oblasti profesní etiky – pouze 21 % studentů v závěru studia vnímá sponzoring odborných akcí výrobci NMM jako problematický.

Studenti 5. a 6. ročníků také s vyšší frekvencí identifikovali dlouhodobé přínosy laktace. Vzrostly znalosti vlivu kojení na prevenci obezity u kojených dětí (ze 14 % na 83 %) a onkoprotektivním účinku pro matku (ze 45 % na 87 %). Studenti po výuce také v hojnější míře definovali „dlouhodobé kojení“ v souladu s biologickou normou, tedy jako proces trvající 24 měsíců a déle (nárůst z 50 % na 69 %).

2. Transformace postojů a vyvracení mýtů

Srovnání odpovědí před a po výuce poukazuje souvislost mezi vzděláním a odbouráváním medicínských mýtů.

Zásadní je odmítnutí teze, že příkrmy mají kojení nahradit – tento mýtus po výuce odmítalo 90 % respondentů (nárůst ze 44 %). Zajímavým zjištěním je stagnace v názoru na vznik závislosti – přibližně 35 % studentů v obou skupinách se domnívalo, že kojení nad 2 roky podporuje nezdravou závislost na matce. To naznačuje, že tyto psychologické mýty jsou odolnější vůči standardní klinické výuce. Po výuce se studenti stali mnohem vyhraněnějšími v obhajobě systému podpory. Zatímco před výukou 42 % studentů nedokázalo ohodnotit, zda je podpora kojení v ČR přehnaná, po výuce jich 94 % jasně deklarovalo, že z jejich pohledu podpora přehnaná není.

3. Bariéry v praktickém doporučení a stigmatizace

Navzdory vysoké míře teoretického porozumění benefitům přetrvává v souboru významná diskrepance mezi znalostmi a ochotou k praktické podpoře. I přes znalost doporučení WHO a přínosů pro dítě, matku a společnost by ve sledovaném souboru studentů 5. a 6. ročníků dlouhodobé kojení (nad 2 roky) aktivně doporučovalo stále poměrně malé procento studentů (19 %, před výukou 5 %).

Studenti po výuce méně často vnímali společenskou stigmatizaci dlouhodobě kojících matek (pokles z 52 % na 27 %), což může být ovlivněno jejich vlastním odborným přijetím laktace. Stále však 52 % budoucích lékařů vnímá společenskou stigmatizaci u matek, které nekojí.

Kojení dětí starších 24 měsíců na veřejnosti vnímá negativně 21 % studentů po výuce (před výukou 28 %). Otevřené odpovědi odhalily, že budoucí lékaři i v závěru studia pocítují u laktace starších batolat diskomfort.

Ukazuje se, že velký význam v této problematice má i vlastní zkušenost, v souladu s existující literaturou vykazují pozitivnější postoje k dlouhodobému kojení především ti, kteří mají osobní zkušenost s laktací delší než 12 měsíců (Baranowska et al., 2019).

Při hodnocení výsledků je nutné zohlednit limity této práce, která vychází ze závěrečné práce bakalářského studia. Analýza dat byla omezena na **deskriptivní statistické zpracování** u relativně malého souboru respondentů z jedné fakulty. I přes tato metodologická omezení však získaná data jasně definují klíčové oblasti, na které by se mělo pregraduální vzdělávání v budoucnu zaměřit.

ZÁVĚR

Pregraduální vzdělávání efektivně buduje teoretický základ a vyvrací mýty o nutriční nedostatečnosti mateřského mléka. Hlavní výzvou však zůstává transformace těchto znalostí do proaktivního lékařského

doporučení a odbourávání psychosociálních mýtů (např. o závislosti), které u budoucích lékařů stále limitují praktickou podporu kojení v období batolete.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji kolegům z Ústavu veřejného zdraví Lékařské fakulty Masarykovy univerzity za spolupráci při sběru dotazníků.

LITERATURA

Baranowska, B., Malinowska, M., Stanaszek, E., et al. (2019): Extended Breastfeeding in Poland: Knowledge of Health Care Providers and Attitudes on Breastfeeding Beyond Infancy. *Journal of Human Lactation*, 35(2), 371–380. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/0890334418819448>

Kudlová, E. (2020): Ekologické aspekty (ne)kojení. Šance Dětem [online]. [vid. 2026-03-30]. Dostupné z: <https://sancedetem.cz/o-cem-se-mluvi/verejne-zdravi-zacina-kojenim-dustojne-stari-uz-v-deloze>

Laktační liga (2021): Kojení v ČR 2021. Kojeni.cz [online]. [vid. 2026-03-30]. Dostupné z: <https://www.kojeni.cz/statistiky/kojeni-v-cr-2021/>

Národní zdravotnický informační portál (NZIP) (2024): Kojení v Česku (infografika). NZIP [online]. [vid. 2026-03-30]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/data/1954-kojeni-ceska-republika-infografika>

Výstupová, M. (2025): Podpora dlouhodobého kojení u studentů a studentek Lékařské fakulty MU. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta [online]. [vid. 2026-03-30]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/jvwlh/>

Walters, D. D., Phan, L. T. H., Mathisen, R. (2019): The cost of not breastfeeding: global results from a new tool. *Health Policy and Planning*, 34(6), 407–417. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/heapol/czz050>

World Health Organization (1981): International Code of Marketing of Breast-milk Substitutes. WHO [online]. [vid. 2026-03-30]. ISBN 92-4-154160-1.

Dostupné z: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/f6704ad6-4ce5-4f37-8562-5a64f0f693ae/content>

World Health Organization (2026): Breastfeeding. WHO [online]. [vid. 2026-03-30]. Dostupné z: <https://www.who.int/health-topics/breastfeeding>

Kontaktní adresa: Mgr. Veronika Suchodolová, Ústav veřejného zdraví, Lékařská fakulta, Masarykova univerzita, Kamenice 753/5, 625 00 Brno, e-mail: veronika.suchodolova@med.muni.cz

VLIV PE/PA VAKUOVÉHO BALENÍ NA LYOFILIZOVANÉ BOJOVÉ POTRAVINOVÉ DÁVKY SKLADOVANÉ PŘI 5, 25 A 40 °C

EFFECT OF PE/PA VACUUM PACKAGING ON FREEZE-DRIED COMBAT RATIONS STORED AT 5, 25 AND 40 °C

Martin Szotkowski¹ – Jiří Malíšek¹ – Markéta Pětová¹ – Kristina Trenzová¹ – Kateřina Křištofová²

¹ Laboratoř výzkumu jakosti a bezpečnosti potravin, Katedra logistiky, Fakulta vojenského leadershipu, Univerzita obrany, Kounicova 65, 662 10 Brno, Česká republika

² Ústav hygieny a technologie potravin rostlinného původu, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0369>



ABSTRAKT

Zajištění dlouhodobé stability a bezpečnosti bojových a nouzových dávek je nezbytné pro operační připravenost a krizovou reakci. Tato studie hodnotila stabilitu lyofilizovaných pokrmů určených pro vojenské použití podle standardu NATO AMedP 1.11 s důrazem na vhodnost vakuového balení z polyethylenu/polyamidu (PE/PA) jako lehké alternativy k bariérovým materiálům na bázi hliníku. Bylo vyrobeno a lyofilizováno pět typů pokrmů: hovězí guláš, vepřový guláš, hovězí s ječným vejcem, vepřové s ječným vejcem a kuřecí s ječným vejcem. Porce byly vakuově uzavřeny v PE/PA sáčcích a skladovány 12 měsíců při teplotě 5 °C, 25 °C a 40 °C, aby se simulovaly podmínky chladu, okolního prostředí a zrychleného stárnutí. Fyzikálně-chemická stabilita byla sledována pomocí vodní aktivity, obsahu vlhkosti, pH a změny barvy. Vodní aktivita zůstala po celou dobu skladování pod kritickou hranicí pro mikrobiální růst, v rozmezí přibližně od 0,15 při 5 °C do 0,38 při 40 °C. Mikrobiologické analýzy potvrdily absenci patogenní kontaminace ve všech pokrmech. Senzorické hodnocení ukázalo, že pokrmy skladované při teplotách 5 °C a 25 °C si zachovaly přijatelnou kvalitu, zatímco skladování při 40 °C vedlo k významnému poklesu sensorických vlastností, zejména textury a chuti. Skladování při vysokých teplotách podporovalo oxidační znehodnocování, přičemž zvýšená žluklost byla nejvýraznější u pokrmů gulášového typu. Výsledky ukazují, že lyofilizace v kombinaci s vakuovým balením z PE/PA poskytuje účinnou mikrobiologickou bezpečnost a uspokojivou krátkodobou až střednědobou stabilitu za mírných podmínek. Mírné bariérové vlastnosti PE/PA pro ochranu proti kyslíku a vlhkosti však nemusí být dostatečné pro zachování sensorické kvality během dlouhodobého skladování při zvýšených teplotách. Tato zjištění zdůrazňují důležitost výběru obalů a kontroly skladovací teploty při vývoji a logistickém nasazení stabilních, přijatelných a nutričně spolehlivých vojenských dávek.

Klíčová slova: lyofilizace, vojenské dávky, PE/PA balení, vakuové těsnění, trvanlivost, sensorická stabilita, aktivita vody

ABSTRACT

Ensuring long-term stability and safety of combat and emergency rations is essential for operational readiness and crisis response. This study evaluated the stability of freeze-dried meals intended for military use according to NATO Standard AMedP 1.11, with emphasis on the suitability of polyethylene/polyamide (PE/PA) vacuum packaging as a lightweight alternative to aluminium-based barrier materials. Five meal types were produced and freeze-dried: beef goulash, pork goulash, beef with egg barley, pork with egg barley, and chicken with egg barley. Portions were vacuum-sealed in PE/PA pouches and stored for 12 months at 5 °C, 25 °C, and 40 °C to simulate cold, ambient, and accelerated aging conditions. Physicochemical stability was

monitored using water activity, moisture content, pH, and color parameters. Water activity remained below the critical threshold for microbial growth throughout storage, ranging approximately from 0.15 at 5 °C to 0.38 at 40 °C. Microbiological analyses confirmed the absence of pathogenic contamination across all meals and sampling points. Sensory evaluation showed that meals stored at 5 °C and 25 °C retained acceptable quality, while storage at 40 °C resulted in a significant decline in sensory attributes, particularly texture and taste. High-temperature storage promoted oxidative deterioration, with increased rancidity most pronounced in goulash-type meals. The results demonstrate that freeze-drying combined with PE/PA vacuum packaging provides effective microbiological safety and satisfactory short-to-medium-term stability under temperate conditions. However, the moderate oxygen and moisture barrier properties of PE/PA may be insufficient to preserve sensory quality during prolonged storage at elevated temperatures. These findings highlight the importance of packaging selection and storage temperature control in the development and logistical deployment of stable, acceptable, and nutritionally reliable military rations.

Keywords: freeze-drying, military rations, PE/PA packaging, vacuum sealing, shelf life, sensory stability, water activity

ÚVOD

Zajištění stabilních, bezpečných a nutričně hodnotných potravinových dávek představuje klíčový prvek logistické podpory ozbrojených sil, zejména při dlouhodobých operacích, výcviku a nasazení v náročných klimatických podmínkách. Bojové potravinové dávky musí splňovat požadavky na mikrobiologickou bezpečnost, skladovatelnost, nízkou hmotnost, snadnou manipulaci a současně dostatečnou senzorickou přijatelnost, protože ta přímo ovlivňuje reálný příjem energie a živin během výkonu (NATO, 2009; NATO, 2014). V praxi přitom často dochází k tomu, že i mikrobiologicky bezpečný výrobek může být z hlediska chuti, vůně nebo textury nevyhovující, což snižuje jeho využitelnost v reálných podmínkách nasazení.

Jednou z perspektivních technologií pro přípravu dlouhodobě stabilních jídel je lyofilizace (sušení mrazem), která umožňuje odstranit vodu z potravin sublimací při nízké teplotě a sníženém tlaku. Oproti konvenčním metodám sušení nabízí lyofilizace výhodu lepšího zachování struktury, senzorických vlastností a části nutričně významných složek, zároveň výrazně snižuje hmotnost a zvyšuje logistickou přenositelnost hotových porcí (Ratti, 2001; Duan et al., 2015). Zásadním efektem lyofilizace je snížení vodní aktivity, která je považována za jeden z hlavních faktorů určujících mikrobiologickou stabilitu sušených potravin (Barbosa-Cánovas et al., 2020; Peleg, 2022). Díky nízké vodní aktivitě lze dosáhnout dlouhodobé skladovatelnosti bez nutnosti chlazení, což je z pohledu armádní logistiky významný benefit.

Pro reálnou stabilitu lyofilizovaných jídel je však kromě samotné technologie výroby rozhodující také volba obalového systému. Obal musí omezovat pronikání kyslíku a vodních par do produktu, protože právě tyto faktory urychlují chemické změny, zejména oxidaci lipidů, degradaci aromatických látek a postupné zhoršování senzorické kvality během skladování (Lange a Wyser, 2003; Ruiz-Capillas a Moral, 2021). Tradičně jsou pro dlouhodobé skladování citlivých potravin využívány vícevrstvé materiály s vysokou bariérovou účinností, například hliníkové lamináty, které poskytují velmi dobrou ochranu vůči kyslíku i vlhkosti, avšak mohou zvyšovat hmotnost, cenu a nároky na manipulaci (Lamberti a Escher, 2007). Alternativou mohou být lehčí polymerní materiály typu PE/PA, které jsou flexibilní a snadno použitelné ve vakuovém balení, nicméně jejich bariérové vlastnosti mohou být v dlouhodobém horizontu limitující (Lange a Wyser, 2003).

Zhoršení kvality lyofilizovaných masných výrobků během skladování bývá nejčastěji spojeno s oxidačními procesy, které vedou ke vzniku žluklosti, změnám chuti a vůně a v některých případech i k barevným změnám produktu. Tyto procesy mohou probíhat i při nízké vodní aktivitě, přičemž jejich rychlost je ovlivněna zejména

teplotou skladování a dostupností kyslíku (Sun et al., 2002; Ruiz-Capillas a Moral, 2021). Vakuové balení může tyto změny zpomalit, avšak účinnost závisí na tom, jak dobře obal brání pronikání kyslíku do výrobku v průběhu času (Farkas, 2020). Proto je pro potraviny určené do bojových dávek důležité hodnotit nejen mikrobiologickou bezpečnost, ale také dlouhodobou senzorickou stabilitu při teplotách odpovídajících reálným podmínkám skladování.

Cílem této studie bylo posoudit stabilitu vybraných lyofilizovaných jídel určených pro bojové potravinové dávky, která byla vakuově balena do PE/PA obalů a skladována při 5 °C, 25 °C a 40 °C po dobu až 12 měsíců. Hodnoceny byly změny vodní aktivity, fyzikálně-chemických parametrů, mikrobiologické bezpečnosti a senzorické přijatelnosti, aby bylo možné určit vhodnost tohoto typu balení pro různé scénáře vojenského použití (NATO, 2009; NATO, 2014).

MATERIÁL A METODIKA

Pět druhů pokrmů bylo připraveno podle standardizovaných technologických postupů: hovězí guláš, vepřový guláš, hovězí s tarhoňou, vepřové s tarhoňou a kuřecí s tarhoňou. U všech variant byla dodržena jednotná technologická logika přípravy tak, aby bylo možné porovnat stabilitu produktů především v závislosti na skladovací teplotě a typu pokrmu. Po uvaření byly pokrmy homogenizovány promícháním a porcovány do jednotných dávek s maximální tloušťkou vrstvy ≤ 20 mm, což umožnilo rovnoměrný průběh mražení i následné sublimace během lyofilizace.

Pokrmy byly zmrazeny při teplotě -40 ± 2 °C po dobu 24 hodin, aby došlo k úplné krystalizaci vody v celém objemu vzorku a minimalizovalo se riziko nerovnoměrného sušení. Následně byly vzorky lyofilizovány v poloprovozním lyofilizátoru. Cílovým parametrem byla konečná vlhkost < 4 %, která je pro lyofilizované potraviny žádoucí z hlediska prodloužení skladovatelnosti a omezení chemických i mikrobiologických změn. Po ukončení procesu byly vzorky ponechány k temperaci v laboratorních podmínkách tak, aby nedocházelo ke kondenzaci vlhkosti při manipulaci a balení.

Lyofilizované pokrmy byly následně baleny do vícevrstvých sáčků z PE/PA o tloušťce 90 μ m. Balení bylo provedeno vakuovým uzavřením s nastavením 90% vakua po dobu 10 s a s použitím dvojitého těsnění, čímž se minimalizovalo riziko netěsností během dlouhodobého skladování. Bariérové vlastnosti obalového materiálu byly charakterizovány hodnotami OTR 2,5 $\text{cm}^3/\text{m}^2/24$ h při 23 °C a WVTR 5,8 $\text{g}/\text{m}^2/24$ h při 38 °C a 90% relativní vlhkosti. Tyto parametry představují klíčové ukazatele pro posouzení vhodnosti obalu pro lyofilizované potraviny, protože ovlivňují rychlost pronikání kyslíku a vodních par do výrobku, a tím i riziko oxidačních změn, změn vodní aktivity a senzorické degradace během skladování.

Vzorky byly skladovány při teplotě 5 °C, 25 °C a 40 °C po dobu až 12 měsíců. Teploty byly zvoleny tak, aby reprezentovaly podmínky chlazeného skladování, běžného skladování při okolní teplotě a urychleného skladování při zvýšené teplotě, které simuluje náročné podmínky v teplém klimatu nebo při dlouhodobém transportu. Analýzy byly prováděny v předem definovaných intervalech během skladování tak, aby bylo možné sledovat dynamiku změn a případné zhoršování kvality v čase.

Fyzikálně-chemické analýzy zahrnovaly stanovení vodní aktivity (a_w), obsahu vlhkosti, pH a barevných parametrů. Vodní aktivita byla využita jako klíčový ukazatel stability a potenciálního mikrobiologického rizika, zatímco obsah vlhkosti umožnil posoudit případný příjem vodních par přes obal během skladování. Hodnota pH byla sledována jako doplňkový parametr stability potravinové matrice. Barva byla hodnocena instrumentálně v systému CIELAB a změny byly vyjádřeny pomocí celkové barevné odchylky ΔE , která umožňuje objektivní porovnání mezi jednotlivými variantami i skladovacími podmínkami.

Mikrobiologická bezpečnost byla hodnocena stanovením celkového počtu kolonií tvořících jednotek (CFU) a současně sledováním indikátorových a potenciálně patogenních skupin mikroorganismů, zejména

Enterobacteriaceae, Clostridium spp. a mikroskopických hub/kvasinek. Tento přístup umožnil ověřit, zda lyofilizace a zvolený obalový systém poskytují dostatečnou ochranu nejen proti běžné kontaminaci, ale i proti rizikovým mikrobiálním skupinám relevantním pro potraviny určené k dlouhodobému skladování.

Senzorické hodnocení bylo provedeno pomocí 9-bodové hedonické stupnice, přičemž byly posuzovány klíčové atributy ovlivňující akceptaci produktu: vzhled, textura, chuť/vůně a celkový dojem. Hodnocení bylo zaměřeno na identifikaci případných negativních změn, které mohou vznikat během skladování (např. žluklost, zhoršení chuti, změny konzistence nebo textury po rehydrataci). Získaná data byla statisticky vyhodnocena pomocí neparametrických metod, které jsou vhodné pro senzorická data a ordinalní škály.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Lyofilizace vedla k výraznému snížení vodní aktivity u všech testovaných jídel ve srovnání s čerstvým stavem. Během 12 měsíců skladování zůstala vodní aktivita nízká a nepřekročila kritickou hranici pro růst mikroorganismů ($a_w < 0,60$) (Barbosa-Cánovas et al., 2020; Peleg, 2022). Nejnižší hodnoty byly zaznamenány při skladování při 5 °C, zatímco při urychleném skladování při 40 °C byly hodnoty a_w nejvyšší a u nejvíce ovlivněných vzorků dosahovaly přibližně 0,38 (tab. 1). Celkově se hodnoty pohybovaly přibližně v rozmezí 0,15 (5 °C) až 0,38 (40 °C), což potvrzuje dobrou stabilitu lyofilizovaných produktů v PE/PA vakuovém balení (NATO, 2009).

Z hlediska mikrobiologické bezpečnosti lyofilizace představuje velmi robustní konzervační technologii, protože nízká vodní aktivita omezuje růst většiny bakterií, kvasinek i plísní. Kombinace nízké a_w a vakuového balení navíc významně přispívá ke stabilitě výrobku během skladování a přepravy, což je zásadní zejména pro použití v operačních a krizových podmínkách (Farkas, 2020; NATO, 2009). Výsledky potvrzují, že zvolený technologický postup je vhodný pro produkci dlouhodobě stabilních potravinových dávek, které mohou být využity nejen v armádních podmínkách, ale i v rámci IZS a humanitárních scénářů (NATO, 2014).

Mikrobiologické analýzy potvrdily bezpečnost všech výrobků po celou dobu skladování. Nebyla prokázána přítomnost patogenních mikroorganismů, včetně Enterobacteriaceae, Clostridium spp., plísní/kvasinek ani aerobních sporulujících bakterií (tab. 1). Celkové počty mikroorganismů (CFU) se pohybovaly v přijatelných limitech pro sušené potraviny ve všech sledovaných časech a teplotách, což ukazuje, že kombinace standardizované přípravy, lyofilizace a vakuového uzavření účinně zabránila mikrobiologickému kažení během 12 měsíců (Farkas, 2020; NATO, 2009).

Z hlediska obalového systému je však důležité zdůraznit, že mikrobiologická stabilita není jediným kritériem použitelnosti bojových potravinových dávek. Pro reálné nasazení je zásadní také senzorická kvalita, protože ta přímo ovlivňuje ochotu dávku konzumovat a tím i reálný nutriční příjem během operací (NATO, 2014). Vakuové balení obecně zvyšuje bezpečnost potravin omezením přístupu kyslíku, nicméně výsledná stabilita je výrazně závislá na bariérových vlastnostech použitého materiálu a na skladovací teplotě (Farkas, 2020; Lange a Wyser, 2003).

Tabulka 1: Souhrn mikrobiologických výsledků lyofilizovaných pokrmů během skladování

Mikrobiologický parametr	5 °C (0–12 měsíců)	25 °C (0–12 měsíců)	40 °C (0–12 měsíců)	Hodnocení
Celkový počet mikroorganismů (CFU)	v limitu	v limitu	v limitu	vyhovující
Enterobacteriaceae	neprokázány	neprokázány	neprokázány	vyhovující
Clostridium spp.	neprokázány	neprokázány	neprokázány	vyhovující
Plísňe	neprokázány	neprokázány	neprokázány	vyhovující
Kvasinky	neprokázány	neprokázány	neprokázány	vyhovující
Patogenní mikroorganismy	neprokázány	neprokázány	neprokázány	vyhovující

Barevná stabilita se lišila podle typu jídla i skladovací teploty (tab. 2). Bezprostředně po lyofilizaci byly u většiny vzorků pozorovány pouze střední změny celkové barevné odchylky (ΔE), přičemž větší změny byly typické zejména pro hovězí varianty. V průběhu skladování se projevil vliv teploty – při vyšších teplotách byly barevné změny výraznější, především u jídel s obsahem hovězí složky. Tyto změny lze vysvětlit souběhem oxidačních reakcí, případně i změnami pigmentů a složek masné matrice, které se mohou při zvýšené teplotě urychlovat (Ruiz-Capillas a Moral, 2021).

Tabulka 2: Změna barvy (ΔE) lyofilizovaných pokrmů: po lyofilizaci a během skladování

Pokrm	ΔE_1 (čerstvé → 0m)	ΔE_2 5 °C (0m → 3m)	ΔE_2 25 °C (0m → 3m)	ΔE 40 °C (0m → 1m)	ΔE 40 °C (0m → 3m)	ΔE 25 °C (0m → 1 rok)
Hovězí guláš	4,76	8,7	4,83	6,99	2,96	2,29
Vepřový guláš	8,02	5,1	5,29	7,9	5	2,91
Kuřecí + ječné vejce	8,53	0,89	1,58	2,02	2,33	0,74
Vepřové + ječné vejce	7,73	3,05	4,43	3,96	2,04	1,48
Hovězí + ječné vejce	10,99	4,27	11,27	21,18	1,51	5,24

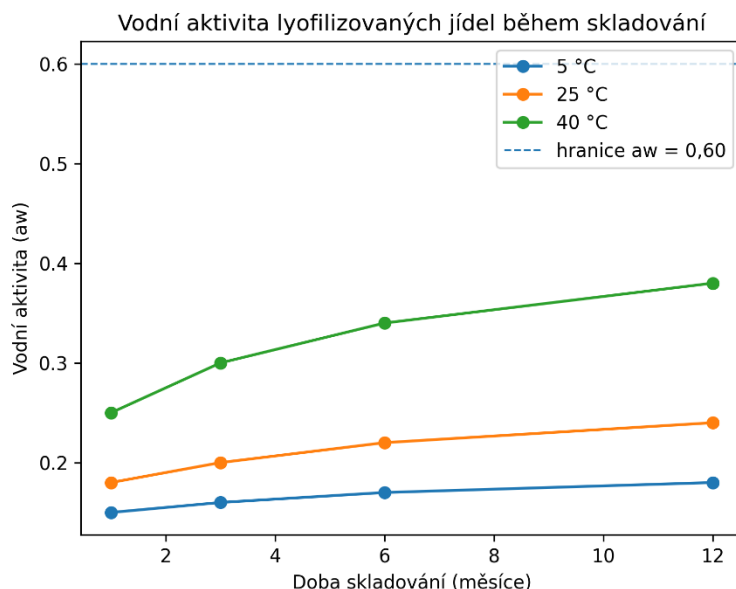
Senzorické hodnocení ukázalo, že klíčovým limitujícím faktorem celkové přijatelnosti byla skladovací teplota. Vzorky skladované při 5 °C a 25 °C si obecně udržely dobré hodnocení vzhledu, textury i chuti/aromatu. Naopak při skladování při 40 °C došlo k významnému zhoršení senzorické kvality, zejména u textury a chuti (tab. 3), přičemž byl zaznamenán nárůst žluklosti hlavně u gulášových variant. Výsledky tedy potvrzují, že ačkoli PE/PA vakuové balení zajišťuje mikrobiologickou stabilitu, jeho střední bariérové vlastnosti vůči kyslíku nemusí při dlouhodobém skladování za zvýšené teploty dostatečně zabránit oxidační degradaci (Lange a Wyser, 2003; Ruiz-Capillas a Moral, 2021).

Tabulka 3: Souhrn výsledků post-hoc Dunnova testu a velikostí efektu (η^2) pro vybrané senzorní atributy

Atribut	Statisticky významné porovnání	p-hodnota	Velikost efektu (η^2)	Interpretace
Kuřecí s ječným vejcem – souhrn post-hoc testu				
Vzhled	5 °C 1 měsíc vs. 25 °C 12 měsíců	0,0378	0,1884	Významné, velký efekt
Textura	5 °C 1 měsíc vs. 25 °C 12 měsíců	0,0027	0,3341	Vysoce významné, velký efekt
Chut' a aroma	n.s.	n.s.	–	Nevýznamné
Celkové hodnocení	5 °C 1 měsíc vs. 25 °C 12 měsíců	0,025	0,2239	Významné, velký efekt
Hovězí s ječným vejcem – souhrn post-hoc testu				
Vzhled	n.s.	n.s.	–	Nevýznamné
Textura	5 °C 1 měsíc vs. 25 °C 12 měsíců	0,0005	velký	Vysoce významné, velký efekt
Chut' a aroma	5 °C 1 měsíc vs. 25 °C 3 měsíce	0,0072	velký	Významné, velký efekt
Celkové hodnocení	5 °C 1 měsíc vs. 25 °C 3 měsíce	0,012	$\approx 0,29$	Významné, velký efekt
Vepřový guláš – souhrn post-hoc testu				
Vzhled	5 °C 1 měsíc vs. 5 °C 3 měsíce; 5 °C 1 měsíc vs. 25 °C 3 měsíce	0,0427 / 0,0335	0,2552	Významné, velký efekt
Textura	5 °C 1 měsíc vs. 25 °C 3 měsíce	0,0066	0,3196	Vysoce významné, velký efekt
Chut' a aroma	n.s.	n.s.	–	Nevýznamné
Celkové hodnocení	n.s.	n.s.	0,2654	Trend (velký efekt, nevýznamné)

Zhoršení senzorní kvality při 40 °C je pravděpodobně spojeno zejména s lipidovou oxidací, která je u masných výrobků hlavním mechanismem vzniku žluklosti, degradace chuti a postupného poklesu celkové přijatelnosti (Ruiz-Capillas a Moral, 2021). V tomto kontextu je důležité, že i když lyofilizace výrazně snižuje obsah volné vody (obr. 1), oxidační reakce mohou pokračovat i v suché matici, a jejich rychlost může být ovlivněna jak teplotou, tak dostupností kyslíku, případně i vodní aktivitou (Sun et al., 2002). To vysvětluje, proč se při vyšších teplotách objevují výraznější senzorní změny i v případě mikrobiologicky stabilních produktů.

Z praktického hlediska výsledky podporují zvolený přístup k volbě obalů pro bojové potravinové dávky. PE/PA materiál může být výhodnou volbou pro krátkodobé až střednědobé skladování v mírném klimatu, protože je lehký, flexibilní a logisticky dobře použitelný (Lange a Wyser, 2003). Pro dlouhodobé skladování v extrémních teplotách však může být vhodnější použití obalů s vyšší bariérovou ochranou, například hliníkových laminátů nebo metalizovaných fólií, které významně snižují prostup kyslíku a tím i riziko oxidačních změn (Lamberti a Escher, 2007; Piergiovanni a Limbo, 2004). Tyto materiály sice představují vyšší hmotnostní a ekonomickou zátěž, avšak z hlediska zachování senzorní kvality při dlouhodobém skladování mohou být pro některé typy nasazení nezbytné (NATO, 2009; NATO, 2014).



Obrázek 1: Vodní aktivita jídel balených v PE/PA obalu v průběhu skladování

ZÁVĚR

Tato práce prokázala, že kombinace lyofilizace a PE/PA vakuového balení představuje účinný způsob konzervace jídel určených pro bojové a nouzové potravinové dávky, zejména z hlediska mikrobiologické bezpečnosti a udržení nízké vodní aktivity během dlouhodobého skladování. Produkty zůstaly bezpečné i při skladování za zvýšených teplot, což potvrzuje vhodnost lyofilizace jako stabilizační metody pro operační použití. Současně bylo zjištěno, že hlavním limitujícím faktorem při dlouhodobém skladování není mikrobiologická stabilita, ale senzorická přijatelnost. Při skladování při 40 °C docházelo k výraznějšímu zhoršení textury a chuti, zejména u jídel s vyšším podílem tuku, kde se projevovaly známky oxidačních změn a nárůst žluklosti. PE/PA obaly tedy mohou být vhodnou a logisticky výhodnou alternativou pro krátkodobé až střednědobé skladování v podmínkách mírného klimatu (5–25 °C), avšak pro dlouhodobé skladování v extrémních teplotách je vhodné uvažovat o obalech s vyšší bariérovou ochranou vůči kyslíku a vlhkosti.

Z praktického hlediska výsledky podporují zvolený přístup k volbě obalového materiálu: PE/PA balení je výhodné pro mobilní jednotky a nasazení, kde hraje roli nízká hmotnost a flexibilita, zatímco pro dlouhodobé zásoby a použití v horkém prostředí je vhodnější využít obaly s vyšší bariérovou účinností pro zachování senzorické kvality a celkové akceptace potravin.

PODĚKOVÁNÍ

Autoři děkují Ministerstvu obrany České republiky za podporu výzkumu v rámci projektu INTAL – Implementace nových technologií a postupů do logistické podpory Armády České republiky. Dále děkují Ministerstvu školství, mládeže a tělovýchovy České republiky za podporu specifického výzkumu zaměřeného na vývoj nových komponent pro balení potravinové dávky vhodné pro multinárodní operace (SV23-FVL-K109-MAL). Současně děkujeme všem spolupracujícím pracovníkům a členům senzorického panelu za jejich účast a odbornou podporu při realizaci experimentů a hodnocení vzorků.

LITERATURA

Barbosa-Cánovas, G. V., Fontana, A. J., Schmidt, S. J., Labuza, T. P. (2020): *Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications*. Wiley. ISBN 978-1-118-76831-0.

Duan, X., Yang, X., Ren, G., Pang, Y., Liu, L., Liu, Y. (2015): Technical aspects in freeze-drying of foods. *Drying Technology*, 34(11), 1271–1285. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1099545>

Farkas, J. (2020): Role of vacuum packaging in food safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(2), 1020–1035.

Lamberti, M., Escher, F. (2007): Aluminium foil as a food packaging material in comparison with other materials. *Food Reviews International*, 23(4), 407–433.
Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/87559120701593830>

Lange, J., Wyser, Y. (2003): Recent innovations in barrier technologies for plastic packaging—A review. *Packaging Technology and Science*, 16(4), 149–158. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/pts.621>

NATO. (2009): AmedP-1.11: *Military Food Supply Standards*. NATO Standardization Office.

NATO. (2014): STANAG 2937 – *Minimum nutritional values and information to be provided on combat rations*. Edition 6. Brussels: NATO Standardization Office.

Peleg, M. (2022): Models of the water activity effect on microbial growth rate and initiation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 106(4), 1375–1382. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00253-022-11792-7>

Piergiorgianni, L., Limbo, S. (2004): The protective effect of film metallization against oxidative deterioration and discoloration of sensitive foods. *Packaging Technology and Science*, 17(3), 155–164. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/pts.651>

Ratti, C. (2001): Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 311–319. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00228-4)

Ruiz-Capillas, C., Moral, A. (2021): Lipid oxidation and sensory quality of dried foods during storage: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(15), 2578–2590.

Sun, Q., Senecal, A., Chinachoti, P., Faustman, C. (2002): Effect of water activity on lipid oxidation and protein solubility in freeze-dried beef during storage. *Journal of Food Science*, 67(7), 2512–2516. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb08768.x>

Kontaktní adresa: Ing. Martin Szotkowski, Ph.D., Katedra logistiky, Fakulta vojenského leadershipu, Univerzita obrany, Kounicova 156/65, 662 10 Brno, e-mail: martin.szotkowski@unob.cz

INTEGRATED IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF WILD EDIBLE MUSHROOMS: FROM SAMPLES TO DATA

Ivan Širić¹ – Ivica Kos¹ – Tena Radočaj¹ – Ivan Vnučec¹ – Pankaj Kumar²

¹ University of Zagreb Faculty of Agriculture, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Croatia

² School of Environmental Studies, Maa Shakumbhari University, Saharanpur 247120, India

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0377>



ABSTRACT

Wild edible mushrooms represent an ecologically and nutritionally valuable group of organisms whose importance in food security, human health, and sustainable forest management is steadily increasing. Their safe and sustainable use requires accurate identification and comprehensive characterization, which often exceed the capabilities of traditional morphology-based methods due to pronounced phenotypic plasticity and cryptic species diversity. This review presents an integrated approach to the identification and characterization of wild edible mushrooms, combining morphological, molecular, biochemical, and ecological methods. Particular emphasis is placed on the research workflow from field sampling to data processing and interpretation, including DNA barcoding, biochemical profiling, analysis of soil–mushroom interactions, and health risk assessment related to heavy metal bioaccumulation. The review also highlights key research gaps in biodiversity-rich but understudied regions and discusses future directions for the sustainable utilization and domestication of wild mushroom species.

Keywords: wild edible mushrooms, integrated identification, DNA barcoding, biochemical profiling, heavy metals, fungal ecology

INTRODUCTION

Fungi represent one of the most diverse and ecologically significant groups of eukaryotic organisms on Earth, playing indispensable roles in ecosystem functioning. As primary decomposers of organic matter, fungi drive the recycling of carbon, nitrogen, and other essential nutrients, thereby sustaining soil fertility and ecosystem productivity. In addition, numerous fungal species establish mutualistic relationships with plants, animals, and microorganisms, such as mycorrhizal associations that enhance plant nutrient uptake, or endophytic interactions that contribute to host resilience against biotic and abiotic stress. Through these ecological functions, fungi act as key regulators of biodiversity, ecosystem stability, and biogeochemical cycles. Among them, wild edible mushrooms are of particular importance due to their nutritional value, medicinal properties, and socioeconomic relevance (Sanchez, 2017; Gupta et al., 2018). Despite estimates suggesting the existence of up to 3.8–6.2 million fungal species worldwide, only a fraction have been taxonomically described and biochemically characterized (Hawksworth and Lücking, 2017; Baldrian et al., 2022). Wild edible mushrooms are rich in proteins, essential amino acids, dietary fiber, vitamins, and bioactive compounds with antioxidant, anti-inflammatory, and anticancer properties (Manzi et al., 2001; Cateni et al., 2022). However, their safe utilization depends on accurate species identification and assessment of environmental contamination, particularly with heavy metals (Širić et al., 2017; Spahić et al., 2018). Therefore, a comprehensive assessment of environmental contamination is a prerequisite for the safe consumption and commercialization of wild edible mushrooms.

Given these challenges, reliance on traditional morphological identification alone is often insufficient. An integrated identification framework that combines classical morphological characterization with molecular genetic approaches, biochemical profiling, and ecological data has become essential for reliable species

delimitation. Molecular tools, such as DNA barcoding, enable the detection of cryptic diversity and improve taxonomic accuracy, while biochemical analyses provide insight into nutritional value and potential health benefits. Ecological data, including habitat preferences and substrate specificity, further contribute to a holistic understanding of species biology and distribution.

An integrated identification framework combining morphology, molecular genetics, biochemical analysis, and ecological data is therefore essential for reliable characterization and sustainable exploitation of wild edible mushrooms.

Biodiversity and Ecological Importance of Wild Edible Mushrooms

Macrofungi, characterized by visible fruiting bodies, comprise approximately 15,000 described species, of which around 2,000 are considered edible and more than 700 possess medicinal properties (Gupta et al., 2018; Anusiya et al., 2021). Ecologically, mushrooms contribute to organic matter decomposition, nutrient mobilization, and soil formation, while mycorrhizal species play a key role in plant nutrition and forest ecosystem stability (Naranjo-Ortiz and Gabaldón, 2019; Pérez-Moreno et al., 2021). In regions such as Croatia, fungal biodiversity is exceptionally high, with approximately 5,000 recorded species, representing only

an estimated 25% of the actual diversity (Tkalčec et al., 2008). Despite this richness, wild edible mushrooms remain one of the least studied organism groups, particularly regarding their genetic diversity and biochemical composition. Their sensitivity to environmental conditions also makes them valuable bioindicators of ecosystem health and pollution.

Evolutionary Background and Ecological Adaptation

The evolutionary history of mushroom-forming fungi is closely linked to major climatic and vegetation shifts. Agaricomycetes experienced rapid diversification during the Jurassic, coinciding with the expansion of coniferous forests and warm, humid climates (Varga et al., 2019). Subsequent adaptive radiations led to the emergence of characteristic pileate-stipitate morphologies, which are associated with increased diversification rates. Adaptive evolution driven by local environmental factors has been documented in species such as *Lentinula edodes*, where temperature adaptation contributed to genetic divergence and phenotypic differentiation (Zhang et al., 2022). Understanding these evolutionary and ecological processes is crucial for interpreting species distribution patterns and for selecting candidate species for domestication and cultivation.

Morphological Identification: Classical Foundations

Morphological identification remains the cornerstone of traditional mycology and relies on macroscopic traits (cap size, color, gill structure, stipe morphology) and microscopic features (spore size and ornamentation). While morphology is indispensable for initial field identification, it is often unreliable when used alone due to phenotypic plasticity and environmental influences (Spoerke, 2019). Consequently, morphology should be integrated with molecular tools to achieve accurate taxonomic resolution, particularly for closely related or cryptic species.

Molecular Identification and DNA Barcoding

Molecular identification has become the most reliable approach for species-level identification of wild edible mushrooms. DNA barcoding, primarily using the internal transcribed spacer (ITS) region of ribosomal DNA, is widely accepted as the universal fungal barcode (Khaund and Joshi, 2014; Ao et al., 2020).

Sequencing of ITS1 and ITS2 regions enables comparison with reference databases such as GenBank, while phylogenetic analyses provide insights into evolutionary relationships (Das et al., 2013). Complementary approaches, including MALDI-TOF MS protein profiling, offer rapid and reproducible species identification when supported by curated databases (Sugawara et al., 2016). The integration of molecular and morphological data ensures robust taxonomic assignments and reduces misidentification risks.

Biochemical and Nutritional Characterization

Wild edible mushrooms are nutritionally comparable to meat and legumes, containing 22–28% protein on a dry weight basis and all essential amino acids (Bilal, 2010; Şenilä et al., 2024). They are also rich in carbohydrates, dietary fiber, B-group vitamins, and minerals such as potassium, iron, zinc, and manganese (Kalač, 2013; Lalotra et al., 2018). Biochemical studies have identified phenolic acids, tocopherols, unsaturated fatty acids, and terpenoids responsible for antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory activities (Kissanga et al., 2022). Despite their potential, comprehensive biochemical profiling of wild mushrooms remains limited in many regions, including Croatia, highlighting the need for systematic studies.

Soil - Mushroom Interactions and Microbial Communities

The chemical composition of mushrooms is strongly influenced by soil properties, microclimate, and associated microbial communities. Parameters such as soil pH, organic matter, and elemental composition affect nutrient availability and bioaccumulation processes (Tan, 2005; Rocco et al., 2016). Recent advances in next-generation sequencing have enabled detailed characterization of soil bacterial and fungal communities, revealing complex interactions that influence mushroom growth and distribution (Lu et al., 2022). Integrating soil chemistry, microbial diversity, and mushroom traits provides a holistic understanding of ecological niches and evolutionary adaptations.

Heavy Metals, Bioaccumulation, and Food Safety

Wild mushrooms are known to accumulate heavy metals such as cadmium, nickel, lead, and mercury from their environment. While many species remain safe for consumption, bioaccumulation is highly species- and site-specific (Falandysz and Borovička, 2013; Širić et al., 2022). Health risk assessment using bioaccumulation factors, dietary intake modeling, and target hazard quotient indices is essential to evaluate consumer safety and to establish guidelines for sustainable harvesting. Moreover, mushrooms serve as effective bioindicators for monitoring environmental pollution in forest ecosystems.

From Samples to Data: An Integrated Research Framework

An integrated workflow for wild edible mushroom research includes standardized field sampling, morphological and molecular identification, biochemical and nutritional analysis, soil and microbial profiling, and advanced statistical data processing. Such an approach ensures reproducibility, data reliability, and meaningful ecological interpretation. The integration of multidisciplinary datasets also facilitates data sharing through global biodiversity repositories and supports evidence-based decision-making for conservation, cultivation, and food safety policies.

Bridging Traditional Expertise and Modern Technology: A Holistic Framework

The concept described below is presented within the framework of the scientific project entitled “Integrated morphological, genetic and biochemical identification and characterization of wild edible mushrooms in Croatia – GenBioM”, funded by Croatian Science Foundation. Also, the approach presented in this review differs fundamentally from conventional mycological studies in several ways. Rather than treating morphological observation, molecular analysis, and biochemical assessment as separate investigative streams, we propose their deliberate integration at every stage of the research process. This is not simply about conducting multiple tests on the same specimen; it represents a conceptual shift toward viewing wild edible mushrooms as complex biological systems that can only be understood through parallel examination of their genetic identity, chemical composition, ecological relationships, and environmental context.

Most published studies focus narrowly on either taxonomy, nutritional profiling, or contamination assessment. While such specialized work has value, it often misses the connections between these domains. For instance, knowing that a mushroom accumulates cadmium becomes far more meaningful when combined with data on its genetic lineage, soil microbiome, and evolutionary history. Similarly, biochemical variation within

a species makes little sense without considering local environmental pressures and substrate characteristics. Our framework treats these relationships as primary research targets rather than secondary observations.

The workflow we describe also addresses a practical problem that has plagued field mycology for decades: the gap between specimen collection and reliable identification. Traditional approaches often separate these steps by considerable time and distance, leading to deterioration of morphological features and loss of ecological context. Through establishing protocols that link field documentation directly to laboratory analysis, we reduce this gap substantially. Photographic records, GPS coordinates, substrate samples, and preliminary morphological notes are collected simultaneously with tissue for DNA extraction and biochemical testing. This creates a permanent, multi-dimensional record for each specimen that can be revisited and reanalyzed as methods improve.

Another distinguishing work is our emphasis on soil chemistry and microbial communities as integral components of mushroom characterization. Most studies treat the substrate as a passive background factor, noting it only briefly in materials and methods sections. We argue that soil properties, pH gradients, organic matter composition, and associated bacterial and fungal taxa actively shape mushroom physiology, distribution patterns, and chemical profiles. Incorporating these measurements alongside traditional identifiers reveals how mushrooms adapt to specific microhabitats and explains why the same species can vary dramatically in nutritional content or heavy metal uptake across different locations.

The framework also recognizes regional knowledge gaps. While Western European and North American fungi have been extensively documented, areas with exceptional diversity, like Croatia, remain relatively unexplored despite harbouring thousands of species. Our approach was designed specifically to be scalable and applicable in settings where comprehensive reference databases may not exist. Through combining morphological expertise with molecular tools and building local reference collections, researchers can characterize biodiversity even in poorly studied regions.

Thus, this integrated methodology serves multiple end users simultaneously (Figure 1). Taxonomists gain more robust species delimitations, nutritionists obtain reliable compositional data tied to verified specimens, food safety authorities receive contamination assessments linked to specific taxa and collection sites, and conservation planners access population data grounded in accurate identification. Rather than forcing each stakeholder group to conduct separate studies, the framework produces datasets that address diverse needs from a single, well-documented collection effort. This efficiency becomes particularly important as climate change and habitat loss make long-term monitoring increasingly urgent.

The expected outcomes of this project include the development of an integrated framework for the accurate identification and comprehensive characterization of wild edible mushrooms in Croatia, based on combined morphological, genetic, and biochemical approaches. The project will generate reliable reference datasets encompassing taxonomic, biochemical, and heavy metal profiles, thereby improving species-level resolution and food safety assessments. By determining heavy metal concentrations and evaluating their potential implications for human health, the project will contribute to risk assessment and consumer protection. In addition, the identification of bioactive and nutritionally relevant compounds will support the sustainable use and valorization of wild edible mushroom resources, while strengthening interdisciplinary research in mycology, food science, and environmental health.

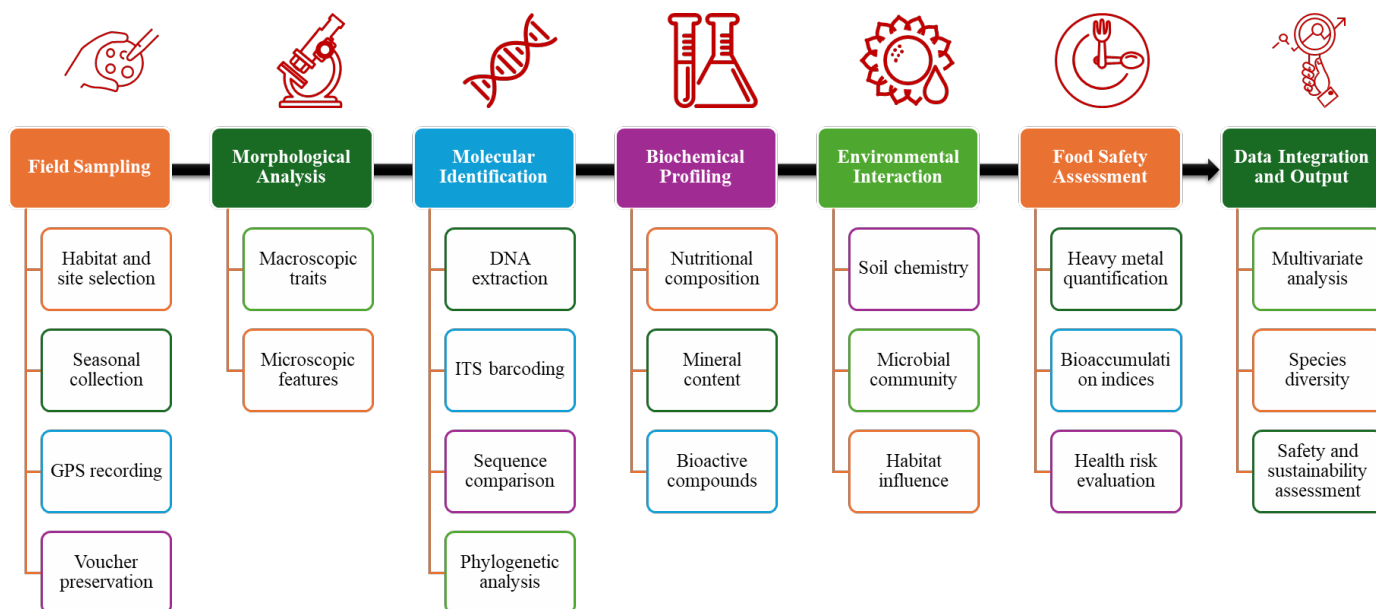


Figure 1: Conceptual overview of an integrated workflow for wild edible mushroom research, combining field sampling, morphological and molecular identification, biochemical characterization, environmental interaction analysis, and food safety assessment to support accurate species identification and sustainable utilization

CONCLUSIONS AND FUTURE PERSPECTIVES

Integrated identification and characterization approaches represent the future of wild edible mushroom research. Expanding such studies to biodiversity rich but understudied regions will enhance taxonomic resolution, uncover novel bioactive compounds, and support sustainable utilization. Future research should focus on long-term monitoring, climate change impacts, and translational applications in food, pharmaceutical, and environmental sectors.

ACKNOWLEDGEMENT

This paper was supported by the Croatian Science Foundation under the project *Integrated morphological, genetic and biochemical identification and characterization of wild edible mushrooms in Croatia - GenBioM* - IP-2025-02-9719.

LITERATURE

- Anusiya, G., Gowthama Prabu, U., Yamini, N. V., Sivarajasekar, N., Rambabu, K., Bharath, G., Banat, F. (2021): A review of the therapeutic and biological effects of edible and wild mushrooms. *Bioengineered*, 12(2), 11239–11268. Available at: <https://doi.org/10.1080/21655979.2021.2001183>
- Ao, T., Deb, C. R., Rao, S. R. (2020): Molecular strategies for identification and characterization of some wild edible mushrooms of Nagaland, India. *Molecular Biology Reports*, 47(1), 621–630. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11033-019-05170-2>
- Baldrian, P., Větrovský, T., Lepinay, C., Kohout, P. (2022): High-throughput sequencing view on the magnitude of global fungal diversity. *Fungal Diversity*, 114(1), 539–547. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13225-021-00472-y>
- Bilal, A. W. (2010): Nutritional and medicinal importance of mushrooms. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(24), 2598–2604. Available at: <https://doi.org/10.5897/jmpr09.565>

- Cateni, F., Gargano, M. L., Procida, G., Venturella, G., Cirilincione, F., Ferraro, V. (2022): Mycochemicals in wild and cultivated mushrooms: nutrition and health. *Phytochemistry Reviews*, 21(2), 339–383. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11101-021-09748-2>
- Das, S. K., Mandal, A., Datta, A. K., Gupta, S., Paul, R., Saha, A., Sengupta, S., Dubey, P. K. (2013): Nucleotide sequencing and identification of some wild mushrooms. *The Scientific World Journal*, 2013(1), 403191. Available at: <https://doi.org/10.1155/2013/403191>
- Falandysz, J., Borovička, J. (2013): Macro and trace mineral constituents and radionuclides in mushrooms: Health benefits and risks. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(2), 477–501. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4552-8>
- Gupta, S., Summuna, B., Gupta, M., Annepu, S. K. (2018): Edible Mushrooms: Cultivation, Bioactive Molecules, and Health Benefits. In: Jean-Michel Merillon, Kishan Gopal Ramawat, ed. *Bioactive Molecules in Food* [online]. Springer Cham, 1815–1857 [vid. 2026-01-28]. ISBN 978-3-319-78030-6. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8_86-1
- Hawksworth, D. L., Lücking, R. (2017): Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. *Microbiology spectrum*, 5(4), 10–1128. Available at: <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.funk-0052-2016>
- Kalač, P. (2013): A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(2), 209–218. Available at: <https://doi.org/10.1002/jsfa.5960>
- Khaund, P., Joshi, S. R. (2014): DNA barcoding of wild edible mushrooms consumed by the ethnic tribes of India. *Gene*, 550(1), 123–130. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.gene.2014.08.027>
- Kissanga, R., Liberal, Â., Diniz, I., Rodrigues, A. S. B., Baptista-Ferreira, J. L., Batista, D., Ivanov, M., Soković, M., Ferreira, I. C. F. R., Fernandes, Â., Barros, L., Catarino, L. (2022): Biochemical and Molecular Profiling of Wild Edible Mushrooms from Huila, Angola. *Foods*, 11(20), 3240. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods11203240>
- Lalotra, P., Bala, P., Kumar, S., Sharma, Y. P. (2018): Biochemical Characterization of Some Wild Edible Mushrooms from Jammu and Kashmir. *Proceedings of the National Academy of Sciences India Section B - Biological Sciences*, 88(2), 539–545. Available at: <https://doi.org/10.1007/s40011-016-0783-2>
- Lu, J., Li, W., Yang, Y., Ye, F., Lu, H., Chen, X., Chen, F., Wen, X. (2022): The impact of different rotation regime on the soil bacterial and fungal communities in an intensively managed agricultural region. *Archives of Microbiology*, 204(2), 142. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02615-w>
- Manzi, P., Aguzzi, A., Pizzoferrato, L. (2001): Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy. *Food Chemistry*, 73(3), 321–325. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00304-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00304-6)
- Naranjo-Ortiz, M. A., Gabaldón, T. (2019): Fungal evolution: major ecological adaptations and evolutionary transitions. *Biological Reviews*, 94(4), 1443–1476. Available at: <https://doi.org/10.1111/brv.12510>
- Pérez-Moreno, J., Mortimer, P. E., Xu, J., Karunarathna, S. C., Li, H. (2021): Global perspectives on the ecological, cultural and socioeconomic relevance of wild edible fungi. *Studies in Fungi*, 6(1), 408–424. Available at: <https://doi.org/10.5943/sif/6/1/31>
- Rocco, C., Duro, I., Di Rosa, S., Fagnano, M., Fiorentino, N., Vetromile, A., Adamo, P. (2016): Composite vs. discrete soil sampling in assessing soil pollution of agricultural sites affected by solid waste disposal. *Journal of Geochemical Exploration*, 170, 30–38. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.08.004>

Sanchez, C. (2017): Bioactives from Mushroom and Their Application. In: Munish Puri, ed. *Food Bioactives* [online]. Springer Cham, 23–57 [vid. 2026-01-28]. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-51639-4_2

Şenilă, M., Senila, L., Resz, M. A. (2024): Chemical composition and nutritional characteristics of popular wild edible mushroom species collected from North-Western Romania. *Journal of Food Composition and Analysis*, 134, 106504. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106504>

Spahić, M. P., Sakan, S., Cvetković, Ž., Tančić, P., Trifković, J., Nikić, Z., Manojlović, D. (2018): Assessment of contamination, environmental risk, and origin of heavy metals in soils surrounding industrial facilities in Vojvodina, Serbia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(4), 1–20. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6583-9>

Spoerke, D. G. (2019): Mushroom Biology: General Identification Features. In: David G. Spoerke, ed. *Foodborne Disease Handbook* [online]. CRC Press, 715–738 [vid. 2026-01-28]. ISBN 9781351072090. Available at: <https://doi.org/10.1201/9781351072090-18>

Sugawara, R., Yamada, S., Tu, Z., Sugawara, A., Suzuki, K., Hoshiba, T., Eisaka, S., Yamaguchi, A. (2016): Rapid and reliable species identification of wild mushrooms by matrix assisted laser desorption/ionization time of flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS). *Analytica Chimica Acta*, 934, 163–169. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2016.05.056>

Širić, I., Kasap, A., Bedeković, D., Falandysz, J. (2017): Lead, cadmium and mercury contents and bioaccumulation potential of wild edible saprophytic and ectomycorrhizal mushrooms, Croatia. *Journal of Environmental Science and Health - Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 52(3), 156–165. Available at: <https://doi.org/10.1080/03601234.2017.1261538>

Širić, I., Kumar, P., Eid, E. M., Bachheti, A., Kos, I., Bedeković, D., Mioč, B., Humar, M. (2022): Occurrence and Health Risk Assessment of Cadmium Accumulation in Three Tricholoma Mushroom Species Collected from Wild Habitats of Central and Coastal Croatia. *Journal of Fungi*, 8(7), 685. Available at: <https://doi.org/10.3390/jof8070685>

Tan, K. H. (2005): Soil Sampling, Preparation, and Analysis [online]. CRC Press [vid. 2026-01-28]. ISBN 9780429178993. Available at: <https://doi.org/10.1201/9781482274769>

Tkalčec, Z., Mešić, A., Matočec, N., Kušan, I. (2008): *Crvena knjiga gljiva Hrvatske* (Red Book of Croatian Fungi). Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.

Varga, T., Krizsán, K., Földi, C., Dima, B., Sánchez-García, M., Sánchez-Ramírez, S., Szöllősi, G. J., Szarkándi, J. G., Papp, V., Albert, L., Andreopoulos, W., Angelini, C., Antonín, V., Barry, K. W., Bougher, N. L., Buchanan, P., Buyck, B., Bense, V., Catcheside, P., ... Nagy, L. G. (2019): Megaphylogeny resolves global patterns of mushroom evolution. *Nature Ecology and Evolution*, 3(4), 668–678. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0834-1>

Zhang, J., Shen, N., Li, C., Xiang, X., Liu, G., Gui, Y., Patev, S., Hibbett, D. S., Barry, K., Andreopoulos, W., Lipzen, A., Riley, R., He, G., Yan, M., Grigoriev, I. V., Shan Kwan, H., Kit Cheung, M., Bian, Y., Xiao, Y. (2022): Population genomics provides insights into the genetic basis of adaptive evolution in the mushroom-forming fungus *Lentinula edodes*. *Journal of Advanced Research*, 38, 91–106. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2021.09.008>

Contact Information: Assoc. prof. Ivan Širić, Ph.D., University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Croatia, e-mail: isiric@agr.hr

**FERMENTOVANÉ MLÉČNÉ PRODUKTY, VÝZNAM A KONZUMACE –
DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ**
**FERMENTED DAIRY PRODUCTS, IMPORTANCE AND CONSUMPTION –
QUESTIONNAIRE SURVEY**

**Lada Švecová¹ – Eva Dadáková² – Tereza Janů¹ – Eva Baldíková¹
Itthanan Suttikhana² – Eva Samková¹**

¹ **Katedra potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů, Fakulta zemědělská
a technologická, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Studentská 1668,
370 05 České Budějovice, Česká republika**

² **Katedra aplikované chemie, Fakulta zemědělská a technologická, Jihočeská univerzita v Českých
Budějovicích, Studentská 1668, 370 05 České Budějovice, Česká republika**

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0384>



ABSTRAKT

Fermentované mléčné produkty dlouhodobě patří k nejvíce oblíbeným produktům mlékárenského průmyslu. Cílem dotazníkového šetření bylo posoudit jaké faktory ovlivňují konzumaci a přijatelnost fermentovaných mléčných produktů, zejména jogurtů. Dotazníkového šetření se zúčastnilo 500 respondentů (38 % mužů, 61 % žen) v průměrném věku $36,4 \pm 15,9$. Zatímco muži dávali přednost spíše jogurtům ochuceným (50 %), ženy preferovaly jogurty bílé (42 %). Čtvrtina respondentů však uvedla, že se tímto faktorem při výběru neřídí a stejná část uvedla, že u ovocných jogurtů není rozhodující, v jaké formě ovocná složka v jogurtu je. Nejvíce preferovanými příchutěmi byly jahoda, banán a meruňka, naopak nejméně oblíbenými jablko, malina a švestka. S ohledem na zdravotní přínosy fermentovaných mléčných produktů lze za příznivé považovat zjištění, že 67 % respondentů konzumuje jogurty denně nebo 2–3× týdně.

Klíčová slova: jogurty, zdravotní přínosy, přijatelnost, spotřebitelé

ABSTRACT

Fermented dairy products have long been among the most popular products of the dairy industry. The questionnaire survey aimed to assess which factors influence the consumption and acceptability of fermented dairy products, especially yogurts. The survey involved 500 respondents (38% men, 61% women) with an average age of 36.4 ± 15.9 years. While men tended to prefer flavored yogurts (50%), women preferred plain yogurts (42%). However, one quarter of respondents stated that this factor does not influence their choice, and the same proportion reported that the form of the fruit in yogurts is not decisive. The most preferred flavors were strawberry, banana, and apricot, whereas apple, raspberry, and plum were the least popular. With regard to the health benefits of fermented dairy products, the finding that 67% of respondents consume yogurts daily or 2–3 times per week can be considered favorable.

Keywords: yogurts, health benefits, acceptability, consumers

ÚVOD

Jogurty patří celosvětově mezi nejoblíbenější fermentované výrobky. Jejich široká obliba je spojována nejen s příjemnou chutí, obsahem biologicky hodnotných látek, ale také s řadou zdravotních účinků. Již před více než sto lety zakladatel moderní imunologie Ilja Mečnikov uvedl, že konzumace jogurtů podporuje dlouhověkost obyvatel Bulharska. Ačkoliv toto zdravotní tvrzení na obalech jogurtů uvádět nelze, o tom,

že konzumace jogurtů přináší mnohé blahodárné účinky, většina dnešních konzumentů a milovníků jogurtů jistě nepochybuje.

Jedny z nejčastěji uváděných a též mezi lidmi nejznámějších zdravotních přínosů konzumace jogurtů jsou účinky na zažívací ústrojí. Ty jsou založeny na schopnosti jogurtu modulovat gastrointestinální mikrobiotu a imunitní odpověď (Meydani a Ha, 2000). Bylo prokázáno, že jogurtová kultura (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*) podporuje trávení laktózy, a tím snižuje příznaky intolerance u osob s maldigescí laktózy (Savaiano a Hutkins, 2021). Pravidelná konzumace jogurtů je rovněž prospěšná u osob trpících zácpou (Liu et al., 2015). I když jsou jogurty, zejména pak s probiotickými kulturami, doporučovány ke zmírnění negativních účinků spojených s užíváním antibiotik, studie v tomto ohledu nejsou zcela jednoznačné (Patro-Golab et al., 2015).

Podobně jako u ostatních potravin, i v případě jogurtů závisí jejich výběr na celé řadě faktorů, ovlivněných spotřebitelem i charakteristikami samotného výrobku. Preference při nákupu jsou ovlivněny kulturními zvyklostmi a ekonomickými podmínkami (Pohjanheimo a Sandell, 2009; Skowrońska et al., 2020). Jedním z prvních parametrů, který spotřebitel u produktu zaznamená, je barva, která při smyslovém hodnocení vypovídá o kvalitě výrobku (Jaster et al., 2018). Mezi hlavní ukazatele rozhodující o přijatelnosti výrobku patří kromě chuti aroma a textura (Lesme et al., 2020). Dalšími kritérii je např. složení, příchut', cena, značka nebo obal (Skowrońska et al., 2020; Guiné et al., 2025). Podle Hlédík a Lógó (2017) spotřebitelé nejčastěji vyhledávají přirozené produkty bez umělých látek, s nízkým obsahem tuku a sacharidů nebo naopak s dezertním charakterem (smetanové nebo s přídavkem smetany). V kvalitě pak u konzumentů převažují „pocitivé“ výrobky (např. s kusy ovoce), výrobky s lokálním, příp. národním původem a v dobrém poměru „cena vs. kvalita“.

Cílem dotazníkového šetření bylo posoudit, jaké faktory ovlivňují konzumaci a přijatelnost fermentovaných mléčných produktů, zejména jogurtů.

MATERIÁL A METODIKA

Za účelem získání dat byl vypracován dotazník zaměřený na konzumaci vybraných mléčných výrobků. Pět otázek bylo uzavřených: 1) frekvence konzumace jogurtů, 2) - ostatních kysaných výrobků a 3) - sýrů (*každý den; 2–3× za týden; 2–3× za měsíc; občas; vůbec*), 4) preference typu jogurtu (*bílé; ochucené; bez preference*), 5) preference formy ovocné složky (*džem na dně obalu; džem promíchán s jogurtem; s kousky ovoce; bez preference*). U otázek na preferované příchutě jogurtů byla respondentům umožněna volba (*ano; ne*) u nabídnutých příchutí (*jahoda; borůvka; rybíz; lesní směs; jablko; malina; meruňka; mango; maracuja; banán; broskev; hruška; višně; švestka; brusinka*), a také možnost zvolit příchut' jinou. Dotazník byl předkládán v tištěné podobě a sběr dat probíhal ve druhé polovině roku 2025.

Celkem se dotazníkového šetření zúčastnilo 500 respondentů. Průměrný věk respondentů byl $36,4 \pm 15,9$ let, přičemž průměrný věk mužů dosahoval $35,1 \pm 16,9$ a průměrný věk žen $37,1 \pm 15,3$. Pro účely statistického vyhodnocení vlivu věku byli respondenti rozděleni do tří skupin (do 25 let, 26–50 let, nad 50 let).

Pro vyhodnocení dotazníkového šetření byly využity kontingenční tabulky v programu Statistica Cz 12 (Statsoft, ČR). Pokud není uvedeno jinak, jsou četnosti vyjádřeny k celkovému počtu odpovědí na danou otázku, statistická významnost vlivu pohlaví a věku byla ověřena chí-kvadrát (χ^2) testem.

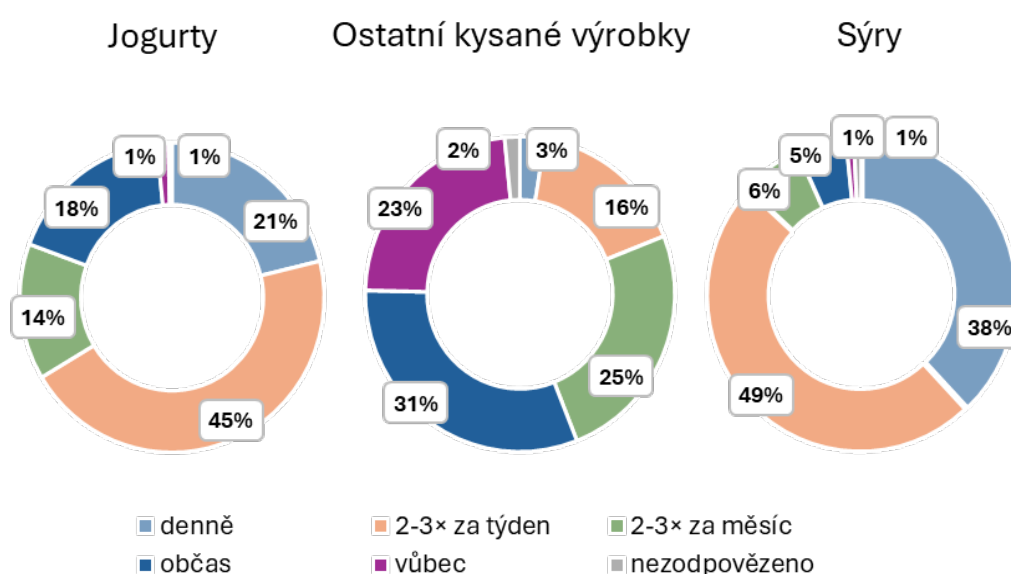
VÝSLEDKY A DISKUZE

Frekvence konzumace fermentovaných mléčných výrobků

Mléko a mléčné výrobky jsou považovány za součást vyvážené stravy, neboť poskytují klíčové živiny (např. bílkoviny), vitaminy a minerální látky. FAO (WHO) uvádí, že doporučená konzumace mléka a mléčných

výrobků se liší v závislosti na dostupnosti, cenách, nutričním statusu obyvatel, spotřebních vzorcích a stravovacích návycích. Většina zemí doporučuje alespoň jednu porci mléka denně, některé země až tři denně (FAO, 2013). Společnost pro výživu ČR (2021) doporučuje u dospělých a starších konzumentů zařazovat denně zejména zakysané mléčné výrobky (např. jogurty, zakysané mléčné nápoje, kefíry), u dětí v předškolním a školním věku je pak doporučováno počet denních porcí mléčných výrobků navýšit na 2–3.

Ve sledované skupině hodnotitelů v průměrném věku 36 ± 16 let bylo zjištěno, že z fermentovaných mléčných výrobků byly v každodenním jídelníčku zařazovány nejčastěji sýry (38 %) a jogurty (21 %), velmi nízká četnost byla zjištěna u ostatních kysaných výrobků (3 %) – obr. 1. U těchto výrobků navíc respondenti uváděli, že je konzumují pouze občas (31 %) nebo vůbec (23 %). V rámci průzkumu prováděného autory Swiader et al. (2022) či Jakubowska et al. (2024) byly z fermentovaných mléčných výrobků na bázi každodenní konzumace také nejvíce preferovány sýry a jogurty. Z hlediska všech mléčných výrobků byla jednoznačně nejvyšší denní konzumace u konzumního mléka a másla.



Obrázek 1: Četnosti frekvence konzumace vybraných druhů fermentovaných výrobků ve sledované skupině hodnotitelů (n = 500)

Rozdíly v jednotlivých odpovědích na frekvenci konzumace nebyly zjištěny ani v závislosti na pohlaví – tab. 1. Pouze mírné odlišnosti se ukázaly u denní konzumace sýrů, kterou uváděly častěji ženy (41 %) než muži (34 %).

Výraznější rozdíly byly zaznamenány v závislosti na věku, kde se frekvence konzumace se zvyšujícím věkem zvyšovala, a to u všech sledovaných fermentovaných produktů. Např. v případě jogurtů odpovědělo 59 % respondentů ve skupině do 25 let, že konzumuje jogurty denně, případně 2–3× týdně, ve skupině nad 50 let se tento podíl zvýšil na 75 %. Podobně u ostatních kysaných výrobků se zvýšila frekvence konzumace z 16 na 23 % a u sýrů z 83 na 91 %.

Vnímání mléčných výrobků spotřebiteli se v různých spotřebitelských skupinách značně liší a je ovlivněno faktory jako je věk, pohlaví či stravovací návyky. Právě věk hraje klíčovou roli při formování postojů ke konzumaci mléčných výrobků. Zatímco mladší spotřebitelé se často soustředí spíše na senzorické aspekty, starší spotřebitelé mají tendenci preferovat tradiční mléčné výrobky zejména pro jejich zdravotní přínos (Krivošíková et al., 2020).

Tabulka 1: Četnosti frekvence konzumace vybraných fermentovaných mléčných výrobků v závislosti na pohlaví a věku ve sledované skupině respondentů

Druh produktu	Faktor	Skupina	n	Četnosti frekvence konzumace [%]					p
				denně	2–3× za týden	2–3× za měsíc	občas	vůbec	
Jogurty	pohlaví	muž	192	21	42	17	19	1	0,6992
		žena	302	21	48	13	17	1	
	věk	≤ 25 let	185	17	42	16	23	2	0,0693
		26-50 let	191	21	48	16	14	1	
		> 50 let	111	27	48	9	16	0	
Ostatní kysané výrobky	pohlaví	muž	189	4	13	25	31	27	0,1904
		žena	299	2	19	26	32	21	
	věk	≤ 25 let	183	3	13	25	29	30	0,0378
		26-50 let	189	2	21	26	30	21	
		> 50 let	109	5	17	25	37	16	
Sýry	pohlaví	muž	191	34	55	5	5	1	0,3248
		žena	301	41	45	7	6	1	
	věk	≤ 25 let	185	34	49	9	7	1	0,4121
		26-50 let	190	42	49	4	4	1	
		> 50 let	110	40	51	5	4	0	

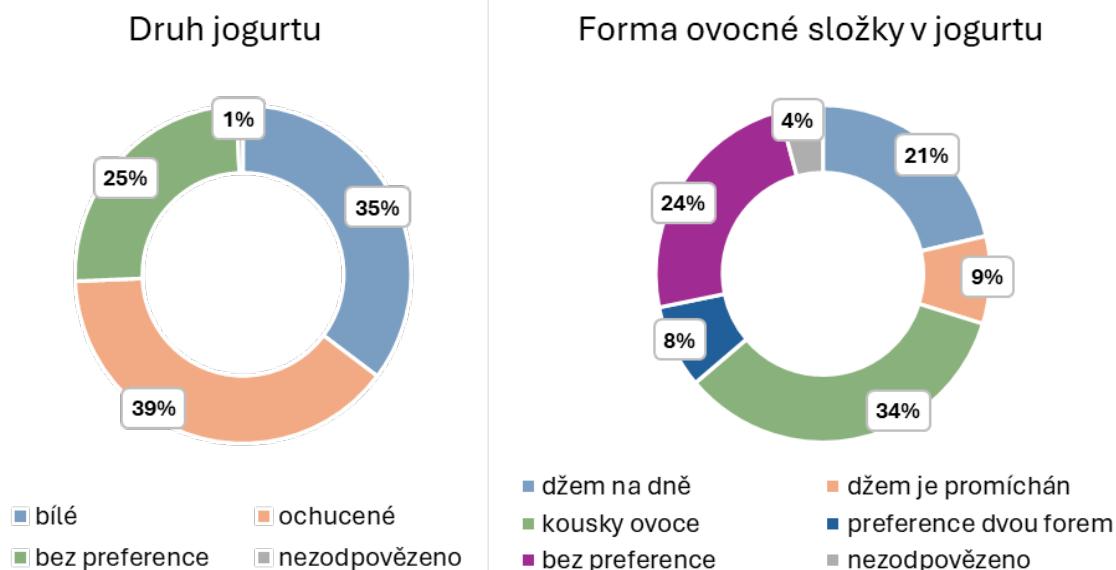
Preference konzumace jogurtů

Ve sledované skupině 500 respondentů pouze šest uvedlo (2 muži a 4 ženy), že jogurty vůbec nekonzumují. Zbývajících respondentů byli dotazováni na preference s ohledem na druh jogurtu (bílé vs. ochucené) a formu ovocné složky v jogurtech. Tu do určité míry určuje způsob výroby jogurtů. Základní dva způsoby výroby jogurtů jsou termostatová a tanková metoda (Kopáček, 2018). Při termostatové metodě (tzv. „set type“ jogurty) je džem dávkován na dno obalu, a fermentace mléka probíhá přímo v obalu, u tankové metody jsou po fermentaci jogurty promíchávány (tzv. „stirred“ type jogurty), u ochucených jogurtů např. s ovocnou složkou.

Dotazy na preference různých druhů jogurtů ukázaly, že čtvrtině respondentů nezáleží na tom, zda konzumují bílé nebo ochucené jogurty či jestli je ovocná složka jogurtů ve formě džemu nebo kousků ovoce – obr. 2. Na druhé straně více preferované jsou ochucené jogurty (39 %), a jogurty, kde je ovocná složka ve formě kousků ovoce (39 %). U některých respondentů, kteří uvedli preferenci bílých jogurtů (35 %), je možným důvodem tohoto výběru, že si je ochucují sami. Přidání ovoce do jogurtů obecně zvyšuje jejich senzorickou atraktivitu zlepšením barvy, aroma a textury. Forma a složení obohacující ovocné složky jsou klíčové pro dosažení vyvážené chuti, žádoucího vzhledu a výsledného přijetí spotřebiteli (Privashantha et al., 2025).

U výše zmíněných dvou dotazů byly zjištěny poměrně značné statisticky významné rozdíly v závislosti na pohlaví i na věku (tab. 2). Ženy preferovaly častěji jogurty bílé, muži ochucené (42, resp. 50 %; $p < 0,001$). S ohledem na formu ovocné složky ($p < 0,01$) ženy uváděly, že nejvíce preferují kousky ovoce (42 %), zatímco muži své preference dělili mezi formami džem na dně (27 %) a kousky ovoce (24 %).

Nevýznamné četnosti v odpovědích na druh jogurtu byly zaznamenány v závislosti na věku na rozdíl od četností odpovědí na formu ovocné složky ($p < 0,01$). Skupiny 25–50 let a nad 50 let uváděly nejčastěji preference jogurtů s kousky ovoce (38 a 44 %) v porovnání s věkovou kategorií do 25 let (26 %).

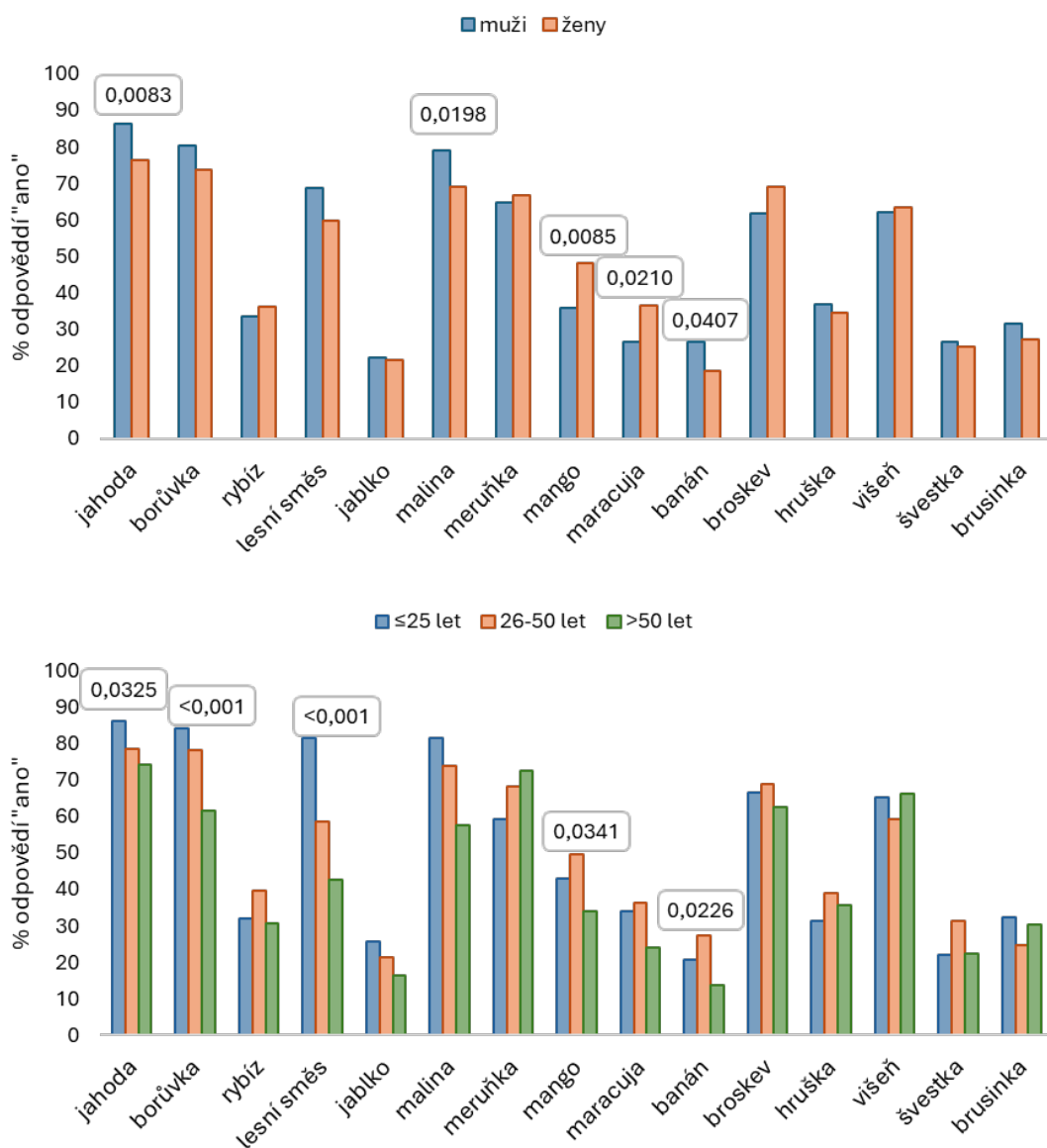


Obrázek 2: Četnosti preferencí konzumace jogurtů s ohledem na typ jogurtu a formu ovocné složky v jogurtu ve sledované skupině hodnotitelů (n = 500)

Tabulka 2: Četnosti preferencí jogurtů v závislosti na pohlaví a věku ve sledované skupině respondentů

Četnosti preferencí [%]	Faktor	Pohlaví		Věk		
	Skupina	muži	ženy	≤ 25 let	26–50 let	> 50 let
Druh jogurtů	n	191	302	185	190	113
	bílé	24	42	34	37	35
	ochucené	50	32	39	38	40
	bez preference	26	26	27	25	25
	<i>p</i>	< 0,001		0,9496		
Forma ovocné složky	n	187	288	177	186	107
	džem na dně	27	20	28	19	20
	džem promíchán	10	8	15	5	7
	kousky ovoce	24	42	26	38	44
	dvě formy	8	8	8	10	6
	bez preference	31	22	23	28	23
	<i>p</i>	0,0018		0,0033		

Ačkoliv se toto dotazníkové šetření nezabývalo preferencemi s ohledem na tučnost jogurtů, z literatury je známo, že pro spotřebitele je tento ukazatel důležitý. Swiader et al. (2022) ve svém výzkumu zjistili vysoce významné rozdíly v preferenci obsahu tuku v jogurtech v závislosti na zeměpisné oblasti. Až 57 % ze sledovaných asijských respondentů preferovalo tučné jogurty, kdežto evropští spotřebitelé upřednostňovali jogurty s běžným či se sníženým obsahem tuku (53 %, resp. 22 %). Asijsí spotřebitelé uváděli, že při výběru jogurtů je pro ně nejdůležitějším ukazatelem konzistence. Vzhledem k tomu, že obsah tuku je zodpovědný za výslednou texturu jogurtů, výrazná preference jogurtů s vyšším obsahem tuku tak může být ovlivněna právě tímto aspektem.



Obrázek 3: Četnosti preferencí příchutí jogurtů v závislosti na pohlaví (muži; n = 188; ženy; n = 289) a věku (≤ 25 let; n = 180; 26–50 let; n = 187; > 50 let; n = 108) ve sledované skupině hodnotitelů

Při zjišťování preferencí ovocných příchutí v jogurtech byly zaznamenány u některých příchutí statisticky významné rozdíly v závislosti na pohlaví a věku (obr. 3), a to přesto, že trendy byly u všech skupin obdobné. Jako oblíbené uváděli dotazovaní respondenti zejména jahodu, borůvku, lesní směs, malinu, meruňku a broskev, na opačné straně pak rybíz, jablko, banán, švestku a brusinky.

Muži preferovali významně více jahodu ($p = 0,0083$), malinu ($p = 0,0198$) či banán ($p = 0,0407$), kdežto ženy dávaly přednost příchutím jako je mango ($p = 0,0085$) a maracuja ($p = 0,0210$). Skupina dotazovaných do 25 let preferovala významně více jahodu ($p = 0,0325$), borůvku ($p < 0,001$) a lesní směs ($p < 0,001$) oproti zbývajícím dvěma skupinám. Zajímavá byla také snižující se preference maliny se zvyšujícím se věkem. Naopak skupina respondentů 26–50 let preferovala významně více příchutě mango ($p = 0,0341$) či banán ($p = 0,0226$).

Jiné příchutě, které měli respondenti možnost uvádět, se vyskytovaly ve velmi omezené míře, z ovocných stojí za zmínku pouze citrusy, třešeň nebo kiwi.

Barragán et al. (2018) zjistili statisticky významný pokles vnímání chuti s rostoucím věkem a zaznamenali rozdíly mezi ženami a muži, kdy ženy vnímaly chuť výrazně intenzivněji. Vennerød et al. (2018) uvádí,

že se preference pro různé úrovně sladké chuti měnily s věkem, zatímco preference pro různé úrovně hořké a kyselé chuti byly stabilní. Noel a Dando (2015) sledovali vliv emočního stavu na vnímání chuti. Jejich výzkum potvrdil, že pozitivní emoce korelovaly se zvýšeným vnímáním intenzity sladké chuti a se snížením vnímání kyselé chuti. Negativní emoce vykazovaly opačný trend, tedy zvýšené vnímání kyselé chuti a snížené vnímání sladké chuti.

ZÁVĚR

Význam fermentovaných mléčných výrobků v jídelníčku českých spotřebitelů je nezanedbatelný. Dotazníkové šetření prokázalo, že největší oblibě se těší sýry a jogurty. Ostatní kysané mléčné výrobky většina dotazovaných konzumuje občas nebo vůbec. Zatímco pohlaví v tomto ohledu nehrálo významnou roli, ukázalo se, že se zvyšujícím se věkem jsou tyto produkty více vyhledávány. Z jogurtů byly nepatrně více preferovány ochucené varianty, a to zejména muži. Odlišnosti v jejich preferencích týkajících se ovocné složky (džem, kousky ovoce) byly prakticky shodné, na rozdíl od žen, které preferovaly ochucení jogurtů s kousky ovoce. Ačkoliv trendy v preferencích jednotlivých ovocných příchutí ve sledovaných skupinách dle pohlaví a věku byly zhruba stejné, určité rozdíly byly nalezeny, a to zejména u jahody, borůvky, maliny a lesní směsi, jejichž obliba se se stoupajícím věkem snižuje.

PODĚKOVÁNÍ

Práce byla vypracována s podporou projektů TQ11000016 a GAJU 023/2025/Z.

LITERATURA

Barragán, R., Coltell, O., Portoles, O., Asensio, E. M., Sorli, J. V., Ortega-Azorin, C., Gonzalez, J. I., Saiz, C., Fernandez-Carrion, R., Ordovas, J. M., Corella, D. (2018): Bitter, sweet, salty, sour and umami taste perception decreases with age: sex-specific analysis, modulation by genetic variants and taste-preference associations in 18 to 80 year-old subjects. *Nutrients*, 10(10), 1539.

Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu10101539>

FAO (2013): Milk and dairy products in human nutrition [Online]. [cit. 2026/2/20]. ISBN 9789251078631.

Dostupné z: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i3396e>

Guiné, R. P. F., Florença, S. G., Bréjon, M., Gonçalves, J. C., Barroca, M. J., Ferreira, M., Fragata, A. (2025): Comparison of milk consumption habits across two European countries: Pilot study in Portugal and France. *Open Agriculture*, 10(1), 20250413. Dostupné z: <https://doi.org/10.1515/opag-2025-0413>

Hlédik, E. a Lógó, E. (2017): Product experiences and consumer preferences related to the choice of yogurt. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 25(1), 64–69.

Dostupné z: <https://doi.org/10.3311/PPso.9331>

Jakubowska, D., Dabrowska, A. Z., Staniewska, K., Kielczewska, K., Przybyłowicz, K. E., Zulewska, J., Łobacz, A. (2024): Health benefits of dairy products' consumption—consumer point of view. *Foods*, 13, 3925. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods13233925>

Jaster, H., Arend, G. D., Rezzadori, K., Chaves, V. C., Reginatto, F. H., Petrus, J. C. C. (2018): Enhancement of antioxidant activity and physicochemical properties of yogurt enriched with concentrated strawberry pulp obtained by block freeze concentration. *Food Research International*, 104, 119–125. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.006>

Kopáček, J. (2018): Fermentované mléčné výrobky a vývoj jejich spotřeby v Evropě, v ČR a ve světě. *Mlékařské listy*, 29, 8–14.

- Krivošíková, A., Rybanská, J., Nagyová, L., Geci, A. (2020): Consumer behaviour of seniors on the cow's milk market in Slovakia: Silver persuading techniques. *Marketing and Management of Innovations*, (1), 200–207. Dostupné z: <https://doi.org/10.21272/mmi.2020.1-16>
- Lesme, H., Rannou, C., Famelart, M.-H., Bouhallab, S., Prost, C. (2020): Yogurts enriched with milk proteins: Texture properties, aroma release and sensory perception. *Trends in Food Science and Technology*, 98, 140–149. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.006>.
- Liu, Z., Xu, Z., Han, M., Guo, B. (2015): Efficacy of pasteurised yoghurt in improving chronic constipation. *International Dairy Journal*, 40, 1–5. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.08.009>
- Meydani, S.N., Ha, W. K. (2000): Immunologic effects of yogurt. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71, 861–872. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.4.861>
- Noel, C., Dando, R. (2015): The effect of emotional state on taste perception. *Appetite*, 95, 89–95. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.06.003>
- Patro-Golab, B., Shamir, R., Szajewska, H. (2015): Yogurt for treating antibiotic-associated diarrhea: Systematic review and meta-analysis. *Nutrition*, 31(6), 796–800. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2014.11.013>
- Pohjanheimo, T., Sandell, M. (2009): Explaining the liking for drinking yoghurt: The role of sensory quality, food choice motives, health concern and product information. *International Dairy Journal*, 19(8), 459–466. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.03.004>
- Privashantha, H., Madushan, R., Pelpolage, S. W., Wijesekara, A., Jayarathna, S. (2025): Incorporation of fruits or fruit pulp into yoghurts: recent developments, challenges, and opportunities. *Frontiers in Food Science and Technology*, 5, 1581877. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/frfst.2025.1581877>
- Savaiano, D. A., Hutkins, R. W. (2021): Yogurt, cultured fermented milk, and health: a systematic review. *Nutrition Reviews*, 79(5), 599–614. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa013>
- Společnost pro výživu (2021): Zdravá třináctka – stručná výživová doporučení pro obyvatelstvo [Online]. [cit. 2026/2/20]. Dostupné z: <https://www.vyzivapol.cz/zdrava-trinactka-strucna-vyzivova-doporuceni-pro-obyvatelstvo/>
- Skowrońska, M., Kaner, G., Całyniuk, B., Kardas, M., Skrzypek, M., Grochowska-Niedworok, E. (2020): Factors affecting the intake of fermented milk products among university students: a cross-sectional study from Poland and Turkey. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 24(1), 29–38. Dostupné z: <https://doi.org/10.14306/renhyd.24.1.759>
- Swiader, K., Banach, R., Tan, F.-J. (2022): Dairy product consumption and preferences of Polish and Taiwanese students—NPD case study. *Applied Sciences*, 12, 10138. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app121910138>.
- Vennerød, F. F. F., Nicklaus, S., Lien, N., Almli, V. L. (2018): The development of basic taste sensitivity and preferences in children. *Appetite*, 127, 10–137. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.04.027>
- Wang, F., Wang, H., Cho, J. H. (2022): Consumer preference for yogurt packaging design using conjoint analysis. *Sustainability*, 14(6), 3463. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su14063463>
- Kontaktní adresa: prof. Ing. Eva Samková, Ph.D., Katedra potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů, Fakulta zemědělská a technologická, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Studentská 809, 370 05 České Budějovice, e-mail: samkova@fzt.jcu.cz*

**PODPORA ROZHODOVÁNÍ PŘI VÝBĚRU POTRAVIN NA ZÁKLADĚ JEJICH HODNOCENÍ:
NÁVRH KONSTRUKCE DIASKÓRE JAKO NÁSTROJE SITUAČNÍ NUTRIČNÍ EDUKACE
U PREDIABETU A DIABETU 2. TYPU**

**FOOD CHOICE DECISION SUPPORT BASED ON FOOD RATING: A PROPOSED DIAScore
FRAMEWORK AS A TOOL FOR SITUATIONAL NUTRITION EDUCATION
IN PREDIABETES AND TYPE 2 DIABETES**

**Helena Těšitelová¹ – Veronika Blašková⁴ – Michal Dubský^{5,6} – Miroslav Jůzl³
Adéla Kábelová¹ – Petr Kouřil³ – Hana Krejčí⁶ – Natália Marhefková^{5,6} – Jan Mužík^{2,7}
Miroslav Petr² – Martina Vlasáková^{2,7} – Šárka Vokounová² – Milena Matejovičová³**

¹ VX Systems s.r.o., Vaňkova 1373, 537 01 Chrudim, Česká republika

² Fakulta tělesné výchovy a sportu, Univerzita Karlova, José Martího 269/31,
162 52 Praha, Česká republika

³ Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

⁴ Ústav statistiky a operačního výzkumu, Provozně ekonomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

⁵ Centrum diabetologie, Institut klinické a experimentální medicíny,
Václavská 1958/9, 140 00 Praha, Česká republika

⁶ 1. lékařská fakulta, Univerzita Karlova, Kateřinská 1660/32, 121 08 Nové Město, Česká republika

⁷ Fakulta biomedicínského inženýrství, České vysoké učení technické v Praze,
nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0392>



ABSTRAKT

Změna životního stylu je základem nefarmakologické léčby prediabetu a diabetu 2. typu. Její zavedení a dlouhodobé udržení jsou ale pro většinu pacientů obtížné. V rámci vývoje nové digitální platformy Jídelní plán (VX Systems, Česká republika) vzniká metodika “DiaSkóre” – kompozitního skóre a vizuální pomůcky pro hodnocení potravin a pokrmů z hlediska jejich glykemického dopadu. Na základě úvodní rámcové rešerše předkládáme první návrh konstrukce tohoto skóre, navazující plán jeho konstrukce, zpřesnění a pilotní validace. Metodika je založena na souboru validovaných proměnných, ovlivňujících postprandiální glykémii, jako jsou např. glykemický index, obsah vlákniny nebo míra zpracování potravin. Na základě těchto faktorů vznikla úvodní konceptuální verze algoritmu, která bude následně ověřena pomocí záznamů z CGM (Continuous Glucose Monitoring) a standardizované stravy. Cílem je nabídnout vodítko a usnadnit pacientům rozhodování při každodenním rozhodování o výběru stravy.

Klíčová slova: hodnocení potravin, nutriční edukace, změna životního stylu, diabetes 2. typu, digitální nástroje ve výživě

ABSTRACT

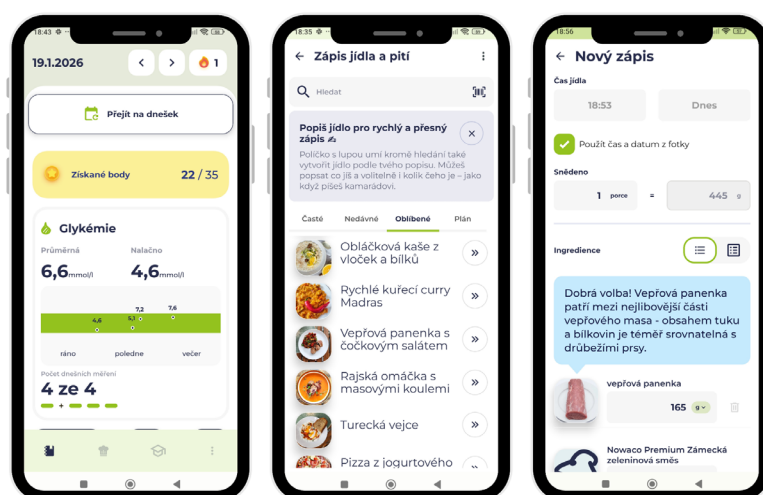
Lifestyle change is a basis of a non-pharmacological treatment of type 2 diabetes. However, long-term adherence remains challenging for most of the patients. As part of the development of the novel Jídelní plán (VX Systems, Czech Republic) digital platform, the “DiaScore” methodology is to be created - a composite

score and visual decision aid for evaluating both foods and complex meals based on their glycaemic impact. Based on an initial scoping review and an analysis of existing food classification systems, we present the first design output of DiaScore and outline the subsequent steps for systematic evidence synthesis and pilot validation. The methodology integrates validated variables such as glycaemic index, fibre content, or the degree of food processing. A scoring algorithm will be designed and pilot-tested using both CGM (Continuous Glucose Monitoring) data and standardized meals. The aim is to facilitate patients' food choices.

Keywords: food evaluation, nutrition education, lifestyle change, type 2 diabetes, digital nutrition tools

ÚVOD

Diabetem 2. typu trpí v Evropě v současnosti více než 65,6 milionu lidí. Očekává se ale průběžný růst, a to až na 72,5 milionu v roce 2050 (Duncan et al., 2026). K dostupným a zároveň nejefektivnějším nefarmakologickým intervencím patří změna životního stylu, jako je optimalizace spánku a stresu, úprava stravy, zvýšení fyzické aktivity a související redukce hmotnosti (Ruze et al., 2023). Udržitelná změna životního stylu ale není snadným procesem. Pacienti tak často i přes velkou snahu čelí selhání a následné demotivaci (Štefánková, 2017, s. 57). Pettinico a Debevec (2020, s. 69) ale ukazují, že předání informace o podkladu onemocnění a také konkrétních strategiích, jaké lze pro dosažení zdravějšího chování a stravování aplikovat, má významný a pozitivní dopad na přesvědčivost sdělení i adherenci pacienta. Dlouhodobé preference určitých potravin jednotlivce patří mezi zásadní modulátory metabolického zdraví. Nevhodné stravovací návyky, charakterizované vysokým podílem vysoce zpracovaných potravin či potravin s vysokým GI, slazených nápojů i přidaných cukrů, trans-mastných kyselin a nedostatkem vlákniny jsou podle systematických přehledů spojeny s vyšší mortalitou i rizikem výskytu kardiometabolických onemocnění, jako jsou diabetes mellitus 2. typu, obezita, hypertenze, dyslipidémie (Jenkins et al., 2024; Veronese et al., 2018; Lane et al., 2024). Strava hraje zásadní roli v regulaci postprandiální glykémie i dlouhodobé kompenzaci diabetu. Glykemickou odpověď na jednotlivé potraviny přitom ovlivňuje řada faktorů, například glykemický index a glykemická nálož, energetická denzita, kombinace jednotlivých makronutrientů, struktura a míra narušení potravinové matrice, množství vlákniny, polyfenolů i dalších bioaktivních látek (Kamruzzaman et al., 2021; Moghaddam et al., 2006; Weaver et al., 2025).



Obrázek 1: Ukázka prostředí aplikace Jídelní plán

Označování potravin na přední straně obalu (Front-of-pack labelling) je efektivním způsobem, jak podporovat vhodnější volby potravin. Ukazuje se přitom, že vizuální interpretační schémata (např. Nutri-Score) jsou pro

spotřebitele srozumitelnější a spíše vedou ke zdravější volbě (Shrestha et al., 2023). I když jsou praktickým vodítkem pro většinovou populaci, žádný ze stávajících systémů se nezaměřuje na minimalizaci postprandiálních výkyvů glykemie.

Rozvoj digitálních nástrojů a technologií přináší nové způsoby podpory. Ukazuje se, že digitální řešení jako mobilní aplikace a platformy jako například eHealth/mHealth mohou být začleněna do klinické praxe, kde mají vysoký potenciál vést nejen ke zlepšení adherence ke změně životního stylu, ale i klinických výsledků (Bassi et al., 2021; Kerr et al., 2024; Cai et al., 2020). Jedním z takových řešení je Jídelní plán (obr. 1), edukační a podpůrná digitální platforma, kterou provozuje firma VX Systems s.r.o. Zaměřuje se na zvyšování zdravotní gramotnosti a podporu každodenních režimových návyků u osob s prediabetem a diabetem 2. typu. Uživatelé zde mají k dispozici vzdělávací obsah (včetně kurzů na webu Setresdiabetes.cz), mohou si zde orientačně sledovat nutriční příjem a vést osobní záznamy o dalších režimových údajích, jako jsou pohyb, spánek nebo stres.

S rostoucí prevalencí prediabetu a diabetu 2. typu je třeba vyvinout efektivní nástroje, které usnadní uživatelům s těmito onemocněními změnu stravovacích návyků, a přitom zohlední potřebu minimalizovat postprandiální výkyvy glykemie. Připravovaný výzkumný záměr DiaSkóre chce spojit oba přístupy – vytvořit uživatelsky přístupnou pomůcku ve formě numerického a vizuálního skóre, která bude následně implementována do aplikace Jídelní plán, s cílem nabídnout vědecky podložený systém klasifikace potravin dle jejich předpokládaného dopadu na glykémii. Článek prezentuje výstupy úvodní analytické a návrhové fáze na základě vstupní rešerše odborných zdrojů. Zároveň shrnuje navazující kroky, které povedou k vývoji, ověření a integraci skóre do digitální platformy Jídelní plán.

MATERIÁL A METODIKA

Úvodní rámcová rešerše proběhla v roce 2025. Byly stanoveny dva směry pro vytvoření přehledu informací. Prvním cílem bylo shromáždění informací o existujících systémech klasifikace potravin z nutričního hlediska, takzvaných Front-of-Pack-Labeling (FOPL) systémech. Druhý směr se vymezoval cílem shromáždit a systematicky utřídit informace týkající se faktorů ovlivňujících glykémii u osob s poruchami glukózové tolerance a u osob s diabetem typu 2. Za tímto účelem byly prohledány databáze Web of Science, NLM PubMed Central, Scopus a Google Scholar. Po zadání hesla Front-of-Pack-Labeling všechny prohledávané databáze nabídky 15 723 publikací publikovaných za posledních 20 let. Z nich byly vybrány čtyři klíčové přehledové články publikované v posledních třech letech, které podrobněji popisují pět hlavních typů FOPL z hlediska jejich výkonu, frekvence využití v různých státech vládními autoritami a dopady na výběr potravin konzumenty. Analýzou zdrojů jsme zjistili, že žádný z popisovaných systémů se nezaměřuje na populaci osob s diabetem typu 2. Pro druhý cíl jsme si stanovili několik kroků. V prvním kroku jsme vyhledali, které faktory spojené s potravinami a stravováním ovlivňují metabolický stav osob s diabetem a tyto faktory jsme rozdělili do 5 skupin: 1. Faktory s přímým akutním vlivem na glykemickou odpověď 2. Faktory ovlivňující vstřebávání sacharidů na úrovni gastrointestinálního traktu 3. Faktory ovlivňující metabolický stav na úrovni regulace glykemie a souvisejících parametrů 4. Faktory zahrnující technologickou úpravu potravin nebo pokrmu 5. Faktory vztahující se k chemické struktuře škrobu v potravinách. Dalším krokem, který probíhá nyní, je vytvoření zevrubných přehledů výzkumů věnovaných popsáním faktorům a pečlivé uložení a organizace dat. Na základě úvodní rešerše bude práce na metodice tvorby skóre rozdělena do dvou fází. První fáze se zaměří na přiřazení váhových koeficientů jednotlivým faktorům na základě statistické analýzy shromážděných údajů z literatury, vytvoření algoritmu a ověření jeho funkčnosti modelováním glykemické odpovědi na základě hodnot skóre. Následovat bude validace s využitím normované stravy u osob s porušenou glukózovou tolerancí a měřením glykemie pomocí zařízení pro kontinuální monitoring glukózy (CGM).

Pilotní studie bude schválena etickou komisí. Všichni účastníci podepíší informovaný souhlas. Při práci s daty bude zajištěna jejich anonymizace a soulad s GDPR.

Předpokládáme vytvoření vizuální podoby skóre (např. kombinace značení formou grafického designu, barvy a čísla). Model bude následně implementován formou mikromodulu do odděleného pilotního prostředí aplikace Jídelní plán, kde bude k dispozici pouze skupině probandů a bude hodnocena jeho uživatelská přívětivost a vliv na výběr vhodnějších variant surovin a pokrmů.

Na základě systematické rešerše odborné literatury hodnotící používané klasifikační systémy potravin (např. NutriScore, NOVA, Traffic Light) bude zvážena možná adaptace stávajících systémů. I když tyto systémy poskytují uživatelům poměrně dobré vodítko z pohledu nutriční kvality potravin, jejich využitelnost pro hodnocení z pohledu glykemického dopadu je limitovaná. Kontextové proměnné, jako je např. vliv spánku nebo pohybové aktivity nebudou v této fázi vývoje zohledněny. Skóre bude modelováno na základě algoritmického zpracování vybraných parametrů a stanovení váhových faktorů pomocí pokročilých statistických metod a metod strojového učení. Pro základní statistické zhodnocení bude využit program Statistica 14 (Tibco, Software Inc., Santa Clara, USA). Pro doplňkové analýzy mohou být využity další programy dle potřeby.

Pilotní ověření

Ověření modelu proběhne v reálných podmínkách. Probandy budou osoby s porušenou glukózovou tolerancí, resp. diagnostikovaným prediabetem nebo diabetem 2. typu ($n = 25$). Aby se zajistila vyšší míra adherence k normovanému stravování, budou rekrutováni z řad klientů firmy zajišťující krabičkové stravování prostřednictvím strukturovaného dotazníku. Jako kritéria pro zapojení do studie předpokládáme věk 18–75 let, deklarovaný diagnostikovaný diabetes mellitus 2. typu (DM2) nebo prediabetes, schopnost a ochota ovládat mobilní technologie a aplikovat CGM. Vylučovací kritéria pak zahrnují přítomnost inzulinoterapie, deklarovaného psychického onemocnění nebo těhotenství.

Probandi budou po dobu 30 dnů vybaveni CGM. I nadále budou konzumovat standardizované (krabičkové) pokrmy. Stravu budou zapisovat do aplikace Jídelní plán, ve které bude skóre potravin a pokrmů kalkulováno. Validace modelu bude provedena srovnáním očekávané a reálné glykemické odpovědi. Pro porovnání skutečného a očekávaného dopadu využijeme data z CGM, zejména úsek 0–240 min po jídle. Stravovací události a glykemickou křivku spárujeme na základě časových značek. Při zpracování dat se zaměříme především na iAUC (Incremental Area Under the Curve – přírůstková plocha pod křivkou), nejvyšší dosaženou hodnotu po jídle, hodnotu time-to-peak a odchylku od time-in-range. Vyřazeny budou časové úseky s nestandardními událostmi, například reportovaným onemocněním probanda.

Pro ověření modelu skóre budou použity statistické metody založené na lineárních modelech (Linear Mixed Effects Model) pro základní hodnocení glykemické odezvy pomocí parametru plochy pod křivkou (AUC) a síla jednotlivých parametrů bude zkoumána pomocí ordinální regrese nebo pomocí analýzy kovariace.

Po pilotním ověření přesnosti skórovacího modelu předpokládáme integraci mikromodulu (skóre a jeho vizuální forma) do digitální platformy Jídelní plán. V dalším kroku bude testován jeho vliv na míru adherence k režimovým opatřením jako součást rozhodovací podpory pro uživatele a případný vliv na klinické ukazatele (HbA1c – glykovaného hemoglobinu, hmotnost, obvod pasu) v čase.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Na základě poznatků z odborné literatury a po analyzování dostupných klasifikačních a informačních systémů bude navržena první verze metodiky DiaSkóre, skórovací algoritmus a vizuální podoba kompozitního indexu. Hodnocení bude založeno na validovaných proměnných, které prokazatelně ovlivňují dynamiku glykémie, jako je např. glykemický index, vláknina, míra zpracování nebo poměr makroživin. Na základě výpočetního

algoritmu pak bude k potravinám i celým pokrmům přiřazováno hodnocení dle jejich předpokládaného vlivu na postprandiální glykémii. Toto skóre bude následně integrováno do aplikace Jídelní plán a ověřeno v pilotní studii. Výsledky ověření budou využity nejen k validaci metodiky, ale také k následné optimalizaci a dalšímu vývoji algoritmu.

Cílem konstrukce DiaSkóre je dosáhnout korelace s postprandiální glykemickou odezvou – tento předpoklad bude ověřen v pilotní studii. V případě úspěšné validace může skóre sloužit jako užitečné vodítko při výběru vhodnějších potravin a pokrmů u osob s porušenou glukózovou tolerancí. Současné nástroje jako NutriScore nebo nutriční štítek potravin nezohledňují dynamiku glykemické odpovědi. Naopak DiaSkóre nabídne novou perspektivu hodnocení potravin, která je založena na metabolickém dopadu. Tento přístup tak má potenciál překlenout mezeru mezi nutričním doporučením a jeho uvedením do praxe. Limitací je jisté zjednodušení, kdy pilotní verze skóre bude pouze statickým modelem, který prozatím nezohlední kontextové faktory (např. spánek, pohyb, načasování jídel), které prokazatelně ovlivňují postprandiální glykémii. Také reflektuje pouze průměrný glykemický dopad a neumožňuje personalizaci zobrazení na základě individuální glykemické odpovědi konkrétního jedince.

Integrace DiaSkóre do mobilní platformy dále poskytne možnost kvantifikovat a popsat změnu stravovacích návyků pro výzkumné účely. Zapojením odborníků z oblasti výživy, diabetologie a datové analytiky chceme zajistit vědeckou robustnost celé metodiky.

ZÁVĚR

Článek prezentuje výstup analytické a návrhové části výzkumného a vývojového záměru DiaSkóre firmy VX Systems s.r.o., metodické a vizuální pomůcky pro pacienty s prediabetem a diabetem 2. typu. Připravovaná metodika DiaSkóre představuje nový přístup k hodnocení potravin, a to z pohledu předpokládaného dopadu na postprandiální glykémii. Hlavním záměrem je edukovat uživatele a usnadnit jim činit informovaná a zdravější rozhodnutí v každodenním rozhodování o výběru potravin nebo celých pokrmů. Integrace mikromodulu do edukační aplikace Jídelní plán pak pacientům umožní využití nepřetržitě dostupné online podpory mimo ordinaci lékaře nebo nutričního terapeuta a může tak podpořit adherenci k režimovým opatřením.

Model je ve fázi prvního návrhu, kdy nejsou zohledněny kontextové faktory ani individuální odezva jedince. Vyžaduje také další validaci v reálných podmínkách i v klinické praxi – to bude tedy dalším krokem. Po potřebné validaci a po dalších úpravách má DiaSkóre ambice stát se škálovatelným základem pro nový přístup nutriční podpory pacientů s porušenou homeostázou glukózy.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji odborníkům z 1. lékařské fakulty a Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy, Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT a Mendelovy univerzity v Brně za odbornou spolupráci při vývoji metodiky DiaSkóre. Dále patientské organizaci Aliance pacientů s diabetem ČR za cenné podněty a pomoc při pochopení potřeb cílové skupiny.

VX Systems s.r.o. je provozovatelem platformy Jídelní plán a vzdělávacích kurzů dostupných na Setresdiabetes.cz. Helena Těšitelová a Jitka Drápalíková jsou co-founderky této platformy. Publikace vznikla za finanční podpory Operačního programu Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost (OP TAK), projekt č. CZ.01.01.01/06/24_045/0006435 DiaSkóre – vytvoření metodiky klasifikace potravin pro pacienty s diabetem DM2.

LITERATURA

- Bassi, G., Mancinelli, E., Dell'Arciprete, G. et al. (2021): Efficacy of eHealth Interventions for Adults with Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 8982. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijerph18178982>
- Cai, X., Qiu, S., Luo, D. et al. (2020): Mobile Application Interventions and Weight Loss in Type 2 Diabetes: A Meta-Analysis. *Obesity*, 28(3), 502–509. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/oby.22715>
- Duncan, B. B., Magliano, D. J., Boyko, E. J. (2025): IDF Diabetes Atlas 11th edition 2025: global prevalence and projections for 2050. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 41(1), 7–9. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/ndt/gfaf177>
- Han, Ch. Y., Lim, S. L., Ong, K. W. et al. (2024): Behavioral Lifestyle Intervention Program Using Mobile Application Improves Diet Quality in Adults With Prediabetes (D'LITE Study): A Randomized Controlled Trial. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 124(3), 358–371. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jand.2023.10.005>
- Jenkins, D. J. A., Willett, W. C., Yusuf, S. et al. (2024): Association of glycaemic index and glycaemic load with type 2 diabetes, cardiovascular disease, cancer, and all-cause mortality: a meta-analysis of mega cohorts of more than 100 000 participants. *The Lancet Diabetes and Endocrinology*, 12(2), 107–118. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(23\)00344-3](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(23)00344-3)
- Kamruzzaman, M., Horowitz, M., Jones, K. L., Marathe, Ch. S. (2021): Gut-Based Strategies to Reduce Postprandial Glycaemia in Type 2 Diabetes. *Frontiers in Endocrinology*, 12, 661877. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.661877>
- Kerr, D., Ahn, D., Waki, K. et al. (2024): Digital Interventions for Self-Management of Type 2 Diabetes Mellitus: Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 26, e55757. Dostupné z: <https://doi.org/10.2196/55757>
- Lane, M. M., Gamage, E., Du, S. et al. (2024): Ultra-processed food exposure and adverse health outcomes: umbrella review of epidemiological meta-analyses. *BMJ*, e077310. Dostupné z: <https://doi.org/10.1136/bmj-2023-077310>
- Moghaddam, E., Vogt, J. A., Wolever, T. M. S. (2006): The Effects of Fat and Protein on Glycemic Responses in Nondiabetic Humans Vary with Waist Circumference, Fasting Plasma Insulin, and Dietary Fiber Intake. *The Journal of Nutrition*, 136(10), 2506–2511. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/jn/136.10.2506>
- Pettinico, G., Debevec, K. (2020): The positive effects of explaining the underlying mechanisms (how it works) when promoting healthy behaviors. *Health Marketing Quarterly*, 37(1), 58–72. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/07359683.2020.1713579>
- Ruze, R., Liu, T., Zou, X. et al. (2023): Obesity and type 2 diabetes mellitus: connections in epidemiology, pathogenesis, and treatments. *Frontiers in Endocrinology*, 14, 1161521. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1161521>
- Shrestha, A., Cullerton, K., White, K. M. et al. (2023): Impact of front-of-pack nutrition labelling in consumer understanding and use across socio-economic status: A systematic review. *Appetite*, 187, 106587. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2023.106587>
- Štefánková, J., Lacigová, S., Brenkus, P. et al. (2017): Motivace pacienta v diabetologické ambulanci. Praha: Mladá fronta. ISBN 978-80-204-4590-2

Veronese, N., Solmi, M., Caruso, M. G. et al. (2018): Dietary fiber and health outcomes: an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 107(3), 436–444. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqx082>

Weaver, C. M., Givens, D. I. (2025): Overview: the food matrix and its role in the diet. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 65(30), 6880–6897.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2025.2453074>

Zhang, X., Xu, D., Chen, M. et al. (2021): Impacts of Selected Dietary Nutrient Intakes on Skeletal Muscle Insulin Sensitivity and Applications to Early Prevention of Type 2 Diabetes. *Advances in Nutrition*, 12(4), 1305–1316. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/advances/nmaa161>

Kontaktní adresa: Ing. Bc. Helena Těšitelová, MSc., VX Systems s.r.o., Vaňkova 1373, Chrudim IV, 537 01 Chrudim. e-mail: helena.tesitelova@jidelniplan.cz

VYUŽITIE BIOPOLYMÉROV V TECHNOLOGII BALENIA SYROV THE USE OF BIOPOLYMERS IN CHEESE PACKAGING TECHNOLOGY

Jana Tkáčová¹ – Adriana Pavelková¹

¹ Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva,
Slovenská poľnohospodárska univerzita, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0399>



ABSTRAKT

Jedlé obaly na báze biopolymérov sa v posledných rokoch čoraz viac uplatňujú ako technológia vhodná na zvyšovanie bezpečnosti, kvality a trvanlivosti syrov. Pre prípravu jedlých obalov sa využívajú biopolyméry, bielkoviny a polysacharidy. Ich použitie je často limitované mechanickými vlastnosťami. Preto sa hľadajú spôsoby ich vylepšenia. Používajú sa kombinácie jednotlivých biopolymérov. Výskum venuje pozornosť hlavne dostupným polymérom ako je alginát, pektín, chitosan, škrob ako aj možnostiam ich obohatenia o bioaktívne látky a probiotické kultúry, čím sa dosiahnu obaly s antimikrobiálnymi vlastnosťami. Prehľadový článok sa venuje aj spôsobom predlžovania trvanlivosti syrov, bioaktívnym povlakom a perspektívam ďalšieho výskumu v oblasti udržateľného balenia potravín.

Kľúčové slová: jedlé obaly, biopolyméry, syry

ABSTRACT

Edible packaging based on biopolymers have been increasingly used in recent years as a technology suitable for increasing the safety, quality and shelf life of cheeses. Biopolymers of proteins and polysaccharides are used to prepare edible packaging. Their use is often limited by mechanical properties. Therefore, ways of improving them are sought. Combinations of individual biopolymers are used. Research focuses mainly on available polymers such as alginate, pectin, chitosan, starch, as well as on the possibilities of their enrichment with bioactive substances and probiotic cultures, thereby achieving packaging with antimicrobial properties. The review article also discusses methods of extending the shelf life of cheeses, active and bioactive coatings and their perspectives for further research in the field of sustainable food packaging.

Keywords: edible packaging, biopolymers, cheeses

ÚVOD

Syry predstavujú skupinu tradičných fermentovaných mliečnych výrobkov, ktoré sa vyznačujú vysokou nutričnou hodnotou a senzorkou variabilitou. Z pohľadu bezpečnosti však ide o produkty s relatívne krátkou trvanlivosťou, hlavne čo sa týka čerstvých a mäkkých syrov. Syry sú náchylné na mikrobiálne kazenie, oxidáciu lipidov a stratu vlhkosti počas skladovania (Jafarzadeh et al., 2021).

Za účelom výroby a distribúcie kvalitných a bezpečných potravín je potrebné, aby obalové systémy spĺňali také vlastnosti, aby bola zabezpečená ochrana výrobku pred nepriaznivými vplyvmi vonkajšieho prostredia pri skladovaní a distribúcii. Obal okrem toho, že má slúžiť ako ochrana potraviny, má minimálne udržiavať alebo dokonca aj zlepšovať vlastnosti balenej potraviny. Má byť navrhnutý tak, aby plnil ich primárnu funkciu, a to dokázal regulovať prenos kyslíka, oxidu uhličitého a vodnej pary pri zachovaní požadovaných vlastností produktu (Jebraeili et al., 2022; Erdem, 2025). Obal má tvoriť bariéru, aby potravina nebola znehodnotená baktériami, plesňami a kvasinkami (Costa et al., 2018; Jebraeili et al., 2022).

Jedlé obaly

Jedlé fólie a povlaky sú definované ako tenké vrstvy jedlého materiálu aplikované priamo na povrch potraviny alebo môžu byť použité ako samostatný obalový materiál (Jebraeili et al., 2022). Jedlé fólie a povlaky sa považujú podľa Costa et al. (2018) za sľubnú technológiu na zlepšenie kvality a bezpečnosti potravín, pričom sa syrársky priemysel považuje za jeden zo sektorov, kde bude mať dobré uplatnenie (Jafarzadeh et al., 2021). Radia sa medzi perspektívne alternatívy k tradičným obalovým materiálom (Costa et al., 2018), nakoľko sa konzumujú spolu s potravinou (El-Sayed a Youssef, 2024) a predstavujú udržateľnejšie riešenie v porovnaní s konvenčnými obalmi, ako napríklad plasty, nakoľko spĺňajú podmienku biologicky rozložiteľných fólií, a tým podmienku environmentálne udržateľnejšieho odpadu (El-Sayed a Youssef, 2024). Ich použitím dôjde k objemovej redukcii tradičných obalov ako je papier, plast, kov a sklo (Mohamed et al., 2020; Zhao, 2021).

Jedlé povlaky nachádzajú svoje praktické uplatnenie najmä pri výrobe čerstvých syrov, ktorých vysoký obsah vlhkosti a aktívna mikroflóra významne ovplyvňujú ich kvalitu počas skladovania (Milerienė et al., 2021). Práve povrchová kontaminácia plesňami a kvasinkami patrí medzi hlavné faktory zodpovedné za kazenie syrov. Čerstvé syry sú zároveň náchylné na mikrobiologickú kontamináciu po spracovaní a počas manipulácie, čo významne ovplyvňuje ich trvanlivosť. Tieto skutočnosti vysvetľuje rastúci záujem o aplikáciu jedlých povlakov ako alternatívnej stratégie na zlepšenie kvality a predĺženie skladovateľnosti syrov (Cerqueira et al., 2009; Costa, 2018; El-Sayed a Youssef, 2024).

Vystavenie syrov kyslíku spúšťa oxidáciu tukov, ktorá je jedným z hlavných nepriamych faktorov zhoršenia kvality syrov počas skladovania, čo sa prejavuje tvorbou nežiaducich senzorických zmien vrátane zmeny farby, chuti a pod. (Jafarzadeh et al., 2021; Vázquez et al., 2024). Obaly tvoria bariéru medzi syrom a jeho okolitým prostredím. Pôsobia na povrchu ako ochranné bariéry proti fyzikálnym zmenám ako zmena vlhkosti, prenikanie kyslíka, svetla a pôsobia proti prieniku mikroorganizmov (Costa et al., 2018, El-Sayed a Youssef, 2024). Dokonca niektoré štúdie uvádzajú, že môžu zlepšovať farbu a vôňu počas skladovania v porovnaní s konvenčnými obalmi (Chirilli a Torri, 2023).

Aby jedlé obaly spĺňali základnú funkciu, musia potravinu kompaktné pokrývať, materiál povlaku by mal byť nelepivý a ľahko emulgovateľný. Dôležitou vlastnosťou jedlých obalov je to, aby bol obal pachovo neutrálny, aby neovplyvňoval a nenarúšal kvalitu potravín (Jebraeili et al., 2022).

Za dôležitú vlastnosť jedlých fólií a povlakov sa považuje ich schopnosť pôsobiť ako nosič rôznych bioaktívnych zlúčenín, ako sú antimikrobiálne a antioxidačné látky, esenciálne oleje a rastlinné extrakty. Pridaním bioaktívnych látok dochádza k zvýšeniu bezpečnosti potravín znížením rizika kontaminácie patogénmi a dochádza k zlepšeniu senzorickej kvality potravín (Vlčko et al., 2022; Jebraeili et al., 2022; Silva et al., 2023; El-Sayed a Youssef, 2024). Na zlepšenie antimikrobiálnej kvality obalov sa využíva v Európskej únii 160 rastlinných extraktov, ktoré sú všeobecne uznávané ako bezpečné (Milerienė et al., 2021). V praktických podmienkach je potrebné zohľadniť aj fakt, že zvýšené koncentrácie rastlinných extraktov môžu negatívne ovplyvniť senzorické vlastnosti syrov. Preto je potrebná optimalizácia a validácia týchto procesov. Na druhej strane môžu jedlé fólie a povlaky pôsobiť aj ako nosiče mikroorganizmov s probiotickými vlastnosťami (Silva et al., 2023), čo predstavuje sľubnú perspektívu do budúcnosti.

Prvú aplikáciu jedlých náterov/filmov možno datovať do 12. storočia v Číne, kde sa vosky používali na konzerváciu citrusových plodov. Rovnako zlepšovali vzhľad potravín zlepšovaním lesku. Neskôr sa začali používať tuky, ako bravčová masť, na predĺženie trvanlivosti mäsových výrobkov. Z Anglicka sa tento trend preniesol aj do Ameriky, kde v 16. storočí začali používať parafín a karnaubský vosk. Na začiatku 20. storočia sa jedlé nátery/filmy z dôvodu zabránenia straty vlhkosti a na dodanie lesku používali hlavne v zelenine

a ovocí. V uvedenom období sa jedlé obaly začali uplatňovať aj v mäsovom priemysle a pri výrobe cukroviniek (Barbosa et al., 2021; Barbosa et al., 2022; Vlčko et al. 2022).

Na materiály jedlých obalov sú kladené vysoké požiadavky, čo sa týka ich funkčnosti. Ich širšie použitie v praxi si preto vyžaduje ďalšie optimalizácie z hľadiska zloženia a technologickej aplikácie.

Biopolyméry

Biopolyméry predstavujú heterogénnu skupinu prírodných polymérnych materiálov na báze bielkovín, polysacharidov alebo ich kombinácií. Predstavujú ekologickú alternatívu k plastom. Vyrábajú sa z obnoviteľných zdrojov či priemyselných vedľajších produktov. Sú biologicky odbúrateľné, netoxické a biokompatibilné. Vďaka týmto vlastnostiam sú ideálne najmä pre oblasť potravinového balenia, kde zároveň spĺňajú hygienické a funkčné požiadavky (Tavassoli-Kafrani et al., 2020; Pires et al., 2024).

Hlavný dôvod použitia biopolymérov ako jedlých obalov je zlepšenie kvality potravín a predĺženie trvanlivosti. Pozitívne ovplyvňujú kvalitu potravín, nutričné vlastnosti a zlepšujú ich funkčné vlastnosti (Barbosa et al., 2021; Barbosa et al., 2022; Zhao, 2021; Vlčko et al., 2022).

Polysacharidy

Jedlé fólie a povlaky na báze polysacharidov (polysacharidy, ako je pektín, karagenan, alginát, chitosan, deriváty celulózy, škrob a xantánová guma) predstavujú ekologickú alternatívu balenia potravín. Vynikajú šetrnosťou k životnému prostrediu ako ekologický a netoxický materiál na balenie potravín. Sú predmetom intenzívneho vedeckého výskumu v oblasti potravinárskych technológií, a to vďaka ich biologickej odbúrateľnosti, bezpečnosti pre spotrebiteľa, vysokej rozpustnosti vo vodnom prostredí a schopnosti vytvárať senzoricky neutrálne bezfarebné filmy a povlaky s dobrými funkčnými vlastnosťami. Jedlé fólie a povlaky na báze polysacharidov sú ťažšie priepustné pre oxid uhličitý a kyslík (Vlčko et al., 2022; Hashemi et al., 2023).

Napriek mnohým pozitívnym vlastnostiam, ktorými vynikajú polysacharidy, vyznačujú sa aj mnohými nevhodnými vlastnosťami (Zhao et al., 2021), medzi ktoré patrí nízka chemická a tepelná stabilita, čo vyúsťuje do problémov pri ich spracovaní tvarovaním. Jedlé obaly tvorené iba jedným druhom polysacharidu majú zlé mechanické vlastnosti, často sú krehké, ľahko praskajú alebo sa krčia. Po tvarovaní sa výrazne zmršťujú, preto musia byť kombinované s ďalšími materiálmi, ktoré tieto negatívne vlastnosti vylepšujú. Ďalšou nevýhodou je ich vysoká hydrofilnosť, ľahké napučiavanie vplyvom vlhkosti, slabá parozábrana a odolnosť voči vlhkosti. V prostredí s vysokou relatívnou vlhkosťou dochádza k významnému zníženiu mechanickej pevnosti takýchto jedlých obalov. Preto sa často používajú v kombináciách s inými materiálmi, ako sú zmäkčovadlá, napríklad glycerol (Vlčko et al., 2022), čím sa dosiahnu ich lepšie vlastnosti.

Alginát, ako najčastejšie používaný polysacharid na výrobu jedlých filmov, je získavaný z hnedých morských rias (Papadopoulou et al., 2022; Hashemi et al., 2023). Alginátové filmy slúžia ako vhodné matrice na začlenenie účinných látok (Costa et al., 2018). Pridanie Ca^{2+} iónov zvyšuje jeho bariérové vlastnosti proti vlhkosti, zvyšuje sa jeho pevnosť. Aplikácie alginátových povlakov s esenciálnymi olejmi preukázali výrazný antimikrobiálny účinok pri aplikácii na rôzne druhy syrov; zlepšujú mikrobiologickú kvalitu syrov vďaka ich antimikrobiálnym vlastnostiam (Erdem, 2025).

Vďaka dobrej dostupnosti a relatívne dobrým vlastnostiam sa na výrobu jedlých potahov využíva pektín, vo vode rozpustný polysacharid. Získava sa z odpadu zo spracovania potravín. Prirodzene obsahuje prírodné antioxidanty a antimikrobiálne látky (Erdem, 2025). Jedlé obaly na báze pektínov boli navrhnuté za účelom plnenia konzervačnej funkcie potravín vzhľadom k ich pozitívnym vlastnostiam – schopnosti vytvárať transparentné a senzoricky neutrálne filmy. Poskytujú bariéru proti stratám oleja, O_2 , CO_2 a prchavých látok.

Experimentálne práce potvrdzujú jeho schopnosť inhibovať rast mikroorganizmov a znižovať oxidáciu lipidov (Lazaridou a Biliaderis, 2018), čo sa prejavuje predĺžením trvanlivosti syrov (Erdem, 2025).

Z pancierov kôrovcov sa získava polymér chitosan deacetyláciou chitínu v alkalických roztokoch. Výhodou chitosanu pri aplikácii v jedlých obaloch je to, že je netoxický, bezpečný, obnoviteľný, biologicky odbúrateľný, bez alergénov. Rozpustnosť chitosanu vo vode je výrazne obmedzená, zatiaľ čo v kyslom prostredí je rozpustný (Hashemi et al., 2023). Na úpravu a zlepšenie jeho vlastností sa spravidla kombinuje s nízkomolekulárnymi látkami, napríklad glycerolom, alebo sa kombinuje s ďalšími prírodnými polymérmi, ako sú polysacharidy, proteíny či lipidy. Takto modifikované jedlé obaly vykazujú vyššiu mechanickú odolnosť, lepšie bariérové vlastnosti (Zhao et al., 2021). Chitosan preukázal bakteriostatické a baktericídne účinky, napr. proti *Escherichia coli* (Paidari et al., 2021; Vlčko et al., 2022). Chitosanové filmy vytvárajú bariéru proti rastu širokého spektra mikroorganizmov. Vďaka tejto vlastnosti získali chitosanové filmy veľkú obľúbenosť (Costa et al., 2018). Výskumy naznačujú, že kombinácia chitosanu ako antibakteriálnej a antioxidačnej látky s inými polymérmi alebo esenciálnymi olejmi (napr. *Mentha longifolia*) zvyšuje jeho účinnosť (Erdem, 2025).

Využitie škrobu ako najrozšírenejšieho rastlinného polysacharidu nachádzame aj pri výrobe jedlých obalov. Škrob je polysacharid tvorený amylózou a amylopektínom (Hao et al., 2024). Škrob na výrobu jedlých obalov sa získava z kukurice, sladkých zemiakov alebo ryže. Okrem týchto tradičných plodín sa používajú aj nekonvenčné rastliny, a to quinoa, semená rastlín, jadrá avokáda. S cieľom zlepšiť špecifické vlastnosti fólie, hlavne zvýšenie mechanickej pevnosti a zníženie priepustnosti vodnej pary tak, aby tieto vlastnosti vyhovovali pre balenie potravín, sa škroby modifikujú. Modifikácia škrobu sa zvyčajne delí na fyzikálnu a chemickú modifikáciu (Wang et al., 2025). V posledných rokoch sa termoplastický škrob uvádza ako perspektívny polymér pre jedlé obaly vzhľadom na jeho širokú dostupnosť, nízke náklady a priaznivé fyzikálne a mechanické vlastnosti (Balakrishnan et al., 2017). Jeho použitie je však limitované vlastnosťami ako nižšia tepelná stabilita a vysoká náchylnosť na absorpciu vlhkosti (Ghanbari et al., 2018). Z tohto dôvodu sa výskum zameriava na kombináciu termoplastického škrobu s inými látkami pre zlepšenie fyzikálnych a antimikrobiálnych vlastností. Pozitívne výsledky boli dosiahnuté pri aplikácii škrobu s kurkumou na čerstvý syr (Erdem, 2025).

Z červenej riasy *Furcellaria lumbricalis* sa získava sulfátový aniónový polysacharid s vlastnosťami podobnými agaru a karagenanu. Je netoxický, biologicky odbúrateľný a gélotvorný. Furcellaran ako taký nevykazuje biologicky aktívne účinky, jeho funkčné vlastnosti sa však významne zlepšujú po obohatení esenciálnymi olejmi, alebo proteínovými hydrolyzátmi (Vlčko et al., 2022).

Pre výrobu jedlých obalov sa využíva aj guarová guma, je to polysacharid známy svojou ľahkou rozpustnosťou v studenej vode. Guarová guma v kombinácii s chitosanom a esenciálnym olejom pomaranča preukázala zlepšenie kvality a stability syrov počas skladovania (Erdem, 2025).

Veľmi sľubné výsledky sa dosahujú pri aplikácii kombinovaných filmov na báze chitosanu, alginátu sodného a karboxymetylcelulózy (CMC), obohatené o antimikrokryštalickú celulózu a probiotiká (napr. *Bifidobacterium lactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*), pričom vykazujú silný antimikrobiálny účinok, pri kvalitatívnom zachovaní zloženia syrov (Erdem, 2025).

Polysacharidové povlaky nájdu uplatnenie hlavne v balení čerstvých syrov, ktoré sa vyznačujú vysokým obsahom vlhkosti.

Bielkoviny

Jedlé obaly na báze bielkovín vykazujú lepšie vlastnosti ako iné materiály, ktoré sa používajú pre výrobu jedlých fólií, pretože pevnosť v ťahu bielkovinových fólií (želatínová fólia 68 MPa) je vyššia ako

u polysacharidových fólií (chitosanová fólia 41 MPa). Z tohto dôvodu sa využíva pre výrobu jedlých fólií veľké množstvo materiálov na báze bielkovín. V syrárskom priemysle medzi najčastejšie využívané materiály na báze bielkovín patria srvátkový proteín, sójový proteín, želatína, kolagén, pšeničný lepok, kazeináty a ďalšie (Khin et al., 2024). Schopnosť proteínov tvoriť filmy závisí od ich molekulárnych vlastností, ako molekulová hmotnosť, konformácia, náboj, flexibilita a tepelná stabilita, ktoré určujú mechanické a bariérové vlastnosti výsledných fólií. Proteínové filmy majú dobrú afinitu k polárnym látkam, nižšiu priepustnosť vodnej pary než polysacharidové systémy (Pires et al., 2024).

Želatína je vysoko cenená ako jedlá fólia, a to vďaka dobrej dostupnosti, relatívne nízkej cene, biologickej rozložiteľnosti. Ďalej sa vyznačuje dobrými vlastnosťami, ako je vynikajúca schopnosť tvoriť film a znižovať prenos kyslíka, oleja a vlhkosti. Želatínová fólia v experimentoch vykazovala vysokú absorpciu vody, čím dochádza k oslabeniu jej mechanických vlastností a transportu vodnej pary fóliou. Z tohto dôvodu sa kombinácia želatíny s inými biopolymérmi, ako je chitosan, škrob a guma javí ako veľmi vhodná. Získava sa čiastočným rozkladom kolagénu (Ahmadi et al., 2025).

Medzi proteíny používané na výrobu fólií a povlakov patrí sójový proteín, srvátkový proteín, pšeničný lepok, kazeinát sodný, kukuričný zeín, želatína a kolagén, arašidový proteín a proteínový izolát, sezamový proteínový izolát, myofibrilárne proteíny rybieho svalu, šošovicový proteín, tekvicový proteín, vaječný bielok a ryžový proteín atď. (Khin et al., 2024).

Jedlé povlaky na báze bielkovín, najmä tie, ktoré pochádzajú z vedľajších produktov pri výrobe syrov, predstavujú ďalšiu dôležitú kategóriu. Jedlé povlaky na báze srvátkových bielkovín vďaka svojej biologickej odbúrateľnosti a dobrým bariérovým vlastnostiam predstavujú sľubnú alternatívu konzervácie potravín vrátane syrov (Milerienė et al., 2021). Relatívne nový prístup predstavuje využitie bioaktívnych povlakov. Tieto povlaky sú navrhované tak, aby podporovali prežitie baktérií mliečneho kvasenia, a tým zvyšovali mikrobiologickú kvalitu a bezpečnosť výrobkov (Vasiliauskaitė et al., 2022). Takéto povlaky sú obzvlášť dôležité vzhľadom na to, že čerstvý nezrejúci syr má krátku trvanlivosť (Milerienė et al., 2021). Srvátkový proteín sa zvyčajne používa v koncentrovanej forme, ako sú koncentráty srvátkových proteínov alebo izoláty srvátkových proteínov (Silva et al., 2023).

Kolagén a srvátkové bielkoviny sa ukázali ako vynikajúce filmové a povlakové materiály. Poskytujú slabú až stredne slabú bariéru voči vode, sú priehľadné, hydrofilné a pri vysokej vlhkosti strácajú integritu filmu. Pre hydrofóbne látky, ako sú oleje a vône, ponúkajú skvelú bariéru (Chen et al., 2019; Silva et al., 2023).

Ďalším materiálom pre výrobu jedlých obalov sa ako veľmi vhodný ukazuje pšeničný lepok s vysokým obsahom bielkovín až 75–80 %, a to vďaka jeho dostupnosti, nízkym nákladom, nízkej rozpustnosti vo vode, schopnosti tvoriť zosieťovanie pri zahrievaní a viskoelasticite. Mechanické vlastnosti vyrobených fólií sú ovplyvňované pH roztoku a obsahom lepku, zatiaľ čo priepustnosť vodnej pary súvisí s pH roztoku tvoriaceho film a percentom etanolu. Do fólií z pšeničného lepku sa môžu pridať ďalšie proteíny, polysacharidy a organické kyseliny na zlepšenie ich fyzikálno-chemických vlastností (Khin et al., 2024).

Výskumníci skúmali aj ďalšie proteínové materiály pre prípravu jedlých obalov ako napríklad hrachový alebo slnečnicový proteín. Hrachový proteín obsahuje prevažne globulíny (65–80 %) a albumíny (10–20 %). Hrachový proteín prináša do jedlých obalov niekoľko zdravotných výhod, vrátane antihypertenzív, antioxidantných účinkov, regulácie aktivity baktérií v čreve, ako aj zlepšenej emulgačnej, gélovej, penivej a zadržiavacej schopnosti oleja respektíve vody (Ge et al., 2020). Nízka flexibilita hrachových proteínov obmedzuje ich použitie ako čistej zlúčeniny vo filmových procesoch, preto je potrebné pri ich príprave použiť zmäkčovadlá (Khin et al., 2024). Výskumy naznačujú, že slnečnicový proteín môže byť dobrou matricou pre antioxidanty a rôzne antibakteriálne látky vrátane esenciálnych olejov. Použitie slnečnicového proteínu na prípravu jedlých obalov je však obmedzujúce z dôvodu jeho nižšej pevnosti v ťahu (Khin et al., 2024).

Ďalší zo skupiny polymérov je sójový proteínový izolát, ktorý sa používa ako surovina pre výrobu jedlých filmov. Pripravuje sa z odtučnenej sójovej múky, ktorá vzniká ako vedľajší produkt pri spracovaní sójového oleja. Sójový proteínový izolát je tvorený až 90 % globulínmi. Vyznačuje sa vynikajúcimi funkčnými vlastnosťami ako jeho schopnosť želírovať, emulgovať a zadržiavať olej vo vode. Sójový proteínový izolát je flexibilný a predstavuje vynikajúcu kyslíkovú bariéru. Osvedčil sa ako vhodný nosič bioaktívnych zlúčenín. Na druhej strane má však nízku bariéru pre vodnú paru (Paglione et al., 2019).

Biopolymérne povlaky na báze bielkovín ponúkajú množstvo materiálov pre výrobu jedlých obalov. Potrebne je ich však kombinovať s ďalšími materiálmi na dosiahnutie vhodných vlastností.

Bioaktívne látky

Význam aplikácie bioaktívnych látok spočíva v ich antimikrobiálnych a antioxidačných vlastnostiach. Bioaktívne látky sú zlúčeniny, ktoré sa prirodzene nachádzajú v rastlinných alebo živočíšnych organizmoch. Môžu sa nachádzať prirodzene v obalovej matrici ako napríklad chitosan alebo sa sekundárne do jedlých obalov pridávajú ako napríklad rôzne esenciálne oleje, polyfenoly, bakteriocíny, enzýmy, probiotiká a podobne. V súčasnosti je známych približne 5000 fytochemikálií s bioaktívnymi vlastnosťami (Vlčko et al., 2022).

Možnosťami využitia jedlých filmov a náterov v praxi sa v súčasnosti začínajú venovať aj niektoré spoločnosti. Vyvíjajú jedlé filmy a nátery. Perspektívu využitia týchto obalov v praxi potvrdzuje aj niekoľko predložených patentov. Napriek tomu, že spoločnosti vidia potenciál využitia jedlých filmov a náterov v praxi, zostáva vyriešiť niektoré výzvy, a to ich vplyv na farbu a chuť, validácia pokrytia povrchu syrov a šandardizácia využitia aktívnych látok (Costa et al., 2018).

V neposlednom čase vzniká otázka možnosti využitia nanotechnológií na vylepšenie mechanických, chemických vlastností filmov a náterov, pričom táto možnosť musí byť starostlivo vyhodnotená aj z pohľadu potravinovej a zdravotnej bezpečnosti obalu. Ako účinné nanomateriály sa ukazujú nanočastice chitosanu, nanocelulóza, nanoíly, pričom boli dosiahnuté pozitívne výsledky.

Z pohľadu bezpečnosti obalov je potrebné brať do úvahy materiály obalov prichádzajúce do kontaktu s potravinami t.j. materiály vložené do rôznych druhov polymérov, ako sú látky proti hnednutiu, ktoré prichádzajú do priameho kontaktu s potravinovými materiálmi. Legislatívne bezpečnosť týchto látok zastrešuje Európsky úrad pre bezpečnosť potravín (EFSA), ktorý upravuje správne používanie rôznych druhov obalov a materiálov prichádzajúcich do kontaktu s potravinami s cieľom ochrániť zdravie spotrebiteľov pred širokou škálou potenciálne nebezpečných chemických materiálov. Pri posudzovaní bezpečnosti nových obalových materiálov je dôsledné posúdenie toxikologických vlastností. Z pohľadu používania jedlých obalov v krajinách je potrebné dodržiavať národnú legislatívu (Paidari et al., 2021).

ZÁVER

Jedlé obaly predstavujú perspektívne riešenie z hľadiska zvyšovania bezpečnosti a predlžovania trvanlivosti potravín vrátane syrov. Prehľad dostupnej literatúry poukazuje na významné vlastnosti polymérnych materiálov vo vzťahu k regulácii prenosu vlhkosti a kyslíka, ktoré zohrávajú kľúčovú úlohu pri zachovaní kvality a senzorických vlastností výrobkov. Na zlepšenie funkčných vlastností jedlých obalov sa často využívajú kombinácie rôznych polymérov, ktoré umožňujú optimalizovať ich mechanické a bariérové vlastnosti. Polymérne matrice môžu zároveň slúžiť ako nosiče bioaktívnych látok, vrátane antimikrobiálnych zložiek alebo probiotických mikroorganizmov.

Napriek sľubným výsledkom publikovaných štúdií zostáva praktické využitie jedlých obalov v priemyselných podmienkach obmedzené. Z praktického hľadiska je preto dôležitá nielen funkčnosť povlakov, ale aj ich

technologická realizovateľnosť v reálnych výrobných a skladovacích podmienkach. Do budúca by sa mal výskum zamerať na optimalizáciu zloženia povlakov a ich aplikáciu v syrárskej praxi.

Jedlé obaly v syrárskom priemysle možno v súčasnosti považovať skôr za doplnkové riešenie k existujúcim obalovým systémom. Ich širšia implementácia si však vyžaduje spoluprácu zahŕňajúcu materiálový výskum, potravinársku technológiu, ako aj zmenu v spotrebiteľskom vnímaní a akceptácii týchto inovatívnych riešení.

POĎAKOVANIE

Práca vznikla s podporou Kultúrnej a edukačnej grantovej agentúry MŠVVaŠ SR – projekt KEGA 016SPU-4/2025 a Bilaterálnej výzvy Agentúry na podporu výskumu a vývoja – projekt SK-FR-24-0015.

LITERATÚRA

Aditya, N., Bhatia, J. N., Yadav, A. N. (2026): Effects of nanomaterials on the properties of edible coatings and films. In: Kumar, N., Upadhyay, A., Trajkovska Petkoska, A., eds. *Trends in edible packaging: A sustainable approaches for postharvest management of fruits and vegetables*. Cham: Springer, 475 s. ISBN 978-3-032-13199-7. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/978-3-032-13199-7>

Ahmadi, E., Panahi, S., Karimzadeh, A., Hassanzadeh, H., Hosseini, M. (2025): Investigating the physicochemical and antimicrobial properties of gelatin–carboxymethyl cellulose edible film containing *Dorema aucheri* extract. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. Dostupné z: <https://doi.org/10.22067/IFSTRJ.2024.89620.1371>

Balakrishnan, P., Sreekala, M. S., Kunaver, M., Huskić, M., Sabu, T. (2017): Morphology, transport characteristics and viscoelastic polymer chain confinement in nanocomposites based on thermoplastic potato starch and cellulose nanofibers from pineapple leaf. *Carbohydrate Polymers*, 169, 176–188. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.04.017>

Barbosa, C. H., Andrade, M. A., Vilarinho, F., Fernando, A. L., Silva, A. S. (2021): Active edible packaging. *Encyclopedia*, 1(2), 360–370. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1020030>

Barbosa, C. H., Andrade, M. A., Vilarinho, F., Fernando, A. L., Silva, A. S. (2022): Edible active coating systems for food purposes. In: *Advances in edible coatings*. Springer, 253–299. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-3-030-90299-5_10

Cerqueira, M. A., Lima, Á. M., Souza, B. W. S., Teixeira, J. A., Moreira, R. A., Vicente, A. A. (2009): Functional polysaccharides as edible coatings for cheese. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(5), 1456–1462. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf802726d>

Chen, H., Wang, J., Cheng, Y., Wang, C., Liu, H., Bian, H., Pan, Y., Sun, J., Han, W. (2019): Application of protein-based films and coatings for food packaging: A review. *Polymers*, 11(12), 2039. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/polym11122039>

Chen, L., Ramezan, Y., Pourramezan, H. (2025): Soy protein isolate (SPI)-based films/coatings for food packaging: Research progress on properties and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24(3), e70181. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70181>

Chirilli, C., Torri, L. (2023): Effect of biobased cling films on cheese quality: Color and aroma analysis for sustainable food packaging. *Foods*, 12(19), 3672. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods12193672>

Costa, M. J., Maciel, L. C., Teixeira, J. A., Vicente, A. A., Cerqueira, M. A. (2018): Use of edible films and coatings in cheese preservation: Opportunities and challenges. *Food Research International*, 107, 84–92. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.013>

- El-Sayed, S. M., Youssef, A. M. (2024): Emergence of edible coatings in cheese packaging for extending shelf-life. *Food Measurement and Characterization*, 18, 5265–5280.
Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11694-024-02564-0>
- Erdem, T. (2025): The use of edible films and coatings in cheese production. In: *Emerging, Contemporary and Future Visions in Food Industry*. Astana Publishing House, 116–127. ISBN 978-625-6125-81-0
- Ge, J., Sun, C., Gan, R.-Y. (2020): The health benefits, functional properties, modifications and applications of pea (*Pisum sativum* L.) protein. *Food and Function*, 11(9), 7981–8001.
Dostupné z: <https://doi.org/10.1039/D0FO01891B>
- Ghanbari, A., Tabarsa, T., Ashori, A., Shakeri, A., Mashkour, M. (2018): Thermoplastic starch foamed composites reinforced with cellulose nanofibers: Thermal and mechanical properties. *Carbohydrate Polymers*, 197, 305–311. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.06.017>
- Hao, Z., Xu, H., Yu, Y., Gu, Z., Wang, Y., Li, C., Xiao, Y., Liu, Y., Liu, K., Zheng, M., Du, Y., Zhou, Y., Yu, Z. (2024): Insights into ball milling treatment promotes the formation of starch-lipid complexes. *Food Hydrocolloids*, 146, 109277. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109277>
- Hashemi, S. M. B., Kaveh, S., Abedi, E., Phimolsiripol, Y. (2023): Edible polysaccharide-based films/coatings for meat and fish preservation. *Foods*, 12(17), 3268. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods12173268>
- Jafarzadeh, S., Salehabadi, A., Mohammadi Nafchi, A., Oladzadabbasabadi, N., Jafari, S. M. (2021): Cheese packaging by edible coatings and biodegradable nanocomposites. *Trends in Food Science and Technology*, 116, 218–231. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.021>
- Jebraili, S., Hesari, J., Manafi Dizajyekan, M. (2022): Edible coating for different types of cheeses: A review. *Journal of Food and Bioprocess Engineering*, 4(2), 115–122.
Dostupné z: <https://doi.org/10.22059/jfabe.2022.344697.1120>
- Khin, M. N., Ahammed, S., Kamal, M. M., Saqib, M. N., Liu, F., Zhong, F. (2024): Investigating next-generation edible packaging: Protein-based films and coatings. *Food Hydrocolloids for Health*, 6, 100182. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2024.100182>
- Lazaridou, A., Biliaderis, C. G. (2018): Edible Films And Coatings As Food Packaging Systems. In: Grumezescu, A. M., ed. *Food Packaging and Preservation*. Academic Press, 361–402. ISBN 978-0-12-812151-1. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812151-1.00012-4>
- Milerienė, J., Serniene, L., Henriques, M., Gomes, D., Pereira, C., Kondrotiene, K., Kasetiene, N., Lauciene, L., Sekmokiene, D., Malakauskas, M. (2021): Effect of liquid whey protein concentrate-based edible coating enriched with cinnamon extract. *Journal of Dairy Science*, 104(2), 1504–1517. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18732>
- Mohamed, S. A. A., El-Sakhawy, M., El-Sakhawy, M. A.-M. (2020): Polysaccharides, protein and lipid-based natural edible films in food packaging: A review. *Carbohydrate Polymers*, 238, 116178. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116178>
- Paglione, I. Dos S., Galindo, M. V. (2019): Optimization of the conditions for producing soy protein isolate films. *Emirates Journal of Food and Agriculture*.
- Paidari, S., Zamindar, N., Tahergorabi, R., Kargar, M., Ezzati, S., Shirani, N., Musavi, S. H. (2021): Edible coating and films as promising packaging: A mini review. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(5), 4205–4214.

Papadopoulou, O. S., Argyri, A. A., Bikouli, V. C., Lambrinya, E., Chorianopoulos, N. (2022): Quality evaluation of cheese slices packed in sodium alginate edible films. *Foods*, 11(18), 2855. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods11182855>

Pires, A. F., Díaz, O., Cobos, A., Pereira, C. D. (2024): A review of recent developments in edible films and coatings—Focus on whey-based materials. *Foods*, 13(16), 2638. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods13162638>

Silva, S., Teixeira, J., Silva, C. (2023): Recent advances in the use of edible films and coatings with probiotic bacteria. *Food Bioscience*, 56, 103196. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103196>

Tavassoli-Kafrani, E., Gamage, M. V., Dumée, L. F., Kong, L., Zhao, S. (2020): Edible films and coatings for shelf life extension of mango: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1853038>

Vasiliauskaitė, A., Milerienė, J., Songisepp, E., Rud, I. (2022): Application of edible coating based on liquid acid whey protein concentrate. *Foods*, 11(21), 3353. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods11213353>

Vázquez, M., Flórez, M., Cazón, P. (2024): Laminated films of bacterial cellulose and chitosan loaded with antioxidant extract. *Food Hydrocolloids*, 156, 110232. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110232>

Vlčko, T., Golian, J., Fikselová, M., Rybníkář, S. (2022): Current overview in the field of application of edible coatings/films. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 12(Special Issue), e9281. Dostupné z: <https://doi.org/10.55251/jmbfs.9281>

Wang, Y., Ju, J., Diao, Y., Zhao, F. (2025): The application of starch-based edible film in food preservation: A comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2024.2349735>

Zhao, Y., Li, B., Li, C., Xu, Y., Luo, Y., Liang, D., Huang, C. (2021): Comprehensive review of polysaccharide-based materials in edible packaging. *Foods*, 10(8), 1845. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods10081845>

Kontaktná adresa: Ing. Jana Tkáčová, Ph.D., Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: jana.tkacova@uniag.sk

ENHANCING THE VALUE OF CULLED SHEEP: MEAT QUALITY, AGING POTENTIAL, AND SUSTAINABLE PRODUCTION STRATEGIES

Ivan Vnučec¹ – Ivica Kos¹ – Ivan Širić¹

¹ University of Zagreb Faculty of Agriculture, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb, Croatia

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0408>



ABSTRACT

Culled sheep contribute significantly to sheep meat supply in several production systems, yet their meat is often undervalued and poorly utilised due to unfavourable quality traits. Compared with lamb, meat from adult sheep is characterised by increased toughness, darker colour, higher fat content, and more intense age-related flavour, which negatively affect consumer acceptance. This review examines the main factors influencing the quality of meat from culled sheep, with particular emphasis on post-mortem aging as a strategy to improve eating quality. Current evidence indicates that aging can enhance tenderness and modify sensory attributes, with dry aging showing potential for developing distinctive flavour profiles suitable for premium product concepts. The outcomes of aging are influenced by animal characteristics, processing conditions, and aging duration. Beyond technological improvements, successful utilisation of culled sheep meat depends on appropriate product differentiation and market positioning. Improved valorisation of this resource may reduce waste, increase production efficiency, and contribute to the sustainability of sheep production systems.

Keywords: mutton, matured meat, consumer acceptance, sustainability, sheep farming

INTRODUCTION

Sheep and lamb meat, as complex and nutritionally rich foods, form an integral part of culinary traditions worldwide (Bouton et al., 1999). Lamb meat is characterized by a light red colour, a fine muscle structure, minimal intramuscular fat, and white subcutaneous and internal fat deposits, resulting in a mild and distinctive flavour profile (Carrasco et al., 2009). In contrast, meat from adult sheep exhibits a darker red colour, a higher proportion of adipose tissue, thicker muscle fibres, and increased toughness (Fruet et al., 2016). Due to these characteristics, meat from older, predominantly culled animals often faces market challenges, which are reflected in relatively low prices and limited consumer acceptance in many regions (Bhatt et al., 2012). Nevertheless, in some production systems, such as in India, culled animals account for more than 40% of total meat production, highlighting their substantial contribution to meat supply (Mendiratta et al., 2008). Breed characteristics may further constrain the effective valorisation of meat from culled sheep. For example, in Mediterranean European countries, sheep meat production is largely based on local, autochthonous breeds of small to medium body size (Sañudo et al., 1998), which are associated with low carcass yields and meat that is not highly valued on the market (Sargentini et al., 2016). Consequently, a substantial proportion of meat from culled ewes is downgraded for use in pet food, or carcasses are simply left on pastures as a food source for local wildlife and scavengers (Gigante et al., 2021). In contrast, sheep breeds with a larger body frame may exhibit a better body condition score at culling, particularly if they have previously undergone a fattening period to increase slaughter weight and, consequently, meat yield (Maggiolino et al., 2024).

Aging is a well-established post-mortem process that improves meat tenderness, flavour, and overall palatability through endogenous proteolytic activity (Koohmaraie and Geesink, 2006). Both wet and dry aging have been shown to enhance sensory attributes of red meat, although dry aging additionally contributes to flavour development through moisture loss and concentration of flavour precursors (Dashdorj et al., 2016). Recent studies suggest that, despite its higher toughness and stronger flavour profile, meat from culled sheep

may be particularly suitable for extended aging, offering an opportunity to transform a low-value raw material into premium products (Hastie et al., 2021; Maggiolino et al., 2024). The aim of this review is to provide an overview of current research on the quality attributes of meat from culled sheep and to assess its suitability for aging processes as a means of increasing its value, thereby contributing to the sustainability of sheep production systems.

Meat quality characteristics of culled sheep

Meat quality is a key determinant of consumer choice and purchasing decisions and is defined by physicochemical traits such as pH, colour, water-holding capacity, intramuscular fat content, fatty acid composition, and sensory properties (Wood et al., 1999; Carrasco et al., 2009). It represents a complex, multidimensional attribute shaped by the combined effects of pre-slaughter production factors and technological processes occurring immediately before and after slaughter (Andersen et al., 2005). In culled sheep, these attributes are strongly influenced by age, physiological status, nutrition, and genotype. Increased age is associated with a higher degree of collagen cross-linking, resulting in reduced solubility of connective tissue and increased meat toughness (Purslow, 2005). Additionally, muscle fibre hypertrophy and a higher proportion of oxidative fibres contribute to darker meat colour and firmer texture. Increased meat toughness represents a major constraint to the utilisation of meat from culled sheep, largely because slaughtered animals are predominantly ewes with low body condition score, typically following lamb rearing or at the end of the lactation period (Fruet et al., 2016).

Fat composition also differs markedly between lamb and adult sheep. Culled sheep meat typically contains higher total fat levels, along with elevated proportion of short-chain and branched-chain fatty acids that are responsible for a pronounced “mutton” odour and flavour (Watkins et al., 2013). While this flavour profile is often perceived negatively in conventional markets, it may be advantageous in niche or gourmet contexts when properly managed through processing and culinary techniques. From a technological perspective, meat from culled sheep often exhibits higher ultimate pH values due to reduced glycogen reserves at slaughter, especially in animals in poor body condition. Elevated pH can negatively affect shelf life and colour stability but may also improve water-holding capacity, which is beneficial for certain processed products (Lawrie and Ledward, 2006).

Aging processes and their effects on sheep meat

Post-mortem aging is a key intervention for improving the eating quality of meat. The primary mechanism underlying tenderization during aging is the degradation of myofibrillar proteins by endogenous proteolytic enzymes, particularly the calpain system (Koohmaraie and Geesink, 2006). In older animals, the rate and extent of proteolysis may be reduced; however, extended aging periods can partially compensate for this limitation.

Wet aging, conducted under vacuum packaging at refrigerated temperatures, is widely used due to its simplicity and minimal weight loss. Studies have shown that wet aging can significantly improve tenderness of mutton, although flavour development is generally less pronounced compared with dry aging. Dry aging, on the other hand, involves controlled exposure of unpackaged meat to air under specific temperature, humidity, and airflow conditions. This process leads to moisture evaporation, concentration of flavour compounds, and the development of characteristic aged aromas (Dashdorj et al., 2016).

Emerging evidence indicates that meat from culled sheep may respond particularly well to dry aging, as its higher fat content and stronger intrinsic flavour can contribute to a more complex sensory profile after aging (Hastie et al., 2021). Nevertheless, dry aging is associated with greater weight loss and trimming requirements, which must be considered when evaluating economic feasibility.

Value-adding strategies and consumer acceptance

Enhancing the value of meat from culled sheep requires an integrated approach that combines appropriate processing technologies, product design, and targeted marketing strategies. Variability in meat quality among culled animals is not determined solely by breed, but is also strongly influenced by production system, physiological status, and management and slaughter practices prior to processing. For example, Sargentini et al. (2016) reported significant differences in carcass and meat quality characteristics between ewes destined for traditional and Halal markets, despite originating from the same breeds, clearly demonstrating the influence of market destination and production conditions on meat quality outcomes. In addition to technological factors, sensory attributes are critical determinants of the utilisation and consumer acceptance of meat from culled sheep. As animals age, sheep meat is more likely to present a stronger flavour intensity and a higher incidence of unpleasant taste/off-flavour notes, which can reduce consumer liking (Gravador et al., 2018). In the sheep meat literature, two recurring sensory constructs are often distinguished: “mutton” flavour, which is primarily associated with animal age, and “pastoral” flavour, which is more closely linked to pasture-based diets (Watkins and Warner, 2011). Importantly, recent evidence indicates that post-mortem aging can modulate these sensory outcomes and improve the acceptability of meat from culled ewes, although the direction and magnitude of changes depend on aging method and duration (Maggiolino et al., 2024).

Within this framework, aging represents a central technological strategy for improving eating quality; however, its effectiveness largely depends on alignment with consumer expectations and market positioning. Recent studies indicate that consumer acceptance of mutton can be significantly enhanced when products are marketed as premium, aged, or gastronomic items, rather than as direct substitutes for lamb, which is often associated with milder flavour and greater tenderness (Hastie et al., 2021). This highlights the importance of differentiation and value-based communication in overcoming traditional consumer resistance toward meat from older animals.

In addition to aging, further value can be created through tailored portioning strategies, innovative culinary preparation methods, and the promotion of traditional or region-specific product concepts. Such approaches are particularly relevant in Mediterranean regions, where strong culinary heritage, established consumption of sheep meat, and growing interest in sustainable, local food systems can support the development of niche markets for premium products derived from culled sheep. By integrating technological interventions with cultural and market-oriented strategies, the valorisation of culled sheep meat can contribute both to increased economic returns and to the overall sustainability of sheep production systems (Bhatt et al., 2013; Gigante et al., 2021).

Sustainability implications

From a sustainability perspective, improved utilization of meat from culled sheep aligns closely with the principles of the circular economy and resource efficiency by maximizing the value extracted from animals at the end of their productive life. Redirecting this meat from low-value uses, such as pet food, or from disposal in the environment, toward human consumption reduces food waste and improves the overall efficiency of sheep production systems (Gigante et al., 2021). Such practices also contribute to lowering the environmental footprint per unit of edible protein by better exploiting existing biological resources rather than increasing primary production.

Moreover, the development of value-added products derived from culled sheep meat, including aged or differentiated premium products, can generate additional income streams for farmers and processors, thereby enhancing the economic resilience of sheep production chains (Esteves et al., 2018; Hastie et al., 2021). This is particularly relevant for extensive sheep farming systems in marginal and less-favoured areas, where alternative agricultural opportunities are limited and where improved valorisation of culled animals can

support farm viability, rural livelihoods, and the long-term sustainability of traditional production systems (Bernués et al., 2011).

CONCLUSION

Meat from culled sheep remains an underutilised resource within sheep production systems, mainly due to increased toughness, intense age-related flavour, and limited consumer acceptance compared with lamb meat. As a result, a considerable proportion of this meat is diverted to low-value uses, despite its potential nutritional and economic value. Available evidence indicates that post-mortem aging can significantly improve the eating quality of meat from culled sheep. Both wet and dry aging enhance tenderness, while dry aging may further contribute to flavour complexity and premium sensory characteristics, particularly in meat with higher fat content. Nevertheless, the success of aging strategies depends on appropriate processing conditions and market positioning. Overall, improved valorisation of culled sheep meat supports circular economy principles by reducing waste, increasing resource efficiency, and enhancing the sustainability and economic viability of sheep production systems.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the project "Food Safety and Quality Centre" (KK.01.1.1.02.0004) funded by the European Regional Development Fund.

REFERENCES

- Andersen, H. J., Oksbjerg, N., Young, J. F., Therkildsen, M. (2005): Feeding and meat quality - a future approach. *Meat Science*, 70(3), 543–54. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.07.015>
- Bernués, A., Boutonnet, J.-P., Casasús, I., Chentouf, M., Gabiña, D., Joy, M., López-Francos, A., Morand-Fehr, P., Pacheco, F. (2011): Economic, social and environmental sustainability in sheep and goat production systems [online]. Options Méditerranéennes, Série A: Séminaires Méditerranéens, No. 100. CIHEAM / FAO / CITA-DGA. ISBN 2-85352-475-2.
- Bhatt, R. S., Sahoo, A., Shinde, A. K., Karim, S. A. (2013): Change in body condition and carcass characteristics of cull ewes fed diets supplemented with rumen bypass fat. *Livestock Science*, 157(1), 132–140. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.06.025>
- Boutonnet, J.-P. (1999): Perspectives of the sheep meat world market on future production systems and trends. *Small Ruminant Research*, 34(3), 189–195. Available at: [https://doi.org/10.1016/S09214488\(99\)00072-3](https://doi.org/10.1016/S09214488(99)00072-3)
- Carrasco, S., Panea, B., Ripoll, G., Sanz, A., Joy, M. (2009): Influence of feeding systems on cortisol levels, fat colour and instrumental meat quality in light lambs. *Meat Science*, 83(1), 50–56. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.03.014>
- Dashdorj, D., Tripathi, V. K., Cho, S., Younghoon, K., Hwang, I. (2016): Dry aging of beef; review. *Journal of Animal Science and Technology*, 58, 20. Available at: <https://doi.org/10.1186/s40781-016-0101-9>
- Esteves, G. I. F., Peripolli, V., Menezes, A. M., Louvandini, H., Silva, A. F., Cardoso, C. C., McManus, C. (2018): Carcass characteristics and meat quality in cull ewes at different ages. *Ciência Animal Brasileira*, 19, e-33874. Available at: <https://doi.org/10.1590/1809-6891v19e-33874>
- Farrell, L. J., Tozer, P. R., Kenyon, P. R., Ramilan, T., Cranston, L. M. (2019): The effect of ewe wastage in New Zealand sheep and beef farms on flock productivity and farm profitability. *Agricultural Systems*, 174, 125–132. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.04.013>

- Fruet, A. P. B., Stefanello, F. S., Rosado Júnior, A. G., de Souza, A. N. M., Tonetto, C. J., Nörnberg, J. L. (2016): Whole grains in the finishing of culled ewes in pasture or feedlot: Performance, carcass characteristics and meat quality. *Meat Science*, 113, 97–103. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.11.018>
- Gigante, F. D., Santos, J. P. V., López-Bao, J. V., Olea, P. P., Verschuuren, B., Mateo-Tomás, P. (2021): Farmers' perceptions towards scavengers are influenced by implementation deficits of EU sanitary policies. *Biological Conservation*, 259, 109166. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109166>.
- Gravador, R. S., Pace, E., Mooney, B. R., Jaeger, S. R., Gkarane, V., Fahey, A. G., Brunton, N. P., Claffey, N. A., Allen, P., Diskin, M. G., Moloney, A. P., Farmer, L. J., Monahan, F. J. (2018): A consumer study of the effect of castration and slaughter age of lambs on the sensory quality of meat. *Small Ruminant Research*, 169, 148–153. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.09.011>
- Hastie, M., Ashman, H., Lyman, D., Lockstone-Binney, L., Jacob, R., Ha, M., Torrico, D., Warner, R. (2021): Product design to enhance consumer liking of cull ewe meat. *Foods*, 10(1), 96. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods10010096>
- Koohmaraie, M., Geesink, G. H. (2006): Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74(1), 34–43. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.025>
- Lawrie, R. A., Ledward, D. A. (2006): Lawrie's Meat Science (7th ed.) [online]. Woodhead Publishing / CRC Press. ISBN-13: 978-1-84569-161-5. Available at: https://ubblab.weebly.com/uploads/4/7/4/6/47469791/lawries_meat_science.pdf
- Maggiolino, A., Forte, L., Landi, V., Pateiro, M., Lorenzo, J. L., De Palo, P. (2024): Enhancement of culled ewes' meat quality: Effects of aging method and time, *Food Chemistry: X*, 23, 101687. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101687>
- Mendiratta, S. K., Kondaiah, N., Anjaneyulu, A. S. R., Sharma, B. D. (2008): Comparisons of handling practices of culled sheep meat for production of mutton curry. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 21, 738–744. Available at: <http://www.ajas.info/upload/pdf/21-103.pdf>
- Purslow, P. P. (2005): Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Science*, 70(3), 435–447. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.06.028>
- Ridler, A., Corner-Thomas, R., Mote, S., Morgan, S., Kenyon, P., Flay, K. (2025): Where do all the ewes go? Ewe culling and mortality in 34 sheep flocks in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, 73(2), 112–123. Available at: <https://doi.org/10.1080/00480169.2024.2409216>
- Sañudo, C., Sanchez, A., Alfonso, M. (1998): Small ruminant production systems and factors affecting lamb meat quality. *Meat Science*, 49(1): S29–S64. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)90037-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)90037-7)
- Sargentini, C., Tocci, R., Campostrini, M., Pippi, E., Iaconisi, V. (2016): At slaughtering and post mortem characteristics on Traditional market ewes and Halal market ewes in Tuscany. *Journal of Animal Science and Technology*, 58, 35. Available at: <https://doi.org/10.1186/s40781-016-0116-2>
- Watkins, P., Warner, R. (2011): Final Report: Compounds associated with consumer acceptability of the flavour of lamb meat. Meat and Livestock Australia Limited / CSIRO. ISBN: 9781741917345.
- Watkins, P. J., Frank, D., Singh, T. K., Young, O. A., Warner, R. D. (2013): Sheepmeat flavor and the effect of different feeding systems: a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(15), 3561–3579. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf303768e>

Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Richardson, R. I., Sheard, P. R. (1999): Manipulating meat quality and composition. *The Proceedings of Nutrition Society*, 58(2), 363–370. Available at: <https://doi.org/10.1017/s0029665199000488>. PMID: 10466178

Contact Information: Invited speaker: Prof. Ivan Vnučec, Ph.D., Division of Animal Science, University of Zagreb Faculty of Agriculture, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb, Croatia, e-mail: ivnucec@agr.hr

NABÍDKA A POROVNÁNÍ KOMERČNĚ DOSTUPNÝCH PROTEINOVÝCH PŘÍPRAVKŮ NA ČESKÉM TRHU UŽÍVANÝCH JAKO DOPLŇKY SPORTOVNÍ VÝŽIVY

MARKET AVAILABILITY AND COMPARISON OF COMMERCIALLY AVAILABLE PROTEIN SUPPLEMENTS USED AS SPORTS NUTRITION ON THE CZECH MARKET

Milan Vývoda¹ – Milena Matejovičová¹ – Tomáš Komprda¹

¹ Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0414>



ABSTRAKT

Cílem práce je přehledně strukturovat nabídku proteinových přípravků dostupných na českém trhu a poskytnout uživatelsky srozumitelný rámec pro orientaci ve výběru v kontextu sportovní výživy. Na základě porovnání zdroje bílkovin, stupně technologického zpracování a nutričního složení byly identifikovány tři základní skupiny produktů: syrovátkové proteinové koncentráty jako nejrozšířenější a univerzálně využitelný segment, specializované syrovátkové izoláty a hydrolyzáty určené pro specifické cíle suplementace a rostlinné proteinové přípravky představující alternativu pro vegany a osoby s intolerancí mléčných bílkovin. Výsledky ukazují, že rozdíly mezi jednotlivými výrobky nespočívají pouze v deklarovaném obsahu bílkovin, ale zejména v jejich kvalitě, biologické dostupnosti a vhodnosti pro konkrétní cílovou skupinu.

Klíčová slova: proteinové přípravky, syrovátkový protein, rostlinný protein, sportovní výživa

ABSTRACT

The aim of this study is to clearly structure the range of protein supplements available on the Czech market and to provide a user-friendly framework for orientation in their selection within the context of sports nutrition. Based on a comparison of protein source, degree of technological processing, and nutritional composition, three basic product groups were identified: whey protein concentrates as the most widespread and universally applicable segment, specialized whey protein isolates and hydrolysates intended for specific supplementation goals, and plant-based protein supplements representing an alternative for vegans and individuals with intolerance to milk proteins. The results indicate that differences between individual products do not lie solely in the declared protein content, but primarily in their quality, biological availability, and suitability for specific target groups.

Keywords: protein supplements, whey protein, plant-based protein, sports nutrition

ÚVOD

Konzumace sportovních doplňků, zejména proteinových přípravků, v posledních letech výrazně roste mezi vrcholovými a rekreačními sportovci, ale i u nesportující populace, která má za cíl zvýšení celkového příjmu bílkovin (Maughan et al., 2011). Současně dochází k rychlému rozvoji celého průmyslu sportovní suplementace a k rozšiřování nabídky proteinových doplňků, které se liší složením, technologickým zpracováním i deklarovanými účinky. Přes prokázané přínosy proteinové suplementace, jako je podpora svalové hypertrofie, síly, vytrvalosti a zlepšení tělesného složení, je nutné hodnotit tyto produkty v širším kontextu celkové výživy a tréninkového zatížení (Rodriguez-Lopez et al., 2022).

Z hlediska kvality proteinových doplňků je klíčové hodnotit nejen množství bílkovin, ale také jejich aminokyselinové složení, zejména obsah větvených aminokyselin (BCAA) a leucinu, který hraje zásadní roli

v regulaci syntézy svalových bílkovin, únavy a sportovního výkonu (Jäger et al., 2017). Dalšími důležitými parametry jsou stravitelnost a biologická dostupnost proteinu, které lze hodnotit pomocí metod, jako je biologická hodnota, PDCAAS (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score) nebo perspektivní metoda DIAAS (Digestible Indispensable Amino Acid Score), jež může v budoucnu sloužit jako referenční standard (Bandyopadhyay et al., 2022). Kvalitu doplňků mohou dále ovlivňovat přidané složky, technologické zpracování a přítomnost látek indikujících nízkou kvalitu, jako je furosin vznikající při vysokoteplotním zpracování, nebo látky představující zdravotní či antidopingové riziko (O'Bryan et al., 2020). Systematické hodnocení proteinových doplňků a transparentní informace jsou proto zásadní pro bezpečné a efektivní využití suplementace ve sportovní praxi.

ANALÝZA SEGMENTACE TRHU

Strategická segmentace trhu je klíčová pro pochopení pozice jednotlivých produktů a značek v konkurenčním prostředí. Trh s proteinovými doplňky lze efektivně rozdělit podle dvou hlavních kritérií: zdroje bílkovin a metody jejich zpracování. Tato kritéria přímo ovlivňují cílového zákazníka, cenovou hladinu a způsob použití produktu. Za účelem analýzy pro tento článek byly vybrány následující e-shopy: kulturistika.com, DAFIT, Alza a fitness007. Na každém e-shopu byly zvoleny kategorie syrovátkový koncentrát a rostlinný protein. Výběr byl přefiltrován podle nejprodávanějšího produktu a jejich vzájemné porovnání je zobrazeno v tabulce níže (tab. 1).

Segmentace podle zdroje bílkovin

Primární dělení trhu vychází ze základní suroviny, která definuje nutriční vlastnosti, cílovou skupinu i vnímání kvality produktu.

Syrovátkové proteiny: Tento segment představuje dominantní sílu na trhu. Syrovátka je preferovanou volbou pro většinu sportovců díky své vynikající biologické využitelnosti a kompletnímu aminokyselinovému profilu. Jak často výrobci sami uvádějí, „žádná alternativa nenabízí takovou kvalitu, jako právě syrovátka“, což potvrzuje její status zlatého standardu v oblasti sportovní výživy.

Rostlinné proteiny: Rostlinné zdroje, jako je sója, hrách a rýže, tvoří klíčovou alternativu pro vegany. Přestože obecně platí, že například sója nemá optimální spektrum aminokyselin oproti syrovátce, tyto produkty úspěšně oslovují specifickou a rostoucí skupinu spotřebitelů.

Živočišné bílkoviny, zejména syrovátkový protein, se vyznačují vyšším podílem nepostradatelných aminokyselin a klíčových aminokyselin pro svalovou proteosyntézu než většina rostlinných zdrojů. Syrovátka obsahuje přibližně polovinu bílkoviny ve formě nepostradatelných aminokyselin včetně leucinu, který je zásadní pro aktivaci syntézy svalových bílkovin, přičemž její aminokyselinový profil syrovátky se blíží složení lidské svalové tkáně. Naproti tomu běžné rostlinné proteiny, jako je hrách, rýže nebo sója, vykazují nižší zastoupení nepostradatelných aminokyselin a často jsou limitovány nízkým obsahem lysinu nebo methioninu, což může snižovat jejich biologickou hodnotu při izolovaném použití (Vliet et al., 2015).

Segmentace podle metody zpracování a kvality

V rámci dominantního syrovátkového segmentu existuje další klíčové dělení podle stupně zpracování, které určuje čistotu, obsah bílkovin a cenu produktu.

Syrovátkové koncentráty (WPC – Whey Protein Concentrate): Jedná se o nejrozšířenější a cenově nejdostupnější variantu, která je preferována širokou základnou sportovců. Díky příznivé ceně a dobrým sensorickým vlastnostem platí, že koncentrát je cenově velmi dobře dostupný a jednoznačně dominuje i po chuťové stránce.

Syrovátkové izoláty (WPI – Whey Protein Isolate): Představují prémiový segment trhu. Díky pokročilejší filtraci nabízejí vyšší obsah bílkovin (často přes 90 %) a zároveň minimum laktózy, tuků a sacharidů. Jejich vyšší cena je předurčuje pro náročnější zákazníky.

Syrovátkový proteinový hydrolyzát (WPH – Whey Protein Hydrolyzate): Tzv. „hydro“ je enzymaticky předštěpená forma syrovátkové bílkoviny, která se vyznačuje nejrychlejším trávením a vstřebáváním ze všech forem syrovátky, a proto se využívá především bezprostředně po tréninku nebo v období velmi přísných diet; kvůli přítomnosti krátkých peptidů může mít mírně nahořklou chuť a její použití dává největší smysl zejména u specifických situací, typicky spíše u zkušenějších cvičenců, zatímco pro běžné cvičence obvykle postačuje klasický WPC.

SROVNÁVACÍ ANALÝZA VYBRANÝCH PRODUKTŮ

Tato kapitola poskytuje přímé a strukturované porovnání hlavních konkurenčních produktů na trhu proteinů bez sladidel. Analýza je založena na následujících metrikách: metoda zpracování, zdroj bílkovin, obsah jednotlivých makronutrientů na 100 g daného produktu.

Tabulka 1: Srovnání nejprodávanějších produktů na vybraných e-shopech (údaje pocházejí z nutričních štítků na produktech)

Značka a produkt	Typ proteinu	Bílkoviny [g·100 g ⁻¹]	Sacharidy [g·100 g ⁻¹]	Tuky [g·100 g ⁻¹]
New 100% Whey Protein (KULTURISTIKA)	Syrovátkový koncentrát	76,2	7,1	6,6
Extrifit 100% Whey Protein (DAFIT)	Syrovátkový koncentrát	75	9	5,3
SMARTFUEL 100 % WHEY PROTEIN (fitness007)	Syrovátkový koncentrát	78	6,5	6
PROM-IN CFM Pure Performance (Alza)	Syrovátkový koncentrát	78,8	4,2	6,9
Czech Virus MPS-5 Pro Vegan (KULTURISTIKA)	Hrachový izolát, rýžový izolát, kokosový protein, dýňový protein, mandlový protein	61	13	10
BioTech Vegan Protein (DAFIT)	Rýžový protein, hrachový izolát	74	13	2
BioTech Vegan Protein (fitness007)	Rýžový protein, hrachový izolát	74	13	2
Reflex Plant Based Protein (Alza)	Hrachový izolát, rýžový protein, dýňový protein	70	5,5	5,6

V případě srovnání syrovátkových izolátů (WPI) s rostlinnými izoláty, vykazuje syrovátka jednoznačně příznivější vlastnosti. Syrovátkový izolát se vyznačuje kompletním aminokyselinovým spektrem s vysokým obsahem leucinu a absencí limitujících aminokyselin, což zajišťuje vyšší biologickou dostupnost. Rostlinné izoláty zůstávají omezeny nižším zastoupením některých nepostradatelných aminokyselin (zejména lysinu

nebo methioninu). Skutečnost, že v tabulkovém srovnání figurují syrovátkové koncentráty, odráží především strukturu nabídky a poptávky na českých e-shopech, kde jsou v kategorii syrovátkových proteinů nejprodávanější právě koncentráty, zatímco v kategorii rostlinných proteinů převažují izoláty.

SHRNUTÍ ANALÝZY

Srovnání ukazuje, že i v rámci stejné kategorie proteinových doplňků existují rozdíly v nutričním složení, které mají praktický dopad na jejich využití. Syrovátkové koncentráty se v analyzovaných produktech pohybují mezi 75–79 g bílkovin na 100 g produktu (průměrná hodnota u vybraných doplňků je 77 g proteinu na 100 g doplňku), přičemž rozdíly mezi jednotlivými značkami jsou relativně malé; nejnižší obsah sacharidů vykazuje Prom-IN CFM Pure Performance ($4,2 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ doplňku), zatímco průměrná hodnota u vybraných syrovátkových koncentrátů je 6,7 g na 100 g doplňku, což odráží malé rozdíly v technologickém zpracování a v podílu laktózy. Obsah tuků je u všech syrovátkových koncentrátů podobný (cca $5\text{--}7 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$; průměr $6,2 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), což potvrzuje, že se jedná o standardní WPC vhodné jako univerzální protein pro většinu sportovců, kteří necílí na extrémní kontrolu makroživin.

Naopak rostlinné proteiny vykazují výrazně větší variabilitu jak v obsahu bílkovin, tak v podílu sacharidů a tuků, což je dáno použitím vícesložkových směsí. Základní složkou u nejvíce prodáváných rostlinných proteinů je izolát hrachového proteinu, ke kterému jsou přidány další složky z různých rostlinných zdrojů. Czech Virus MPS-5 Pro Vegan má nejnižší obsah bílkovin ($61 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) a zároveň nejvyšší podíl sacharidů a tuků, což jej předurčuje spíše jako funkční rostlinný blend než čistý zdroj proteinu. BioTech Vegan Protein naopak dosahuje relativně vysokého obsahu bílkovin ($74 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) při velmi nízkém obsahu tuků ($2 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), čímž se blíží obsahu makroživin syrovátkových koncentrátů, zatímco Reflex Plant Based Protein představuje kompromis s nižším obsahem bílkovin, ale také výrazně nižším podílem sacharidů. Průměrná hodnota obsahu proteinů u rostlinných proteinových směsí je nižší, než u syrovátkových koncentrátů ($69,75 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ rostlinného doplňku), i když rozdíl není signifikantní při použití Studentova t-testu pro nezávislé proměnné ($p = 0,063$; $n = 4$). Naopak, u sacharidů můžeme pozorovat trend vyššího obsahu u rostlinných směsí v porovnání se syrovátkovými proteiny, průměrná hodnota u vybraných směsí je $11,13 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ produktu ($p = 0,082$; $n = 4$). Průměrný obsah tuků se u syrovátkových koncentrátů ($6,2 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) a rostlinných směsí ($4,9 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) neliší, i když u rostlinných proteinů je ve vybraném souboru větší rozptyl. Celkově výsledky analýzy trhu potvrzují, že syrovátkové koncentráty zůstávají nejefektivnějším zdrojem bílkovin z hlediska koncentrace a stabilního poměru makroživin, zatímco rostlinné proteiny je nutné vybírat mnohem pečlivěji podle konkrétní kombinace surovin a cíle uživatele (veganství, intolerance, trávení), nikoli pouze podle čísla udávajícího obsah proteinu na etiketě.

ZÁVĚR

Cílem tohoto článku bylo poskytnout přehled aktuální nabídky proteinových přípravků dostupných na českém trhu a nabídnout strukturovaný rámec, který umožní se lépe orientovat v širokém spektru dostupných produktů. Nejrozšířenějším a dominantním segmentem trhu zůstávají syrovátkové proteinové koncentráty (WPC), které představují optimální kompromis mezi obsahem bílkovin, biologickou hodnotou, senzorickými vlastnostmi a cenovou dostupností. Syrovátkové izoláty a hydrolyzáty nabízejí vyšší koncentraci bílkovin, nižší obsah tuku a sacharidů a lepší toleranci u osob citlivých na laktózu. Naproti tomu rostlinné proteinové přípravky, ať už ve formě izolátů nebo vícesložkových blendů, představují alternativu primárně pro vegany a osoby s intolerancí mléčných bílkovin, přičemž jejich kvalita je výrazně variabilní a výběr by měl zohledňovat nejen celkový obsah bílkovin, ale i aminokyselinové spektrum a podíl ostatních makroživin.

LITERATURA

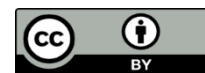
- Bandyopadhyay, S., Kashyap, S., Calvez, J., Devi, S., Azzout-Marniche, D., Tomé, D., Kurpad, A. V., Gaudichon, C. (2022): Evaluation of Protein Quality in Humans and Insights on Stable Isotope Approaches to Measure Digestibility – A Review. *Advances in Nutrition*, 13(4), 1131–1143. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/advances/nmab134>
- Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., et al. (2017): International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14, 20. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>
- Maughan, R. J., Greenhaff, P. L., Hespel, P. (2011): Dietary supplements for athletes: emerging trends and recurring themes. *Journal of Sports Sciences*, 29(sup1), S57–S66. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.587446>
- O'Bryan, K. R., Doering, T. M., Morton, R. W., Coffey, V. G., Phillips, S. M., Cox, G. R. (2020): Do multi-ingredient protein supplements augment resistance training-induced gains in skeletal muscle mass and strength? A systematic review and meta-analysis of 35 trials. *British Journal of Sports Medicine*, 54(10), 573–581. Dostupné z: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099889>
- Rodriguez-Lopez, P., Rueda-Robles, A., Sánchez-Rodríguez, L., Blanca-Herrera, R. M., Quirantes-Piné, R. M., Borrás-Linares, I., Segura-Carretero, A., Lozano-Sánchez, J. (2022): Analysis and Screening of Commercialized Protein Supplements for Sports Practice. *Foods*, 11(21), 3500. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods11213500>
- Udovichenko, E. (2025): Proteinové přípravky určené pro sportovní výživu. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická [online]. Vedoucí práce doc. Ing. Martin Adam, Ph.D. Dostupné z: <https://dk.upce.cz/server/api/core/bitstreams/2e0c2352-ef63-456d-853d-f719f9e6968e/content>
- van Vliet, S., Burd, N. A., van Loon, L. J. C. (2015): The Skeletal Muscle Anabolic Response to Plant- versus Animal-Based Protein Consumption. *The Journal of Nutrition*, 145(9), 1981–1991. Dostupné z: <https://doi.org/10.3945/jn.114.204305>
- Kontaktní adresa: Ing. Milan Vývoda, Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: mvyvoda@gmail.com*

CIRCULAR FOODSHIFT FRAMEWORK FOR THE BALTIC COUNTRIES

Gun Wirtanen¹ – Miikka Jokinen¹ – Kirta Nieminen¹ – Ilkka Latomäki¹

¹ Seinäjoki University of Applied Sciences, Seinäjoki, Finland

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0419>



ABSTRACT

The main objective of developing the framework for circular food systems was to identify the opportunities and obstacles in the green transition. The aim was also to understand the local food system (LFS) in some selected Baltic areas, e.g., in Vilnius, Latgale, and Tartu, and to identify aspects to be implemented in a framework for circular food systems. It should be noted that several regional municipalities in the selected Baltic areas have prioritised sustainability in their long-term strategies for food processing. However, limited local experience and resources pose challenges to promoting circular food systems, particularly when the knowledge and cross-sector cooperation are insufficient. Time and resources are needed in advancing circular food systems in these regions. Gladly, the results indicated that some stakeholders have already made changes in some processes. However, they need more support, e.g., training and cooperation, from local authorities to effectively improve their processes. The Circular FoodShift Framework will be used as a model in developing their processes.

Keywords: green transition, framework, end-users, waste management, sustainable procurement

INTRODUCTION

According to the European Green Deal Europe aims to be climate-neutral by 2050 (Wolf et al., 2021). The circular economy is a model based on sharing, renting, reusing, repairing, refurbishing, and recycling (European Parliament, 2023). The system is moving away from a linear “take-use-dispose” approach to a “reduce-reuse-recycle” approach. The circular economy aims at recovering and recycling materials that have reached the end of their life cycle. The goal is to use less raw materials, minimize waste and reduce emissions, which also applies to the whole food chain. This framework deals with the roles of various organisations within the current food system. It also outlines sustainability and circular economy in the local food systems (LFS) in selected Baltic areas (Jokinen et al., 2025; Latomäki et al., 2025).

In Estonia, the government has approved a white paper on circular economy based on basic principles, and development directions (Eionet, 2024). Planning, policy, value, culture, lifestyle, production and consumption are overarching in the circular economy framework. It is stated that new requirements must be introduced for citizens, entrepreneurs, and agencies to improve the circular economy in the municipalities. Policies related to the food system, e.g., food waste prevention and circular bioeconomy, have also been introduced in Estonia to reduce waste and loss in the entire food chain.

In Latvia, one of the main barriers in the development of circular economy was people's consumption attitudes (Eionet, 2024). The study also showed that the waste management infrastructure was insufficient. Training and education in circular economy must be changed to improve the consumption habits.

In Lithuania, the national government has approved guidelines for the transition to a circular economy by 2035 (Eionet, 2024). Green public procurement has been mandatory in Lithuania since 2023. Currently, there are food-related circular policies included in both the National Waste Prevention and Management Plan and the Lithuanian Agriculture and Rural Development Strategic Plan 2023–2027. The main transitioning

barriers in circular economy are due to the lack of consumer awareness, coherent behaviour in recycling and sufficient recycling infrastructure.

ACTIONS FOR SMALL FARMERS AND FOOD ENTREPRENEURS

The consumers at the local markets are fond of products processed from fresh, local agricultural produce (Jokinen et al., 2025; Latomäki et al., 2025). Furthermore, sustainable agricultural systems are supported by the consumers because the consumers also get access to fresh raw materials. When small-scale farmers and food producers engage in “farm-to-table” initiatives, they strengthen their bonds to the consumers. This type of collaboration creates resilient food systems based on local produce.

This Circular FoodShift framework outlines actions to improve the LFS system (Jokinen et al., 2025; Latomäki et al., 2025). These actions are:

- Redefined roles to support transition to circular economy, despite new regulations (action 1),
- The need for proper information and engagement to promote local suppliers (action 2),
- Challenges in sourcing certified suppliers to develop local value chains (action 3),
- Cooperation and communication among entrepreneurs to improve sustainability in practice (action 4).
- Minimisation of food waste through new technologies and improved valorisation through collaboration (action 5).

ACTIONS FOR HORECA ENTREPRENEURS

The local restaurants and cafes can affect the entire food system by offering sustainably produced food and local procurement also supports the local economy. The customers have the opportunity to consume locally procured products based on local raw material. Furthermore, locally-produced fresh ingredients ensure that the food is nutritious, safe and fresh. The sustainable menus based on seasonal and locally available ingredients help to minimising transportation impacts. The restaurants and cafes support local farmers and producers. When local products are used the carbon footprint are reduced because there is less long-distance transportation. Recycling surplus food is essential, which prevents edible food from being wasted. To achieve circular transition waste management is also critical.

Tracking, monitoring, and recycling food waste can be used to reduce waste. These activities also implement efficient waste management. By composting organic waste, these establishments can contribute more efficiently to the circular transition. In addition, restaurants and cafes can engage to raise awareness of sustainable food practices among their customers. Overall, active participation in the circular transition is vital to create a resilient food system. This framework developed outlines actions improving the LFS system (Jokinen et al., 2025; Latomäki et al., 2025). Actions for hotel, restaurant and café (HoReCa) entrepreneurs are:

- Redefining the role of various organisations in the current food system (action 1).
- Procurement systems and green food procurements in the LFS chain (action 2).
- Cooperation and communication in the LFS chain (action 3).
- Sustainability and circular economy in LFS (action 4).

ACTIONS FOR PUBLIC FOOD SERVICES

Some local governments support sustainable food initiatives in schools. But many food operators in schools have stated that they need practical guidance in sustainable procurement to get the circular economy principles

to work optimally. Financial support from EU, national, and regional authorities is needed to align circular principles in the school food system. Public food services should be allowed to adopt more flexible procurement practices to be able to buy local raw materials. The sharing of successful models from other municipalities, where schools, food services, and local producers work together can enhance engagement in the community. In addition, parental involvement in food education and enhanced education and training for various stakeholder groups, e.g., students, parents to students and kitchen staff, are needed to develop already running initiatives such as food-sharing and reduction of food waste. Strengthening the competencies in both food-sharing and food waste reduction can promote the adoption of sustainable practices within food services in schools. This framework outlines actions improving the LFS system (Jokinen et al., 2025; Latomäki et al., 2025). The actions for public food service actors are:

- Redefining the role of various organisations in the current food system (action 1).
- Complexity of the procurement system and green food procurements in the LFS chain (action 2).
- Importance of cooperation and communication in the LFS chain (action 3).
- Sustainability and circular economy LFS (action 4).

A SPECIAL CASE: DYNAMIC PROCUREMENT SYSTEM

In the dynamic procurement system (DPS), the producers have the right to decide whether or not they participate in small individual competitions. If the terms of delivery are unacceptable for the producer, they may refrain from the tender, which provides flexibility for small producers. In the Circular FoodShift project, a series of workshops was held to develop a process on how to implement DPS in the Baltic countries. The developed model has been created in a format of Plan, Do, Check, Act (PDCA) model.

In the planning phase, the National Procurement Office (NPO) should identify and develop criteria for a sustainable LFS chain. This involves researching the actors in the current supply chain, engaging with stakeholders, and developing clear criteria to guide procurement decisions. The criteria should promote local sourcing, reduce environmental impact, support small producers, and ensure fair trade practices. The next task is to create a manual for local procurement experts. The manual should be clearly written. The manual should clearly and effectively describe the meaning of each criterion and how it improves the sustainability. This part should act as a reference for procurement experts, so they understand and apply the criteria effectively. In Finland, Motiva has published a criteria bank to improve procurements. For Finnish criteria see: <https://kriteeripankki.fi/en>. The criteria bank in Sweden can be found from <https://www.upphandling.smyndigheten.se/en/criteria/>. The Local Procurement Officers (LPOs) should identify both the local producers and the local raw materials available in the region. Agricultural reports and databases, as well as industry publications can be used to collect information about local capabilities. Local Procurement expert should also define what local food is. Then they should compile a list of potential local producers, who may be interested to supply certain ingredients. Initial contacts should be established with the candidates before their names are listed in the paper of online publication.

In the do-phase the NPO is to reach out to local procurement offices. The goal is to introduce the DPS initiative, to explain its benefits, and to attract the interest of local procurement offices to participate. NPOs should organize information sessions and workshops to cover the objectives, processes, and expected outcomes. The NPOs should work closely with the selected procurement offices to develop a detailed pilot with clear objectives, timeline, and milestones as well as to establish a coordination team to oversee the implementation and provide support throughout the process. Detailed reports should be prepared so that they can be shared with other procurement offices and stakeholders to promote transparency and knowledge sharing. The framework should outline the steps for procurement, from identifying needs and sourcing

suppliers to evaluating bids and awarding contracts. This allows for a controlled evaluation of the performance and provides valuable insights for further development. Once the product category is selected, the procurement process is initiated according to the DPS framework.

In the checking-phase, the NPO must develop relevant key performance indicators (KPI), which are measurable and aligned with sustainable procurement goals. KPIs are developed to track and measure the performance. Developed KPIs should be quantifiable and traceable over time. Examples of measurable metrics are the number of suppliers engaged, the volume of produce procured, and the reduction in environmental impact. The NPOs must also define the methods and tools used in collecting data related to each KPI. The LPOs must evaluate the performance of the DPS against the established KPIs, they can adjust the DPS framework based on the findings obtained. This may be based on revised procurement criteria, improved supplier engagement strategies, or enhanced logistical planning.

In the acting-phase, the NPOs shall share good practices, which support local changes essential in improving the procurement processes. This can be established through knowledge-sharing platforms through which information, experiences, and best practices can be exchanged. The platforms should facilitate open communication and collaboration among all active stakeholders e.g., stakeholders representing municipalities, small farmers, entrepreneurs and public food services. Sharing real-world examples helps to inspire and guide other communities to adopt similar practices. The LPOs should select new product categories for DPS implementation. LPOs should set clear objectives, timelines, and milestones for the expansion. They should also provide ongoing support and resources to ensure successful implementation. The provided support and resources, e.g., training programs, technical assistance, and financial incentives, shall help to navigate in the procurement process.

CONCLUSIONS

In setting the green transition framework, the current state with challenges and potential solutions was used. Local sourcing, sustainable procurement, and active communication were shown to contribute significantly to a circular economy. Furthermore, the education in food services proved to be important in developing the circular food system. Actors can use the framework as a model when they develop the sustainability in their processes. The framework provides examples how to proceed in the development. Even though some actors have taken responsible and climate-friendly actions, these improvements may not necessarily have been communicated to others than real customers. Thus, all stakeholders may not be aware of improved actions.

ACKNOWLEDGEMENT

The project in which the results have been obtained is co-funded by European Union through Interreg Baltic Sea Region.

REFERENCES

- European Environment Information and Observation Network (Eionet). (2024): Country profiles on Circular Economy in Europe (2024). Available at: <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-ce/products/country-profiles-on-circular-economy-in-europe>
- European Parliament (EP) (2023): Circular economy: definition, importance and benefits. Available at: <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits>
- Jokinen, M., Latomäki, I., Wirtanen, G. (2025): Setting a circular economic model for food actors in the selected Baltic areas. *SEAMK Journal*, 2(8). Available at: <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe20251212118458>

Latomäki, I., Nieminen, K., Sainio, M., Wirtanen, G. (2025): Local and circular food system in selected Baltic areas. *SEAMK Journal*, 2(3). Available at: <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2025051444434>

Wolf, S., Teitge, J., Mielke, J., Schütze, F., Jaeger, C. (2021): The European Green Deal – More than climate neutrality. *Intereconomics*, 56(2), 99–107.

Available at: <https://www.intereconomics.eu/contents/year/2021/number/2/article/the-european-green-deal-more-than-climate-neutrality.html>.

Contact Information: Dr. Gun Wirtanen, Seinäjoki University of Applied Sciences, Seinäjoki, Finland, e-mail: gun.wirtanen@seamk.fi

**JAK USPĚT V KRÁTKÉM POTRAVINOVÉM ŘETĚZCI? PONAUCENÍ
Z FAREM V ČESKÉ REPUBLICE, POLSKU A NA SLOVENSKU**
**HOW TO SUCCEED IN SHORT FOOD SUPPLY CHAINS: LESSONS LEARNED
FROM FARMS IN CZECHIA, POLAND, AND SLOVAKIA**

**Ivo Zdráhal¹ – Eliška Svobodová¹ – Daniel Falta² – Sebastian Stępień³ – Michał Borychowski³
Patrik Rovný⁴ – Daniela Hupková⁵ – Maia Diakonidze⁶ – Nino Chkhartishvili⁷
Manana Kevlishvili⁸ – Nemanja Jalić⁹**

¹ Ústav regionální a podnikové ekonomiky, Fakulta regionálního rozvoje a mezinárodních studií,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

² Ústav chovu a šlechtění zvířat, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

³ Department of Macroeconomics and Agricultural Economics, Institute of Economics, Poznań
University of Economics and Business, al. Niepodległości 10, 61-875 Poznań, Poland

⁴ Ústav marketingu, obchodu a sociálních studií, Faculty of Economics and Management, Slovak
University of Agriculture in Nitra, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovakia

⁵ Ústav ekonomiky a manažmentu, Faculty of Economics and Management,
Slovak University of Agriculture in Nitra, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovakia

⁶ Department of Tourism and Landscape Architecture, Agrarian Faculty,
Akaki Tsereteli State University, 59 Tamar Mepe Str., 4600 Kutaisi, Georgia

⁷ Department of Viticulture and Enology, Agricultural Sciences and Biosystems Engineering Faculty,
Georgian Technical University, 77 Kostava Str., 0160 Tbilisi, Georgia

⁸ Department of Agrarian and Natural Science and Technologies, Faculty of Agrarian and Natural
Science and Technologies, Iakob Gogebashvili Telavi State University,
N1 Kartuli Universiteti Str., 2200 Telavi, Georgia

⁹ Department of Economics of Agriculture and Rural Development, Faculty of Agriculture, University
of Banja Luka, Bulevar vojvode Petra Bojovića 1A, 78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0424>



ABSTRAKT

Pokles počtu zemědělských výrobců je poháněn tržním tlakem v globalizovaných řetězcích, kde producenti zaujímají zranitelnou pozici. Jako řešení se jeví zkracování vzdálenosti mezi producentem a spotřebitelem. Cílem článku je identifikovat klíčové faktory úspěchu zemědělců při implementaci strategií krátkých potravinových řetězců. Výzkum vychází z komparativní analýzy případových studií tří farem v České republice, Polsku a na Slovensku, realizované skrze optiku teorie krátkých potravinových řetězců, teorii alternativních potravinových sítí a metodický rámec Business Model Canvas. Výsledky naznačují, že integrace do krátkých potravinových řetězců není pouze nouzovým řešením, ale strategickou volbou vyžadující odklon od tradičního komoditního zaměření prvovýrobce směrem k hodnotově orientovanému byznys modelu. U analyzovaných farem se jako důležité kroky vedoucí k úspěchu byznys modelu jeví diferenciaci a unikátnost, strategická kontrola hodnotového řetězce, kromě redukce článků mezi farmářem a zákazníkem i redukce informační (hodnotové), geografické vzdálenosti a diverzifikace a flexibilita

distribučních modelů. To v konečném důsledku vytváří potenciál posílit socioekonomickou stabilitu výrobců a přispívá k rozvoji potravinových systémů v regionu.

Klíčová slova: komparace, lokální potravinové systémy, případové studie, SFSC, Visegrad

ABSTRACT

The decline in the number of farms is driven by market pressures within globalised value chains, in which producers often occupy vulnerable positions. A promising solution appears to be increasing the proximity between the producer and the consumer. This article aims to identify the key success factors for farmers implementing short food supply chain strategies. The research is based on a comparative analysis of case studies from three farms in Czechia, Poland, and Slovakia, guided by the Short Food Supply Chain theory, Alternative Food Network theory and Business Model Canvas methodological framework. The results suggest that integration into short food supply chains is not merely an emergency measure but a strategic choice that requires a shift from a traditional commodity focus among farmers toward a value-oriented business model. For the analysed farms, the critical steps leading to the success of the business model appear to be differentiation and uniqueness, strategic control of the value chain, and (beyond the reduction of intermediaries between the farmer and the customer) also the reduction of informational (value-based) and geographical proximity, as well as the diversification and flexibility of distribution channels. Ultimately, this creates the potential to strengthen producers' socio-economic stability and contributes to the development of regional food systems.

Keywords: Comparison, local food system, case study, SFSC, Visegrad

ÚVOD

Na globální úrovni klesají počty zemědělských výrobců, přičemž existující odborné studie (např. Mehrabi, 2023) predikují pokračování trendu koncentrace. Především menší farmy budou nadále vytlačovány a nahrazovány výrazně redukováným počtem velkých zemědělských výrobců. Úbytek menších farem je determinován komplexním vlivem technologických, ekonomických, sociálních, demografických i politicko-regulatorních faktorů (Cochrane, 1958; Weiss, 1999; Lowder, Skoet a Raney, 2016). Přitom právě i tyto menší, převážně rodinné farmy stále představují prvek přispívající v řadě regionů k zajištění potravinové dostatečnosti (Lowder, Sánchez a Bertini, 2021). Současně tyto farmy fungují jako intergenerační sociokulturní spojnice, slouží jako prostor pro uchovávání lokálního kulturního dědictví a jsou tak nedílnou součástí utváření charakteru venkovské ekonomiky a její krajiny (Sciortino et al., 2025).

V současných zemědělsko-potravinářských systémech strukturálně dominují dlouhé a často vysoce globalizované dodavatelské řetězce (Gereffi, Humphrey a Sturgeon, 2005; Bečvářová, 2008). Tyto dlouhé dodavatelské řetězce mohou být složeny z velkého množství zprostředkujících uzlů počínaje od dodavatelů biologických vstupů, přes primární pěstitele, zpracovatelský průmysl, až po velkoobchodní sítě, maloobchod nebo catering a restaurační zařízení (Bečvářová, 2005). Ačkoliv tento model generuje ekonomické benefity pro naši společnost, série současných globálních krizí zvýraznila systémová rizika spojená s jejich fragmentovanou a nadměrně komplexní povahou (Reardon a Timmer, 2012; Laborde, Martin, Swinnen a Vos, 2020).

Pro zemědělské výrobce představuje integrace do této struktury řadu vzájemně provázaných ekonomických výzev, které v konečném důsledku mají negativní dopady na jejich ziskovost, socioekonomickou udržitelnost a celkový blahobyt (Sexton, 2013; Ploeg et al., 2000). V tomto asymetrickém tržním prostředí je oslabena vyjednávací síla zemědělských výrobců vůči vysoce koncentrovaným (nadměrným) zpracovatelům a podnikům v odvětví maloobchodu. To může následně ústít v znevýhodňující tržní podmínky, protože

zemědělství výrobci čelí bariérám pro vstup na trh, jež plynou z nutnosti plnit dostačující množství dodávky, nákladné certifikační standardy a striktní logistické požadavky. Zemědělský výrobce je v tomto systému oddělen od konečných spotřebitelů, což ztěžuje budování loajality k farmářské značce a porozumění spotřebitelským preferencím. Důsledkem všech těchto problémů pro zemědělské výrobce je redukce ziskových marží (McMichael, 2009).

V tomto kontextu je vznik a rozvoj krátkých potravinových řetězců prosazován jako přímá a systémová reakce na tuto vzrůstající anonymitu, strukturální složitost a prohlubující se disproporci globalizovaných dlouhých potravinových systémů (Renting, Marsden a Banks, 2003). V současné zemědělské praxi lze (na vysokém stupni obecnosti) rozlišit dva základní byznys modely farem. Prvním je komoditní model, integrovaný do dlouhých potravinových řetězců. Tento model je primárně charakterizován maximalizací objemu produkce a úsporami z rozsahu, avšak samotnému producentovi poskytuje jen velmi nízkou realizovanou ziskovou marži (Marsden, Banks a Bristow, 2000). V kontrastu s tím modelem jsou krátké potravinové řetězce, jež představují byznys model založený na potenciálu realizace vyšší přidané hodnoty. Tento koncept, jenž je typičtější pro malé a střední zemědělské podniky (ale ne nutně se musí jednat jen o menší podniky), se vyznačuje nižším objemem produkce, avšak nabízí vysoce diferencovaný, autentický produkt, s tím, že potenciálně vyšší zisková marže zůstává alokována přímo u samotného zemědělce (Ploeg et al., 2000).

Hlavním cílem tohoto článku je identifikovat a analyzovat klíčové faktory úspěchu zemědělských výrobců ve střeoevropském prostoru při implementaci byznys modelů založených na zkrácení potravinového řetězce. Za tímto účelem jsou komparovány byznys modely celkem tří farem (vždy jedna z České republiky, Slovenska a Polska) zabývajících se mléčnou produkcí.

MATERIÁL A METODIKA

Z hlediska teoreticko-metodického zakotvení staví tato studie na konceptech krátkých potravinových řetězců (Marsden, Banks a Bristow, 2000 a Renting, Marsden a Banks, 2003), alternativních potravinových sítí (Michel-Villarreal et al., 2025) a na konceptu Byznys Model Canvas (Osterwalder a Pigneur, 2010).

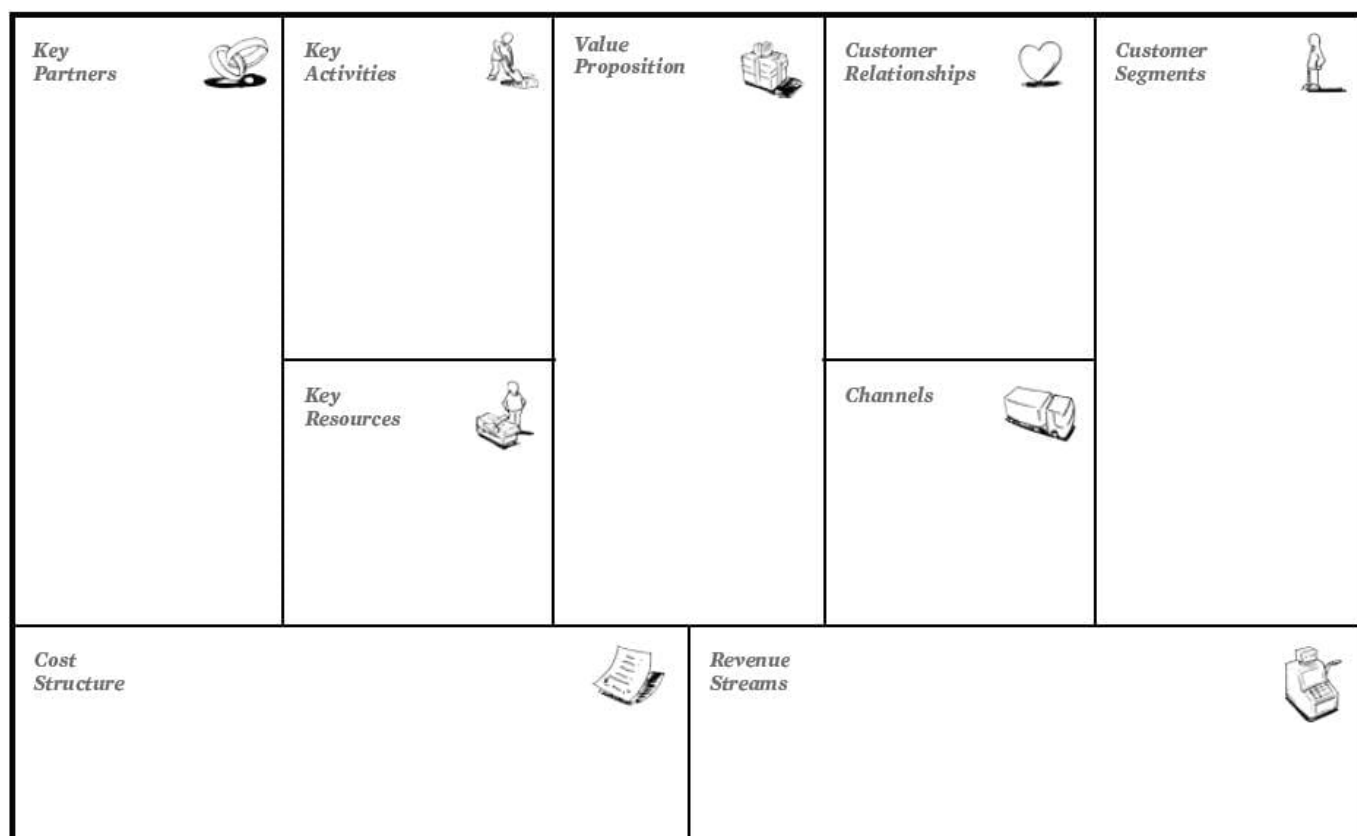
Analyzované krátké řetězce byly zhodnocené dle konceptu vypracovaného autory Marsden, Banks a Bristow (2000) a Renting, Marsden a Banks (2003). Tyto koncepty vymezují tři typy, které popisují, jak se propojují a interagují zemědělství producenti a spotřebitelé. První typ zahrnuje přímou interakci, jako je prodej ze dvora nebo farmářské trhy, kde je autenticita produktu zprostředkována osobním kontaktem. Druhý typ je charakteristický existencí prostorové blízkosti. Produkty jsou vyráběny a prodávány v rámci specifického regionu, díky čemuž jsou spotřebitelé v místě prodeje informováni o charakteru a lokální povaze potravin. Třetím typem jsou prostorově rozlehlejší řetězce. V jejich případě se informace o producentovi a regionu dostanou ke spotřebitelům daleko za hranice místa původu, často prostřednictvím specializovaného značení, certifikace nebo digitálních platform. Dále byl použit přístup Eriksena (2013) pro vymezení krátkosti řetězce, resp. jeho lokálnosti. Tento přístup definuje lokálnost pomocí tří domén blízkosti (proximity):

- fyzická vzdálenost (minimalizace geografického prostoru, který musí potravinářské produkty urazit),
- vzdálenost v hodnotovém řetězci (snížení počtu prostředníků mezi zemědělcem a spotřebitelem, přičemž institucionální definice tuto vzdálenost často omezují na jednoho nebo žádného prostředníka),
- relační a informační blízkost (kulturní, sociální a hodnotová blízkost mezi producenty a spotřebiteli).

V akademickém prostředí jsou tyto různé typy krátkých řetězců řazeny pod zastřešující pojem alternativní potravinové sítě. Přestože se pojem krátké potravinové řetězce a pojem alternativní potravinové sítě často používají zaměnitelně, model krátkých potravinových řetězců slouží jako specifický konceptuální model

oproti komplexnějšímu modelu alternativnějších potravinových sítí. Proto byl i použit koncept od Michel-Villarreal et al. (2025) pro charakteristiku dalších čtyř základních atributů těchto modelů. Tyto atributy jsou alterita, tedy míra odlišnosti od standardizovaných průmyslových systémů. Tato odlišnost se projevuje v unikátní kvalitě, přímé distribuci či nových ekonomických modelech, ačkoliv se rozdíl často v praxi stírá v hybridních formách. Dalším atributem je propojenost, která skrze důvěru a vzájemný závazek obnovuje vztahy mezi producenty a spotřebiteli, čímž mění pasivní konzum v aktivní kolektivní účast (např. v podobě komunitou podporovaného zemědělství). Tento vztah pak stojí na třetím klíčovém principu, a to blízkosti, která zkracuje fyzické vzdálenosti, eliminuje zprostředkovatele a překonává informační bariéry přímou interakcí. Celý systém je pak úzce spjat se čtvrtým atributem, udržitelností v environmentální i sociální rovině, byť je její reálné naplnění v konkrétních iniciativách vysoce variabilní.

Pro analýzu byznys modelů farem byla využita metoda Business Model Canvas. Tuto metodu vytvořili Alexander Osterwalder a Yves Pigneur (Osterwalder a Pigneur, 2010) v roce 2010 a představuje holistický strategický rámec pro vizualizaci, hodnocení a inovaci podnikatelských konceptů prostřednictvím devíti vzájemně provázaných stavebních bloků (obr. 1). Pravá strana (Segmenty, Vztahy, Kanály) se zaměřuje na zákazníka. Levá strana (Partneři, Činnosti, Zdroje) se zaměřuje na vnitřní fungování (produkce a efektivita). To vše je propojeno hodnotovou nabídkou. Spodní část (Výnosy a Náklady) řeší ekonomickou životaschopnost. Při hodnocení byznys modelu by se pozornost měla nejdříve upřít na zákaznické segmenty a hodnotové nabídky, poněvadž bez správného nastavení těchto dvou bloků nebude zbytek byznys modelu dávat smysl.



Obrázek 1: Struktura Byznys Model Canvas (Osterwalder a Pigneur, 2010)

Při hodnocení byznys modelů se analýza soustředila na zákaznické segmenty a hodnotové nabídky farem, poněvadž bez správného nastavení těchto dvou bloků nebude zbytek byznys modelu dávat smysl. Hodnotová nabídka je balíček produktů a služeb, který řeší konkrétní problém nebo uspokojuje potřeby určité skupiny

zákazníků a je hlavním důvodem, proč dají spotřebitelé přednost jedné firmě před druhou (Osterwalder a Pigneur, 2010).

Faktografická základna výzkumu a postup řešení

Pro naplnění cílů této studie, tedy identifikaci klíčových faktorů úspěchu při implementaci strategií zkracování potravinového řetězce, byl zvolen kvalitativní výzkumný design využívající metodu mnohočetné případové studie. Tento přístup je vhodný pro zkoumání komplexních a sociálně ukotvených fenoménů v jejich reálném kontextu (Yin, 2018), což umožňuje detailní pochopení toho, jak zemědělci zkracují vzdálenost ke spotřebitelům.

Analyzované case study vznikly v rámci projektu s názvem „Family Farms in Short Food Supply Chains: Transfer of experience from Czechia, Slovakia and Poland“ (<https://1url.cz/71vzD>) v rámci grantového programu Visegrad+ Grants (<https://www.visegradfund.org/>). Vedoucím subjektem tohoto projektu je Mendelova univerzita v Brně. Konsorcium dále tvoří univerzity a neziskové organizace z Polska, Slovenska, Gruzie a Bosny a Hercegoviny. Hlavním cílem projektu je identifikace a transfer osvědčených postupů v oblasti krátkých potravinových řetězců ze zemí Visegrádské čtyřky do specifických socioekonomických podmínek Gruzie a Bosny a Hercegoviny.

Výzkumný vzorek pro tento článek tvoří celkem tři farmy, vždy jedna z České republiky, Polska a Slovenska. Záměrný výběr případů byl proveden na základě následujících kritérií: 1) primární producenti s finalizací (podniky se věnují primární zemědělské produkci, kterou následně zpracovávají a finalizují pro trh), 2) užití strategie krátkého potravinového řetězce a 3) působení v sektoru mléka. Popis dalších charakteristik komparovaných farem se nachází v následující tabulce (tab. 1). To na jedné straně umožnilo studovat dané případy ve velkém detailu, ale vytváří to i významný limit studie, čímž je omezená možnost zobecnitelnosti poznatků na celou populaci zemědělských výrobců.

Tabulka 1: Tabulka s charakteristikami komparovaných farem (Food Chain Project, <https://1url.cz/71vzD>)

Případová studie	Stát	Hlavní specializace	Rozloha a produkční zdroje	Klíčové krátké distribuční kanály
Farma Nelepeč	CZ	Ekologické zemědělství, produkce a zpracování mléka	90 ha půdy, 60 ks skotu (z toho 30 dojnic)	Samoobslužný obchod na farmě (60 % prodeje), dodávky do lokálních obchodů a restaurací
Farma Chrzypsko Male	PL	Rostlinná výroba, mléčné výrobky a vejce	25 ha půdy, 14 ks skotu, 50 nosnic	Prodej ze dvora v suterénu domu, přímé dodávky lokálním školám, nemocnicím a hotelům
Madonan	SK	Produkce a zpracování A2A2 mléka (bez A1 beta-kaseinu)	164 krav plemene Jersey	Vlastní e-shop, výdejní logistická místa (Madonan Drive), podniková prodejna.

Analýza proběhla ve dvou fázích. V první fázi byla provedena vnitro-případová analýza, kdy pro každý ze tří podniků byl sestaven profil dle charakteristik krátkých potravinových řetězců (Marsden, Banks a Bristow, 2000; Renting, Marsden a Banks, 2003) a alternativních sítí (Michel-Villarreal et al., 2025). Následně byl zmapován specifický byznys model farmy dle schématu byznys model canvas (Osterwalder a Pigneur, 2010). V druhé fázi byla provedena komparativní analýza napříč celým vzorkem k identifikaci a analýze klíčových faktorů úspěchu zemědělských výrobců při implementaci strategií zkracování potravinového řetězce.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Optika modelů krátkých potravinových řetězců a alternativních potravinových sítí

Polská farma Chrzypsko Małe představuje model maximálního zkrácení dodavatelských řetězců ve všech jejich dimenzích. Fyzická i hodnotová vzdálenost je zde redukována na minimum, jelikož 60 % prodeje probíhá zcela bez prostředníků přímo ve speciálně upraveném suterénu rodinného domu farmářky. Další odbyt tvoří přímé dodávky jednotlivcům v regionu a zbylá část směřuje do lokálních institucí. Informační vzdálenost je u této farmy překonávána výhradně osobní formou. Farma záměrně nevyužívá digitální síť, nýbrž staví na maximálním osobním kontaktu, rozhovorech během prodeje a síle osobního doporučení. Farma tak aktivně buduje intenzivní vztahy založené na důvěře, čímž běžnou ekonomickou transakci vědomě přeměňuje na neformální sociální interakci. Tato výrazná odlišnost podniku spočívá v odklonu od konvenčního maloobchodu a příklonu k tradiční výrobě sýrů z vlastního mléka. Farma je příkladem prvního typu krátkého potravinového řetězce (dle Renting, Marsden a Banks, 2003) s přímou interakcí, kdy zákazníci navštěvují přímo suterén farmy nebo nakupují její produkty na místních plážových festivalech. Doplnkově farma využívá i druhý typ prostorově rozlehlejšího (regionálního) řetězce v podobě přímých závozu do místních škol, nemocnic a blízkého hotelu, což je opět postaveno na pevných osobních vztazích s lokálními aktéry. Zvolený komunitní a přímý přístup se promítá do celkové udržitelnosti podniku. Ekonomická stabilita je zajištěna tím, že eliminací prostředníků si farma ponechává celou prodejní marži, díky čemuž může nabídnout potraviny „i cenově citlivějším zákazníkům. Environmentální rozměr se pak projevuje silným důrazem na tradiční postupy zpracování bez použití umělých aditiv a zajištěním vysokého standardu welfare zvířat.

Česká Farma Nelepeč je příkladem, jak lze efektivně zkracovat vzdálenost k zákazníkovi napříč různými rovinami. Vztahovou v hodnotovém řetězci farma eliminovala investicí do vlastní mini mlékárny, díky čemuž zpracované produkty prodává napřímo a získává tak vyšší přidanou hodnotu. Z geografického hlediska se orientuje primárně na lokální trh a nedaleké Brno (krajské město s 400 tis. obyvatel), které představuje silné odbytiště s vysokou kupní silou. Její odlišnost je formována vědomým odmítnutím konvenčního mlékárenského trhu, na kterém farma nezískávala dostatečnou cenovou prémii za své bio certifikované mléko. Tuto odlišnost podtrhuje také inovativní distribuční model realizovaný prostřednictvím samoobslužného obchodu přímo ve dvoře farmy. V praxi farma kombinuje všechny tři typy krátkých potravinových řetězců vymezených dle Renting, Marsden a Banks (2003). Prvním z nich je řetězec s přímou interakcí, který funguje právě přes zmíněný samoobslužný obchod. Doplnkově farma využívá i prostorově rozlehlejší regionální řetězec skrze partnerskou spolupráci, kdy své produkty dodává do jednoho lokálního obchodu, cukrárny a restaurace. Díky silné mediální prezentaci, jako byla účast v televizním pořadu Herbář, navíc farma vykazuje znaky prostorově rozsáhlého řetězce, jelikož se o její produkty s jasným příběhem začali zajímat lidé i z geograficky vzdálených měst. Informační vzdálenost je překonávána hned několika způsoby. Návštěvníci mohou přímo na farmě vidět zvířata nebo je pozorovat na pastvě, což u nich buduje mnohem vyšší důvěru než samotné certifikační nálepky. Přestože samoobslužný formát přirozeně omezuje neustálý osobní kontakt, propojenost a silná zákaznická základna jsou efektivně saturovány prostřednictvím masmédií a sociálních sítí, kam se zákazníci aktivně obracejí. Celý tento obchodní model je pevně ukotven v principech udržitelnosti. Farma striktně dodržuje ekologické postupy bez použití průmyslových hnojiv a hospodářů s uzavřeným stádem s pomalou obměnou, čímž klade maximální důraz na welfare zvířat. Samotnou ekonomickou udržitelnost a stabilitu pak farmě zajistila právě zmíněná finalizace mléčných výrobků a jejich prodej napřímo.

Slovenská farma Madonan představuje příklad komplexního zvýšení blízkosti v dodavatelském řetězci. Z hlediska geografické blízkosti svůj odbyt strategicky omezuje na okruh 100 km, čímž garantuje čerstvost produktů a snižuje ekologickou zátěž spojenou s dopravou. Vzdálenost v samotném hodnotovém řetězci je také eliminována, neboť farma plně kontroluje celý proces výroby i distribuce (od krávy až po vidličku). Podstatným pilířem tohoto modelu jsou zkrácení informační vzdálenosti a vysoká produktová odlišnost.

Farma nabízí inovativní a lépe stravitelné A2A2 mléko (bez A1 beta-kaseinu). To je podpořeno transparentností, ať už jde o genomiku zvířat či složení jejich krmných dávek. Obousměrná informační vazba je udržována skrze blogy, edukační videa a agroturistiku, díky čemuž farma aplikuje strategii budování komunity zákazníků. Právě tyto vzdělávací a zážitkové aktivity pomáhají tvořit hluboké emocionální vazby mezi producentem a komunitou. V praxi se zde prolínají všechny tři typy krátkých potravinových řetězců. Nejužší osobní interakce se odehrává v celoročně otevřené podnikové prodejně, kde mohou zákazníci produkty rovnou ochutnat, a ve Farmparku, který láká rodiny na letní tábory či narozeninové oslavy. Dále farma využívá sofistikované způsoby prodeje na větší vzdálenost prostřednictvím online platformy (e-shopu) napojené na vlastní logistická výdejní místa Madonan Drive v Kľačanech, Bratislavě i Popradu. Schopnost úspěšně prodávat i na tyto delší vzdálenosti je dána právě silným příběhem a sdílenými hodnotami, které zákazníci prostřednictvím e-shopu sdružují do loajální virtuální komunity. Celý tento model obnovuje vazbu mezi farmářem a spotřebitelem a díky snížené potřebě přepravy a redukci obalových materiálů významně přispívá k environmentální udržitelnosti.

Dekonstrukce byznys modelů (hodnotová nabídka a zákaznické segmenty)

Polská farma Chrzypsko Małe staví svou hodnotovou nabídku na produktech s jedinečnou chutí, které jsou vyráběny tradičními metodami s ohledem na životní prostředí a welfare zvířat. Zásadním prvkem této nabídky je také cenová dostupnost, neboť díky eliminaci prostředníků může farma prodávat své výrobky za ceny srovnatelné nebo dokonce nižší než v běžných maloobchodních řetězcích. Tato nabídka je strategicky sladěna s jejími zákaznickými segmenty, které tvoří z velké části místní obyvatelé v okruhu 15 až 20 kilometrů, zaměstnanci lokálních institucí a letní rekreanti. Cenová dostupnost přesně odpovídá potřebám lokálních, často cenově senzitivních zákazníků. Tradiční zpracování navíc silně rezonuje u starší generace, u které tyto produkty evokují autentické chutě z dětství, a také u spotřebitelů vyhledávajících odlišnost od standardní nabídky supermarketů.

Hodnotová nabídka české Farmy Nelepeč je definována inovativními a vysoce kvalitními mléčnými výrobky s unikátními příchutěmi, které pocházejí z ekologické produkce. Toto prémiové zacílení je úzce a přesně sladěno se specifickými zákaznickými segmenty, které jsou méně citlivé na cenu, zdůrazňují své zdraví a kvalitu a etický rozměr produktů. Jádrem zákaznické základny proto tvoří ekologicky smýšlející matky hledající zdravé potraviny pro své děti nebo finančně zajištění lidé středního věku. Hodnotová nabídka tak cíleně saturuje potřeby těchto skupin, které na trhu nevyhledávají běžnou komoditu, ale prémiový produkt spojený s udržitelným a zdravým životním stylem.

Slovenská farma Madonan vytváří zcela specializovanou hodnotovou nabídku založenou na produkci jedinečného mléka a navazujících výrobků. Toto mléko neobsahuje beta-kasein A1 spojovaný s trávicími a zánětlivými obtížemi. Toto nastavení je v souladu s klíčovým zákaznickým segmentem, jenž zahrnuje osoby trpící intolerancí na běžné mléko a pro které mléko od Madonan představuje přímé řešení jejich zdravotních problémů. Součástí hodnotové nabídky farmy jsou také edukace a komplexní agroturistický zážitek ve formě farmářského parku. Tato přidaná hodnota rezonuje s potřebami dalšího zásadního segmentu, jímž jsou rodiny s dětmi a vzdělávací instituce, čímž farma neprodává pouze potravinu, ale buduje silné emocionální vazby se svou komunitou zákazníků.

Klíčové faktory úspěchu farem v krátkých potravinových řetězcích

Na základě analýzy uvedených farem lze definovat několik klíčových faktorů, které tvoří základ úspěšného byznys modelu v kontextu zkracování potravinového řetězce. Tyto faktory se vzájemně doplňují a vytvářejí systém odolný vůči charakteristikám a výkyvům konvenčního trhu.

Důležitým prvkem je diferenciací skrze inovaci a odlišnost. Úspěšný model definuje svou unikátní hodnotovou nabídku, která jej odlišuje od standardizované produkce supermarketů i jiných farem.

Tato odlišnost může mít podobu tradičních receptur, zaměření na specifické zdravotní benefity nebo důrazu na extrémně vysoký standard welfare zvířat. Farmy se tak vymaňují z role dodavatelů komodit a stávají se poskytovateli řešení pro konkrétní potřeby včetně individuálního přístupu. To vše je samozřejmě podmíněno sladností této hodnotové nabídky s potřebami zákazníků (resp. s velikostí a koupěschopnou poptávkou této skupiny zákazníků).

Dále významnou roli hraje strategická kontrola hodnotového řetězce, tedy proces, kdy farma významně přebírá kontrolu nad cestou produktu. Investice do vlastních zpracovatelských kapacit, jako jsou mini mlékárny, umožňuje farmám transformovat surovinu na produkt s vysokou přidanou hodnotou. Tímto krokem eliminují prostředníky a ponechávají si celou obchodní marži a mají kontrolu nad produktem a komunikací hodnotové nabídky, což zvyšuje ekonomickou stabilitu farmy. Krátké potravinové řetězce u mléčných farem tak mohou zvyšovat ekonomickou efektivnost tím, že producent internalizuje většinu přidané hodnoty a současně dosahuje stabilnějších a předvídatelnějších příjmů díky vlastní cenotvorbě, která eliminuje závislost na volatilitě výkupních cen syrového mléka.

Úspěšnost modelu podporuje redukce informační a geografické vzdálenosti. Vytváření prostředí transparentnosti pomáhá budovat důvěru (často efektivněji než formální certifikáty). Geografické zkrácení cesty k zákazníkovi zaručuje čerstvost a snižuje environmentální zátěž. Analyzované případy zdůrazňují důležitost efektivní komunikace, budování značky a umění vyprávění příběhů. Informační vzdálenost lze překonat transparentností podniku, ať už jde o možnost pozorovat zvířata na pastvě, edukační videa o složení krmiva nebo osobní rozhovory při prodeji. Tato strategie mění anonymní nákup na sociální interakci, čímž vzniká emocionální vazba mezi producentem a spotřebitelem. Krátké potravinové řetězce tak posilují loajalitu zákazníků a zvyšují pravděpodobnost opakovaných nákupů a současně snižují (v jistých fázích rozvoje modelu) potřebu nákladného marketingu.

Analyzované farmy diverzifikují své distribuční modely a udržují si v této oblasti flexibilitu. Farmy nepoužívají pouze jeden typ prodeje, ale propojují přímou osobní interakci (podnikové prodejny, farmparky) s inovativními technologiemi, jako jsou samoobslužné nonstop obchody nebo e-shopy napojené na vlastní logistické body. To umožňuje oslovit široké spektrum zákazníků, od těch, kteří hledají osobní kontakt a zážitek, až po ty, kteří preferují rychlost a moderní digitální přístup. Krátké potravinové řetězce tak významně redukují expozici farem cenovému tlaku velkoobchodních a maloobchodních řetězců, jelikož producenti nepodléhají asymetrickému vyjednávacímu postavení velkých odběratelů. Tím dochází k posílení tržní autonomie farmy a k možnosti uplatnit cenotvorbu lépe reflektující skutečné výrobní náklady a přidanou hodnotu. Tento posun v distribučních vztazích se následně projevuje vyšší marží a vyšší dlouhodobou ekonomickou udržitelností produkce.

ZÁVĚR

Cílem tohoto článku bylo identifikovat a analyzovat klíčové faktory úspěchu zemědělských výrobců při implementaci strategií zkracování potravinového řetězce ve středoevropském prostoru (Česká republika, Slovensko a Polsko). Případové studie přinášejí evidenci, že integrace do krátkých potravinových řetězců není pouze nouzovým řešením, ale strategickou volbou. Vyžaduje odklon od tradičního (komoditního) uvažování prvovýrobce směrem k pro-zákaznický orientovanému byznys modelu, ve kterém úspěch spočívá ve schopnosti nabídnout odlišnost, překonat anonymitu trhu skrze vztahy a vytvořit komplexní zážitek. Zkracování sociální a geografické vzdálenosti je vědomým nástrojem pro získání kontroly nad cenou a vybudování odolnosti podniku vůči tržním šokům. Úspěch taktéž závisí na schopnosti farmáře kombinovat tradiční know-how s moderními komunikačními kanály (sociální sítě, e-shopy) a adaptovat produkci na specifické potřeby cílové skupiny zákazníků. To v konečném důsledku může přispívat k vyšší socio-ekonomické stabilitě venkovských oblastí.

I přes tento přínos provedený výzkum má své limity, které navozují další směry výzkumu v této oblasti. Výzkum staví na vybraných případových studiích. I když pokrývá tři země (ČR, SR, Polsko), případové studie jsou ze své podstaty specifické. Úspěšné strategie krátkých potravinových řetězců nejsou plně přenositelné mezi farmami, protože jejich efektivita je výrazně ovlivněna nejen rozdílným výrobním zaměřením a regionálními podmínkami, ale také specifickými postoji a preferencemi místních spotřebitelů. Tyto rozdíly ve spotřebitelském chování mohou zásadně určovat poptávku a tím i ekonomickou udržitelnost daného modelu. Proto je nutné hodnotit použitelnost zjištěných strategií vždy v kontextu specifik konkrétní lokality a jejího trhu. Výzkum byl omezen pouze na středoevropský prostor. Faktory úspěchu mohou být odlišné v jiných regionech (kde mají krátké potravinové řetězce delší tradici). Další výzkum by se proto měl zaměřit na analýzu obecnosti těchto závěrů a identifikaci jejich případné sektorové a regionální specifity.

PODĚKOVÁNÍ

Publikace je výsledkem projektu Family Farms in Short Food Supply Chains: Transfer of experience from Czechia, Slovakia and Poland (Project ID: 22430104), který byl podpořen Visegrad Fund.

LITERATURA

- Bečvářová, V. (2005): Podstata a ekonomické souvislosti formování agrobyznysu. Brno: MZLU.
- Bečvářová, V. (2008): Issues of competitiveness of the present agriculture. *Agricultural Economics-Zemедelska ekonomika*, 54(9), 399–405. Dostupné z: <https://doi.org/10.17221/2698-AGRICECON>.
- Cochrane, W. W. (1958): Farm Prices: Myth and Reality. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Eriksen, S. N. (2013): Defining local food: constructing a new taxonomy - three domains of proximity. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science*, 63(1), 47–55. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/09064710.2013.789123>
- Gereffi, G., Humphrey, J., Sturgeon, T. (2005): The governance of global value chains. Review of International *Political Economy*, 12(1), 78–104. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/09692290500049805>
- Laborde, D., Martin, W., Swinnen, J., Vos, R. (2020): COVID-19 risks to global food security. *Science*, 369(6503), 500–502. Dostupné z: <https://doi.org/10.1126/science.abc4765>
- Lowder, S. K., Sánchez, M. V., Bertini, R. (2021): Which farms feed the world and has farmland become more concentrated? *World Development*, 142(C), 105455. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105455>
- Lowder, S. K., Scoet, J., Raney, T. (2016): The number, size and distribution of farms, smallholder farms and family farms worldwide. *World Development*, 87, 16–29. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.10.041>
- Marsden, T., Banks, J., Bristow, G. (2000): Food supply chain responses to the food crisis: institutional or market-based responses? *Sociologia Ruralis*, 40(4), 424–438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1467-9523.00158>
- McMichael, P. (2009): A food regime genealogy. *The Journal of Peasant Studies*, 36(1), 139–169. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/03066150902820354>
- Mehrabi, Z. (2023): Likely decline in the number of farms globally by the middle of the century. *Nature Sustainability*, 6, 949–954. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01110-y>

Michel-Villarreal, R., Vilalta-Perdomo, E., Hingley, M., Canavari, M. (2025): Rethinking alternative food networks: unpacking key attributes and overlapping concepts. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 49(3), 415–442. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/21683565.2024.2420831>

Osterwalder, A., Pigneur, Y. (2010): *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*. New Jersey: Wiley.

Ploeg, J. D. van der, Renting, H., Brunori, G., Knickel, K., Mannion, J., Marsden, T., Roest, K. de, Sevilla-Guzmán, E., Ventura, F. (2000): Rural development: from practices and policies towards theory. *Sociologia Ruralis*, 40(4), 391–408. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1467-9523.00156>

Reardon, T., Timmer, C. P. (2012): The economics of the food system revolution. *Annual Review of Resource Economics*, 4(1), 225–264. Dostupné z: <https://doi.org/10.1146/annurev.resource.050708.144147>

Renting, H., Marsden, T. K., Banks, J. (2003): Understanding alternative food networks: exploring the role of short food supply chains in rural development. *Environment and Planning*, 35, 393–411. Dostupné z: <https://doi.org/10.1068/a3510>

Sciortino, C., Giamporcaro, G., Sgroi, F., Modica, F. (2025): Exploring the role of short food supply chains in agricultural sustainability and resilience: a literature review. *Agricultural and Food Economics*, 13, 75. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s40100-025-00420-3>

Sexton, R. J. (2013): Market power, misconceptions, and modern agricultural markets. *American Journal of Agricultural Economics*, 95(2), 209–219. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/ajae/aas102>

Weiss, C. R. (1999): Farm growth and survival: Econometric evidence for individual farms in Upper Austria. *American Journal of Agricultural Economics*, 81(1), 103–116. Dostupné z: <https://doi.org/10.2307/1244454>

Yin, R. K. (2018): *Case Study Research and Applications: Design and Methods* (6th Ed.). London: Sage Publications

Kontaktní adresa: Ing. Ivo Zdráhal, Ph.D., Ústav regionální a podnikové ekonomiky, Fakulta regionálního rozvoje a mezinárodních studií, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: ivo.zdrahal@mendelu.cz

MIKROBIÁLNA KONTAMINÁCIA LAHÔDKARSKÝCH VÝROBKOV Z PREDAJNÝCH PULTOV V OBCHODOCH

MICROBIAL CONTAMINATION OF DELICATESSEN PRODUCTS FROM STORE COUNTERS

Lucia Zeleňáková¹ – Martina Fikselová¹ – Simona Kunová¹

¹ Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0434>



ABSTRAKT

Cieľom práce bolo zhodnotenie mikrobiologickej bezpečnosti a vybraných fyzikálno-chemických parametrov lahôdkových šalátov odobratých z predajných pultov obchodného reťazca v čerstvom stave a následne po 24 hodinách ich uchovania pri teplote 2 °C. Analýzy boli zamerané na dynamiku mikrobiálnej kontaminácie a zmeny fyzikálno-chemických vlastností (pH, obsah soli) 13 druhov lahôdkových šalátov. Najvyššie množstvo CPM bolo zistené v čerstvých vzorkách nórskeho šalátu (3,38 log KTJ·g⁻¹) a diabolského šalátu (3,37 log KTJ·g⁻¹), zatiaľ čo najnižšie hodnoty boli zaznamenané v holandskom šaláte (1,91 log KTJ·g⁻¹). Vplyv uchovávanania lahôdkových šalátov na nárast CPM však nebol štatisticky preukazný ($p > 0,05$). Koliformné baktérie sa vyskytli len v jednej vzorke, pričom nedošlo k prekročeniu limitu stanoveného v legislatíve. Mikroskopické vlákňité huby a kvasinky boli detegované v nízkych koncentráciách (<4.10¹ KTJ·g⁻¹). pH zostalo počas sledovania stabilné. Dve vzorky (mexický a zbojnícky šalát) prekročili maximálny prípustný obsah soli (18 000 mg·kg⁻¹).

Kľúčová slová: lahôdkové šaláty, predajné pulty, mikrobiálna kontaminácia, pH, obsah soli

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the microbiological safety and selected physicochemical parameters of delicatessen salads collected from retail display counters of a commercial chain in their fresh state and after 24 hours of storage at 2 °C. The analyses focused on the dynamics of microbial contamination and changes in physicochemical properties (pH and salt content) of 13 types of delicatessen salads. The highest TVC levels were detected in fresh samples of norwegian salad (3.38 log CFU·g⁻¹) and devil's salad (3.37 log CFU·g⁻¹), while the lowest values were observed in dutch salad (1.91 log CFU·g⁻¹). However, storage of delicatessen salads did not have a statistically significant effect on the increase in TVC ($p > 0.05$). Coliform bacteria were found in only one sample, with no exceedance of the limit set by the regulation. Microscopic filamentous fungi and yeasts were detected in low concentrations (<4.10¹ CFU·g⁻¹). pH remained stable during the observation. Two samples (mexican and bandit salad) exceeded the maximum allowable salt content (18 000 mg·kg⁻¹).

Keywords: delicatessen salads, store counters, microbial contamination, pH, salt content

ÚVOD

Lahôdkarské produkty sú pre spotrebiteľa obľúbené vďaka jednoduchému skladovaniu, minimálnej príprave a rýchlej konzumácii. Ide o spracované alebo ultra-spracované potraviny. Spracované produkty, ako šunky, syry či domáce paštéty, ponúkajú pohodlie a dlhšiu trvanlivosť, no môžu obsahovať nadbytok cukru, soli a konzervačných látok. Ultra-spracované produkty, napr. lahôdkarské šaláty, priemyselné paštéty, nátierky alebo tavené syry, sú veľmi pohodlné a dostupné, často však majú nízky obsah základných živín a vysoký obsah nezdravých tukov, rafinovaných cukrov a prídavných látok (Temgire et al., 2021).

Barabasová (2013) rozdeľuje lahôdkové šaláty nasledovne: šaláty s majonézou/ bez majonézy, rybie šaláty, šaláty z kôrovcov, zeleninové šaláty, cestovinové a ryžové šaláty, strukovinové šaláty, ovocné šaláty.

Suroviny používané pri výrobe lahôdkarských výrobkov musia byť zdravotne bezpečné a v súlade s potravinovým kódexom. Výroba musí prebiehať plynule tak, aby sa predišlo kontaminácii. Uvarené suroviny sa musia do 4 hodín schladiť a spracovať do 24 hodín. Studené spracovanie musí byť oddelené od tepelného. Používajú sa výhradne tepelne opracované slepačie vajcia. Teplota surovín pri miešaní šalátov nesmie presiahnuť +5 °C. Šaláty musia mať $\text{pH} \leq 4,5$, inak sa predávajú v deň výroby. Majonézové šaláty sa chladia na +5 °C, ostatné na +10 °C a skladujú sa v chladiacom zariadení (Výnos MP SR a MZ SR č. 981/1996-100). Komerčné lahôdkarské produkty vyrobené v súlade so správnou výrobnou praxou nepredstavujú riziko pre verejné zdravie. Hlavným dôvodom obáv je nesprávne zaobchádzanie s lahôdkarskými produktmi zo strany pracovníkov. Ak sa používajú nevyhovujúce postupy správnej výrobnéj praxe, môže dôjsť ku krížovej kontaminácii lahôdkarských produktov pri kontakte so špinavým riadom, nečistým povrchom stola alebo surovými zložkami, ako je mäso alebo zelenina (Krämer et al., 2022).

Lahôdkové šaláty zvyčajne obsahujú zmes varenej alebo nevarenej zeleniny, ako sú zemiaky, paradajky, olivy, hrášok, mrkva, hlávkový šalát alebo kapusta, spolu s ďalšími zložkami, ako je šunka, kuracie mäso, tuniak, vajcia alebo morské plody. Tieto zložky sa často miešajú s majonézou alebo šalátovým drezingom. Mikrobiálna bezpečnosť týchto šalátov je problémom z dôvodu rozsiahlej manipulácie počas prípravy a možnosti krížovej kontaminácie najmä preto, že ide o výrobky pripravené na konzumáciu, ktoré si pred konzumáciou nevyžadujú ďalšiu tepelnú úpravu (Gupta et al., 2022).

Tieto šaláty sú pohodlne zabalené v plastových vamičkách, ľahko dostupné v supermarketoch, kaviarňach alebo obchodoch so zmiešaným tovarom a sú určené na konzumáciu ako celé jedlá (Söderqvist et al., 2016).

Cieľom práce bolo zhodnotenie mikrobiologickej bezpečnosti a vybraných fyzikálno-chemických parametrov lahôdkových šalátov odobratých z predajných pultov obchodného reťazca v čerstvom stave a následne po 24 hodinách ich uchovania pri teplote 2 °C.

MATERIÁL A METODIKA

Vzorky lahôdkových šalátov boli odobraté z obchodnej siete pri uvedení na predaj (A) a následne po 24 hodinách, keď boli šaláty opätovne ponúkané zákazníkom (B). Počas nočných hodín boli lahôdkové šaláty skladované v chladiacich boxoch obchodného reťazca pri teplote 2 °C.

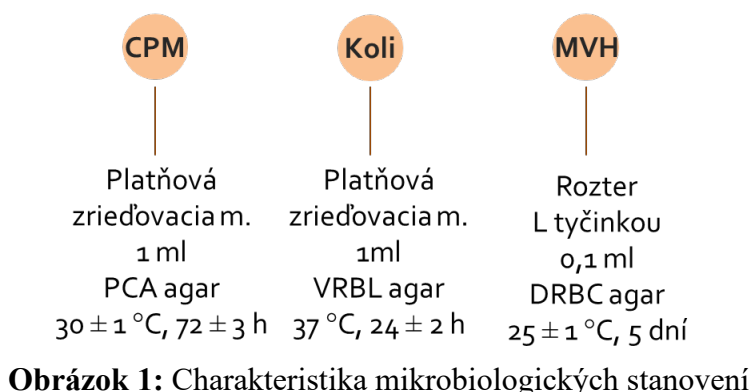
Na analýzu bolo vybraných 13 vzoriek šalátov z predajných pultov (tab. 1). Z každej vzorky bolo odobratých 50 g a to z troch rôznych miest, ktoré boli bezprostredne po odbere prepravené do laboratória za kontrolovaných podmienok. V laboratóriu bola vykonaná počiatočná mikrobiologická analýza, stanovenie hodnoty pH a kvantifikácia obsahu soli. Rovnaká šarža vzoriek bola odobratá aj v nasledujúci deň, čím sa získali údaje o mikrobiálnych a fyzikálno-chemických zmenách (pH) v priebehu skladovania v reálnych podmienkach predaja.

Tabuľka 1: Označenie vzoriek komerčne predávaných lahôdkových šalátov

Označenie vzorky	Čas odberu	Druh vzorky	Označenie vzorky	Čas odberu	Druh vzorky
1.	A B	Holandský šalát	8.	A B	Mexický šalát
2.	A B	Rybací šalát s jogurtom	9.	A B	Pochút'kový šalát
3.	A B	Zemiakový šalát	10.	A B	Nórsky šalát
4.	A B	Bulharský šalát	11.	A B	Jarný šalát šarža 2.
5.	A B	Zbojnický šalát	12.	A B	Zemiakový šalát šarža 2.
6.	A B	Treska	13.	A B	Diabolský šalát
7.	A B	Jarný šalát			

Legenda: A (čerstvá vzorka odobratá z predajného pultu), B (vzorka odobratá z predajného pultu po 24 h).

Mikrobiologický rozbor bol zameraný na stanovenie celkového počtu mikroorganizmov (CPM), mikroskopické vlákňité huby (MVH) a kvasinky a koliformné baktérie. Charakteristika jednotlivých stanovení je uvedená na obrázku 1.



Fyzikálno-chemické analýzy lahôdkových šalátov tvorilo:

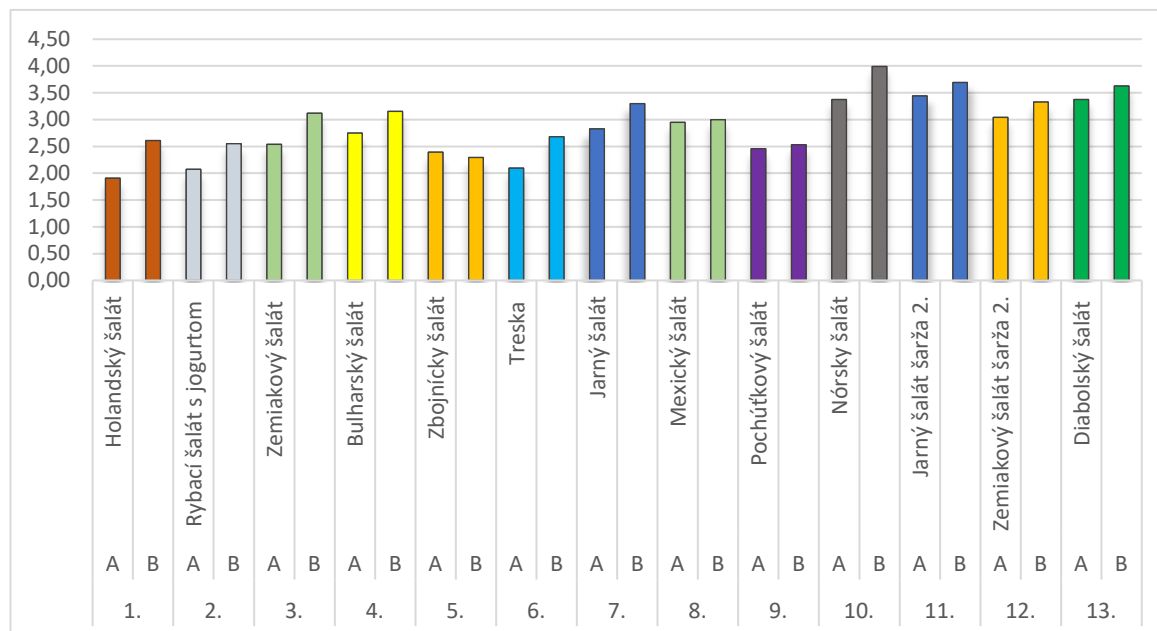
- Stanovenie pH – pH meter (Testo). Pred každým meraním bola sonda očistená jednorazovou handričkou a opláchnutá destilovanou vodou.
- Stanovenie obsahu soli – Chloride analyser M 926. Prístroj meria chloridové ióny vo vodnom roztoku. Na meranie je potrebný objem vzorky 0,5 ml a výsledok je uvedený v mg·l⁻¹ Cl⁻ alebo mg % (mg·100 ml⁻¹) NaCl.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Počet mikroorganizmov v potravinách sa v priebehu času zvyšuje najmä v dôsledku dostupnosti živín, čo podporuje rýchly rast mikroorganizmov, najmä v čerstvých potravinách. Okrem toho sa potraviny môžu kontaminovať z vonkajších zdrojov v rôznych fázach, napríklad pri výrobe a skladovaní. Vnútorne faktory, ako je teplota, obsah vody a hladina kyslíka, spolu s interakciami medzi mikroorganizmami, ďalej ovplyvňujú

ich rast. Rozmanitosť a výskyt mikroorganizmov závisí od zloženia potraviny a rozsahu mikrobiálnej kontaminácie (Roy et al., 2017).

Vzhľadom na rýchly cyklus rozmnožovania baktérií spôsobujú tieto mikroorganizmy väčšie znehodnotenie potravín v porovnaní s kvasinkami a mikroskopickými vláknitými hubami, a preto sú zodpovedné za rozsiahlejšie poškodenie potravinových produktov (Shahid et al., 2022).



Obrázok 2: CPM v komerčných vzorkách lahôdkových šalátov [log KTJ·g⁻¹]

Výsledky analýzy ukázali, že vo všetkých analyzovaných vzorkách šalátov došlo po 24 hodinách predaja k nárastu počtu mikroorganizmov, pričom niektoré vzorky vykázali signifikantnejší nárast ako iné (obr. 2). Najvyššie množstvo CPM bolo zistené v čerstvých vzorkách nórskeho šalátu (3,38 log KTJ·g⁻¹) a diabolského šalátu (3,37 log KTJ·g⁻¹), zatiaľ čo najnižšie hodnoty boli zaznamenané v holandskom šaláte (1,91 log KTJ·g⁻¹). Najvyšší nárast CPM bol zaznamenaný v holandskom šaláte (+0,70 log KTJ·g⁻¹). Výrazný nárast bol pozorovaný aj v zemiakovom (+0,58 log KTJ·g⁻¹) a nórskom šaláte (+0,62 log KTJ·g⁻¹). Rybáci šalát s jogurtom, treska a jarný šalát vykázali miernejší nárast (0,47–0,59 log KTJ·g⁻¹) po 24 hodinách predaja. Komplexne možno konštatovať, že napriek zaznamenanému nárastu počtu baktérií v jednotlivých druhoch šalátov nebol vplyv ich uchovávaní na nárast CPM štatisticky preukazný ($p > 0,05$).

Znehodnotenie potravín kvasinkami nastáva, keď sa v potravinách a nápojoch rozmnožia nežiaduce kvasinky. Medzi faktory, ktoré prispievajú k rastu kvasiniek, patria teplota, vlhkosť a dostupnosť živín. Biochémia kazení zahŕňa metabolické procesy, ktoré môžu vytvárať nepríjemné chute a nežiaduce textúry. Za tieto zmeny sú často zodpovedné bežné kvasinky spôsobujúce kazenie, ako sú *Saccharomyces*, *Candida* a *Brettanomyces*, ktoré ovplyvňujú kvalitu a bezpečnosť potravín (Jayaraman et al., 2020).

Výsledky analýzy počtu kvasiniek v lahôdkových šalátoch ukázali veľmi nízky obsah kvasiniek vo všetkých vzorkách. Väčšina vzoriek, najmä v čerstvom stave (A), vykazovala hodnoty $<1 \cdot 10^1$ KTJ·g⁻¹, čo naznačuje, že kvasinky neboli prítomné vo významných množstvách. Po 24 hodinách skladovania (B) došlo v niektorých vzorkách k miernemu zvýšeniu koncentrácie kvasiniek, pričom najvyššie zaznamenané hodnoty dosahovali $<4 \cdot 10^1$ KTJ·g⁻¹. Tento nárast bol najvýraznejší v holandskom, bulharskom, jarnom a diabolskom šaláte, avšak ani v týchto prípadoch nebola prekročená medzná hodnota pre lahôdkové výrobky stanovené Výnosom MP a MZ SR č. 06267/2006-SL.

Rast mikroskopických vláknitých húb v potravinách ovplyvňujú hlavne podmienky prostredia, ako je vysoká teplota a vlhkosť. Významnú úlohu pri kontaminácii a následnej produkcii mykotoxínov zohrávajú faktory ako pH, kmeň huby a typ substrátu. Mykotoxigénne huby vrátane *Aspergillus*, *Alternaria*, *Fusarium* a *Penicillium spp.* môžu vážne ohroziť bezpečnosť a kvalitu potravín. Na zmiernenie tohto rizika by sa mali v celom potravinovom reťazci, od výsadby plodín až po skladovanie potravín, uplatňovať integrované postupy riadenia, aby sa minimalizovala kontaminácia (Thakur et al., 2024).

Analýza výskytu mikroskopických vláknitých húb v rôznych vzorkách ukázala, že po 24 hodinách uchovávaní došlo k miernemu nárastu ich množstva v niektorých prípadoch. V holandskom šaláte sa maximálna hodnota v čerstvej vzorke pohybovala pod $<4 \cdot 10^1$ KTJ·g⁻¹, pričom po 24 hodinách bola táto hodnota zaznamenaná v dvoch opakovaníach. Bulharský šalát vykazoval v čerstvom stave hodnoty $<1 \cdot 10^1$ KTJ·g⁻¹, ale po 24 hodinách sa vo všetkých replikáciách objavili hodnoty $<4 \cdot 10^1$ KTJ·g⁻¹. Jarný šalát mal po 24 hodinách hodnoty $<4 \cdot 10^1$ KTJ·g⁻¹, pričom v čerstvom stave boli hodnoty pod detekčnou hranicou. Podobný trend bol pozorovaný aj u diabolského šalátu, kde sa po 24 hodinách objavili hodnoty $<4 \cdot 10^1$ KTJ·g⁻¹ v dvoch meraniach. Nórsky šalát mal po 24 hodinách v jednej vzorke hodnotu $<4 \cdot 10^1$ KTJ·g⁻¹. V ostatných vzorkách sa mikroskopické vláknité huby vyskytovali v minimálnych množstvách a ich koncentrácia sa po 24 hodinách nezvýšila.

Rast koliformných baktérií v potravinách je významným problémom pre verejné zdravie, pretože niektoré patogénne kmene môžu spôsobiť závažné ochorenia vrátane hnačky a hemolyticko-uremického syndrómu. Medzi faktory, ktoré prispievajú k šíreniu baktérií *E. coli*, patrí nesprávna manipulácia s potravinami, nedostatočná tepelná úprava a krížová kontaminácia (Chaudhary, 2014).

Stanovenie koliformných baktérií v analyzovaných vzorkách ukázalo, že vo väčšine prípadov boli ich počty pod hranicou kvantifikácie ($<1 \cdot 10^1$ KTJ·g⁻¹), pričom v niektorých vzorkách po 24 hodinách došlo k miernemu zvýšeniu. V čerstvom holandskom šaláte sa nachádzalo $<1 \cdot 10^1$ KTJ·g⁻¹, po 24 hodinách sa počet koliformných baktérií zvýšil, no len na $<4 \cdot 10^1$ KTJ·g⁻¹. Najvýraznejší nárast koliformných baktérií bol zaznamenaný v diabolskom šaláte, kde čerstvé vzorky obsahovali $1,8 \cdot 10^1$ až $3,5 \cdot 10^1$ KTJ·g⁻¹. Po 24 hodinách sa hodnoty zvýšili na $5,8 \cdot 10^1$ až $6,5 \cdot 10^1$ KTJ·g⁻¹ čo predstavuje viac než dvojnásobný nárast, avšak ani v týchto prípadoch nebolo prekročené medzné množstvo pre lahôdkové výrobky podľa Výnosu MP a MZ SR č. 06267/2006-SL. Výsledky merania pH v rôznych druhoch šalátov ukázali, že rozdiely medzi čerstvými šalátmi a tými po 24 hodinách predaja boli väčšinou minimálne. pH hodnoty sa pohybovali od 4,10 do 5,87 (čerstvé vzorky), mierne zvýšenie bolo zistené iba v zbojníckom šaláte (pH z 5,25 na 5,30), diabolskom šaláte (pH z 5,83 na 5,87) a nórskom šaláte (pH z 5,11 na 5,13). Vplyv uchovávaní na zmeny pH nebol opäť štatisticky preukazný ($p > 0,05$).

Sol' ovplyvňuje mikrobiálnu bezpečnosť potravín tým, že inhibuje rast patogénov a mikroorganizmov spôsobujúcich kazenie. Vysoké koncentrácie chloridu sodného nútia mikrobiálne bunky vynakladať energiu na homeostázu, čím spomaľujú ich rast a rozmnožovanie (Barcenilla et al., 2022).

Pri porovnaní s limitom stanoveným vo výnose S08975-OL-2014, ktorý je 18 000 mg·kg⁻¹ je zrejmé, že na základe analýzy obsahu soli v jednotlivých vzorkách, mexický šalát (18 570 mg·kg⁻¹) a zbojnícky šalát (20 360 mg·kg⁻¹) prekročili najvyššie prípustné množstvo pridanej soli. Ostatné šaláty splnili legislatívou stanovené kritériá.

Tabuľka 2: Matematicko-štatistické ukazovatele obsahu soli vo vzorkách lahôdkových šalátov

Vzorka	Obsah soli [mg·kg ⁻¹]		n = 3	
	$\bar{x} \pm s_x$	x min	x max	v [%]
Holandský šalát	14 210 ± 0,019	13 990	14 330	1,36
Rybací šalát s jogurtom	16 760 ± 0,031	16 420	17 010	1,82
Zemiakový šalát	10 400 ± 0,018	10 200	10 510	1,69
Bulharský šalát	15 690 ± 0,079	14 980	16 540	5,03
Zbojnický šalát	20 360 ± 0,047	20 080	20 910	2,32
Treska	7 530 ± 0,039	7 180	7 950	5,17
Jarný šalát	16 540 ± 0,014	16 380	16 620	0,82
Mexický šalát	18 570 ± 0,023	18 310	18 770	1,26
Pochúťkový šalát	12 100 ± 0,013	11 950	12 180	1,07
Nórsky šalát	12 260 ± 0,009	12 150	12 320	0,75
Jarný šalát šarža 2.	15 260 ± 0,027	14 980	15 510	1,74
Zemiakový šalát šarža 2.	9 610 ± 0,051	9 300	10 200	5,31
Diabolský šalát	13 100 ± 0,018	12 990	13 310	1,41

ZÁVER

Výsledky štúdie preukázali, že lahôdkové šaláty predstavujú pri dodržaní odporúčaných hygienických zásad a správnych skladovacích podmienok relatívne stabilnú a mikrobiologicky bezpečnú potravinovú komoditu. Počas krátkodobého predaja (do 24 hodín) pri nízkej teplote (2 °C) nebol v lahôdkových šalátoch z pultov zaznamenaný výrazný nárast celkového počtu mikroorganizmov, čo poukazuje na dostatočnú mikrobiologickú kvalitu produktov počas tohto obdobia. pH zostávalo stabilné a vo väčšine vzoriek nebolo prekročené legislatívne stanovené maximum pre obsah soli (okrem mexického a diabolského šalátu). Prítomnosť koliformných baktérií bola detegovaná len v jednej vzorke, pričom nedošlo k prekročeniu limitu podľa platnej legislatívy. Kvasinky a mikroskopické vlákňité huby sa vyskytovali len v nízkych koncentráciách.

POĎAKOVANIE

Analýzy a príspevok boli podporené projektom KEGA č. 002SPU-4/2025.

LITERATÚRA

- Barabasová, V. (2013): *Učebné texty pre žiakov v predmete „Technológia prípravy pokrmov“*. Spišská Nová Ves: Hotelová akadémia, 2013.
- Barcenilla, C., Álvarez-Ordóñez, A., López, M., Alvseike, O., Prieto, M. (2022): Microbiological Safety and Shelf-Life of Low-Salt Meat Products—A Review. *Foods*, 11(15), 2331. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods11152331>
- Gupta, S., Sharma, A., Kumar, D., Kuar, S., Kumar, R. (2022): Recent advances in nanotechnology-based biosensors for foodborne pathogen detection. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 4, 100089. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2022.100089>
- Chaudhary, S., Khurana, S. K., Mane, B. G. (2014): *Escherichia coli*: Animal Foods and Public Health-Review. *Journal of Microbiology, Immunology and Biotechnology*, 1(1), 31–46.

Jayaraman, B. S., Bhat, S. K. S. (2020): Effect of yeasts on food quality and safety and possibilities of their inhibition. *Trends in Food Science and Technology*, 106, 75–82.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.11.022>

Krämer, J., Prange, A. (2022): *Lebensmittel-Mikrobiologie*. 8. preprac. a rozš. vyd. Stuttgart: Ulmer, 416. ISBN 978-3-8252-5854-2. Dostupné z: <https://doi.org/10.36198/9783825258542>

Roy, D., Lapointe, G. (2017): Introduction to the microbial ecology of foods. In: Anderson De Souza Sant'ana, A. (Ed.). *Quantitative Microbiology in Food Processing*, Chichester: Wiley, 2017.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/9781118823071.ch1>

Shahid, M., Khurshid, M., Mehmood, M., Aamer, M., Sana, M., Muhammad, S. (2022): Bacterial Contamination in Food Chain: Sources, Impact and Control. In: Shah, F., Muhammad, A., Shah, S. (Eds.). *Climate Change and Ecosystems*. 1. Vyd. Boca Raton: CRC Press, 203–216. ISBN: 9781003286400. Dostupné z: <https://doi.org/10.1201/9781003286400-13>

Söderqvist, K., Lambertz, S. T., Vågsholm, I., Boqvist, S. (2016): Foodborne Bacterial Pathogens in Retail Prepacked Ready-to-Eat Mixed Ingredient Salads. *Journal of Food Protection*, 79(6), 978–985. Dostupné z: <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-15-515>

Temgire, S., Borah, A., Kumthekar, S., Idate, A. (2021): Recent trends in ready to eat/cook food products: A review. *The Pharma Innovation Journal*, 10(5), 211–217.

Dostupné z: <https://doi.org/10.22271/tpi.2021.v10.i5c.6207>

Thakur, D., Teja, S. (2024): Mycotoxins and Toxic Fungus in Food: Prevention and Sustainable Management Techniques. In: Sant'ana, A. (Ed.). *Sustainable Food Systems (Volume II)*, Cham: Springer, 343–363. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-3-031-46046-3_17.

Výnos MP SR a MZ SR č. 981/1996-100 z 20. mája 1996. Potravinový kódex Slovenskej republiky. Bratislava: Ministerstvo pôdohospodárstva SR a Ministerstvo zdravotníctva SR, 1996.

Výnos č. S08975-OL-2014 z 20. marca 2015, ktorým sa ustanovujú požiadavky na jedlú soľ v potravinách. Zbierka zákonov Slovenskej republiky, ročník 2015, číslo 229.

Kontaktná adresa: doc. Ing. Lucia Zeleňáková, PhD., Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko, e-mail: Lucia.Zelenakova@uniag.sk, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1387-7410>

BEHIND THE LABEL - CHEMICAL AND BIOACTIVE CHARACTERIZATION OF WHITE BUTTON AND OYSTER MUSHROOMS FROM RETAIL SOURCE

Jana Šic Žlabur¹ – Ivan Širić¹ – Ivica Kos¹ – Sanja Radman¹

¹ University of Zagreb Faculty of Agriculture, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Croatia

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0441>



ABSTRACT

This study aimed to comparatively analyze the chemical composition and antioxidant capacity of white button mushrooms (*Agaricus bisporus*) and oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) from the Croatian market. The two species differed significantly in total titratable acidity, with oyster mushrooms showing slightly higher values (0.147%), while dry matter content (average 8.61%) and pH (5.2) did not differ significantly. Significant differences were observed in ascorbic acid content, with oyster mushrooms (11.60 mg·100 g⁻¹ fresh weight) containing significantly more than white button mushrooms. In contrast, white button mushrooms exhibited significantly higher total phenolic content (91.85 mg GAE·100 g⁻¹ fresh weight) and non-flavonoid phenols (35.28 mg GAE·100 g⁻¹ fresh weight), whereas total flavonoid content was higher in oyster mushrooms (61.31 mg GAE·100 g⁻¹ fresh weight). Antioxidant capacity was assessed using ABTS and FRAP assays. FRAP measurements indicated significantly higher antioxidant capacity in white button mushrooms, whereas no significant differences were observed with the ABTS assay. Overall, these results highlight species-specific differences in the chemical composition and bioactive properties of white button and oyster mushrooms, providing valuable information regarding their nutritional and functional characteristics.

Keywords: cultivated mushrooms, chemical composition, ascorbic acid content, total phenol content, antioxidant capacity

INTRODUCTION

Mushrooms have long fascinated scientists and researchers, and they continue to be intensively studied in the context of their chemical composition, nutritional and functional potential, and ultimately their benefits for human health. The number of mushroom species described to date varies considerably depending on the literature source. Thus, Senila et al. (2024) report that more than 2,000 mushroom species have been described so far, of which approximately 350 are classified as edible, while only about 25 are commercially available. In contrast, Procházka et al. (2021) report significantly higher numbers, indicating that approximately 10,000 mushroom species have been described in Europe, with around 700 edible species reported in the literature for the Central European region, and approximately 70 species considered commercially available.

From a nutritional perspective, mushrooms are increasingly attracting attention due to their high protein content, with reported values ranging from 20 to 25 g·100 g⁻¹ dry weight (Nasiri et al., 2012; Ayimbila and Keawsompong, 2023; Senila et al., 2024). The major nutritional value of mushroom proteins lies in their high biological value, reflected in the presence of all essential amino acids (Yu et al., 2020), as well as their high digestibility, which ranges from 60 to 70% (González et al., 2021). Despite the increasing interest in mushrooms as a protein source and as a high-quality alternative to proteins of animal origin, mushrooms are also highly distinctive due to their content of numerous antioxidants, particularly polyphenolic compounds with emphasis on flavonoids (Abdelshafy et al., 2022; Tel-Çayan et al., 2025). Owing to this composition, mushrooms have been shown to exhibit a wide range of biological activities, including anti-inflammatory,

antitumour, antibacterial, antioxidant, and antiviral effects (Palacios et al., 2011; Silva et al., 2024; Yu et al., 2025). In addition, several studies report their potential antiallergic, antiatherogenic, hypoglycaemic, and haematological effects (Palacios et al., 2011; Shamim et al., 2023; Yu et al., 2025). Beyond these functions, bioactive compounds derived from mushrooms are increasingly recognized for their role in modulating immune responses and their potential application in immunomodulatory strategies.

When considering mushrooms available on the market, button mushrooms (*Agaricus bisporus*) and oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) are among the most well-known and widely consumed species (Kumari et al., 2025; Gupta et al., 2025). These mushrooms are also popular in cultivation, as their production technologies are well established, standardized, and relatively uniform. Although both species are widely recognized for their nutritional value, differences in their chemical composition may arise due to species-specific characteristics and production conditions. Therefore, the aim of this study was to perform a comparative analysis of the chemical composition of white button mushrooms (*Agaricus bisporus*) and oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) available on the Croatian market.

MATERIALS AND METHODS

Mushroom material

For the purposes of the study, two mushroom species were purchased from a retail market in Croatia: white button mushrooms (*Agaricus bisporus*) and oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*). Both species were purchased on the same day (22 January 2026). The mushrooms were packaged in polyethylene containers covered with plastic film. According to the product labels, information on the producer was available, indicating that both mushroom species were of Croatian origin and cultivated in the Republic of Croatia.

In the retail market, the mushrooms were stored in refrigerated display cabinets at temperatures ranging from +2 to +7 °C. Immediately after purchase, the samples were transported to the Laboratory for the Analysis of the Quality of Plant-Based Agricultural Products at the Department of Sustainable Technologies and Renewable Energy Sources, Faculty of Agriculture, University of Zagreb.

Upon arrival at the laboratory, the mushrooms were gently wiped and cleaned of visible soil residues using a soft brush and paper towels. After cleaning, the mushrooms were chopped using a stainless-steel knife. For chemical analyses, a total sample mass of 250 g was used for each mushroom species. The prepared samples were immediately subjected to chemical analyses.

Chemical analysis

The following chemical analyses were performed to determine selected chemical properties of the mushroom samples: i) determination of dry matter, pH value and total acidity; total dry matter content (DM, %) was determined by oven drying at 105 °C to constant mass, according to the AOAC (1995) method. The pH value was measured using a digital pH meter (Mettler Toledo, SevenMulti S40, Switzerland), while total titratable acidity (TA, %) was determined by potentiometric titration with NaOH in accordance with AOAC (1995); ii) ascorbic acid content (AsA, mg/100 g fresh weight, fw) was determined by titration with 2,6-dichlorophenolindophenol (DCPIP) according to the AOAC (2002) method. The AsA content was calculated using equation (1):

$$AsA (mg/100 g) = \frac{V \times F}{m} \times 100$$

where V represents the volume of DCPIP solution (ml), F is the DCPIP factor (mg·ml⁻¹), and m is the sample mass in the filtrate (g); iii) total phenolic compounds (TPC), including total non-flavonoid compounds (TNFC) and total flavonoid compounds (TFC), were determined spectrophotometrically using a UV–Vis spectrophotometer (Shimadzu UV-1900i, Kyoto, Japan). The analyses were carried out using the Folin–

Ciocalteu reagent according to the method described by Ough and Amerine (1988); iv) the antioxidant capacity of the samples was assessed using radical scavenging and reducing power assays. Specifically, the ABTS [2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)] assay and the FRAP (ferric reducing antioxidant power) assay were applied following the procedure previously described by Miller et al. (1993) and Repajić et al. (2020). Both methods are based on spectrophotometric measurements and provide an evaluation of the ability of bioactive compounds present in the samples to neutralize free radicals or reduce ferric ions. Antioxidant capacity was quantified using Trolox as a reference standard, and the results were expressed as mmol Trolox equivalents (TE) per liter of sample.

Statistical analysis

Statistical analysis was performed using the SAS software package, version 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). The experimental data were subjected to one-way analysis of variance (ANOVA) to evaluate the effect of mushroom species on the analyzed parameters. All laboratory analyses were conducted in triplicate. When significant differences were detected, mean values were compared using Duncan's multiple range test at a significance level of 1% ($p \leq 0.01$). Results are presented as mean values, and differences between samples are indicated in tables by different superscript letters, denoting statistically homogeneous groups.

RESULTS AND DISCUSSION

Some of the analyzed chemical properties of button and oyster mushrooms obtained from the market are presented in Table 1.

Table 1: Dry matter content (%), total titratable acidity (%) and pH-value of white button and oyster mushroom from market

	DM [%] ($\bar{x} \pm SD$)	TA [%] ($\bar{x} \pm SD$)	pH ($\bar{x} \pm SD$)
White button mushroom	8.35 $\pm$ 0.13 ^a	0.11 $\pm$ 0.01 ^b	5.20 $\pm$ 0.01 ^a
Oyster mushroom	8.86 $\pm$ 0.17 ^a	0.15 $\pm$ 0.03 ^a	5.20 $\pm$ 0.01 ^a
ANOVA	$p = 0.0153$	$p \leq 0.0001$	NS

Notes: Different superscript letters within the same column indicate statistically significant differences ($p < 0.01$); NS – not significant

The two analyzed mushroom species differed significantly only in total titratable acidity (TA), while the other two analyzed properties, total dry matter content (DM) and pH, did not differ significantly between the species. The average DM content was 8.61%, which is in agreement with literature data. Nasiri et al. (2012) reported an average moisture content of 91.5% for button mushrooms, while Djamila and Bahariawan (2020) reported moisture content for oyster mushrooms in the range of 90–95%. Both the results of the present study and literature data confirm the high-water content of button and oyster mushrooms, suggesting that this type of fresh material is highly sensitive to handling, prone to damage, difficult to store over extended periods, and very sensitive in terms of preserving its nutritional composition. This is one of the reasons why mushrooms on the market are typically sold as packaged products with a relatively short shelf life. Generally, fresh edible mushrooms are considered a low-acid food of a weak acidic to neutral pH, with an average value typically ranging between 6.0 and 6.7 (Jiang et al., 2018). According to the pH value, total titratable acidity (TA) of selected two mushroom species, is low with, in range from 0.107–0.147%. The obtained value is in accordance with other literature data which report an average TA value from 0.1–0.5% (expressed as citric acid) (Kumar and Barman Ray, 2016; Çelik and Öncül, 2024). Also, button and oyster mushroom from this study significantly differ in the TA, while slightly higher TA value was obtained for oyster mushroom. From the available literature data, button mushrooms generally have slightly lower TA, approx. 0.31–0.48% (Kumar and Barman Ray, 2016), compared to the oyster mushrooms (approx. 0.41–0.62%)

(Senuri et al., 2025). The TA and pH values of edible mushrooms are strongly influenced by cultivation conditions, particularly the substrate used, as its composition affects organic acid metabolism and nutrient availability during growth. Both button and oyster mushrooms are commonly cultivated on slightly acidic substrates (Muswati et al., 2021), a characteristic that is often reflected in the pH and titratable acidity of the harvested fruiting bodies and may partially explain the observed pH and TA values in the analyzed samples.

Table 2: Bioactive compounds content of white button and oyster mushroom from market

	AsA [mg·100 g ⁻¹ fresh weight] ($\bar{x} \pm SD$)	TPC [mg GAE·100 g ⁻¹ fresh weight] ($\bar{x} \pm SD$)	TNFC [mg GAE·100 g ⁻¹ fresh weight] ($\bar{x} \pm SD$)	TFC [mg GAE·100 g ⁻¹ fresh weight] ($\bar{x} \pm SD$)
White button mushroom	9.69 ± 0.20 ^b	91.85 ± 0.91 ^a	35.28 ± 0.54 ^a	56.57 ± 0.39 ^b
Oyster mushroom	11.60 ± 0.20 ^a	64.32 ± 0.59 ^b	3.04 ± 0.52 ^b	61.31 ± 0.92 ^a
ANOVA	$p \leq 0.0001$	$p \leq 0.0001$	$p \leq 0.0001$	$p = 0.0012$

Notes: Different superscript letters within the same column indicate statistically significant differences ($p < 0.01$). AsA – ascorbic acid content; TPC – total phenolic content; TNFC – total non-flavonoid content; TFC – total flavonoid content

Although fungi are heterotrophic and cannot fix carbon like plants, they can accumulate ascorbic acid (AsA) by metabolizing glucose and other sugars derived from lignocellulosic substrates during saprophytic growth (Mishra et al., 2025). In this study, button and oyster mushrooms differed significantly in AsA content, with oyster mushrooms showing approximately 20% higher AsA levels compared to button mushrooms. These results are in agreement with literature data, which also report that oyster mushrooms generally contain higher amounts of ascorbic acid (vitamin C) than white button mushrooms. For instance, literature indicates that the AsA content of oyster mushrooms ranges from 5.38 to 41.28 mg·100 g⁻¹ fresh weight (Kaushal et al., 2025), whereas Goyal et al. (2020) report approximately 2.25 mg·100 g⁻¹ fresh weight of AsA for button mushrooms. As previously mentioned, in addition to other bioactive compounds, mushrooms are particularly characterized by their polyphenolic compounds, which significantly contribute to antioxidant activity and, consequently, to numerous potential functional and biological properties. According to a comparative analysis of cultivated white button mushrooms and oyster mushrooms reported by Silva et al. (2024), white button mushrooms exhibited a significantly higher total phenolic content (TPC) compared to oyster mushrooms. In general, the same study reported that *Agaricus* varieties (white and brown) showed the highest TPC among the examined mushroom species (*Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*, and *Hericium erinaceus*), which is also consistent with the findings of Reis et al. (2012). The results of the present study (Table 2) are in agreement with these observations, whereby white button mushrooms exhibited approximately 42% higher TPC compared to oyster mushrooms. However, it should be emphasized that Silva et al. (2024) reported a TPC value of 46.2 mg GAE·100 g⁻¹ fresh weight for white button mushrooms, which is considerably lower than the value obtained in the present study. Furthermore, other phenolic compounds analyzed in this research, particularly non-flavonoid compounds (TNFC), were also found to be significantly higher in white button mushrooms compared to oyster mushrooms, whereas, conversely, total flavonoid content (TFC) was higher in oyster mushrooms than in white button mushrooms. The higher total phenolic content observed in cultivated white button mushrooms in the present study, compared to literature data, may be attributed to specific cultivation and environmental conditions. Phenolic compounds in mushrooms are considered secondary metabolites involved in stress response mechanisms, and their biosynthesis may be enhanced under abiotic stress conditions (Fogarasi et al., 2024). Variations in substrate composition, microclimatic factors, and the developmental stage at harvest may have induced oxidative stress, thereby stimulating the accumulation of phenolic compounds.

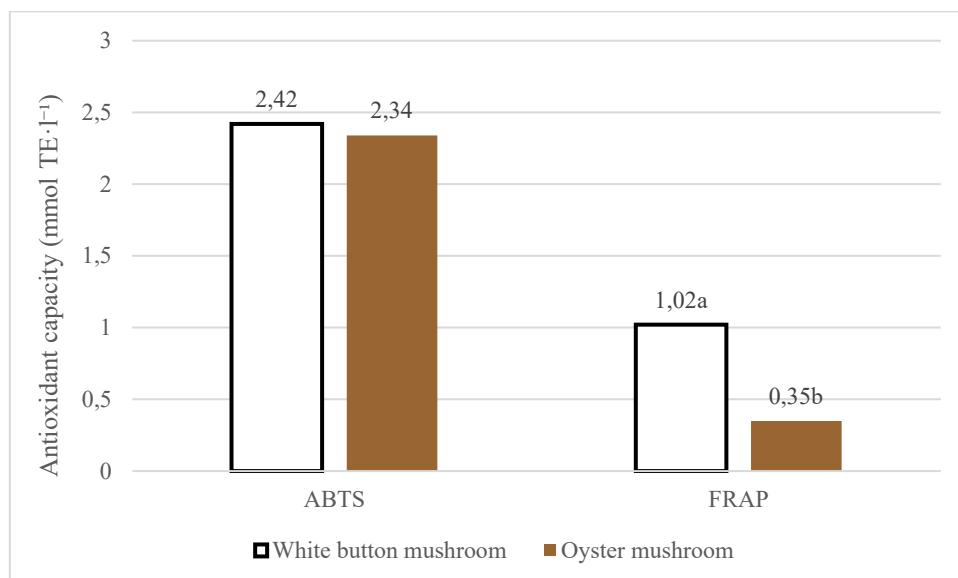


Figure 1: Antioxidant capacity (mmol TE·l⁻¹) of white button and oyster mushrooms measured by ABTS and FRAP assays

In Figure 1 are presented results of antioxidant capacity of analyzed mushroom species. According to the obtained results from ABTS assay, no significant differences of antioxidant capacity were determined between white button and oyster mushroom with approximate amount of 2.35 mmol TE·l⁻¹, while significant differences were determined in FRAP assay. According to the FRAP assay, white button mushroom have significantly higher antioxidant capacity compared to the oyster mushroom. These results are consistent with analyzed bioactive compounds, since white button mushrooms exhibited significantly higher TPC content which significantly contribute to antioxidant capacity compared to the oyster mushroom. Furthermore, these results are in agreement with Silva et al. (2024), who also reported a significantly higher antioxidant capacity of white button mushrooms by the FRAP assay compared to oyster mushrooms, whereas, conversely, the ABTS assay indicated a significantly higher antioxidant capacity for oyster mushrooms. This discrepancy can be explained by the specificity and sensitivity of the antioxidant assays. In general, polyphenolic compounds (flavonoids and non-flavonoids) are hydrophilic molecules that act by donating electrons or hydrogen atoms, which underlies the mechanisms of both methods. Consequently, samples with higher total phenols (TPC), flavonoids (TFC), and non-flavonoid phenols (TNFC) exhibit higher reducing capacity measured by FRAP, which primarily detects hydrophilic compounds. The ABTS method, on the other hand, is sensitive to both hydrophilic and lipophilic compounds. Mushrooms also contain fatty acids and other lipophilic constituents (Mishra et al., 2025) that contribute to the ABTS-measured antioxidant capacity, explaining the observed differences between the two assays. It should also be emphasized that besides used assay, obtained results of antioxidant capacity for white button and oyster mushroom are generally high confirming high potential of this species in numerous functional and health benefits (Fogarasi et al., 2024; Silva et al., 2024).

CONCLUSION

This study demonstrated species-specific differences in the chemical composition and antioxidant properties of white button mushrooms (*Agaricus bisporus*) and oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) available on the Croatian market. The two species differed significantly in total titratable acidity, with oyster mushrooms showing slightly higher values, while dry matter content and pH were similar. Oyster mushrooms contained significantly higher ascorbic acid, whereas white button mushrooms exhibited significantly higher total phenolic content and non-flavonoid phenols, with total flavonoid content being higher in oyster mushrooms. Antioxidant capacity measured by FRAP was significantly higher in white button mushrooms, whereas

no significant differences were observed with the ABTS assay. These results reflect the distinct bioactive compound profiles of the two species. Overall, the findings provide valuable information on the nutritional composition and functional properties of white button and oyster mushrooms, which may be useful for consumers, food producers, and further research on edible, cultivated mushrooms.

REFERENCES

- Abdelshafy, A. M., Belwal, T., Liang, Z., Wang, L., Li, D., Luo, Z., Li, L. (2022): A comprehensive review on phenolic compounds from edible mushrooms: Occurrence, biological activity, application and future prospective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(22), 6204–6224. Available at: <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1898335>
- Ayimbila, F., Keawsompong, S. (2023): Nutritional quality and biological application of mushroom protein as a novel protein alternative. *Current Nutrition Reports*, 12(2), 290–307. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13668-023-00468-x>
- AOAC (1995). Official methods of Analysis (16th ed.). Washington, DC: Association of official Analytical chemists.
- AOAC (2002). Official methods of Analysis (17th ed.). Washington, DC: Association of official Analytical chemists.
- Çelik, M., Öncül, N. (2024): Nutritional properties of wild edible mushrooms sold in Aegean region. *Ukrainian Food Journal*, 13(3), 624–634. Available at: <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2024-13-3-13>
- Djamila, S., Bahariawan, A. (2020): Physical and chemical characteristics of oyster mushrooms flour (*Pleurotus ostreatus*) using rotary vacuum dryer type batch. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 411(1), 012007. IOP Publishing.
- Fogarasi, M., Nemeş, S. A., Fărcaş, A., Socaciu, C., Semeniuc, C. A., Socaciu, M. I., Socaci, S. (2024): Bioactive secondary metabolites in mushrooms: A focus on polyphenols, their health benefits and applications. *Food Bioscience*, 62, 105166. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.105166>
- González, A., Nobre, C., Simoes, L. S., Cruz, M., Loredó, A., Rodríguez-Jasso, R. M., Contreras, J., Texeira, J. Belmares, R. (2021): Evaluation of functional and nutritional potential of a protein concentrate from *Pleurotus ostreatus* mushroom. *Food Chemistry*, 346, 128884. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128884>
- Goyal, R., Grewal, R., Goyal, R. K., Grewal, R. B. (2020): Vitamin and mineral content of *Agaricus bisporus* (white button) and *Pleurotus sajor-caju* (dhingri) mushrooms. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 5(3), 100-102. Available at: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31004.10881>
- Gupta, A. K., Jha, A. K., Naik, B., Kumar, V., Rustagi, S., Tavassoli, M. (2025): Exploration of techno-functional properties and metabolomic profile of *Scleroderma texense* (Phutuki Mushroom): a comparative study with *Agaricus bisporus* (white button mushroom). *Discover Food*, 5(1), 21. Available at: <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00291-z>
- Jiang, H., Miraglia, D., Ranucci, D., Donnini, D., Roila, R., Branciari, R., Li, C. (2018): High microbial loads found in minimally-processed sliced mushrooms from Italian market. *Italian Journal of Food Safety*, 7(1), 7000. Available at: <https://doi.org/10.4081/ijfs.2018.7000>

- Kaushal, K., Kauro, T., Thakur, A., Kumar, M., Sharma, D. (2025): Therapeutic potential of oyster mushroom: A phytochemical and pharmacological perspective. *Journal of Phytonanotechnology and Pharmaceutical Sciences*, 5(1): 7–13. Available at: <https://doi.org/10.54085/jpps.2025.5.1.2>
- Kumar, K., Barman Ray, A. (2016): Development and shelf-life evaluation of tomato-mushroom mixed ketchup. *Journal of Food Science and Technology*, 53(5), 2236–2243. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2179-y>
- Kumari, M., Poonia, M. K. and Pawariya, V. (2025): Button (*Agaricus bisporus*) and oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*): Cultivation and its value addition: A overview. *International Journal of Horticulture and Food Science*, 7(5), 38–43. Available at: <https://doi.org/10.33545/26631067.2025.v7.i5a.294>
- Miller, N. J., Diplock, A. T., Rice-Evans, C., Davies, M. J., Gopinathan, V., Milner, A. (1993): A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical Science*, 84(4), 407–412. Available at: <https://doi.org/10.1042/cs0840407>
- Mishra, S., Mishra, M. K., Vyas, D. (2025): Unlocking the mushroom's potential for their biochemicals and market values. *The Journal of Scientific Discourse*, 2(1), 108–143.
- Muswati, C., Simango, K., Tapfumaneyi, L., Mutetwa, M., Ngezimana, W. (2021): The effects of different substrate combinations on growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *International Journal of Agronomy*, 2021(1), 9962285. Available at: <https://doi.org/10.1155/2021/9962285>
- Nasiri, F., Ghiassi, T. B., Bassiri, A. R., Hoseini, S. E. Aminafshar, M. (2012): Comparative study on the main chemical composition of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) Cap and Stipe. *Annals of Biological Research*, 3 (12), 5677–5680. Available at: <http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>
- Ough, C. S., Amerine, M. A. (1988): *Methods for analysis of musts and wines*, 2nd ed.; Wiley: Hoboken, New Jersey, United States.
- Palacios, I., Lozano, M., Moro, C., D'Arrigo, M., Rostagno, M. A., Martínez, J. A., García-Lafuente, A., Guillamón, E., Villares, A. (2011): Antioxidant properties of phenolic compounds occurring in edible mushrooms. *Food chemistry*, 128(3), 674–678. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.085>
- Procházka, P., Soukupová, J., Mullen, K. J., Tomšík Jr., K., Čábelková, I. (2023): Wild mushrooms as a source of protein: A case study from central Europe, especially the Czech Republic. *Foods*, 12(5), 934. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods12050934>
- Reis, F. S., Martins, A., Barros, L., Ferreira, I. C. F. R. (2012): Antioxidant properties and phenolic profile of the most widely appreciated cultivated mushrooms: A comparative study between in vivo and in vitro samples. *Food and Chemical Toxicology*, 50, 1201–1207. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.02.013>
- Repajić, M., Cegledi, E., Kruk, V., Pedisić, S., Çınar, F., Bursać Kovačević, D., Žutić, I., Dragović-Uzelac, V. (2020): Accelerated Solvent Extraction as a Green Tool for the Recovery of Polyphenols and Pigments from Wild Nettle Leaves. *Processes*, 8(7), 803. Available at: <https://doi.org/10.3390/pr8070803>
- Senila, M., Senila, L., Resz, M. A. (2024): Chemical composition and nutritional characteristics of popular wild edible mushroom species collected from North-Western Romania. *Journal of Food Composition and Analysis*, 134, 106504. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106504>
- Senuri, G. T., Perumpuli, P. A. B. N., Kumara, K. W., Ravindi, S. M. A. (2025): Physicochemical composition, nutritive value, and functional attributes of commercially cultivated mushrooms in Sri Lanka. *Tropical Agricultural Research and Extension*, 28(4), 2025.

Shamim, M. Z., Mishra, A. K., Kausar, T., Mahanta, S., Sarma, B., Kumar, V., Mishra, P. K., Panda, J., Baek, K. H., Mohanta, Y. K. (2023): Exploring edible mushrooms for diabetes: unveiling their role in prevention and treatment. *Molecules*, 28(6), 2837. Available at: <https://doi.org/10.3390/molecules28062837>

Tel-Çayan, G., Deveci, E., Çayan, F. (2025): Mushroom Phenolic Compounds: Identification, Quantification, and Biological Properties. In *Fungi* (63–75). New York, NY: Springer US.

Yu, Q., Guo, M., Zhang, B., Wu, H., Zhang, Y., Zhang, L. (2020): Analysis of nutritional composition in 23 kinds of edible fungi. *Journal of Food Quality*, 2020(1), 8821315. Available at: <https://doi.org/10.1155/2020/8821315>

Yu, W., Zhang, Y., Lu, Y., Ouyang, Z., Peng, J., Tu, Y., He, B. (2025): Recent research on the bioactivity of polyphenols derived from edible fungi and their potential in chronic disease prevention. *Journal of Functional Foods*, 124, 106627. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2024.106627>

Contact Information: Invited speaker: Assoc. Prof. Jana Šic Žlabur, Ph.D., Division of Agricultural Engineering, University of Zagreb Faculty of Agriculture, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb, Croatia, e-mail: jszlabur@agr.hr

PŘÍLOHY

ANNEXES



MINISTRY OF AGRICULTURE
OF THE CZECH REPUBLIC



LESENSKYCZ

GeneProof[®]
part of NuvinkaDx

novonesis



MASO·PROFIT



Název publikace:	Sborník příspěvků LII. Konference o jakosti potravin a potravinových surovin Proceedings of the 52 nd Conference on Food Quality and Safety
Editoři:	Markéta Janík Piechowiczová, Jan Slováček, Miroslav Jůzl
Vydavatel:	Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00, Brno, Česká republika www.mendelu.cz
Vydání:	První, 2026
Počet stran:	451

ISBN 978-80-7701-100-6

DOI: <https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6>

Publikace neprošla jazykovou úpravou.
