
MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Agronomická fakulta

Ústav technologie potravin



SBORNÍK LI. KONFERENCE

O JAKOSTI POTRAVIN A POTRAVINOVÝCH SUROVIN

**BOOK OF THE 51st FOOD QUALITY
AND SAFETY CONFERENCE**

4. 3. – 6. 3. 2025

Markéta Janík Piechowiczová – Jan Slováček

Miroslav Jůzl – Libor Kalhotka (Eds.)

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



SBORNÍK LI. KONFERENCE
O JAKOSTI POTRAVIN A POTRAVINOVÝCH SUROVIN

BOOK OF THE 51st FOOD QUALITY
AND SAFETY CONFERENCE

4. 3. – 6. 3. 2025

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



MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

©2025

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)

SPONZOŘI:

Ministerstvo zemědělství ČR – EFSA Focal Point
GeneProof, Novonesis, Laboserv, Bioing

PARTNEŘI SPOLEČENSKÉHO VEČERA:

MADETA, MASOPROFIT, Pivovar JOHANN MENDELU, Masná výroba CZ 22067 MENDELU,
Vinařství Uřičář, Savencia Fromage & Dairy Czech Republic, Chuť Moravy

Na této konferenci byla v rámci prezentace využita zařízení a prostory financované z projektu OP VaVpI CZ.1.05/4.1.00/04.0135 Výukové a výzkumné kapacity pro biotechnologické obory a rozšíření infrastruktury.

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

Příspěvky prošly recenzním řízením.

Recenzenti sborníku: doc. Ing. Miroslav Jůzl, Ph.D.; doc. Ing. Šárka Nedomová, Ph.D.; doc. Ing. Libor Kalhotka, Ph.D.; Ing. Jana Zemanová, Ph.D.; Ing. Markéta Janík Piechowiczová, Ph.D.; prof. Ing. Alžběta Jarošová, Ph.D.; doc. Mgr. Milena Matejovičová, Ph.D.; doc. MVDr. Olga Cwíková, Ph.D.; Ing. Gabriela Franke, Ph.D. (vše MENDELU), assoc. Prof. Achyut Adhikari, Ph.D. (Louisiana State University AgCenter, School of Nutrition and Food Sciences, Louisiana, United States of America), prof. Ivica Kos, PhD (University of Zagreb/Sveučilište u Zagrebu, Croatia - Hrvatska), prof. Ivan Vnučec, PhD (University of Zagreb/Sveučilište u Zagrebu, Croatia - Hrvatska), prof. dr. hab. inž. Bartosz Sołowiej (University of Life Sciences in Lublin/Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie - Polska), prof. Ing. Jozef Golian, Dr. (SPU Nitra, Slovensko)

Editoři sborníku: Markéta Janík Piechowiczová, Jan Slováček, Miroslav Jůzl, Libor Kalhotka

Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00, Brno

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

ISBN 978-80-7701-048-1

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1>



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/>)

OBSAH

Jůzl, M.:

SLOVO ÚVODEM	8
---------------------	----------

Baldíková, E., Hasoňová, L., Janů, T., Janoušek Honesová, S., Sulaiman Iliyasu, M.,
Hanuš, O., Nejeschlebová, H., Samková, E.:

VÝSKYT AFLATOXINU M₁ V SYROVÉM KRAVSKÉM MLÉCE V ČESKÉ REPUBLICE THE PRESENCE OF AFLATOXIN M₁ IN RAW COW MILK IN THE CZECH REPUBLIC	11
---	-----------

Bendelja Ljoljić, D., Mrkoci, L. V., Vnučec, I., Kos, I.:

BUTTER - FROM FERMENTATION TO SENSORY PROPERTIES	17
---	-----------

Beneš, P.:

AKTUALITY Z OBLASTI SPOLUPRÁCE S EFSA NEWS ON COOPERATION WITH EFSA	23
--	-----------

Bystricky-Berezvai, O., Harabiš, L., Novotná, T., Pavlačková, J., Gál, R., Mokrejš, P.:

VALORIZATION OF ANIMAL BY-PRODUCTS OF THE AFRICAN CATFISH (<i>Clarias gariepinus</i>) TO GELATIN PREPARATION	26
---	-----------

Cejpek, K., Průšová, A., Procházková, Z.:

VLIV α-DIKARBONYLOVÝCH SLOUČENIN VZNIKAJÍCÍCH Z CUKRŮ NA KVALITU POTRAVIN EFFECT OF α-DICARBONYL COMPOUNDS ORIGINATED FROM SUGARS ON FOOD QUALITY	32
--	-----------

Čejna, V.:

AKTUÁLNÍ TRENDY JEDNOPORCOVÝCH VÝROBKŮ V OBLASTI SÝRAŘSKÉ GASTRONOMIE CURRENT TRENDS OF SINGLE-PORTION PRODUCTS IN THE FIELD OF CHEESE GASTRONOMY	34
--	-----------

Dhawal, A., Adhikari, A.:

ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF SILVER NANOPARTICLE IMPREGNATED BACTERIAL CELLULOSE AND BIODEGRADABILITY ASSESSMENT OF BACTERIAL CELLULOSE FOR SUSTAINABLE FOOD PACKAGING	37
--	-----------

Doležalová, Z., Matejovičová, M., Jůzl, M.:

VÝŽIVA A ŽIVOTNÍ STYL SPORTUJÍCÍCH DĚTÍ A MOŽNOSTI POZITIVNÍ INTERVENCE NUTRITION AND LIFESTYLE OF SPORTS-PLAYING CHILDREN AND POSSIBILITIES OF POSITIVE INTERVENTION	38
--	-----------

Franke, G., Cwíková, O., Tomášková, V.:

ANTIBAKTERIÁLNÍ ÚČINKY MICROGREENS ANTIBACTERIAL EFFECTS OF MICROGREENS	43
--	-----------

Hendrychová, B., V., Odehnalová, B., Kovál, A., Roztočilová, A., Slováček, J., Kouřil, P., Votava, J., Šťastník, O., Lichovníková, M., Nedomová, Š.:	
JAKOSTNÍ PARAMETRY LAREV POTEMNÍKA MOUČNÉHO V ZÁVISLOSTI NA KRMNÉ SMĚSI	
QUALITY PARAMETERS OF THE MEALWORM LARVAE IN RELATION TO THE FEED MIXTURE	48
Horáčková, Š.:	
VÝVOJ V OBLASTI NAHRAZOVÁNÍ ŽIVOČIŠNÝCH BÍLKOVIN JINÝMI ZDROJI	
TRENDS IN REPLACING ANIMAL PROTEIN WITH OTHER SOURCES	55
Hřivna, L., Jůzl, M., Čepl, M., Cerkal, R., Faltýnková, N., Zachová, M., Ťapalová, M., Jůzl, M.:	
VÝROČÍ NAROZENÍ, VÝZNAM A ODKAZ PROFESORA HOŠPESE	
BIRTH ANNIVERSARY, SIGNIFICANCE AND LEGACY OF PROFESSOR HOŠPES	56
Ivanišová, E., Harangozo, L., Mickowska, B., Kolesárová, A.:	
FORTIFIKOVANÉ POTRAVINY A POTENCIÁL ICH VYUŽITIA PRE KONZUMENTA 21. STOROČIA	
FORTIFIED FOODS AND THEIR POTENTIAL FOR USE BY THE 21ST CENTURY CONSUMER	60
Janoušek Honesová, S., Dadáková, E., Brožíková, S., Janů, T., Baldíková, E., Hasoňová, L., Hang Vo, T. T., Moudrá, P., Samková, E.:	
VYUŽITÍ PLODŮ BEZU ČERNÉHO (<i>SAMBUCUS NIGRA</i> L.) PŘI OBOHACOVÁNÍ JOGURTŮ	
THE USE OF ELDERBERRIES (<i>SAMBUCUS NIGRA</i> L.) IN YOGURT ENRICHMENT	68
Ježek, F., Dušková, M., Kameník, J., Veselá, H.:	
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
Jha, S., Adhikari, A.:	
ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF BACILLUS MEGATERIUM ANTIMICROBIAL PEPTIDE AGAINST LISTERIA AND SALMONELLA BIOFILMS IN HYDROPONIC SYSTEMS	88
Kalhotka, L., Kouřil, P., Jůzl, M., Zemanová, J.:	
POUŽITÍ OCHRANNÝCH KULTUR PŘI VÝROBĚ TVAROHŮ A SÝRŮ	
THE USE OF PROTECTIVE CULTURES IN THE PRODUCTION OF CHEESES	89
Klimešová, M., Hanuš, O., Nejeschlebová, H.:	
POČET SOMATICKÝCH BUNĚK V MLÉCE MALÝCH PŘEŽVÝKAVCŮ	
SOMATIC CELL COUNT IN MILK OF SMALL RUMINANTS	95

Kocandová, A., Slováček, J., Nedomová, Š., Odehnalová, B., Hendrychová, V. B., Kovál, A., Kumbár, V., Roztočilová, A.:	
VLIV PŘÍDAVKU SPIRULINY (<i>ARTHROSPIRA PLATENSIS</i>) NA JAKOSTNÍ PARAMETRY JOGURTU	
EFFECT OF SPIRULINA (<i>ARTHROSPIRA PLATENSIS</i>) ADDITION ON YOGHURT QUALITY PARAMETERS	99
Kopáček, J.:	
SVĚTOVÉ MLÉKÁRENSTVÍ V LETECH 2022–2023; VÝHLED 2022–2025	
WORLD DAIRY INDUSTRY IN 2022–2023; OUTLOOK 2022–2025	106
Kořená, K., Klimešová, A., Florianová, M., Krzyžanková, M., Karasová, D., Babák, V., Juřicová, H.:	
MIKROBIÁLNÍ PROFILOVÁNÍ SÝRŮ ZRAJÍCÍCH POD MAZEM: VLIV STARTOVACÍCH KULTUR A PROSTŘEDÍ VÝROBY	
MICROBIAL PROFILING OF SMEAR-RIPENED CHEESES: INFLUENCE OF STARTER CULTURES AND PRODUCTION ENVIRONMENT	124
Kos, I., Jůzl, M., Vnučec, I., Pleadin, J., Bendelja Ljoljić, D., Konieczka, P., Stamenić, T., Pralas, V.:	
DIOXINS IN MEAT: FROM ENVIRONMENTAL POLLUTANTS TO HUMAN EXPOSURE	134
Kotianová, D., Pencák, T., Dordević, D., Tremlová, B.:	
OLEJ Z KÁVOVEJ USADENINY AKO ADITÍVUM V BIODEGRADOVATELNÝCH OBALOCH: HODNOTENIE CHEMICKÝCH ZMIEN CHROMATOGRAFICKOU METÓDOU	
SPENT COFFEE GROUND OIL AS AN ADDITIVE IN BIODEGRADABLE PACKAGING: CHEMICAL CHANGES EVALUATED BY CHROMATOGRAPHIC METHOD	141
Kouřil, P., Roztočilová, A., Jůzl, M.:	
HADÍ MASO JAKO EKOLOGICKÁ POTRAVINA BUDOUCNOSTI	
SNAKE MEAT AS AN ECOLOGICAL FOOD OF THE FUTURE	148
Kouřimská, L., Kouřimský, P.:	
VYUŽITÍ HMYZU V AGRO-POTRAVINÁŘSKÉM SEKTORU	
USE OF INSECTS IN THE AGRI-FOOD SECTOR	153
Králová, M., Dračková, E., Kaniová, L., Anderle, V., Lichovníková, M.:	
STANOVENÍ CHOLESTEROLU VE ŽLOUTKU POMOCÍ FT-NIR SPEKTROMETRIE	
DETERMINATION OF CHOLESTEROL IN EGG YOLK USING FT-NIR SPECTROSCOPY	161
Kuljová, M., Kasal, P., Čížek, M.:	
VÝZNAM PĚSTOVÁNÍ JAKONU (<i>SMALANTHUS SONCHIFOLIUS</i>) V PODMÍNKÁCH ČR	
THE IMPORTANCE OF GROWING YACON (<i>SMALANTHUS SONCHIFOLIUS</i>) IN THE CONDITIONS OF THE CZECH REPUBLIC	167
Kýrová, V., Ostrý, V., Řehůrková, I., Ruprich, J.:	
CÍLENÝ MONITORING NEAUTORIZOVANÉ GM RÝŽEV ČESKÉ REPUBLICE	
TARGETED MONITORING OF UNAUTHORIZED GM RICE IN THE CZECH REPUBLIC	176

Lituma, I., Adhikari, A.: IMPACT OF UV-C LIGHT TREATMENT ON <i>LISTERIA MONOCYTOGENES</i> IN HYDROPONIC LETTUCE AND QUALITY ASSESSMENT	183
Mačáková, P., Novotná Kružíková, K.: ZARUČENÉ TRADIČNÍ SPECIALITY TRADITIONAL SPECIALITIES GUARANTEED	184
Měřínská, Z., Horáková, K., Ostrovská, D., Řehůřková, I., Ruprich, J.: NUTRIČNÍ HODNOCENÍ KULINÁRNĚ UPRAVENÝCH RYB NUTRITIONAL EVALUATION OF CULINARY PREPARED FISH	190
Novotná, T., Harabiš, L., Bystricky-Berezvai, O., Mokrejš, P., Gál, R., Pavlačková, J.: EXTRAKCE TUKU Z VEDLEJŠÍCH ŽIVOČIŠNÝCH PRODUKTŮ SUMEČKA AFRICKÉHO (<i>CLARIAS GARIEPINUS</i>) EXTRACTION OF FAT FROM ANIMAL BY-PRODUCTS OF THE AFRICAN CATFISH (<i>CLARIAS GARIEPINUS</i>)	197
Novotná Kružíková, K., Židková, V.: HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ VETERINÁRNÍHO DOZORU NA FARMÁŘSKÝCH TRZÍCH V PRAZE V OBDOBÍ LET 2017–2022 EVALUATION OF RESULTS OF VETERINARY SUPERVISION AT THE FARMERS MARKETS IN PRAGUE FROM 2017 TO 2022	201
Ongidi, J.: TOXIC EFFECT OF PESTICIDE RESIDUES ON WARM-BLOODED ANIMALS INCLUDING HUMANS, IN KENYA	206
Pencák, T., Kotianová, D., Dordević, D., Tremlová, B.: VPLYV RÔZNYCH SPÔSOBOV LÚHOVANIA ŽALUŽOV (<i>QUERCUS ROBUR</i>) NA OBSAH POLYFENOLOV EFFECT OF DIFFERENT LEACHING METHODS ON POLYPHENOL CONTENT IN ACORNS (<i>QUERCUS ROBUR</i>)	212
Penčáková, Š., Bytešníková, Z., Cao, H-A., Pekárková, J.: CHITOSANOVÉ NANOČÁSTICE S ENKAPSULOVANÝM ESENCIÁLNÍM OLEJEM Z TYMIÁNU (<i>THYMUS VULGARIS</i>) PRO PRODLOUŽENÍ TRVANLIVOSTI MANDARINEK CHITOSAN NANOPARTICLES WITH ENCAPSULATED THYME (<i>THYMUS VULGARIS</i>) ESSENTIAL OIL FOR EXTENDING SHELF-LIFE OF MANDARINS	218
Shilpakar, D., Bardsley, C., Adhikari, A., Kharel, K.: CUSTOM-BUILT STEAM CONDITIONING AS A PROCESSING INTERVENTION FOR <i>SALMONELLA ENTERICA</i> REDUCTION ON IN-SHELL PECANS	224
Shrestha, P., Wu, Q., Mahmoud, A. R. E., Prinyawiwatkul, W., Kharel, K.: SUSTAINABLE FABRICATION OF CELLULOSE-BASED ANTIBACTERIAL NANOCOMPOSITE FILMS FOR ACTIVE PACKAGING TO PREVENT <i>LISTERIA</i> AND <i>SALMONELLA</i> CONTAMINATION	225

Sluková, M., Skřivan, P., Švec, I.:	
MODERNÍ TRENDY V POTRAVINÁŘSTVÍ – ZAMĚŘENÍ NA CEREÁLNÍ CHEMII, TECHNOLOGII A VÝŽIVU LIDÍ	
MODERN TRENDS IN FOOD INDUSTRY – FOCUS ON CEREAL CHEMISTRY, TECHNOLOGY AND HUMAN NUTRITION	226
Šafránková, V., Dufková, R., Hřivna, L., Gregor, T., Týblová, K.:	
VLIV NÁPLNĚ NA SENZORICKOU HODNOTU PLNĚNÝCH ČOKOLÁDOVÝCH CUKROVINEK	
EFFECT OF FILLING ON THE SENSORY VALUE OF FILLED CHOCOLATE CONFECTIONERY	233
Šmoldas, J., Palátová Nežiková, B., Řehůřková, I., Ruprich, J.:	
BIOGENNÍ AMINY V RŮZNÝCH TYPECH POTRAVIN Z TRŽNÍ SÍTĚ V ČESKÉ REPUBLICE	
BIOGENIC AMINES IN DIFFERENT TYPES OF FOOD FROM CZECH MARKET NETWORK	239
Švec, I., Smrčková, P.:	
PREDIKCE TECHNOLOGICKÉ KVALITY LEPKU PŠENIČNO-ŽITNÝCH A ŽITNO-PŠENIČNÝCH SMĚSÍ	
PREDICTION OF THE TECHNOLOGICAL QUALITY OF GLUTEN OF WHEAT-RYE AND RYE-WHEAT MIXTURES	248
Thapaliya, M., Adhikari, A.:	
ENVIRONMENTAL AND STRAIN-SPECIFIC INFLUENCES ON <i>LISTERIA MONOCYTOGENES</i> BIOFILM FORMATION AND THE EFFICACY OF SANITIZATION ON FOOD CONTACT SURFACES	
	256
Váňa, J., Semerád, Z.:	
VETERINÁRNÍ ZÁKON A ZÁKON NA OCHRANU ZVÍŘAT PROTI TÝRÁNÍ	
VETERINARY ACT, ANIMAL CRUELTY PROTECTION ACT	258
Vnučec, I., Kos, I., Bendelja Ljoljić, D.:	
FROM TRADITION TO INNOVATION: GOAT'S MILK IN MODERN DAIRY	
	261
Vývoda, M., Beranová, K., Matejovičová, M., Komprda, T.:	
KVALITA DOPLŇKŮ VÝŽIVY S OMEGA-3 MASTNÝMI KYSELINAMI	
QUALITY OF DIETARY SUPPLEMENTS WITH OMEGA-3 FATTY ACIDS	267
Zeleňáková, L., Gabašová, M., Fikselová, M., Mendelová, A.:	
PROCESNÉ ZMENY PRI FRITOVANÍ ZEMIAKOVÝCH HRANOLČEKOV: VPLYV NA SENZORICKÉ A TEXTURÁLNE VLASTNOSTI	
PROCESS CHANGES DURING DEEP-FRYING OF POTATO FRIES: IMPACT ON SENSORY AND TEXTURAL PROPERTIES	276
Zemanová, J., Jůzl, M., Pospíšková, L., Kalhotka, L.:	
TECHNOLOGICKÉ ASPEKTY SMETAN KE ŠLEHÁNÍ	
TECHNOLOGY ASPECTS OF WHIPPED CREAMS	285
PŘÍLOHY	287

SLOVO ÚVODEM

V loňském roce jsme spolu s účastníky z řad akademických pracovníků univerzit, vědecko-výzkumných a státních institucí, dozorových orgánů, zpracovatelských firem a podniků, rovněž tak i jednotlivců se zájmem o danou problematiku, oslavili jubilejní padesátý ročník konference. Tu mají tito návštěvníci zafixovanou pod zkráceným názvem Ingrový dny. Původně se jednalo o vědecké semináře, a mimo úvodních ročníků, bylo jejich konání dlouho spojené s existencí potravinářských veletrhů BVV Salima. Mezinárodní potravinářský veletrh se na slavném brněnském výstavišti poprvé konal už v roce 1974 a patří tak k veletržním značkám s nejdelší tradicí. Nicméně, nový koncept se u těchto kdysi mezi veřejností oblíbených a pro firmy významných veletrhů stále hledá. Další ročník se má uskutečnit v roce 2026 v moderním formátu.

Organizátoři Ingrových dnů v průběhu let také reagovali na změny, které se již dlouho dotýkají fungování a výzev pro vysokoškolský výzkum a akademické prostředí. S rozmachem moderních technologií a možností sdílení informací v reálném čase by se mohlo zdát, že setkávání mezi akademiky a veřejností má pouze společenskou relevanci. Přesto zde vidíme i jasný edukativní efekt, který jsme si mohli právě u padesátého výročí akce uvědomit. Výchova a předávání tradice mezi mladé účastníky na počátku jejich akademické dráhy a sdělení základního významu pro aktivní studenty, kteří se neomezují pouze na vyhledávání informací v internetovém prostředí a na sociálních sítích. To jsme si mohli spolu s pamětníky na pana profesora Ingra uvědomit na společenském večeru, který se podle jejich účastníků mimořádně povedl. V minulosti jsme cílili na studenty především čtvrté Dnem s mlékem a úterní sekcí věnovanou zahraničním účastníkům s vyžádanými příspěvky. Obě tyto další součásti Ingrových dnů tak vhodně doplnili konferenci a jsme vděční všem, kteří umožnili jejich konání a umožňují je nadále vylepšovat.

Letošní úterní International Session se skládá ze dvou bloků, které jsme do ní zahrnuli. První z nich je blok nazvaný po loni završeném projektu V4 „Food Quality in Digital Age“. Druhý z bloků navazuje na úspěšné aktivity Mendelovy univerzity v Brně spolu s Louisiana State University (Baton Rouge, USA), které jsme čtyřikrát v minulých letech každoročně chystali pro naše akademiky a studenty. Všem organizátorům obou zmíněných projektů chceme poděkovat nejen těmito řádky, ale i tím, že poskytneme v rámci Ingrových dnů i do budoucna rámec, jak s těmito názvy dále pracovat a pokračovat, aby jejich význam, jako tomu je u Dne s mlékem, nezapadnul.

Ve středeční den, kdy se v aule Mendelovy univerzity v Brně setkávají nejvýznamnější osobnosti zemědělsko-potravinářského oboru a výzkumu, máme v programu možnost vyslechnout problematiku v mnoha oblastech. V úvodním institucionálním bloku jsou to vysoce aktuální informace z veterinární oblasti v souvislosti s novelami veterinárního zákona a zákona na ochranu zvířat proti týrání, dále činnosti a spolupráce s EFSA a téma k udržitelnosti v oblasti zpracování masa. V druhém vědeckém bloku je pět příspěvků, které jsou průřezem vědecko-výzkumné činnosti akademiků. Ve třetím bloku, který je i do budoucna vyčleněn na kratší, vizionářské příspěvky, nebo připomenutí v oblasti sociálního dopadu a relevance, jsme zařadili výročí

narození významného odborníka, emeritního děkana naší Agronomické fakulty (1936–1937, 1946–1947) pana profesora Bohumila Hošpese (20. 4. 1890 – 5. 11. 1971), který by letos oslavil 135 let od narození. Stejně tak pro příští rok plánujeme připomenout osobnost pana profesora Vladimíra Kyzlinka (29. 2. 1915 – 3. 1. 2008), který by právě letos oslavil 110 let. Je pochopitelné, že jsme loni při padesátém pokračování konference vzpomenuli nejen našimi vzpomínkami ale i malou výstavkou osobnost pana profesora Ivo Ingra, ale právě v tomto chceme pokračovat, neboť si to tito zmínění, ale i jiní velikáni, potravinářského oboru zaslouží. Akademické prostředí nesmí být rigidně strnulé, je zapotřebí více než kdy jindy se zabývat výzvami vedoucími například k vyšší míře automatizace a začlenění umělé inteligence do technologických procesů výroby a hodnocení jakosti potravin. Nicméně, nemělo by jen vyhlížet z přítomnosti k plánování očekávané budoucnosti, ale mělo by připomínat i všechny ty, kteří přispěli k jejímu významu a poznání.

Na závěr bychom chtěli poděkovat všem hostům za účast v tyto pro nás významné a takzvané Ingrovy dny, všem aktivním účastníkům za přednášená nebo posterová sdělení, děkujeme sponzorům a mediálním partnerům akce. Děkujeme Kontaktnímu místu EFSA a Odboru bezpečnosti potravin Ministerstva zemědělství ČR za finanční podporu. Děkujeme také panu ministrovi zemědělství Mgr. Marku Výbornému za záštitu akce.

PŘÍSPĚVKY
INGROVY DNY 2025

VÝSKYT AFLATOXINU M₁ V SYROVÉM KRAVSKÉM MLÉCE V ČESKÉ REPUBLICE

THE PRESENCE OF AFLATOXIN M₁ IN RAW COW MILK IN THE CZECH REPUBLIC

Eva Baldíková¹ – Lucie Hasoňová¹ – Tereza Janů¹ – Simona Janoušek Honesová¹
Mohammed Sulaiman Iliyasu¹ – Oto Hanuš² – Hana Nejeschlebová^{1,2} – Eva Samková¹

¹Katedra potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů, Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích, Fakulta zemědělská a technologická, Studentská 1668,
370 05 České Budějovice

² Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o., Ke Dvoru 12a, 160 00 Praha

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0011>



ABSTRAKT

Mléko je klíčovou surovinou v lidské výživě, a proto je přítomnost jakýchkoliv kontaminujících látek vysoce nežádoucí. V této práci byla sledována přítomnost aflatoxinu M₁ (AFM₁) v bazénových vzorcích syrového kravského mléka pomocí semikvantitativního testu Aflasensor. Z celkového počtu 67 vyšetřených vzorků bazénového mléka u 30 % vzorků nebyla přítomnost AFM₁ vůbec detekována, u 30 % vzorků byla koncentrace AFM₁ v rozpětí 0,031–0,049 µg/kg a u 40 % byla zjištěna koncentrace AFM₁ nad 0,050 µg/kg.

Klíčová slova: dojnice; mléko; bazénové vzorky; mykotoxiny; aflatoxin M₁; kontaminace

ABSTRACT

Milk is a crucial part of human nutrition; therefore, the presence of any contaminant is highly undesirable. In this work, aflatoxin M₁ (AFM₁) in raw cows' milk samples was evaluated using a semi-quantitative test Aflasensor. From the total number of 67 bulk milk samples tested, 30 % of samples were AFM₁ negative, 30 % of samples had an AFM₁ concentration in the range of 0.031–0.049 µg/kg, and 40 % of samples had an AFM₁ concentration above 0.050 µg/kg.

Keywords: dairy cow; milk; bulk samples; mycotoxins; aflatoxin M₁; contamination

ÚVOD

Mléko je považováno za komplexní surovinu, která obsahuje nejen kvalitní bílkoviny a lehce stravitelné tuky, ale také minerální látky (vápník, draslík, fosfor) či vitamíny (A, B, D). K lidské výživě slouží zejména mléko kravské (96,4 %), v menší míře pak ovčí (1,8 %), kozí (1,6 %) a buvolí (0,2 %) (Eurostat, 2025). V České republice činila v roce 2023 spotřeba mléka a mléčných produktů v hodnotě tzv. mléčného ekvivalentu 254,9 kg na osobu (Kopáček, 2024). Mléko je konzumováno všemi věkovými skupinami a je tedy naprosto nezbytné zajistit jeho vysokou jakost a zdravotní nezávadnost. Jedny z potenciálních kontaminantů jsou mimo hojně skloňovaných antibiotik a jiných léčiv také aflatoxiny.

Aflatoxiny představují významnou skupinu mykotoxinů, sekundárních metabolitů produkovaných ubikvitními plísněmi především druhů *Aspergillus flavus* a *Aspergillus parasiticus*. V mléce a mléčných produktech lze detekovat aflatoxin M₁ (AFM₁), který vzniká v játrech zvířat po pozření krmiva

kontaminovaného aflatoxinem B₁ (AFB₁). U laktujících jedinců pak dochází během 12–24 h od expozice k přenosu AFM₁ do mléka (Battacone et al., 2003). Míra tohoto přenosu se různí v závislosti na řadě faktorů, mj. zdravotním stavu, složení bачorové mikrobioty, biotransformační kapacitě jater či aktuální mléčné produkci (Zentai et al., 2023). Množství AFM₁ vylučovaného do mléka pak závisí na koncentraci AFB₁ v kontaminovaném krmivu. Uvádí se, že do mléka v podobě AFM₁ přechází 1–2 % (u dojnic s vysokou produkcí až 6,2 %) perorálně přijatého AFB₁ (Fink-Gremmels, 2008).

Jak AFB₁, tak AFM₁ byly Mezinárodní agenturou pro výzkum rakoviny (IARC) zařazeny mezi prokázané karcinogeny pro člověka (skupina 1). Kromě karcinogenních účinků vykazují také teratogenní, mutagenní, hepatotoxické a imunosupresivní účinky (Bennet a Klich, 2003). Zvláště nebezpečná je konzumace kontaminovaného mléka kojenci a malými dětmi, u kterých může dojít ke zdravotním potížím gastrointestinálního charakteru, kognitivním problémům, poškození imunitního systému či k retardaci ve vývoji (Kadan a Aral, 2021).

Maximální limit reziduí (MRL) AFM₁ v mléce a mléčných produktech byl Evropskou unií (Nařízení Komise (EU) 2023/915) stanoven na 0,050 µg/kg (v případě výživy pro kojence a malé děti na 0,025 µg/kg). Mírnější limit (0,5 µg/kg) je uplatňován např. v USA, Číně, Indii a z evropských zemí např. v Srbsku. Tento limit vychází z Codex Alimentarius. Pokud některé země samy nemají ustanoven maximální limit pro AFM₁ v mléce, potom se obvykle řídí jedním z těchto dvou limitů.

Cílem této práce bylo vyhodnocení výskytu AFM₁ v bazénových vzorcích syrového kravského mléka ve vybraných chovech pomocí semikvantitativní metody detekce.

MATERIÁL A METODIKA

Odběr vzorků

Bazénové vzorky kravského mléka (n = 67) byly odebrány jednorázově (listopad 2018) u náhodně vybraných chovů dojeného skotu v rámci České republiky. Vzorky mléka (50 ml/vzorek) byly odebrány pomocí automatického vzorkovacího zařízení mléčných cisteren v rámci pravidelných svozných linek. Vzorky byly v chladicích boxech (4 °C) transportovány do laboratoře, kde byly ihned analyzovány.

Stanovení AFM₁

Stanovení AFM₁ bylo provedeno pomocí rychlého semikvantitativního testu Aflasensor Milk (Unisensor, Seraing, Belgie) s mezí stanovitelnosti (LOQ) 30 ppt a rozsahem kvantifikace od 30 do 150 ppt. Aflasensor je kompetitivní test se specifickou protilátkou, která má vysokou afinitu k AFM₁. Testování proběhlo podle instrukcí výrobce, tzn., 200 µl vzorku bylo napipetováno do testovací jamky obsahující známé množství protilátky navázané na částice zlata. Následovala inkubace (3 min. při 40 °C), po které byl do jamky vložen testovací proužek (měrka, tvořená sadou membrán se specifickými záchytnými liniemi). Následovala druhá inkubace (7 min. při 40 °C) a odečtení výsledku dle intenzity barvy v porovnání s kontrolní linií. Současně byly použity pozitivní a negativní kontrolní standardy dodané výrobcem testu.

Výrobce testu jsou vzorky s AFM₁ hodnotami <0,050 µg/kg interpretovány jako negativní a nad ≥0,050 µg/kg jako pozitivní.

Pro účely této studie byly vzorky rozděleny dle AFM₁ koncentrací na: negativní – bez detekce AFM₁ resp. ≤0,030 µg/kg, pozitivní – přítomnost AFM₁ v rozmezí 0,031–0,049 µg/kg, a nadlimitní – s koncentrací AFM₁ vyšší než povolený limit pro mléko (≥0,050 µg/kg).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výskyt AFM₁ je ovlivněn řadou faktorů, zahrnujících jednak klimatické podmínky (teplota, vlhkost substrátu a vnějšího prostředí, pH, množství dešťových srážek), jednak podmínky určené zemědělskou praxí (druh používané plodiny/typ krmiva, včasná sklizeň, podmínky a doba skladování) (Köppen et al., 2010; Patyal et al., 2020; Chhaya et al., 2023). Výslednou hodnotu AFM₁ ovlivňují také analytické techniky využívané k detekci AFM₁, zejména jejich citlivost a přesnost (Boudra et al., 2007).

Z testovaných vzorků mlék (n = 67) obsahovalo 47 vzorků (70 %) detekovatelnou koncentraci AFM₁ (Tabulka 1). U 27 vzorků byla koncentrace AFM₁ vyšší než MRL, přičemž dva vzorky dokonce vykazovaly AFM₁ koncentraci vyšší než 0,100 µg/kg.

Tabulka 1: Výskyt aflatoxinu M₁ (AFM₁) ve vzorcích bazénového mléka v rámci České republiky v roce 2018.

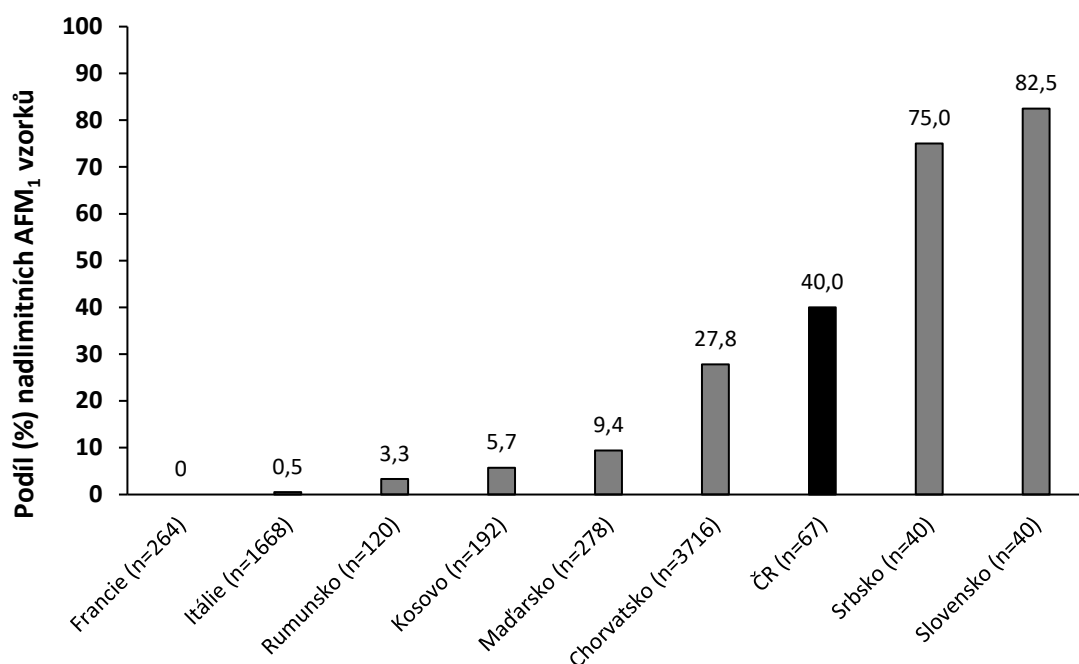
AFM ₁ skupina	Koncentrace AFM ₁ (µg/kg)	Četnost vzorků	
		n	%
Negativní	≤0,030	20	30
Pozitivní	0,031–0,049	20	30
Nadlimitní	≥0,050	27	40
Celkem		67	100

V České republice jsou cizorodé látky včetně AFM₁ v mléce pravidelně monitorovány Státní veterinární správou České republiky. Tato poskytuje přehled o výsledcích monitoringu v ročních hlášeních. V roce 2018 bylo analyzováno 36 vzorků syrového kravského mléka a žádný z nich neobsahoval detekovatelné množství AFM₁ (SVS, 2019).

Ve studii provedené v roce 2022 bylo vyšetřeno 172 vzorků bazénového mléka v rámci České republiky. Bylo zjištěno 13,4 % pozitivních vzorků a pouze dva (1,2 %) AFM₁ nadlimitní vzorky. Průměrná koncentrace AFM₁ byla 0,0037 µg/kg (Hasoňová et al., 2025).

Výskyt AFM₁ v evropských zemích je v porovnání se zeměmi afrického a asijského kontinentu (kde jsou dosahovány i velmi vysoké AFM₁ koncentrace a leckdy také 80–100 % pozitivita vzorků) nízký a tomu odpovídá i nastavená hodnota MRL. Např. ve Francii zaznamenali Boudra et al. (2007) 3,4 % pozitivních vzorků (n = 264), aniž by kterýkoliv z nich překročil MRL. V Itálii byla během let 2012–2014 detekována přítomnost AFM₁ u 2,2 % testovaných vzorků (n = 1668) a pouze 0,5 % z nich vykazovalo AFM₁ koncentraci nad MRL. Maximální zjištěná koncentrace AFM₁ činila 0,208 µg/kg (Bellio et al., 2016). Nízký výskyt nadlimitních vzorků byl zaznamenán také v Rumunsku, kdy pouze čtyři vzorky ze 120 testovaných překročily MRL, AFM₁ koncentrace těchto vzorků se pohybovaly v rozmezí 0,058–0,087 µg/kg (Tita et al., 2011).

V Maďarsku bylo v letech 2021–2022 testováno na přítomnost AFM₁ 278 vzorků, z nichž 68,7 % bylo pozitivních. Nadlimitní AFM₁ koncentraci vykazovalo 9,4 % testovaných vzorků (Buzás et al., 2024). 27,8 % nadlimitních vzorků (n = 3716) bylo zaznamenáno v roce 2013 v Chorvatsku, kde maximální AFM₁ koncentrace dosáhla 1,135 µg/kg (Bilandžić et al., 2014). Na Slovensku bylo testováno 40 vzorků syrového mléka, z nichž 36 bylo AFM₁ pozitivních. AFM₁ koncentrace u 17,5 % vzorků vyhovovala MRL a u 72,5 % přesáhla koncentraci 0,200 µg/kg (Hricikova et al., 2023). V Srbsku bylo v letech 2013–2014 zaznamenáno 56,3 % nadlimitních vzorků (n = 1438), z nichž 24,6 % obsahovalo AFM₁ koncentraci vyšší než limit podle Codex Alimentarius (0,5 µg/kg) (Tomašević et al., 2015). Podíl nadlimitních vzorků (%) v některých evropských zemích je znázorněn na Obrázku 1.



Obrázek 1: Podíl (%) aflatoxin M₁ (AFM₁) nadlimitních vzorků (>0,050 µg/kg) ve vybraných evropských zemích. Upraveno dle: Boudra et al., 2007; Tita et al. 2011; Bilandžić et al., 2014; Kos et al., 2014; Bellio et al., 2016; Camaj et al., 2018; Hriciková et al., 2023; Buzás et al., 2024; ČR – naše studie).

ZÁVĚR

Aflatoxin M₁ představuje vzhledem ke svým četným chronickým účinkům významné riziko pro zdraví lidí. Pomocí jednoduchého kompetitivního testu byla zjištěna detekovatelná koncentrace AFM₁ u 70 % testovaných vzorků syrového kravského mléka. Obsah AFM₁ byl u 40 % vzorků vyšší, než je maximální povolený limit, žádný ze vzorků však nepřekročil limit uváděný v Codex Alimentarius. Námi zjištěné výsledky potvrzují, že pravidelné hodnocení přítomnosti AFM₁ je zapotřebí s tím, že počty ročně hodnocených vzorků ze strany příslušných úřadů by mohly být i navýšeny. Významný faktor, který je třeba brát v úvahu, jsou klimatické podmínky za předchozí rok, neboť ty silně ovlivňují kvalitu krmiv předkládaných dojnícím, a tím i riziko výskytu AFM₁ v mléce.

PODĚKOVÁNÍ

Výzkum byl finančně podpořen Ministerstvem zemědělství České republiky (projekt QK21010326) a Grantovou agenturou Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (projekt GAJU 005/2022/Z).

LITERATURA

Battaccone, G., Nudda, A., Cannas, A., Borlino, A. C., Bomboi, G., Pulina, G. (2003): Excretion of aflatoxin M1 in milk of dairy ewes treated with different doses of aflatoxin B1. *Journal of Dairy Science*, 86(8): 2667–2675. Dostupné z: doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73862-4.

Bellio, A., Bianchi, D. M., Gramaglia, M., Loria, A., Nucera, D., Gallina, S., Gili, M., Decasteli, L. (2016): Aflatoxin M1 in cow's milk: Method validation for milk sampled in Northern Italy. *Toxins*, 8(3):57. Dostupné z: doi:10.3390/toxins8030057.

Bennet, J. W., Klich, M. (2003): Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews*, 16: 497-516. Dostupné z: doi:10.1128/CMR.16.3.497-516.2003.

Bilandžić, N., Božić, Đ., Đokić, M., Sedak, M., Kolanović, B. S., Varenina, I., Tanković, S., Cvetnić, Ž. (2014): Seasonal effect on aflatoxin M1 contamination in raw and UHT milk from Croatia. *Food Control*, 40: 260–264. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodcont.2013.12.002.

Boudra, H., Barnouin, J., Dragacci, S., Mordavi, D. P. (2007): Aflatoxin M1 and ochratoxin A in raw bulk milk from French dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 90(7): 3197–3201. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2006-565.

Buzás, H., Szabó-Sárvári, L. C., Szabó, K., Nagy-Kovács, K., Bukovics, S., Süle, J., Szafner, G., Hucker, A., Kocsiso, R., Kovács, A. J. (2023): Aflatoxin M1 detection in raw milk and drinking milk in Hungary by ELISA - A one-year survey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 121. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfca.2023.105368.

Camaj, A., Meyer, K., Berisha B., Arbnesi, T., Haziri, A. (2018): Aflatoxin M1 contamination of raw cow's milk in five regions of Kosovo during 2016. *Mycotoxin Research*, 34(3): 205–209. Dostupné z: doi:10.1007/s12550-018-0315-4.

Chhaya, R. S., Membré, J. M., Nag, R., Cummins, E. (2023): Farm-to-fork risk assessment of aflatoxin M1 in milk under climate change scenarios – A comparative study of France and Ireland. *Food Control*, 149: 109713. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodcont.2023.109713.

Eurostat (2025): Milk and milk product statistics [Online]. [cit. 2025/1/30]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Milk_and_milk_product_statistics.

Fink-Gremmels, J. (2008): Mycotoxins in cattle feeds and carry-over to dairy milk: A review. *Food Additives and Contaminants Part A-Chemistry Analysis Control Exposure and Risk Assessment*, 25(2): 172–180. Dostupné z: doi:10.1080/02652030701823142.

Hasoňová, L., Samková, E., Baldíková, E., Reindl, K., Nejeschlebová, H., Janoušek Honesová, S., Hanuš, O. (2025). Occurrence and seasonal variation of aflatoxin M₁ in raw cow milk in the Czech Republic, Central Europe. *Food Control*, 170: 111028. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodcont.2024.111028.

Hricíková, S., Kožárová, I., McGoldrick, D., McCaul, O. (2023): Detection of antibiotic residues and mycotoxins in milk using competitive immunochromatographic tests. *Folia Veterinaria*, 67(1): 35–44. Dostupné z: doi:10.2478/fv-2023-0004.

Kadan, G., Aral, N. (2021): Effects of mycotoxins on child development. *Current Molecular Pharmacology*, 14(5): 770–781. Dostupné z: doi:10.2174/1874467213999201214225531.

Kopáček, J. (2024). Současný stav světového, evropského a českého mlékárenství a jeho perspektiva. Den s mlékem na Mendelu. Brno, 7. 3. 2024.

Köppen, R., Koch, M., Siegel, D., Merkel, S., Maul, R., Nehls, I. (2010): Determination of mycotoxins in foods: Current state of analytical methods and limitations. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 86(6), 1595–1612. Dostupné z: doi:10.1007/s00253-010-2535-1.

Kos, J., Lević, J., Đuragić, O., Kokić, B., Miladinović, I. (2014): Occurrence and estimation of aflatoxin M₁ exposure in milk in Serbia. *Food Control*, 38: 41–46. Dostupné z: doi: 10.1016/j.foodcont.2013.09.060.

Patyal, A., Gill, J. P. S., Bedi, J. S., Aulakh, R. S. (2020): Occurrence of Aflatoxin M₁ in raw, pasteurized and UHT milk from Punjab, India. *Current Science*, 118(1): 79–86. Dostupné z: doi:10.18520/cs/v118/i1/79-86.

SVS (2019): Státní veterinární správa ČR: Kontaminace potravinového řetězce cizorodými látkami: Situace v roce 2018. Informační bulletin č. 1/2019 [cit. 2024/12/07]. Dostupné z: https://www.svscr.cz/wp-content/files/ib_01_2019_CZ.pdf.

Tita, P., Ketney, O., Tita, M. A., Tifrea, A. M. (2011): Assessment of aflatoxin M₁ in raw milk in the Maramures province of Romania. The General Association of the Engineers in Romania [Online], 1296 [cit. 2024/12/06]. Dostupné z: <https://www.agir.ro/buletine/1296.pdf>.

Tomašević, I., Petrović, J., Jovetić, M., Raičević, S., Milojević, M., Miočinović, J. (2015): Two year survey on the occurrence and seasonal variation of aflatoxin M₁ in milk and milk products in Serbia. *Food Control*, 56: 64–70. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodcont.2015.03.017.

Zentai, A., Józwiak, A., Süth, M., Farkas, Z. (2023): Carry-over of aflatoxin B₁ from feed to cow milk: A review. *Toxins*, 15(3). Dostupné z: doi:10.3390/toxins15030195.

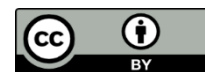
Kontaktní adresa: prof. Ing. Eva Samková, Ph.D., Katedra potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů, Fakulta zemědělská a technologická, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Studentská 1668, 370 05 České Budějovice, Česká republika, e-mail: samkova@fzt.jcu.cz

BUTTER - FROM FERMENTATION TO SENSORY PROPERTIES

Darija Bendelja Ljoljić¹ – Leonarda Valentina Mrkoci¹ – Ivan Vnučec¹ – Ivica Kos¹

¹Division of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zagreb, Svetošimunska 25,
10 000 Zagreb, Croatia

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0017>



ABSTRACT

Butter is traditionally most commonly made from cow's milk, while butter made from goat's and sheep's milk is common in Mediterranean countries, the Middle East and Africa. The type of milk has a significant influence on the physico-chemical, sensory and nutritional properties of butter, which have not yet been sufficiently researched for goat's and sheep's butter. Production processes, such as churning and ripening of the cream, are key to achieving the desired sensory properties of butter. Butter made from cow's milk has a milder flavour and a firmer texture due to the saturated fatty acids, while butter made from goat's and sheep's milk has a more intense flavour and a softer texture due to the short-chain fatty acids. The flavour of butter is the result of the interplay of production processes, the type of milk, fermentation and the feeding of the animals, while the colour depends on the presence of beta-carotene. The diversity of butter emphasises the importance of understanding the production factors and the potential to expand the market for goat and sheep butter, which could boost their production and consumption.

Keywords: cow's milk, goat's milk, sheep's milk, production process, colour, texture, aroma

INTRODUCTION

Butter, as one of the oldest forms of preserving milk fat, is a key element in food culture worldwide as it is a rich source of energy. According to the Codex alimentarius (2011), it contains at least 80% milk fat, but no more than 90%, and is obtained by churning sweet or sour cream. Butter is most commonly made from cow's milk, but the use of other milks such as goat's, sheep's and buffalo's milk, which have unique sensory and nutritional properties, is increasingly being explored. Although goat and sheep milk products are only common in some Mediterranean countries, the Middle East and Africa, their presence in the literature is still scarce (Deosarkar et al., 2016; Vioque-Amor et al., 2023). The different types of milk have a significant impact on the physico-chemical properties, texture, aroma profile and thus on the sensory characteristics of butter. Considering that sheep and goat milk are mainly used for the production of cheese and yoghurt, research into butter from these milks opens up new possibilities for diversity in nutrition. Differences in the chemical composition, such as the proportion of dry matter, protein, fat and fatty acids, are reflected in the end product. For example, butter made from cow's milk usually contains a higher proportion of saturated fatty acids, which makes it firmer, while butter made from goat's and sheep's milk, which contains more unsaturated fatty acids, has a softer texture (Lee et al., 2020; Lapčiková et al., 2022). In addition to the chemical composition,

the production process, including churning, ripening of the cream (fermentation) and the addition of salt, also plays an important role in shaping the sensory properties of butter (Lis et al., 2021).

The aim of this article is to provide a deeper insight into the complexity and diversity of this traditional dairy product depending on the type of milk and cream, and to raise awareness among producers and consumers of the potential of the lesser-known but nutritionally valuable butter variants made from different types of milk on the market.

THE RIPENING OF CREAM - AN IMPORTANT STEP IN THE PRODUCTION OF BUTTER

For the production of butter, you can use sweet cream, obtained by skimming the milk without fermentation, or sour fermented cream, obtained by the action of butter dairy culture (Mallia, 2008), and so their sensory properties (appearance, odour, texture, flavour and aroma) differ. The ripening of the cream (physical and/or biochemical) plays an important role in determining the quality of the butter, whether in terms of flavour or consistency. In the production of butter, the physical ripening of cream is a mandatory technological process that is carried out to improve the physical properties of the butter. During the physical ripening of the cream, the milk fat undergoes a crystallisation process. If this process is omitted, this can lead to undesirable properties of the butter, for example the fat can separate from the butter. Such butter can be either too hard or too soft, which can lead to increased fat loss in the buttermilk and directly affect the water content of the final product (Deosarkar et al., 2016). Although biochemical ripening of cream, unlike physical ripening, is not mandatory, it ensures the formation of aroma compounds that are crucial for the development of the desired butter flavour (Fearon, 2011). Biochemical ripening of cream is the result of the action of mesophilic butter cultures consisting of *Lactococcus* and *Leuconostoc* strains of lactic acid bacteria, which, in addition to lactic acid, also form aromatic components in the cream (mainly diacetyl and acetoin), which are responsible for the formation of the desired sensory properties of butter.

SENSORY PROPERTIES OF BUTTER

The sensory properties of butter include a number of aspects such as appearance, colour, flavour, aroma, quality during storage and physical properties such as hardness and spreadability.

Appearance and color

Visual characteristics such as colour, size, shape and texture play an important role in consumers' purchasing decisions. In the case of butter, studies have shown that colour and appearance are particularly important for consumer acceptance (Vioque-Amor et al., 2023). Butter should be matt, without shine or greasy sheen, which indicates its freshness and quality (Kashaninejad et al., 2016). The colour of butter is a characteristic that is highly dependent on the type of milk used, but within the same type, the colour can also be influenced by the feeding of the dairy animal. The colour of butter can vary from pale yellow to intense yellow, and this aspect depends largely on the carotenoid content of the milk. Carotenoids are natural pigments found in the food consumed by animals and their content in milk has a direct effect on the final colour of the butter. For example, pigments from the carotenoid group, especially the precursor of vitamin A, beta-carotene, are responsible for

the yellow colour of cow's milk butter (Vioque-Amor et al., 2023). In contrast, sheep's and goat's milk and dairy products made from these types of milk are extremely white in colour due to the insufficient amount of carotenoids (Lee, 2020; Silva et al., 2023). Among other things, the size of the fat globules of the cream used for the production of butter has an influence on the colour of the butter (Vioque-Amor et al., 2023). As sheep's and goat's milk contain a larger number of fat globules with a smaller diameter than cow's milk, their colour is whiter. The colour of butter is also influenced by manipulations during production. Intensive processing, i.e. mechanical manipulation, leads to the formation of smaller water droplets, which determine the pale colour of the butter (Kashaninejad et al., 2016).

Flavour and aroma

The aroma of butter depends largely on the type of cream used for its production and its composition is directly related to the type of milk and the production process (Mallia et al., 2008). To date, more than 200 volatile compounds have been identified in butter, but only a small number of them are considered to be carriers of aroma (Mallia et al., 2008). Butter obtained by processing sweet cream contains mainly aromatic components from the group of lactones (fruity and creamy notes) and sulphur compounds. Butter obtained from fermented cream, on the other hand, is rich in compounds such as diacetyl, butyric acid and δ -decalactone, which are produced during fermentation by the action of lactic acid bacteria and lead to more intense, acidic flavours (Mallia et al., 2008). In addition to fermentation, the flavour of butter is also influenced by the animals' diet, the type of milk, the lactation period, the production process and the storage conditions (Mallia et al., 2008). During the production process, fatty acids released by the hydrolysis of triacylglycerides, especially short-chain fatty acids, play a key role in the formation of butter aroma. Cow's milk contains a higher proportion of medium- and long-chain saturated fatty acids, which give it a sweet and mild flavour, while sheep's and goat's milk contain more short-chain fatty acids such as caproic, capric and caprylic acids, which give the butter a more aromatic and piquant "goat flavour" (Lee, 2020).

Undesirable flavours can also develop in butter due to various factors, including lipolysis, fat oxidation, microbial activity and exposure to light (Mallia et al., 2008; Ceylan and Ozcan, 2020). Processing and storage conditions play an important role in the different flavour profiles of butter. Generally, butter made from pasteurised milk develops less flavour than butter made from raw milk due to the inactivation of enzymes and the loss of natural microbial flora found in raw milk. Consequently, pasteurisation can help to reduce off-flavours in butter products caused by lipolysis (Grappin and Beuvier, 1997). The oxidation of unsaturated fatty acids can produce hydroperoxides which, when interacting with other molecules, can cause a metallic or cardboardy flavour. Lipolysis, which takes place under the influence of lipoprotein lipases, can lead to the formation of free fatty acids, which can cause a bitter or soapy flavour depending on the source of the lipase. Exposure to light can cause photo-oxidation, resulting in a metallic or burnt flavour, while the photodegradation of methionine with the formation of methional leads to the formation of a mushroom flavour.

Texture

The texture of butter includes properties such as softness, plasticity and consistency, with firmness and spreadability being critical for both producers and consumers (Lis et al., 2021). These textural properties are influenced by factors such as the concentration, size, shape and distribution of fat crystals, fat globules, air bubbles and aqueous droplets (Buldo et al., 2013). As one of the most complex edible fats, butter contains over 400 fatty acids whose composition directly affects crystallisation and the resulting physical properties, including melting and solidification temperatures, which determine firmness and spreadability (Wright et al., 2001; Tang et al., 2007). The ideal texture of butter is smooth, slightly firm and plastic and resists cutting. This texture is determined by the size of the fat globules, the milk fat content and the fatty acid composition, which vary depending on the dairy animal and feed (Vioque-Amor et al., 2023). For example, cow's milk is richer in medium- and long-chain saturated fatty acids (palmitic acid, lauric acid, myristic acid), which makes it firmer (Pădureț, 2021; Staniweski et al., 2021; Lapčiková et al., 2022), while goat's and sheep's milk butter has a softer texture due to the presence of more unsaturated (oleic acid) and short-chain fatty acids (capric, caproic and caprylic acid) (Lee, 2020). Hardness and spreadability are closely linked and are influenced by the fat content, the ratio of solid to liquid fat, the fat source and the temperature (Glibowski et al., 2008). In addition, the intensity of cooling during ripening affects fat crystallisation, with slower cooling leading to larger crystals and faster cooling leading to smaller crystals.

Pasteurisation of milk reduces spreadability compared to butter made from raw milk (Sert and Mercan, 2020). Temperature and duration of heat treatment influence the spreadability in such a way that the hardness decreases with increasing temperature and time (Rønholt, 2012). A higher proportion of solid fats reduces the lubricity, and the fat composition, especially the proportion of unsaturated fatty acids, correlates positively with the lubricity (Ceylan and Ozcan, 2020).

CONCLUSIONS

Different types of cream, whether sweet or sour, bring specific aromas and texture to the butter, and the choice of ripening process depends on the composition of the milk, which changes depending on various factors such as the season and the feeding of the milking animals. Cream ripening is a key process in the production of butter and is responsible for the formation of its sensory properties, including flavour, aroma, texture and colour. These characteristics are directly related to the type of milk and cream used and the technological processes, while controlled storage conditions can significantly extend the durability and preserve the quality of the product. The colour of the butter varies depending on the amount of carotenoids in the milk, so cow's milk butter has a more intense yellow colour, while sheep's or goat's milk butter can be almost white. The flavour and aroma of butter significantly depend on the type of cream; in sweet cream butter, fruity aromas are formed, while the use of sour cream results in stronger, more acidic aromas. Therefore, a careful approach in the entire process of butter production is of essential importance for achieving the desired characteristics, preserving the quality of the product and satisfying the end users. This complexity in the production of butter

makes it not only a food product, but also the subject of scientific research, innovation and improvement in food technology.

REFERENCES

- Buldo, P., Kirkensgaard, J. J. K., Wiking, L. (2013): Crystallization Mechanisms in Cream during Ripening and Initial Butter Churning. *Journal of Dairy Science*, 96(11), 6782–6791. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6066>
- Ceylan, O., Ozcan, T. (2020): Effect of the cream cooling temperature and acidification method on the crystallization and textural properties of butter. *LWT - Food Science and Technology*, 132, 109806. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109806>
- Codex Alimentarius (2011): Codex Standard for Butter, Codex Standard 279-1971, Milk and Milk Products. World Health Organization and Food and Agriculture. United Nations Organization, Rome, 36–37.
- Deosarkar, S. S., Khedkar, C. D., Kalyankar, S. D. (2016): Butter: manufacture. In: *Encyclopedia of Food and Health* (Ed. Cabaallero B., Finglas P.M., Toldra F.). Elsevier, Oxford, United Kingdom, 529–534.
- Fearon, A. M. (2011): Butter and Butter Products. In: *Dairy Ingredients for Food Processing* (ed. Fearon, R. C., Kilara, A.). Blackwell Publishing Ltd., 199–225.
- Glibowski, P., Zarzycki, P., Krzepkowska, M. (2008): The Rheological and Instrumental Textural Properties of Selected Table Fats. *International Journal of Food Properties*, 11(3), 678–686. <https://doi.org/10.1080/10942910701622599>
- Grappin, R., Beuvier, E. (1997): Possible Implications of Milk Pasteurization on the Manufacture and Sensory Quality of Ripened Cheese. *International Dairy Journal*, 7, 751–761. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(98\)00006-5](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(98)00006-5)
- Kashaninejad, M., Razavi, S. M. A., Mazaheri Tehrani, M., Kashaninejad, M. (2016): Effect of extrusion conditions and storage temperature on texture, colour and acidity of butter. *International Journal of Dairy Technology*, 70(1), 102–109. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12273>
- Lapčíková, B., Lapčík, L., Valenta, T., Kučerová, T. (2022): Functional and Quality Profile Evaluation of Butters, Spreadable Fats, and Shortenings Available from Czech Market. *Foods*, 11, 3437. <https://doi.org/10.3390/foods11213437>
- Lee, J. H. (2020): Changes in flavor compounds and quality parameters of goat cream butter during extended refrigerated storage. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 306–318. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1720716>
- Lis, A., Staniewski, B., Ziajka, J. (2021): A comparison of butter texture measurements with the AP 4/2 penetrometer and TA.XT. Plus texture analyzer. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 1744–1757. <https://doi.org/10.1080/10942912.2021.1999262>

- Mallia, S., Escher, F., Schlichtherle-Cerny, H. (2008): Aroma-active compounds of butter: a review. *European Food Research and Technology*, 226, 315–325. <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0555-y>
- Pădureț, S. (2021): The Effect of Fat Content and Fatty Acids Composition on Color and Textural Properties of Butter. *Molecules*, 26, 4565. <https://doi.org/10.3390/molecules26154565>
- Rønholt, S., Kirkensgaard, J. J. K., Pedersen, T. B., Mortensen, K., Knudsen, J. C. (2012): Polymorphism, microstructure and rheology of butter. Effects of cream heat treatment. *Food Chemistry*. 135, 1730–1739. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.087>
- Sert, D., Mercan, E. (2020): Characterisation of physicochemical, microbiological, thermal, oxidation properties and fatty acid composition of butter produced from thermosonicated cream. *International Dairy Journal*, 104777. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104777>
- Silva, T., Pires, A., Gomes, D., Viegas, J., Pereira-Dias, S., Pintado, M. Henriques, M. E., Pereira, C. D. (2023): Sheep's Butter and Correspondent Buttermilk Produced with Sweet Cream and Cream Fermented by Aromatic Starter, Kefir and Probiotic Culture. *Foods*, 12, 331. <https://doi.org/10.3390/foods12020331>
- Staniewski, B., Ogrodowska, D., Staniewska, K., Kowalik, J. (2021): The effect of triacylglycerol and fatty acid composition on the rheological properties of butter. *International Dairy Journal*, 114, 104913. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104913>
- Tang, D., Marangoni, A. G. (2007): Modeling the Rheological Properties and Structure of Colloidal Fat Crystal Networks. *Trends in Food Science & Technology*, 18(9), 474–483. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.04.015>
- Vioque-Amor, M., Gómez-Díaz, R., del Río-Celestino, M., Avilés-Ramírez, C. (2023): Butter from Different Species: Composition and Quality Parameters of Products Commercialized in the South of Spain. *Animals*, 13, 3559. <https://doi.org/10.3390/ani13223559>
- Wright, A. J., Scanlon, M. G., Hartel, R. W., Marangoni, A. G. (2001): Rheological Properties of Milk Fat and Butter. *Journal of Food Science*, 66(8), 1056–1071. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb16082.x>

Contact Information: Asst. Prof. Darija Bendelja Ljoljić, PhD, University of Zagreb Faculty of Agriculture, Division of Animal Science, Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb, Croatia, e-mail: dbendelja@agr.hr

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0023>



ABSTRAKT

Úkolem Evropského úřadu pro bezpečnost potravin je poskytovat orgánům EU nezávislá vědecká stanoviska, vědeckou a technickou podporu pro legislativní a politickou činnost v oblastech, které mají přímý nebo nepřímý vliv na bezpečnost potravin a krmiv. Tato činnost má přispívat ke zvyšování důvěry spotřebitelů, hladkému fungování vnitřního trhu a vysoké úrovni ochrany zdraví lidí, zdraví a pohody zvířat, zdraví rostlin a ochrany životního prostředí.

Klíčová slova: EFSA, vědecká spolupráce, koordinovaná komunikace, Focal Point

ABSTRACT

The role of the European Food Safety Authority is to provide the EU institutions with independent scientific advice and scientific and technical support for legislative and policy work in areas that have a direct or indirect impact on food and feed safety. This activity should contribute to increasing consumer confidence, the smooth functioning of the internal market and a high level of protection of human health, animal health and welfare, plant health and environmental protection.

Keywords: EFSA, scientific cooperation, coordinated communication, Focal Point

ÚVOD

Evropský úřad pro bezpečnost potravin (European Food Safety Authority - EFSA) je úřadem EU, který provádí hodnocení rizik v oblasti potravinového řetězce, podporuje a koordinuje vývoj jednotných metodik hodnocení rizika, vyhledává, sbírá a analyzuje vědecká data a provádí činnosti vedoucí k identifikaci a charakterizaci nově vzniklých rizik. Je také zodpovědný za komunikaci o riziku. V těchto oblastech je úkolem EFSA, v úzké spolupráci s národními autoritami a dalšími zúčastněnými organizacemi a tělesy, poskytovat objektivní a nezávislé vědecky podložené poradenství a jasná sdělení založená na nejaktuálnějších vědeckých poznatcích a informacích o existujících a nově se objevujících rizicích.

Evropský úřad pro bezpečnost potravin byl nařízením Evropského parlamentu a Rady č. 178/2002 založen v roce 2002. Od roku 2005 je jeho stálým sídlem italská Parma. Úřad přispívá ke zvyšování důvěry spotřebitelů, hladkému fungování vnitřního trhu a k vysoké úrovni ochrany lidského zdraví, zdraví a pohody zvířat, zdraví rostlin a ochrany životního prostředí. EFSA provádí hodnocení již existujících i nových rizik v celém potravinovém řetězci. Výstupy EFSA jsou podkladem pro tvůrce evropských předpisů, pravidel a strategií, a tak pomáhají chránit spotřebitele před riziky v potravinovém řetězci.

Pro zajištění komunikace mezi EFSA a členským státem byl v každé zemi vytvořen tzv. „Focal Point“ - v češtině používáme označení Koordinační místo pro vědeckou a technickou spolupráci s EFSA (dále jen „Koordinační místo“). Jejich úkolem je zajistit a zjednodušit komunikaci mezi EFSA a úřady, organizacemi a jednotlivci na národní úrovni. Činnost Koordinačního místa zajišťuje Odbor bezpečnosti potravin MZe (efsa.focalpoint@mze.gov.cz).

GRANTY A VÝBĚROVÁ ŘÍZENÍ EFSA V ROCE 2025

V polovině prosince minulého roku představil plán vědecké spolupráce EFSA na rok 2025 (<https://www.efsa.europa.eu/cs/calls/art36grants>). Ten obsahuje přehled výzev k předkládání nabídek (= veřejné zakázky) a výzev k předkládání návrhů (= granty), které EFSA hodlá vyhlásit v roce 2025, včetně orientačního názvu, rozpočtu a časového plánu vyhlášení výzev. Jakkoliv jsou tyto informace orientační a nezávazné (neznamenají, že EFSA danou výzvu skutečně vyhlásí), představuje plán důležitý materiál, který všem zainteresovaným subjektům umožňuje s dostatečným předstihem uvažovat o zapojení do plánovaných výzev, vč. přípravy plánu alokace zdrojů a hledání partnerů do konsorcií. Jakmile je výzva skutečně vyhlášena, je neprodleně zveřejněna jak na internetových stránkách EFSA, tak na portálu EU pro financování a výběrová řízení (EU Funding & Tenders Portal). EFSA k tomu připravil komunikační podporu. Již v prosinci 2024 proběhl webinář, jehož účelem bylo všechny potenciální uchazeče seznámit s tím, jakým způsobem se hlásit k výzvám EFSA (záznam je dostupný zde: <https://www.efsa.europa.eu/en/events/online-event-funding-opportunities-efsa-202526-workplan>).

OBLAST KOORDINOVANÉ KOMUNIKACE

Nařízení o transparentnosti (2019/1381), kterým bylo doplněno nařízení (ES) č. 178/2002 o obecném potravinovém právu, zdůrazňuje význam koordinované komunikace na úrovni EU a členských států pro udržení a posílení důvěry veřejnosti v náš systém bezpečnosti potravin. Uvádí, že tento nový přístup by měly společně vypracovat orgány EU a členských států zabývající se bezpečností potravin a souvisejícími potravinami. Dodatečné povinnosti, které nařízení o transparentnosti svěřuje Evropské komisi, úřadu EFSA a členským státům, poskytují jasný mandát k přetvoření myšlení a praxe v oblasti komunikace o rizicích v oblasti bezpečnosti potravin v Evropě. V této souvislosti se EFSA zavázal v období let 2024-2027 alokovat zdroje na budování a posilování koordinovaných komunikačních mechanismů v partnerství s jednotlivými členskými státy.

Zásadní iniciativou v rámci koordinované komunikace se týká ustavení role koordinátora komunikace členských států (MSCC). Jejím předmětem je spustit pilotní program s cílem prozkoumat klíčové aspekty pro specializovanou funkci, která by pomohla usnadnit a realizovat koordinovanou komunikaci mezi příslušnými aktéry v systému bezpečnosti potravin EU. K projektu se v roce 2024 připojila většina zemí EU, vč. ČR. Každý členský stát vytváří a předkládá EFSA ke schválení, resp. ke splnění, konkrétní plán cílů a úkolů, který tvoří hlavní náplň činnosti koordinátora komunikace v předmětném období, které činí 12 měsíců od uzavření dohody s EFSA (realizace tedy není vázaná na kalendářní rok), v tomto případě do konce března 2025.

ČR si pro rok 2024 stanovila tři základní okruhy aktivit. První je situační průzkum a analýza. Ta probíhá formou zmapování relevantních aktérů a informačních zdrojů v oblasti komunikace o rizicích. Dále mapováním znalostí široké veřejnosti v ČR v oblasti bezpečnosti potravin formou průzkumu navazujícího na průzkum Ministerstva zemědělství z roku 2012 a EUROBAROMETRU z roku 2022. a nakonec také mapováním zájmu a potřeb odborné veřejnosti. Druhý okruh aktivit směřuje k budování národních sítí. Jeho předmětem je zmapování a identifikace možné národní sítě příslušných ministerstev a státních úřadů souvisejících s bezpečností potravin (jak hodnotitelé rizik, tak manažeři rizik) s ohledem na koordinovanou komunikaci a výstupy. Výstupem z výše uvedených aktivit bude základní koncept komunikačního plánu/strategie, popisující rozsah, obsah a dosah komunikace s ohledem na odbornou i laickou veřejnost. První fáze (rok) řešení projektu skončí v březnu 2025. Ministerstvo zemědělství předpokládá zapojení během celého podporovaného období, tzn. až do roku 2027.

KOMUNIKAČNÍ KAMPAŇ SAFE2EAT

V loňském roce se ČR již podruhé zapojila do kampaně #EUChooseSafeFood, která byla v roce 2024 přejmenována na Safe2Eat. Celkově se v EU tato kampaň konala vloni již počtvrté a tentokrát se do ní zapojilo 14 zemí. Cílem kampaně bylo připomínat, že při výběru potravin je důležité myslet i na to, zda suroviny, ze kterých jídlo připravujeme, jsou čerstvé a neobsahují nežádoucí látky. Každý stát si mohl zvolit své komunikační priority. V ČR se kampaň zaměřila především na problematiku plýtvání potravinami a správnou manipulaci. Kampaň byla zaměřena především na občany evropských zemí ve věku od 25 do 45 let, přičemž důraz byl kladen především na mladé rodiče a na osoby se zájmem o bezpečnost potravin a vědu. Dále zdůraznila úlohu evropských vědců, kteří společně usilují o ochranu spotřebitelů před riziky spojenými s potravinami. ČR se do kampaně zapojí také v roce 2025.

ZÁVĚR

Rok 2025 bude z pohledu spolupráce s EFSA plný výzev, nepochybně ale také příležitostí. Silící zájem o spolupráci s EFSA ze strany výzkumných i akademických pracovišť a jednotlivých odborníků vnímá Ministerstvo zemědělství velmi pozitivně a je připraveno zájemce o spolupráci maximálně podporovat.

LITERATURA

Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (EU) 2019/1381 ze dne 20. června 2019, o transparentnosti a udržitelnosti hodnocení rizika ze strany EU v potravinovém řetězci, kterým se mění nařízení (ES) č. 178/2002, (ES) č. 1829/2003, (ES) č. 1831/2003, (ES) č. 2065/2003, (ES) č. 1935/2004, (ES) č. 1331/2008, (ES) č. 1107/2009, (EU) 2015/2283 a směrnice 2001/18/ES

2025 EFSA Scientific Cooperation Plan [online]. Dostupné z: <https://www.efsa.europa.eu/cs/calls/art36grants>

Kontaktní adresa: Ing. Petr Beneš, Odbor bezpečnosti potravin, Ministerstvo zemědělství, Těšnov 65/17, 117 05 Praha 1, e-mail: petr.benes@mze.cz

VALORIZATION OF ANIMAL BY-PRODUCTS OF THE AFRICAN CATFISH (*Clarias gariepinus*) TO GELATIN PREPARATION

Orsolya Bystricky-Berezvai¹– Lukáš Harabiš² – Tereza Novotná³
Jana Pavlačková⁴ – Robert Gál³ – Pavel Mokrejš¹

¹Ústav inženýrství polymerů, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,
Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín

²Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství, Agronomická fakulta,
MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

³ Ústav technologie potravin, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,
Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín

⁴Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati
ve Zlíně, Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0026>



ABSTRACT

This study investigates using African catfish (*Clarias gariepinus*) by-products for gelatin extraction, promoting sustainability. Gelatin yield (32.0–43.1 %) exceeded literature values, but gel strength (79.4–99.0 Bloom), viscosity, and clarity were lower, potentially limiting applications. The melting point (23.1–23.2°C) aligns with typical fish gelatin. While promising, further optimization is needed to enhance functional properties.

Keywords: African catfish, animal by-products, gelatin extraction, gelatin yield, gelatin characterization

INTRODUCTION

Gelatin, a versatile biopolymer, is widely used in food, pharmaceuticals, cosmetics, and photography due to its unique functional properties (See et al., 2013). It is derived from the partial hydrolysis of collagen, primarily from bovine and porcine sources. However, health concerns and religious restrictions (Halal, Kosher) have increased interest in fish gelatin as a sustainable alternative. The African catfish (*Clarias gariepinus*) is a promising source, with its skin and bones rich in collagen (Alfaro et al., 2014; Sanaei et al., 2012).

African catfish are valued for their rapid growth, resilience, and high-quality meat (Gebremichael et al., 2023). Global production has surged from 6,000 to 248,000 tons, with Nigeria leading globally and Hungary and the Netherlands in Europe (FAO, 2025). Over 60% of the raw material—heads, skeletons, fins, skin, and viscera—remains unused for direct food consumption but holds potential for fish oil and gelatin extraction (Adejumo et al., 2022).

This study outlines a method for processing *Clarias gariepinus* by-products into gelatin, assessing efficiency and characterizing the final product, contributing to sustainability and the circular economy.

MATERIAL AND METHODS

Samples of African catfish by-products, mainly fish skeletons, were obtained in collaboration with Tilapia s.r.o., Radenín-Hroby. The raw material was analyzed for moisture, ash, protein, and lipid content. Moisture and ash content were measured gravimetrically (EN ISO 8534), with the ash content determined after incinerating the sample (ISO 6884), lipid content was determined using Soxhlet extraction (ISO 1443), and nitrogen was assessed by the Kjeldahl method (ISO 5983-1).

Raw material processing

African catfish bones were minced using a Braher P22/82 meat cutter (13 mm plate, double-sided knife; Braher, Spain), vacuum-sealed, and frozen (-85 ± 1 °C for 12 hours, then stored at -18 ± 1 °C). To obtain pure collagen, the thawed material was rinsed, treated with 0.2 M NaCl (1:6, 1.5 hours), and processed in 0.03 M NaOH (45-minute cycles, repeated three times) with cold water rinses. Finally, it was spread thin and dried at 35 ± 1 °C for 24–36 hours.

Defatting process

The raw material was defatted using a 1:6 hexane mixture, shaken for 1.5–2 days with two solvent changes, and then air-dried. The defatted collagen was milled to about 3 mm and stored in a sealed container in the dark.

Demineralization process

Demineralization, done due to the high-mineral raw material, uses 1.0 % HCl (1:10) at 10 ± 1 °C for 48 hours with mixing and an acid change after 24 hours, followed by rinsing and then dried thin at 35 ± 1 °C for 24–36 hours and milled to around 2 mm pieces. Its dry matter content is determined for subsequent enzymatic processing.

Gelatin extraction

Gelatin extraction followed optimized conditions, varying three factors: first and second extraction temperatures and second extraction duration. Four experiments were conducted: 1. experiment: 35 °C, 50 °C, 15 minutes; 2. experiment: 35 °C, 60 °C, 15 minutes; 3. experiment: 45 °C, 50 °C, 15 minutes; and 4. experiment: 45 °C, 60 °C, 35 minutes. The defatted, demineralized material was minced and treated with 0.1 % Protamex® (pH 6.5–7, 10 ± 1 °C) for 3 hours. Sequential extractions occurred first at $35\text{--}45 \pm 1$ °C (20 minutes), then at $50\text{--}60 \pm 1$ °C (15–35 minutes), followed by at 70 ± 1 °C (20 minutes), and finally at 90 ± 1 °C (30 minutes). After extractions, the gelatin solutions were filtered and centrifuged to separate the gelatin, fat, and residual pigment. The first and second extraction followed a quick heat to 85 ± 1 °C for 4 minutes. The gelatin fractions were dried in a stepwise manner, first at 40 ± 1 °C overnight, then at 65 ± 1 °C for 8 hours, ground to 1 mm.

Characterization methods

Gelatin properties were analyzed, including gel strength at 6.67 % concentration using a 0.5” cylinder probe (4 mm depression) with a Stevens LFRA Texture Analyser (GMIA, 2019), dynamic viscosity at 60 ± 0.5 °C based on flow time (GMIA, 2019), and yield as the percentage of gelatin weight relative to the demineralized dried raw material. The melting point was determined with 6.67% chilled gelatine samples drawn into glass capillaries (2–4 mm diameter, 5–10 mm height) and heated while the rising gelatine column indicated melting. The gelling point was determined as the temperature at which a solidified gelatine solution retained a defined weight ball on its surface without sinking. Clarity was measured via transmittance using a SPEKOL spectrophotometer (Thermo Spectronic, USA) on a 6.67 % gelatin solution at 45–50 °C and 640 nm (GMIA, 2019).

RESULTS AND DISCUSSION

Composition of the raw material

The chemical composition of *Clarias gariepinus* in this study was: moisture 65.8 ± 1.5 %, protein 15.4 ± 1.2 %, lipid 10.0 ± 1.1 %, and ash 5.2 ± 1.7 %. Compared to the literature on values for farmed and wild African catfish fillets, where the moisture content was 71.3–77.2 %, protein content 19.03–19.33%, lipid content 8.1–11.02 %, and ash content 1.05–1.7 %, it can be said that our raw material has lower moisture and protein content, while the lipid content is roughly the same (Abdel-Modby et al., 2021). However, the ash content is significantly higher, likely due to higher bone content in our raw material.

Characterization of the gelatin

The gelatin yield ranged from 31.9 to 40.4 %, higher than literature values (11.4–21.8 %). However, gel strength was weaker (79.4–99.0 Bloom) than the reported 142–266 Bloom, with only two fractions forming gels at 6.67% concentration; see Table 1. Dynamic viscosity (0.78–1.71 mPa.s) was also lower than in the literature (1.72–4.64 mPa.s), indicating reduced gel stability. Clarity was much lower (0.9–12.9 %) due to the presence of remaining fish pigments. The melting point (23.1–23.2 °C) was consistent with the literature (25.7 °C for catfish skin gelatin and between 11 and 28 °C for fish gelatins) (Alfaro et al., 2014; Sanaei et al., 2013; See et al., 2013). Despite high yield, the lower gel strength, viscosity, and clarity may limit its applications.

Table 1: The characterization results of the first two gelatin fractions

Experiments	Yield [%]						Gel strength [Bloom]		Melting point [°C]		Dynamic viscosity [mPa.s]		Gelling point [°C]		Clarity [%]	
	1. fraction	2. fraction	3. fraction	4. fraction	Hydrolyzate	Σ yield of all fractions	1. fraction	2. fraction	1. fraction	2. fraction	1. fraction	2. fraction	1. fraction	2. fraction	1. fraction	2. fraction
1.	10.7 $\pm$	18.3 $\pm$	8.5 $\pm$	2.8 $\pm$	8.9 $\pm$	40.4 $\pm$	–	–	–	–	0.80 $\pm$	0.96 $\pm$	–	–	5.1 $\pm$	10.8 $\pm$
	1.4	1.0	1.1	0.9	1.2	1.1	–	–	–	–	0.05	0.04	–	–	0.9	1.3
2.	8.8 $\pm$	21.0 $\pm$	4.9 $\pm$	3.1 $\pm$	9.8 $\pm$	37.9 $\pm$	–	–	–	–	0.78 $\pm$	0.95 $\pm$	–	–	2.5 $\pm$	8.0 $\pm$
	0.7	1.3	0.8	0.3	2.2	0.8	–	–	–	–	0.04	0.02	–	–	0.7	1.4
3.	20.1 $\pm$	13.0 $\pm$	1.6 $\pm$	3.1 $\pm$	10.1 $\pm$	37.7 $\pm$	–	99.0 $\pm$	–	23.2 $\pm$	1.07 $\pm$	1.71 $\pm$	–	12.2 $\pm$	12.4 $\pm$	2.0 $\pm$
	1.2	1.2	0.8	0.6	1.4	1.0	–	2.6	–	2.3	0.02	0.05	–	0.1	1.2	1.1
4.	18.9 $\pm$	5.2 $\pm$	3.5 $\pm$	4.4 $\pm$	13.3 $\pm$	31.9 $\pm$	–	79.4 $\pm$	–	23.1 $\pm$	1.14	1.68	–	12.9 $\pm$	6.2 $\pm$	0.9 $\pm$
	1.7	1.0	0.9	1.1	0.9	1.2	–	3.1	–	2.2	$\pm$ 0.06	$\pm$ 0.01	–	0.2	1.0	0.7

CONCLUSIONS

This study demonstrated that African catfish (*Clarias gariepinus*) by-products, particularly bones, can be a valuable raw material for gelatin production, aligning with sustainability goals. The gelatin yield was significantly higher than previously reported; however, the gel strength, viscosity, and clarity were lower than commercially available gelatins, which may limit its industrial applications. Future research should focus on refining the extraction process to enhance these properties.

ACKNOWLEDGMENTS

The Internal Grant Agency of the Faculty of Technology of Tomas Bata University financially supported this study in the IGA/FT/2025/006 project.

REFERENCES

- Abdel-Mobdy, H. E., Abdel-Aal, H. A., Souzan, S. L., Nassar, A. G. (2021): Nutritional value of African catfish (*Clarias gariepinus*) meat. *Asian Journal of Applied Chemistry Research*, 8(2), 31–39., doi:10.9734/AJACR/2021/v8i230190
- Adejumo, A. L., Azeezb, L., Ajayi, E. I., Atere, T. G., Aderibigbe, F. A., Adetoro, R. O. (2022): Characterisation, Amino Acid Composition and Denaturation status of Acid Soluble Collagen from Catfish (*Clarias gariepinus*) Skin. *West Indian Journal of Engineering*, 44(2)., doi:10.47412/OYMI4758
- Alfaro, A. T., Biluca, F. C., Marquetti, C., Tonial, I. B., Souza, N. E. (2014): *African catfish (Clarias gariepinus) skin gelatin: Extraction optimization and physical-chemical properties. Food Research International*, 65, 416–422. doi:10.1016/j.foodres.2014.05.070
- EN ISO 8534:2017: *Animal and vegetable fats and oils - Determination of water content - Karl Fischer method (pyridine free)*. Brusel 2017.
- FAO (2025): *Clarias gariepinus* Burchell, 1822. In: Fisheries and Aquaculture. [Cited: 03.02.2025]. <<https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/2982/en>>
- Gebremichael, A., Szabó, A., Sándor, Z. J., Nagy, Z., Ali, O., Kucska, B. (2023): Chemical and Physical Properties of African Catfish (*Clarias gariepinus*) Fillet Following Prolonged Feeding with Insect Meal-Based Diets. *Aquaculture Nutrition*, 2023(1), 6080387., doi:10.1155/2023/6080387
- Gelatin Handbook. Gelatin Manufacturers Institute of America accessible from http://nitta-gelatin.com/wp-content/uploads/2018/02/GMIA_Gelatin-Handbook.pdf [Cited: 06.02.2025.]
- ISO 1443:1973: Meat and meat products — Determination of total lipid content
- ISO 5983-1:2005: Animal feeding stuffs – Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content – Part 1: Kjeldahl method.
- ISO 6884:2008: Animal and vegetable fats and oils – Determination of ash. Brusel 2008

Sanaei, A.V., Mahmoodani, F., See, S.F., Yusop, S.M., Babji, A.S. (2013): Optimization of gelatin extraction and physico-chemical properties of catfish (*Clarias gariepinus*) bone gelatin. *International Food Research Journal*, 20(1), 423–430.

See, S. F., Ghassem, M., Mamot, S., Babji, A. S. (2013): *Effect of different pretreatments on functional properties of African catfish (Clarias gariepinus) skin gelatin. Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 753–762. doi:10.1007/s13197-013-1043-6

Kontaktní adresa: Ing. Orsolya Bystricky-Berezvai, Ústav inženýrství polymerů, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín, Česká republika, e-mail: bystricky_berezvai@utb.cz

VLIV α -DIKARBONYLOVÝCH SLOUČENIN VZNIKAJÍCÍCH Z CUKRŮ NA KVALITU POTRAVIN EFFECT OF α -DICARBONYL COMPOUNDS ORIGINATED FROM SUGARS ON FOOD QUALITY

Karel Cejpek¹ – Anna Průšová¹ – Zuzana Procházková¹

¹Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha, Technická 5,
166 28 Praha 6 – Dejvice

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0032>



ABSTRAKT

Reaktivní α -dikarbonylové sloučeniny, jako jsou 3-deoxyglukosulosa nebo methylglyoxal, vznikají v tepelně zpracovaných nebo skladovaných potravinách zejména jako (mezi)produkty transformace sacharidů, např. v Maillardově reakci. Přímo, a hlavně nepřímo ovlivňují různé aspekty kvality potravin. Jsou prekursori senzory a redoxně aktivních látek, ale i některých procesních kontaminantů nebo modifikovaných bílkovin. Přímý účinek některých dietárních α -dikarbonylových látek souvisí např. s jejich antimikrobiální aktivitou nebo potenciálním metabolickým přenosem a účastí na karbonylovém stresu v těle. Příspěvek se zaměřuje na příklady geneze α -dikarbonylových látek během zpracování potravin, výsledky jejich stanovení v potravinách bohatých na monosacharidy a redukující oligosacharidy (od limonád přes pivo až po mléčné výrobky) a vliv odlišných technologických postupů na množství a druh α -dikarbonylových látek v potravinách. Přídavek některých nukleofilních látek nebo příslušných extraktů či nutraceutik může množství α -dikarbonylových sloučenin v potravinách snížit, a tak některé nežádoucí aspekty Maillardovy reakce zmírnit.

Klíčová slova: α -dikarbonylové sloučeniny, methylglyoxal, Maillardova reakce, redukující sacharidy

ABSTRACT

Reactive α -dicarbonyl compounds, such as 3-deoxyglucosulose and methylglyoxal, are formed in heat-processed and stored foods mainly as intermediates/products of sugar transformation, e.g., in the Maillard reaction. They can directly and better indirectly affect various aspects of food quality. They are precursors of sensory and redox active substances as well as some process contaminants and modified proteins. The direct effect of some dietary α -dicarbonyls is related, e.g., to their antimicrobial activity and potential metabolic transfer and participation in carbonyl stress in human body. The presentation focuses on examples of the genesis of α -dicarbonyls during food processing, the results of their determination in foods rich in monosaccharides and reducing oligosaccharides (from soft drinks and beer to dairy products) and the effect of different technological processes on the amount and kinds of α -dicarbonyls in foods. The addition of some nucleophilic compounds and nutraceuticals/extracts with these active substances has the potential to reduce the level of α -dicarbonyl compounds and thus reduce some undesirable aspects of the Maillard reaction.

Keywords: α -dicarbonyl compounds, methylglyoxal, Maillard reaction, reducing saccharides

*Kontaktní adresa: doc. Dr. Ing. Karel Cejpek, Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha, Technická 5,
166 28 Praha 6 – Dejvice, e-mail: karel.cejpek@vscht.cz*

AKTUÁLNÍ TRENDY JEDNOPORCOVÝCH VÝROBKŮ V OBLASTI SÝRAŘSKÉ GASTRONOMIE

CURRENT TRENDS OF SINGLE-PORTION PRODUCTS IN THE FIELD OF CHEESE GASTRONOMY

Vladimír Čejna¹

¹Savencia Fromage&Dairy Czech Republic, Hesov 421, 582 22 Příbyslav

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0034>



ABSTRAKT

Sýry a sýrové výrobky představují nedílnou součást lidské výživy. Zatím co historicky byly sýry na jídelníčku dominantně v Evropě, dnes je jejich popularita celosvětová. K rozšíření došlo zejména skrze gastronomický sektor, kde sýr hraje jednu z předních ingrediencí v jídlech, jako je pizza, burgery nebo těstoviny. Tyto pokrmy pak našli zalíbení u všech věkových skupin a kultur. V rámci demografických změn naší společnosti (stárnutí populace, jednočlenné komunity, cestování) dochází k rozvoji i jednoporcových balení produktů (snacking). Toto odvětví v posledních letech zaznamenalo prudký nárůst inovací, kdy se objevují nové produkty, příchutě a formáty, které uspokojují vyvíjející se chutě a preference spotřebitelů. Lidé nechtějí mít sýr pouze doma v lednici, ale chtějí si ho vzít s sebou na cestu do práce nebo za dobrodružstvím. Tento článek se zabývá historií sýrového snackingu, poukazuje na současné trendy, probere udržitelnost a aspekty balení, dotkne se nutričních aspektů a upozorní na některé nové produkty, které utvářejí budoucnost sýrových jednoporcovek.

Klíčová slova: sýrové jednoporcovky, sýrová gastronomie, trendy

ABSTRACT

Cheese and cheese products are an integral part of human nutrition. While cheeses were historically dominant on the menu in Europe, today their popularity is worldwide. The expansion took place mainly through the gastronomic sector, where cheese plays one of the leading ingredients in dishes such as pizza, burgers or pasta. These dishes then found favor with all age groups and cultures. As part of the demographic changes in our society (aging population, single-member communities, travel), there is also a development of single-portion packaging of products (snacking). The industry has seen a surge in innovation in recent years, with new products, flavors and formats emerging to meet evolving consumer tastes and preferences. People don't just want to keep cheese in the fridge at home, they want to take it with them to work or on an adventure. This article looks at the history of cheese snacking, highlights current trends, discusses sustainability and packaging aspects, touches on nutritional aspects and highlights some of the new products shaping the future of cheese snacking.

Keywords: cheese snacking, cheese gastronomy, trends

ÚVOD

Svačina je již nedílnou součástí stravy. Více než čtvrtina celkových kalorií spotřebitelů pochází právě ze svačinek. Pokud za tradiční základní jídla dne považujeme snídani, oběd a večeři, lze poukázat, že všechna svačina za den dohromady obsahuje více než jedno jídlo z hlediska kalorií. Lze tedy říci, že snacking (svačina) může být prohlášen za své vlastní jídlo – a za jídlo, které je méně omezeno (svázáno) tradiční dobou jídla nebo konkrétními pokrmy. Svačiny mohou být tradičně menší jídla, která se rychle sní, ale nesmíme se zapomínat jejich dopad (zejména kalorický) v rámci celkové denní konzumace.

Historie sýrových svačinek sahá daleko do minulosti a důkazy naznačují, že sýr byl používán jako mobilní a pohodlná svačina již ve starověkých civilizacích. Schopnost sýru zrání a skladování po delší dobu z něj udělala ideální jídlo pro cestovatele a průzkumníky. V moderní době se sýrové jednorčcovky vyvinuly z jednoduchých bloků sýra na rozmanitou škálu produktů, včetně sýrových minibločků, sýrových kuliček, sýrových pomazánek a sýrových snacků různě technologicky upravených.

SOUČASNÉ HLAVNÍ TRENDY

Zdraví a wellness: Spotřebitelé stále více hledají zdravější možnosti občerstvení a sýr je výborným zdrojem bílkovin a vápníku. Oproti tomu je snaha o eliminaci příjmu tuků a sodíku. V důsledku toho se mnoho výrobců sýrových snacků zaměřuje právě na vývoj produktů se sníženým obsahem tuku a sodíku při zachování lahodné chuti a textury, kterou spotřebitelé očekávají. Tomu napomáhá i trend flexitariánství, kdy se spotřebitelé snaží omezovat konzumaci masa a sýr je právě výhodnou alternativou. Někteří výrobci navíc do svých produktů začleňují další živiny, jako jsou rostlinné proteiny, vitamíny a minerály. Sýr může konkurovat dalším oblíbeným proteinovým svačinám, jako jsou nutriční tyčinky a jerky, které poskytují sytost a podporují cíle v oblasti fitness a hubnutí jako zdravá proteinová svačina (zejména ve verzi na jednu porci).

Inovace chutí: Výrobci sýrových snacků neustále experimentují s novými a moderními příchutěmi, aby uspokojili rozmanité nároky spotřebitelů. To zahrnuje přidání bylinek, koření a dalších ingrediencí do sýrových snacků, aby se vytvořili jedinečné a přitažlivé chuťové zážitky.

Convenience: Aktivní životní styl vedl k rostoucí poptávce po pohodlných možnostech občerstvení na cesty (podpořeno samozřejmě dynamickým zotavením turistického průmyslu po covidové pandemii). Výrobci sýrových snacků reagují vývojem produktů, které se snadno konzumují a přepravují, jako jsou jednotlivě balené sýrové tyčinky a sýrové bločky.

Udržitelnost: Spotřebitelé se stále více zajímají o dopad svého výběru potravin na životní prostředí. Výrobci sýrových svačin reagují přijetím udržitelných postupů, jako je snížení obalového odpadu a získávání ingrediencí z udržitelných zdrojů. Tady stále je velký kus vývoje před námi, protože právě jednorčcové výrobky jsou na jednotku konzumovatelného podílu velmi zatíženy individuálním obalovým materiálem. Udržitelnost je tedy pro výrobce sýrových svačinek klíčovým hlediskem. Spotřebitelé stále více požadují produkty, které jsou vyráběny ekologicky odpovědným způsobem. V důsledku toho mnoho výrobců přijímá

udržitelné obalové postupy, jako je používání recyklovatelných nebo kompostovatelných materiálů a snižování obalového odpadu. Někteří výrobci navíc získávají přísady z udržitelných zdrojů.

Nové produkty:

Odvětví sýrových snacků neustále inovuje a pravidelně zavádí nové a atraktivní produkty.

Některé z nejnovějších trendů zahrnují:

A/ Cheese Crisps: Tyto tenké, křupavé sýrové svačiny jsou oblíbenou alternativou k tradičním bramborovým lupínkům. Často se vyrábějí z velmi kvalitního sýru a v různých příchutích. textura zde hraje dominantní roli v oblíbenosti těchto produktů.

B/ Sýrové pomazánky: Sýrové pomazánky jsou všestrannou svačinou, kterou lze použít různými způsoby. Lze je namazat na kreky, použít jako dip nebo dokonce přidat do sendvičů. Sýrové pomazánky lze navíc obohatit nutričně zajímavými ingrediencemi (vláknina, nenasycené mastné kyseliny).

C/ Sýrové před smažené fingerfoody: jedná se o nízkogramážové výrobky, které jsou podávány v rychloobčerstvovacích řetězcích, nejčastěji společně s omáčkou pro dipování. Nabídka těchto pokrmů je nyní velmi široká. Kromě tradičního eidamu a hermelínu tvoří i sýry pařené, ementálského typu či sýrů s modrou plísní. Další modifikace se týká použitého obalovacího komponentu – není to již obyčejná strouhanka ze starých rohlíků, nýbrž sofistikovaná směs z pečiva, které se vyrábí specificky pro tento účel. Navíc, tyto směsi jsou produkovány specializovanými výrobními závody, které podléhají přísným potravinářským kontrolám. Tyto obalovací směsi jsou rovněž s přidavkem různých součástí, které vytváří atraktivnější dojem celkového výrobku – ať už je to přídavek nerozmletých, popř. extrudovaných cereálií, nebo i různé barevné varianty. Další novinkou jsou i změny ve tvaru produktu. Vedle klasické placky (eidam) nebo kolečka (hermelín) se můžeme setkat s tvarem trojúhelníčku, kulaté nugetky nebo tvaru koblihy (kolečko s dírkou). Tyto inovace jsou hnány neustálým tlakem spotřebitelů, kteří touží po stále atraktivnější a „hravějším“ výrobku. Lze třeba mít ovšem na paměti, že častá konzumace těchto jídel není vhodná. Proto i výrobci těchto specialit přicházejí s novou alternativou – příprava v konvektomatu (kombinace mj. horkovzdušné a parní trouby) nebo v turbo pecích (kombinace horkého vzduchu, jeho silného proudění a mikrovln). Zde se částečně eliminuje negativní dopad přípravy ve fritovacím oleji (příprava jídla bez tuku).

ZÁVĚR

Odvětví sýrových snacků je dynamickým a neustále se vyvíjejícím odvětvím potravinářského průmyslu. Přijetím trendů, jako je zdraví a wellness, inovace chutí, pohodlí, udržitelnost a výživa, výrobci sýrových snacků vytvářejí produkty, které jsou chutné a přitažlivé pro širokou škálu spotřebitelů. Vzhledem k tomu, že průmysl pokračuje v inovacích, můžeme v nadcházejících letech očekávat ještě více atraktivní a lahodných sýrových snacků.

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

ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF SILVER NANOPARTICLE-IMPREGNATED BACTERIAL CELLULOSE AND BIODEGRADABILITY ASSESSMENT OF BACTERIAL CELLULOSE FOR SUSTAINABLE FOOD PACKAGING

Aakankshya Dhakal¹ – Achyut Adhikari¹

¹School of Nutrition and Food Sciences, Louisiana State University AgCenter, Baton Rouge, LA

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0037>



ABSTRACT

Bacterial cellulose (BC) is a naturally derived biopolymer with excellent mechanical properties, water-holding capacity, and biodegradability, making it a promising material for food packaging. BC can be impregnated with silver nanoparticles (AgNPs) to enhance its antimicrobial properties to inhibit foodborne pathogens. Additionally, the environmental sustainability of BC as a packaging material depends on its biodegradability, which different drying methods can influence. This study investigates the antimicrobial efficacy of BC-AgNP films and evaluates the biodegradability of BC dried using various drying techniques.

BC was produced using *Komagataeibacter xylinus* (ATCC 53524) in a Hestrin-Schramm medium under static conditions at 30°C. The purified BC discs were immersed in AgNP solutions synthesized using pullulan as a stabilizer. Antimicrobial activity was tested against *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, and *Staphylococcus aureus* by measuring inhibition zones on Mueller-Hinton agar. Biodegradability was assessed by drying BC using room temperature drying (RT), freeze-drying (FD), and oven-drying (OD) and burying samples in soil under greenhouse and growth chamber conditions. Degradation was monitored over four weeks through visual inspection and weight loss measurements.

BC-AgNP films exhibited significant antimicrobial activity ($p < 0.05$). BC-AgNP (pullulan) inhibited *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Staphylococcus aureus* with inhibition zones of 22.16 ± 0.10 mm, 19.67 ± 0.15 mm, and 24.33 ± 0.21 mm, respectively. However, no significant inhibition was observed against *Salmonella*. In contrast, the biodegradability assessment was conducted on BC without AgNP impregnation. BC samples showed visible degradation within the first week, with substantial decomposition occurring over four weeks. By the end of the trial, no visible remnants of BC were found in greenhouse soil, while small amounts remained in the growth chamber.

BC-AgNP films demonstrate strong antimicrobial properties, making them suitable for enhancing food safety in packaging applications. Moreover, the high biodegradability of BC underscores its potential as an eco-friendly alternative to plastic packaging. These findings highlight BC as a promising material for sustainable food packaging, combining antimicrobial efficacy with environmental responsibility.

Keywords: silver nanoparticles, antimicrobial properties, bacterial cellulose, food packaging

Contact Information: Aakankshya Dhakal, School of Nutrition and Food Sciences, Louisiana State University AgCenter, Baton Rouge, LA.

VÝŽIVA A ŽIVOTNÍ STYL SPORTUJÍCÍCH DĚTÍ A MOŽNOSTI POZITIVNÍ INTERVENCE

NUTRITION AND LIFESTYLE OF SPORTS-PLAYING CHILDREN AND POSSIBILITIES OF POSITIVE INTERVENTION

Zuzana Doležalová¹ – Milena Matejovičová¹ – Miroslav Jůzl¹

¹Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0038>



ABSTRAKT

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. Cílem práce je analyzovat stávající jídelníček dvou kohort dětí dvou brněnských sportovních klubů, navštěvujících pravidelné tréninky s různou intenzitou fyzické zátěže a na základě výsledků navrhnout změny vedoucí ke zlepšení výživy a celkového životního stylu dětí. Vliv změn v jídelníčku je sledován pomocí řady fyzických a jednoho kognitivního testu. Sledována je také tělesná kompozice.

Klíčová slova: sportovní výživa, výživa dětí, sportovní výkon

ABSTRACT

Sufficient intake of nutrients in children is crucial for the growth and proper development of the organism. For children who play sports, nutrition is a particularly important factor and affects the performance of a young athlete and his development. Incorrect composition of the diet or insufficient energy intake can lead not only to a deterioration in performance and a slowdown in regeneration, but also to a deterioration in other functions of the organism, including cognitive functions. The aim of the work is to analyze the current diet of two cohorts of children from two Brno sports clubs, attending regular training with different intensity of physical activity, and based on the results, to propose changes leading to an improvement in the nutrition and overall lifestyle of children. The effect of changes in the diet is monitored using a series of physical and one cognitive test. Body composition is also monitored.

Keywords: sports nutrition, children's nutrition, sports performance

ÚVOD

Výživa je nedílnou součástí sportovního výkonu, ač je mnohdy u sportovců velmi podceňována. Správná výživa může pomoci nejen ke správnému fungování organismu, ale může podpořit i sportovní výkon a regeneraci. Zvláště u sportujících dětí je dostatečný příjem energie a živin velmi důležitý, neboť kromě běžné pohybové aktivity je v jejich celkové energetické potřebě zahrnuta i energie a živiny, potřebné pro růst a vývin organismu, a ještě pro pohybovou aktivitu navíc v rámci sportovních tréninků (Capra et al., 2024).

Cíle a hypotézy

Cílem výzkumu je zlepšení stravovacích návyků skupiny probandů a získání schopností k plánování optimálního příjmu živin s ohledem na tréninkovou zátěž u pravidelně sportujících dětí s pomocí jednoduchých edukačních materiálů, které budou vytvořeny a upraveny dle konkrétních potřeb zkoumaného výběru z populace starších školních dětí mužského pohlaví.

Předpokládáme, že pozitivní změny ve výživových plánech dětí povedou ke zlepšení fyzické kondice, regenerace po fyzickém výkonu i ke zlepšení kognitivních funkcí.

MATERIÁL A METODIKA

Charakteristika výzkumného souboru

Do výzkumu se zapojilo 19 hráčů hokeje ve věku 12–13 let z klubu HCM Warriors Brno a 41 hráčů futsalu ve věku 10–15 let z Orla Řečkovice.

Probandi, hrající hokej, mají v této fázi výzkumu tréninky 4x týdně na ledě a 2x týdně v tělocvičně.

Probandi, hrající futsal, mají v této fázi výzkumu tréninky 2x týdně v hale.

Doba trvání výzkumu

Výzkum probíhá od 13. prosince 2024 do 30. června 2025.

Model výzkumu

V první fázi od 13. prosince 2024 do 6. února 2025 probandi a výzkumníci prošli následujícími aktivitami:

Prosinec 2024

- Focení jídelníčků: probandi po dobu 7 dní fotografovali každé své jídlo a všechny fotografie zasílali kontaktní osobě
- Dotazník o životním stylu: probandi vyplnili dotazník obsahující dotazy na zvyklosti týkající se spánku, domácí přípravy do školy, času stráveného u počítače, tabletu či s mobilem, a úroveň další fyzické aktivity kromě tréninků
- Analýza získaných dat a tvorba materiálů s doporučeními pro výživu a životní styl

Konec ledna a začátek února 2025

- Fyzické a kognitivní testy: probandi podstoupili fyzické testy (skok z místa do dálky snožmo, člunkový běh, Illinois Agility Test, vertikální přeskoky snožmo, Beep Test) v lednu 2025 a na začátku února 2025 testy kognitivní (Kučerův test koncentrace pozornosti).
- Antropometrická měření: probandi se podrobili bioimpedančním měřením na přístroji InBody v lednu 2025.

Na základě analýzy stravovacích a životních zvyklostí a v souladu s výživovými standardy, odbornou a vědeckou literaturou byla vypracována a předána doporučení a probandi byli vyzváni, aby se doporučeními co nejpečlivěji řídili. Účastníci se budou snažit tato doporučení dodržovat po celou zbývající dobu výzkumu.

Cílem dodržování daných doporučení je zlepšení tělesné a psychické kondice, pozornosti (což je v obou sportech důležitou schopností), a dále i získání povědomí o sestavení optimálního stravovacího plánu pro různé fáze sportovních aktivit i po skončení výzkumu.

Druhá fáze výzkumu proběhne v dubnu 2025 a poslední třetí fáze v červnu 2025. V obou fázích budou zopakovány analýzy fotograficky zdokumentovaných jídelníčků, fyzických a kognitivních testů a měření tělesného složení, jejichž výsledky budou srovnány s výsledky získanými před započítáním intervence.

Do konečného zpracování dat budou zahrnuti pouze probandi, kteří vyplní všechny dotazníky a absolvují všechna měření a testy ve všech výše popsáních fázích výzkumu, z výživových doporučení a informací týkajících se životního stylu však mohou profitovat všichni zúčastnění.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Z analýzy dotazníků

- Délka spánku
 - Futsal: 35 % probandů spí méně než 8 hodin denně
 - Hokej: 11 % probandů spí méně než 8 hodin denně
- Výdej energie na sportovní aktivity
 - Futsal: u probandů, hrajících futsal, bylo zjištěno větší množství fyzické aktivity mimo pravidelné tréninky, avšak mají o 4 tréninky týdně méně než probandi, hrající hokej
 - Hokej: u probandů, hrajících hokej, bylo zjištěno menší množství fyzické aktivity mimo pravidelné tréninky, avšak mají o 4 tréninky týdně více než probandi, hrající futsal

Některé poznatky z analýzy jídelníčků

- Množství energie u obou skupin probandů přijaté stravou je značně individuální
- Rozložení denních jídel podle oficiálních doporučení racionální výživy:
 - U obou skupin probandů bylo rozložení jídel během dne taktéž individuální, u některých probandů v některých dnech chyběly svačiny, ve výjimečných případech i hlavní jídla (snídaně/obědy/večeře)
- Zjištěné nedostatky ve výživě
 - U obou skupin probandů byly zjištěny nedostatky ve výživě, které byly opět individuální, nejčastěji se vyskytující nedostatky byly např. absence bílkovin v hlavních jídlech dne, nedostatečný příjem omega-3 mastných kyselin (ryby, ořechy..), nedostatečný příjem rostlinných bílkovin (luštěniny), malá pestrost jídelníčku nebo nepravidelné stravování.

Některé poznatky z analýzy složení těla

- BMI nad referenční hodnotu dle věku probanda
 - Futsal: 12 probandů (29,3 %) mělo vyšší BMI, z toho 7 probandů (17,1 % z celé skupiny) mělo normální nebo nižší množství tělesného tuku a zvýšené množství svalové hmoty; 5 probandů (12,1 %) mělo zvýšené množství tělesného tuku.
 - Hokej: pouze 1 proband představující 5,3 % všech probandů z hokejové kohorty měl vyšší BMI a příčinou bylo zvýšené množství svalové hmoty, zastoupení tukové tkáně bylo v normě a byl tedy klasifikován jako muskulární somatotyp. Muskulární somatotyp se zvýšenou svalovou hmotou byl identifikován ještě u čtyř dalších probandů s BMI v normě nebo na horní hranici normy (celkem 26,3 % z celé skupiny).
- Množství tělesného tuku v kg nad referenční hodnotu dle věku probanda
 - Futsal: 6 probandů (14,6 %), 5 z nich se zvýšenou hmotností
 - Hokej: 3 probandi (15,9 %), všichni však s normální hmotností
- Množství tělesného tuku pod referenční hodnotu dle věku probanda
 - Futsal: 41,5 % probandů
 - Hokej: 42,1 % probandů
- Množství svalové hmoty pod referenční hodnotu dle věku probanda
 - Futsal: 4,9 % probandů
 - Hokej: 21,1 % probandů
- Výška probandů
 - Futsal: průměrná výška 158,8 cm (141–181 cm)
 - Hokej: průměrná výška 155,7 cm (145–174 cm)

ZÁVĚR

Zjištění z analýz jídelníčků a tělesné kompozice poukazují na některé nedostatky ve výživě. Obě kohorty probandů jsou značně různorodé. Sami probandi, ale i jejich rodiče a trenéři mají zájem na zlepšení a jsou ochotni řídit se obecnými výživovými doporučeními, která budou ještě upravována a přizpůsobována individuálním potřebám. U sportujících dětí je výraznou motivací zlepšení výkonu a při edukaci je možné využít přirozené soutěživosti a formu výživových doporučení tomu přizpůsobit.

LITERATURA

CAPRA, M. E. et al. (2024): Nutrition for Children and Adolescents Who Practice Sport: A Narrative Review: A Narrative Review. *Nutrients*. 16(16). ISSN 2072-6643. <https://doi.org/10.3390/nu16162803>

AMAWI, A. et al. (2024): Junior athletes' nutritional demands: a narrative review of consumption and prevalence of eating disorders: a narrative review of consumption and prevalence of eating disorders. *Frontiers in Nutrition*. 11. ISSN 2296-861X.

<https://www.frontiersin.org/journals/nutrition/articles/10.3389/fnut.2024.1390204>

CAPRA, M. E. et al. (2024): Nutrition for Children and Adolescents Who Practice Sport: A Narrative Review: A Narrative Review. *Nutrients*. 16(16). ISSN 2072-6643. <https://doi.org/10.3390/nu16162803>

HECHT, Ch. et al. (2023): Nutritional Recommendations for the Young Athlete. *Journal of the Pediatric Orthopaedic Society of North America*. 5, 1–12. <https://doi.org/10.55275/JPOSNA-2023-599>

PURCELL, L. (2013): Sport nutrition for young athletes. *Paediatrics & child health*. 18, 200–5. <https://doi.org/10.1093/pch/18.4.200>

Referenční hodnoty pro příjem živin. (2018): Praha: Výživaservis s.r.o. ISBN 978-80-906659-3–4.

ROUBÍK, L. (2018): *Moderní výživa ve fitness a silových sportech*. Praha: Erasport, 552 s. ISBN 978-80-905685-5-6.

Kontaktní adresa: Bc. Zuzana Doležalová, Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: xdolez25@mendelu.cz

ANTIBAKTERIÁLNÍ ÚČINKY MICROGREENS

ANTIBACTERIAL EFFECTS OF MICROGREENS

Gabriela Franke¹ – Olga Cwiková¹ – Veronika Tomášková¹

¹Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0043>



ABSTRAKT

Microgreens jsou mladé rostlinky mnoha druhů zeleniny určené k přímé spotřebě, které jsou vítaným zpestřením v gastronomii. Jsou významným zdrojem bioaktivních fytonutrientů, které zajišťují jejich zdraví prospěšné účinky. Tyto bioaktivní látky vznikají jako produkty metabolismu rostlinných tkání a současně vykazují inhibiční aktivitu vůči mikroorganismům. V této studii byl prokázán inhibiční účinek extraktů šesti druhů microgreens (pažitka, cibule, hořčice, ředkvička, lichořeřišnice, červené zelí) vůči patogenním bakteriím (*Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*). Nejsilnější inhibici ($\alpha < 0,05$) vykazovaly extrakty ředkvičky a cibule vůči *S. aureus*. Nejméně citlivou bakterií se jevila *E.coli*, která vykazovala u všech testovaných extraktů nejnižší průměry inhibičních zón.

Klíčová slova: microgreens, antibakteriální účinky, alimentární patogeny

ABSTRACT

Microgreens are young plants of many vegetables for direct consumption, a welcome addition to gastronomy. They are an important source of bioactive phytonutrients that provide their health benefits. These bioactive substances are formed as products of plant tissue metabolism and exhibit inhibitory activity against microorganisms. In this study, the inhibitory effect of extracts of six species of microgreens (chives, onion, mustard, radish, chickweed, red cabbage) against pathogenic bacteria (*Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*) was demonstrated. Radish and onion extracts showed the strongest inhibition ($\alpha < 0.05$) against *S. aureus*. The least sensitive bacteria appeared to be *E. coli*, which showed the lowest inhibition zone diameters for all tested extracts.

Keywords: microgreens, antibacterial effect, foodborne pathogens

ÚVOD

Microgreens jsou mladé rostliny zeleniny, které se konzumují přímo oddělením od kořenové části. Na rozdíl od klíčků mají microgreens vyvinutý alespoň jeden pár pravých listů. Jsou hojně využívány v gastronomii při přípravě salátů, polévek a pokrmů (Kyriacou et al., 2016). Jakožto mladé rostlinky, jsou microgreens bohaté na vitamíny, bioaktivní fytonutrienty, antioxidanty a minerální látky. Studie uvádí, že obsah těchto látek je až násobně vyšší než v dospělých rostlinách (Xiao et al., 2015). Mezi významné skupiny fytonutrientů řadíme například glukosinoláty, polyfenoly, flavonoidy, thiosulfáty (Liguori et al., 2019). Je známo, že tyto bioaktivní

sloučeniny působí protizánětlivě, mají pozitivní vliv na kardiovaskulární systém, ovlivňují hladinu glukózy v krvi a mají antibakteriální účinky.

Mnoho studií potvrzuje inhibiční účinky extraktů z rostlinek lichořeřišnice, brokolice, cibule, reřichy, kapusty vůči *Bacillus cereus* (Sharma a Guptou (2021), *Pseudomonas aeruginosa* (Lee et al., 2023), *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* (Le et al., 2019).

MATERIÁL A METODIKA

Vzorky microgreens v konzumní fázi (pažitka, cibule, hořčice, ředkvička, lichořeřišnice, červené zeli) byly po odstřížení horní části rostlin (1 cm nad substrátem) ihned zamraženy a lyofilizovány (0,22 mbar, -35°C/48 h). 0,5 g lyofilizovaného vzorku bylo v třecí misce rozdrceno, převedeno do Erlenmeyerovy baňky a v poměru 1:20 byl přidán 70% ethanol. Extrakce probíhala 24h ve tmě při laboratorní teplotě. Poté byly vzorky filtrovány, rozpouštědlo odpařeno na vakuové rotační odparce (teplota lázně 50°C) a zbytek vody lyofilizován (0,22 mbar, 48h). Získané extrakty byly převedeny do 70% ethanolu v poměru 1:8. Extrakty byly provedeny v duplikátech.

Sbírkové kmeny *Bacillus cereus* CCM 2010, *Enterococcus faecalis* CCM 4224, *Escherichia coli* CCM 3988, *Pseudomonas aeruginosa* CCM 3955, *Staphylococcus aureus* CCM 3953 byly oživeny z želatinových disků předepsaným postupem. Z 24h kultury každého mikroorganismu byla vytvořena suspenze o hustotě 0,5 McF, která byla aplikována roztěrem na povrch předem připraveného Mueller-Hinton agaru (Liofilchem) pomocí vatového tamponu namočeného do suspenze. Pomocí korkovrtu byly vytvořeny jamky o průměru 6 mm, do každé jamky bylo aplikováno 30 µl extraktu. Jako negativní kontrola byl použit 70% ethanol (Fisher Scientific), jako pozitivní kontrola disk s gentamicinem 30 µg (TermoFisher Scientific). Testy byly provedeny v triplicátech.

Inkubace probíhala za aerobních podmínek 24 hodin při teplotě 30°C (*Bacillus cereus*) a 37°C (*Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*). Poté byly odečteny velikosti inhibičních zón jako průměr (mm).

Statistické vyhodnocení bylo provedeno v programu Statistica 14, pomocí metody jednofaktorová ANOVA, post-hoc Tukeyův test.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Ve studii byly z 6 druhů microgreens (pažitka, cibule, hořčice, ředkvička, lichořeřišnice, červené zeli) v konzumní zralosti získány ethanolové extrakty, které byly využity pro testování antibakteriální aktivity vůči kmenům: *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*. Při porovnání testovaných bakterií, byl nejvíce inhibován druh *Staphylococcus aureus*, kde byla prokázána inhibice všemi testovanými extrakty (Tabulka 1). Nejsilnější inhibiční účinky ($\alpha < 0,05$) vůči *S. aureus* vykazoval extrakt ředkvičky ($12,00 \pm 1,15$ mm) a cibule ($11,33 \pm 0,47$ mm). Nejméně citlivou

bakterií sejevila *E. coli*, která vykazovala u všech testovaných extraktů nejnížší průměry inhibičních zón ($\alpha < 0,05$).

Tabulka 1: Antibakteriální účinky extraktů microgreens vyjádřené jako průměry inhibičních zón (mm) $\pm$ SD.

Microgreens	Inhibiční zóny [mm]				
	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
pažitka	9,33 ^{b,c} _{3,4} $\pm$ 0,75	8,33 ^a _{2,3} $\pm$ 0,47	7,17 ^a ₁ $\pm$ 0,69	9,50 ^a ₄ $\pm$ 0,50	8,00 ^{a,b} _{1,2} $\pm$ 0,58
cibule	11,00 ^c ₁ $\pm$ 0,82	8,17 ^a ₃ $\pm$ 0,37	6,67 ^a ₂ $\pm$ 0,47	11,33 ^b ₁ $\pm$ 0,47	9,67 ^b ₄ $\pm$ 0,47
hořčice	7,67 ^{a,b} ₁ $\pm$ 0,75	8,00 ^a _{1,2} $\pm$ 0,00	6,67 ^a ₄ $\pm$ 0,47	8,83 ^a ₂ $\pm$ 0,69	-
ředkvička	7,83 ^{a,b} ₁ $\pm$ 1,46	8,33 ^a ₁ $\pm$ 0,47	7,00 ^a ₁ $\pm$ 0,58	12,00 ^b ₂ $\pm$ 1,15	8,33 ^{a,b} ₁ $\pm$ 1,70
ličořeřišnice	9,00 ^{a,b,c} ₂ $\pm$ 1,41	8,67 ^a _{1,2} $\pm$ 0,47	7,33 ^a ₁ $\pm$ 0,47	9,17 ^a ₂ $\pm$ 0,69	7,50 ^a ₁ $\pm$ 0,50
červené zelí	7,00 ^a _{1,2} $\pm$ 0,82	8,00 ^a ₂ $\pm$ 0,00	6,50 ^a ₁ $\pm$ 0,50	9,33 ^a ₃ $\pm$ 0,47	6,67 ^a ₁ $\pm$ 0,94

Průměry označené různými indexy (a,b,c) se od sebe významně liší ($\alpha < 0,05$) při srovnání mezi řádky. Průměry označené různými indexy (1,2,3,4) se od sebe významně liší ($\alpha < 0,05$) při srovnání mezi sloupci.

V mnoha studiích je lichořeřišnici (*Tropaeolum majus* L.) připisován silný antibakteriální účinek vůči stafylokokům a streptokokům (Zanetti et al., 2003), nicméně v naší studii se účinek projevil nejvíce vůči *B. cereus* (9,00 $\pm$ 1,41 mm). Stejně výsledky popisuje i studie Ailane et al. (2022) kde pozorovali průměr inhibiční zóny vůči *B. cereus* 14 mm při použití extraktu z listů lichořeřišnice. Ze zjištěných výsledků, můžeme vyhodnotit, že vůči bakterii *B. cereus* vykazoval nejsilnější aktivitu extrakt z rostlinek cibule, pažitky a lichořeřišnice. Rostliny cibule a pažitky jsou typické vysokým obsahem protizánětlivých a antimikrobiálních látek a antioxidačních enzymů jako jsou flavonoidy, karotenoidy, superoxidismutáza, kataláza, peroxidáza (Štajner et al., 2004). Mnoho studií potvrdilo antibakteriální a antimykotický vliv látek přítomných v cibulích s významným účinkem vůči patogenním bakteriím *E. coli*, *B. cereus*, *S. aureus* (Liguori et al., 2019). Tento účinek je pravděpodobně způsoben vyšší koncentrací flavonoidu kvercetinu, který je v cibuli a pažitce hojně zastoupen (Kiplagat et al., 2025; Sinaga et al., 2017).

Obecně je antimikrobiální aktivity fenolických sloučenin, zejména proti gramnegativním bakteriím, zajištěna díky jejich schopnosti pasivně difundovat přes vnější membránu zprostředkovanou elektrostatickými a iontovými interakcemi, dostat se do cytoplazmy, kde následně způsobuje okyselení a buněčnou smrt (Kiplagat et al., 2025).

ZÁVĚR

Míra inhibiční aktivity extraktů microgreens vůči patogenním bakteriím silně koreluje s obsahem polyfenolických látek, flavonoidů, organických kyselin a dalších fytonutrientů, které se přirozeně vyskytují v mladých rostlinách a jsou druhově specifické. Některé druhy microgreens lze proto využít v potravinářství pro jejich potenciálně bakteriostatický účinek.

LITERATURA

Zanetti, G. D., Manfron, M. P., Hoelzel, S. C. D. V. M., Pagliarin, V. P., Morel, A. F. (2003): Acute toxicity antibacterial activity of *Tropaeolum majus* L. extracts. *Acta Farm. Bonaerense*. 22, 159–162. ISSN 2362-3853

Ailane, L., Djahoudi, A., Bennadja, S. (2022): Comparative study evaluating phytochemical screening, functional groups analysis, and antimicrobial activity of *Tropaeolum majus* L. leaves, flowers, and fruits. *Plant Archives* (09725210), 22(2).

Dostupné z: <https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2022.v22.no2.005>

Sharma, R., Gupta, P. (2021): Nutraceutical potential of *Pennisetum typhoides* microgreens: In vitro evaluation of antioxidant and antibacterial activities and in silico *Staphylococcus aureus* FtsZ inhibition. Online. *Food Bioscience*. 42. ISSN 22124292. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101151>.

Le, T. N., Luong, H. Q., Li, H. P., CHiu, Ch. H., Hsieh, P. Ch. (2019): Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) Sprouts as the Potential Food Source for Bioactive Properties: A Comprehensive Study on In Vitro Disease Models. Online. *Foods*. 8(11),532. ISSN 2304-8158.

Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods8110532>.

Lee, S., Yeo, H. J., Lee, S. Y., Kim, S. R., Park, S. U. et al. (2023): The Effect of Light and Dark Treatment on the Production of Rosmarinic Acid and Bio logical Activities in *Perilla frutescens* Microgreens. Online. *Plants*. 12 (8), 1613. ISSN 2223-7747. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/plants12081613>.

Liguori, L., Adiletta, G., Nazzaro, F., Fratianni, F., Di Matteo, M. et al. (2019): Biochemical, antioxidant properties and antimicrobial activity of different onion varieties in the Mediterranean area. Online. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 13(2), 1232–1241. ISSN 2193-4126. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00038-2>.

Xiao, Z., Lester, G. E., Park, E., Saftner, R. A., Luo, Y. G. et al. (2015): Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens. Online. *Postharvest Biology and Technology*. 110, 140–148. ISSN 09255214.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.021>.

Kyriacou, M. C., Rouphael, Y., Di Gioia, F., Kyrtzis, A., Serio, F. et al. (2016): Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. Online. *Trends in Food Science & Technology*. 57, 103–115. ISSN 09242244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.005>.

Štajner, D., Čanadanović-Brunet, J., Pavlović, A. (2004): *Allium schoenoprasum* L., as a natural antioxidant. *Phytotherapy Research*, 18, 522–524. ISSN 1099-1573. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ptr.1472>

Kiplagat, E., Ramezani, M., Malla, S., Cisneros-Zevallos, L., Joshi, V., Castillo, A. (2025): Factors Affecting Growth and Survival of *Salmonella* in Onion Extracts and Onion Bulbs. *Foods*. 14(1):1. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods14010001>

Sinaga, S. M., Sudarmi, S., Iksen, I., Kevin, K., Sari, M. P. (2017): Evaluation of total phenolic, flavonoid content, antioxidant and in vitro antilithogenesis activities of chives leaf (*Allium schoenoprasum* L.). *Rasayan Journal of Chemistry*. 11, 1604–1608. ISSN: 0974-1496.

Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.31788/RJC.2018.1144067>

Kontaktní adresa: Ing. Gabriela Franke, Ph.D., Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, franke@mendelu.cz.

JAKOSTNÍ PARAMETRY LAREV POTEMNÍKA MOUČNÉHO V ZÁVISLOSTI NA KRMNÉ SMĚSI

QUALITY PARAMETERS OF THE MEALWORM LARVAE IN RELATION TO THE FEED MIXTURE

Veronika Božena Hendrychová¹ – Barbora Odehnalová¹ – Adam Kovál¹
Andrea Roztočilová¹ – Jan Slováček¹ – Petr Kouřil¹ – Jiří Votava²
Ondřej Šťastník³ – Martina Lichovníková⁴ – Šárka Nedomová¹

¹Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

²Ústav techniky a automobilové dopravy, Agronomická fakulta, MENDELU,
Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

³Ústav výživy zvířat a pícninářství, Agronomická fakulta, MENDELU,
Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

⁴Ústav chovu a šlechtění zvířat, Agronomická fakulta, MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0048>



ABSTRAKT

Hmyz je perspektivní surovinou využívanou v potravinářském průmyslu k fortifikaci potravin a zvýšení jejich nutriční hodnoty. V průběhu chovu byly sledovány kvalitativní parametry larev potemníka moučného krmených pšeničnými otrubami (OTR) a experimentálně připravenou krmnou směsí (EX). U larev varianty EX byla stanovena vyšší celková hmotnost a index přírůstu (IP) ($m = 1889,5$ g; $IP = 501,8$), než u larev varianty OTR ($m = 1806,2$; $IP = 482,9$). Larvy varianty EX vykazovaly vyšší intenzitu červeného zbarvení. Technologickým zpracováním došlo u variant larev k poklesu hodnot parametrů L^* , a^* i b^* . Chemické složení i barevné parametry technologicky zpracovaných larev závisely zejména na druhu krmné směsi, avšak u larev varianty EX usmrcených varem byly hodnoty parametru b^* průkazně vyšší ($p < 0,05$).

Klíčová slova: jedlý hmyz, chov, sušení, barva, chemické složení

ABSTRACT

Edible insects are a promising raw material used in the food industry for food production in terms of increasing their nutritional value. During rearing, qualitative parameters of mealworm larvae fed by wheat bran (OTR) and experimental diet (EX) were determined. Larvae of the EX variant showed a higher total weight and growth index (GI) ($m = 1889.5$ g; $GI = 501.8$) than larvae of the OTR variant ($m = 1806.2$; $GI = 482.9$). Larvae of the EX variant showed a higher intensity of red colour. The technological processing resulted in a decrease in the values of L^* , a^* and b^* parameters in the larval variants. The chemical composition and colour parameters of technologically processed larvae depended mainly on the larval feed mixture, however the b^* parameter values were significantly higher in the EX variant of larvae killed by boiling ($p < 0.05$).

Keywords: edible insects, rearing, drying, colour, chemical composition

ÚVOD

Jedlý hmyz je od roku 2018 ve státech EU považován za potravinu nového typu dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283 o nových potravinách, které se vztahuje na vybrané druhy hmyzu. Na trh lze v současné době uvádět larvy/imaga cvrčka domácího (*Acheta domestica*) a saranče stěhovavé (*Locusta migratoria*), dále pak larvy potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) a potměníka stájového – Buffalo (*Alphitobius diaperinus*) (Internetový portál bezpečnosti potravin, 2023).

Hmyz je nutričně cennou komoditou a perspektivní surovinou pro fortifikaci potravin využívanou s cílem zvýšení jejich nutriční hodnoty (Pippinato et al., 2020; Cho a Ryu, 2021). Nutriční složení je významně ovlivněno druhem hmyzu, krmivem, vývojovým stadiem a taktéž podmínkami technologického zpracování (Meyer-Rochow et al., 2021). Přínosný je hmyz zejména pro svůj vysoký obsah bílkovin, který u larev potměníka moučného dosahuje téměř 55 % sušiny (Machona et al., 2022). Ve hmyzí bílkovině jsou taktéž zastoupeny všechny esenciální aminokyseliny (van Huis et al., 2013; Brogan et al., 2021). Obsah tuku je podmíněn zejména druhem a vývojovým stadiem hmyzu, pohybuje se tak v rozmezí od 0,66 % do 69,78 % v sušině (Rumpold a Schlüter, 2013).

Režimem technologického zpracování lze výrazně ovlivnit vlastnosti hmyzích surovin, např. stabilitu tuku, obsah a rozpustnost bílkovin, senzorké či mikrobiologické vlastnosti (Lee et al., 2021; Kröncke et al., 2018; Kröncke et al., 2020; Megido et al., 2013). Do procesu technologického zpracování larev potměníka moučného lze řadit usmrcení, nejčastěji formou šokového zmrazení, popř. záhřevem (Wessels et al., 2020; Yang et al., 2022). Procesem blanširování lze snížit počet mikroorganismů se současnou inaktivací endogenních enzymů (Megido et al., 2013).

MATERIÁL A METODIKA

Chov larev

Larvy potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) ve věku 5 týdnů pocházely ze specializovaného českého chovu hmyzu pro potravinářské účely. Larvy byly chovány v prostorách pavilonu M Mendelovy univerzity v Brně ve dvou opakováních po dobu 9 týdnů. Denně byly zaznamenávány podmínky chovu – průměrná teplota vzduchu byla 23,1 °C, relativní vlhkost vzduchu 57 %. Jako krmivo byly využity pšeničné otruby (varianta značená OTR) a ve spolupráci s Ústavem výživy zvířat a pícninářství experimentálně připravená krmná směs (cukr krmný, slunečnicový extrahovaný šrot, psyllium, řepkové pokrutiny, sójový extrahovaný šrot; varianta značená EX). Krmivo bylo podáváno larvám třikrát týdně, jako zdroj hydratace byla denně podávána mletá mrkev.

Stanovení popisných parametrů larev

Vážením na laboratorních vahách byla stanovena celková hmotnost variant larev. Index přírůstku byl stanoven dle vztahu: $IP [\%] = [(konečná\ hmotnost - počáteční\ hmotnost) / počáteční\ hmotnost] \cdot 100$.

Technologické zpracování larev

Živé larvy byly lačněny po dobu 48 hodin. Larvy obou byly usmrceny varem (100 °C/1 min, značeny V) nebo zmrazením (-28 °C/>48 h, značení Z), blanširovány (100 °C/4 min) a vysušeny prostřednictvím horkého vzduchu (140 °C/45 min).

Chemické složení a výtěžek

U krmiv byl stanoven obsah sušiny (sušením při 105 °C do konstantní hmotnosti), obsah hrubého proteinu (obsah dusíku analytickou metodou dle Kjeldahla s přepočtem na obsah dusíkatých látek prostřednictvím faktoru 6,25) a obsah hrubého tuku (extrakční metodou dle Soxhleta), obsah hrubého popela (gravimetricky po spálení v muflové peci) a obsah hrubé vlákniny (metodou dle Henneberg-Stohmanna). U technologicky zpracovaných larev bylo ve třech opakováních stanoveno chemické složení po vysušení larev v sušárně (105 °C do konstantní hmotnosti) – obsah sušiny, obsah hrubého proteinu a obsah hrubého tuku. Výtěžek po vysušení larev byl stanoven dle vztahu: (hmotnost po vysušení/hmotnost před sušením) · 100 [%].

Barva larev

Barevné parametry larev v průběhu chovu a po technologickém zpracování byly měřeny spektrofotometricky ve třech opakováních (Konica Minolta CM 3500d, Japonsko) v barevném prostoru CIELAB (barevné parametry L^* , a^* a b^*).

Statistické zpracování

Data byla statisticky vyhodnocena s využitím softwaru STATISTICA 14 – testy pro ověření normality rozdělení dat (Shapiro-Wilkův test), ověření homogenity rozptylů (Levenovy testy), parametrická jednofaktorová 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

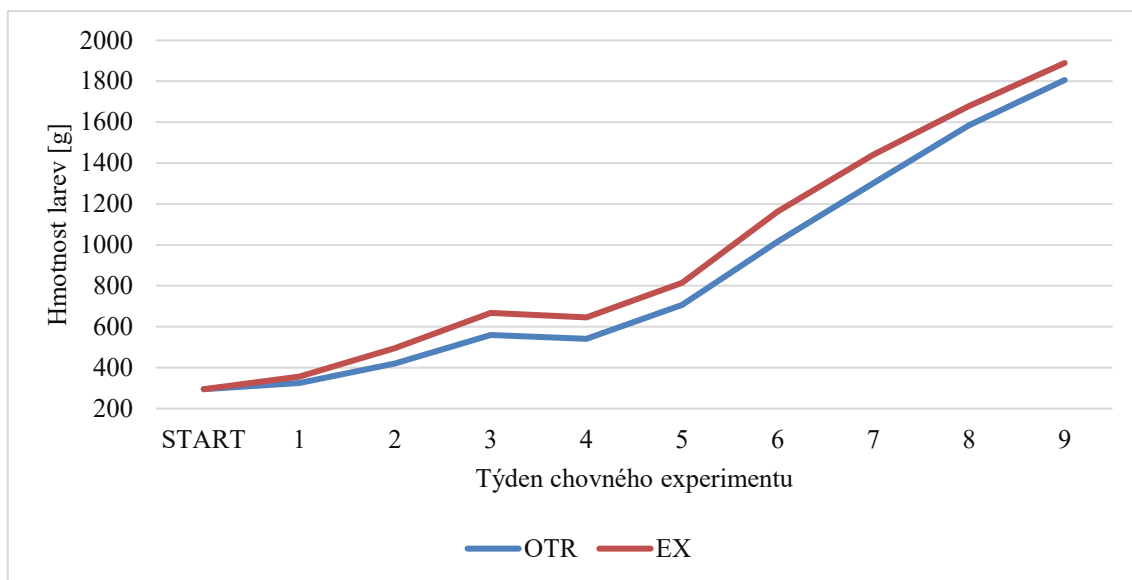
Chemické složení krmných směsí použitých v rámci chovného experimentu je uvedeno v tab. 1.

Tabulka 1: Základní chemické složení krmných směsí [%]

	OTR	EX
Sušina	100,00	100,00
Hrubý popel	6,11	5,69
Hrubý protein	18,58	32,11
Hrubý tuk	4,33	4,71
Hrubá vláknina	11,92	7,49

Legenda: OTR = pšeničné otruby, EX = experimentální krmná směs

Celková hmotnost zkrmeného krmiva byla 3688,7 g (OTR) a 3378,0 g (EX). Celková hmotnost variant larev v průběhu chovného experimentu je znázorněna na obr. 1. Celková hmotnost a index přírůstku larev na konci chovného experimentu byly vyšší u larev varianty EX ($m = 1889,5$ g; $IP = 501,8$) než u larev varianty OTR ($m = 1806,2$ g; $IP = 482,9$).



Obrázek 1: Celková hmotnost variant larev potměníka moučného v jednotlivých týdnech chovného experimentu

Legenda: START = larvy ve věku 5 týdnů před rozdělením do experimentálních skupin, OTR = pšeničné otruby, EX = experimentální krmná směs

Po ukončení chovného experimentu byly larvy technologicky zpracovány (usmrceny varem či zmrazením, blanširovány a vysušeny horkým vzduchem). Výtěžek a základní chemické složení technologicky zpracovaných larev je uveden v tab. 2.

Tabulka 2: Výtěžek, sušina, obsah hrubého proteinu a hrubého tuku technologicky zpracovaných larev potměníka moučného

	Výtěžek [%]	Sušina [%]	Hrubý protein [%]	Hrubý tuk [%]
OTR_V	29,94	96,19 ± 0,15 ^{ab}	54,75 ± 0,22 ^a	26,34 ± 0,15 ^a
OTR_Z	29,29	86,74 ± 0,26 ^a	54,51 ± 0,31 ^a	23,22 ± 0,13 ^{ab}
EX_V	29,53	96,81 ± 0,08 ^b	60,34 ± 0,74 ^b	20,56 ± 0,13 ^{ab}
EX_Z	28,24	91,89 ± 0,10 ^{ab}	59,09 ± 0,45 ^{ab}	18,16 ± 0,04 ^b

Legenda: OTR = pšeničné otruby, EX = experimentální krmná směs; V = usmrcení varem, Z = usmrcení zmrazením; data prezentována jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka; odlišné horní indexy ve stejném sloupci značí statisticky významný rozdíl mezi variantami ($p < 0,05$)

Výtěžek larev po vysušení dosahoval 28,24–29,94 %, sušina 86,74–96,81 %. Obsah sušiny, respektive vlhkosti je srovnatelný s výsledky autorů Machona et al. (2022), kde byl obsah vlhkosti stanoven na 4,75 %. Obsah hrubého proteinu v sušině se pohyboval v rozmezí od 54,51 % (OTR_Z) do 60,34 % (EX_V), což je více, než uvádí Machona et al. (2022), který stanovil obsah hrubého proteinu na 41,0–53,2 % v sušině. Obsah hrubého tuku v sušině se pohyboval v rozmezí od 18,16 % (EX_Z) do 26,34 % (OTR_V).

U variant larev byly během chovného experimentu a po technologickém zpracování larev měřeny barevné parametry (L^* , a^* , b^*). Hodnoty těchto parametrů u variant larev na konci chovného experimentu jsou uvedeny v tab. 3 a hodnoty parametrů L^* , a^* a b^* u technologicky zpracovaných larev jsou uvedeny v tab. 4.

Tabulka 3: Barevné vlastnosti larev potemníka moučného na konci chovného experimentu

	OTR	EX
L^*	$38,80 \pm 2,23^a$	$36,73 \pm 0,39^a$
a^*	$8,09 \pm 0,33^a$	$10,83 \pm 0,37^b$
b^*	$21,22 \pm 0,93^a$	$22,10 \pm 0,43^a$

Legenda: OTR = pšeničné otruby, EX = experimentální krmná směs; data prezentována jako průměrná hodnota $\pm$ směrodatná odchylka; odlišné horní indexy ve stejném řádku značí statisticky významný rozdíl mezi variantami ($p < 0,05$)

Tabulka 4: Barevné vlastnosti jednotlivých variant technologicky zpracovaných larev potemníka moučného

	OTR_V	OTR_Z	EX_V	EX_Z
L^*	$21,24 \pm 0,65^a$	$22,54 \pm 1,96^a$	$30,77 \pm 0,26^b$	$24,72 \pm 2,06^{ab}$
a^*	$4,53 \pm 0,19^a$	$5,18 \pm 0,93^a$	$7,31 \pm 0,52^b$	$7,61 \pm 1,19^b$
b^*	$8,03 \pm 0,54^a$	$8,46 \pm 1,45^{ab}$	$15,84 \pm 0,85^c$	$10,47 \pm 1,56^b$

Legenda: OTR = pšeničné otruby, EX = experimentální krmná směs; V = usmrcení varem, Z = usmrcení zmrazením; data prezentována jako průměrná hodnota $\pm$ směrodatná odchylka; odlišné horní indexy ve stejném řádku značí statisticky významný rozdíl mezi variantami ($p < 0,05$)

Barva larev hraje významnou roli zejména v případě využití jako suroviny pro fortifikaci potravinářských výrobků, jejichž barevné parametry jsou přídavkem hmyzí suroviny ovlivněny. Na konci chovného experimentu byl stanoven statisticky významný rozdíl mezi variantami larev v parametru a^* , kde larvy varianty EX vykazovaly oproti larvám varianty OTR vyšší intenzitu červeného odstínu ($p < 0,05$). Obě varianty larev byly tmavší, než ve své studii uvádí Lenaerts et al. (2018), který stanovil hodnotu parametru L^* na 40,49.

Technologickým zpracováním došlo u variant larev OTR i EX k poklesu hodnot parametrů L^* , a^* a b^* . Nejsvětlejší byly larvy varianty EX_V, nejtmaší poté larvy variant OTR ($p < 0,05$). Vyšší intenzita červeného zbarvení byla stanovena u larev variant EX a larvy varianty EX_V měly nejvíce intenzivní žluté zbarvení ($p < 0,05$). Všechny varianty vyjma EX_V tak byly tmavší, než ve své studii uvádí Lenaerts et al. (2018), kde byla hodnota parametru L^* u larev sušených mikrovlnným zářením 25,9, také larvy variant EX měly více intenzivní červené zbarvení oproti této studii, kde $a^* = 6,84$.

ZÁVĚR

U larev krmených experimentální krmnou směsí byl stanoven vyšší index přírůstku a vyšší celková hmotnost. U technologicky zpracovaných larev variant EX byl stanoven vyšší obsah hrubého proteinu a nižší podíl hrubého tuku v sušině než u larev variant OTR. Na konci chovného experimentu byl stanoven průkazný rozdíl mezi variantami larev v parametru a^* , kdy larvy varianty EX měly intenzivnější červené zbarvení. Technologickým zpracováním larvy obecně ztmavly a došlo k poklesu intenzity červeného i žlutého zbarvení. Odlišnosti v barevných parametrech jednotlivých variant závisely zejména na druhu krmné směsi larev a způsob usmrcení neměl statisticky významný vliv na parametry L^* , a^* a b^* , nicméně u larev varianty EX usmrcených varem byly hodnoty parametru b^* (intenzita žlutého odstínu) průkazně vyšší ($p < 0,05$).

PODĚKOVÁNÍ

Tento výzkum byl realizován za podpory IGA AF MENDELU: IGA24-AF-IP-050 „Kvalitativní parametry larev potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) pro využití v potravinářském průmyslu“.

LITERATURA

Brogan, E.; Park, Y. L.; Matak, K. E.; Jaczynski, J. (2021): Characterization of protein in cricket (*Acheta domestica*), locust (*Locusta migratoria*) and silk worm pupae (*Bombyx mori*) insect powders. *LWT*, 152. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112314>.

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 & Nutrition*, 9(8), 4408–4419. ISSN 2048-7177. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/fsn3.2414>.

Internetový portál bezpečnosti potravin (2023): Hmyz [online]. Ministerstvo zemědělství. [cit. 26-01-2025]. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/kategorie/potravin-y-noveho-typu/hmyz/>.

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: Mariod, A. A. (ed.). *African Edible Insects As Alternative Source of Food, Oil, Protein and Bioactive Components*. s. 123–139. ISBN 978-3-030-32952-5. Dostupné z: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-32952-5_16.

Kröncke, N.; Bösch, V.; Woyzuchowski, J.; Demtröder, S.; Benning, R. (2018): Comparison of suitable drying processes for mealworms (*Tenebrio molitor*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 50, 20–25. ISSN 1466-8564. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.10.009>.

Lee, J. H.; Kim, T.-K.; Jeong, C. H.; Yong, H. I.; Cha, J. Y.; Kim, B.-K.; Choi, Y.-S. (2021): Biological activity and processing technologies of edible insects: A review. *Food Science and Biotechnology*, 30(8), 1003–1023. ISSN 2092-6456. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10068-021-00942-8>.

Lenaerts, S.; Van Der Borgh, 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. ISSN 0308-8146. 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. ISSN 2349-2864. Dostupné z: <http://dx.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. ISSN 0887-8250. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/joss.12077>.

Meyer-Rochow, V.; Gahukar, R. T.; Ghosh, S.; Jung, Ch. (2021): Chemical Composition, Nutrient Quality and Acceptability of Edible Insects Are Affected by Speciae, Developmental Stage, Gender, Diet and Processing Method. *Foods*, 10(5), 1036. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods10051036>.

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. ISSN 2352-4588. Dostupné z: <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0008>.

Rumpold, B.; Schlüter, O. (2013): Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5). ISSN 1613-4133. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1002/mnfr.201200735>.

van Huis, A.; van Itterbeeck, J.; Klunder, H.; Mertens, E.; Halloran, A.; Muir, G.; Vantomme, P. (2013): Edible insects: future prospects for food and feed security. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. *FAO forestry paper*, 171. ISBN 978-92-5-107595-1.

Wessels, M. L. J.; Azzollini, D.; Fogliano, V. (2020): Frozen storage of lesser mealworm larvae (*Alphitobius diaperinus*) changes chemical properties and functionalities of the derived ingredients. *Food Chemistry*, 320. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126649>.

Yang, Z.; Liu, S.; Sun, Q.; Zheng, O.; Wei, S.; Xia, Q.; Ji, H.; Deng, Ch.; Hao, J.; Xu, J. (2022): Insight into muscle quality of golden pompano (*Trachinotus ovatus*) frozen with liquid nitrogen at different temperatures. *Food Chemistry*, 374. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131737>.

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

VÝVOJ V OBLASTI NAHRAZOVÁNÍ ŽIVOČIŠNÝCH BÍLKOVIN JINÝMI ZDROJI

TRENDS IN REPLACING ANIMAL PROTEIN WITH OTHER SOURCES

Šárka Horáčková¹

¹Ústav mléka, tuků a kosmetiky, Fakulta potravinářské a biochemické technologie, VŠCHT Praha,
Technická 3, 166 28 Praha 6 – Dejvice

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0055>



ABSTRAKT

V rámci programu Evropské proteinové strategie jsou uváděny jako náhradní zdroje bílkovin živočišného původu bílkoviny rostlinné, bílkoviny z řas a mikrořas, jedlý hmyz, produkty získané z tkáňových kultur či proteiny produkované mikroorganismy. V prezentaci budou shrnuty údaje o vývoji náhrad mléčných výrobků výrobky na rostlinné bázi a informace o tzv. hybridních výrobcích. Pozornost bude věnována poznatkům a vývoji v oblasti tzv. cílených fermentací za použití geneticky upravených mikroorganismů pro získání mléčných, masných či vaječných bílkovin včetně informací o současném stavu jejich výroby a použití pro potravinářský průmysl.

Klíčová slova: mléčné výrobky, rostlinné bílkoviny, GMO

ABSTRACT

Within the framework of the European Protein Strategy programme, plant-based proteins, proteins from algae and microalgae, edible insects, products obtained from tissue cultures or proteins produced by microorganisms are mentioned as substitute sources of animal proteins. The presentation will summarise data on the development of substitutes for dairy products with plant-based products and information on so-called hybrid products. Attention will be paid to knowledge and developments in the field of so-called targeted fermentations using genetically modified microorganisms to obtain dairy, meat or egg proteins, including information on the current state of their production and use for the food industry.

Keywords: dairy products, plant-based proteins, GMO

Kontaktní adresa: doc. Ing. Šárka Horáčková, CSc., Ústav mléka, tuků a kosmetiky, Fakulta potravinářské a biochemické technologie, VŠCHT Praha, Technická 3, 166 28 Praha 6 – Dejvice, e-mail: sarka.horackova@vscht.cz

VÝROČÍ NAROZENÍ, VÝZNAM A ODKAZ PROFESORA HOŠPESE
BIRTH ANNIVERSARY, SIGNIFICANCE AND LEGACY OF PROFESSOR HOŠPES

**Luděk Hřivna¹ – Miroslav Jůzl² – Jaroslav Čepl³ – Radim Cerkal² – Nikola Faltýnková⁴
Markéta Zachová⁴ – Martina Ťápalová⁴ – Miroslav Jůzl¹**

¹Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

² Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství, Agronomická fakulta,
MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

³Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s.r.o., Dobrovského 2366, 580 01 Havlíčkův Brod

⁴Univerzitní archiv, MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0056>



ABSTRAKT

Odborná veřejnost, a o to více její akademická součást, by si měla připomínat nejen obecná výročí významných událostí, ale zejména taková data a takové osobnosti, které se váží k ní samotné. Hlavním záměrem tohoto příspěvku je připomínat si na Ingrových dnech, a to i v dalších letech, významné osobnosti zemědělství a potravinářství. Profesor Bohumil Hošpes se narodil před 135 lety v Novém Městě na Moravě. Odborná veřejnost a studenti by si ho měli spojit s oblastí lihovarnictví a škrobárenství. Spolu s inženýrem Pecoldem získal profesor Hošpes patent na Hošpes-Pecoldovy váhy, které slouží k stanovení škrobnatosti brambor a jsou používány dodnes.

Klíčová slova: společnost, věda, brambory, škrobnatost, líh

ABSTRACT

The professional public, and even more so its academic part, should commemorate not only the general anniversaries of significant events, but especially such dates and such personalities that are connected to it itself. The main intention of this contribution is to commemorate significant personalities of agriculture and food industry on Ingr's Days, and also in future years. Professor Bohumil Hošpes was born 125 years ago in Nové Město na Moravě. The professional public and students should associate him with the field of distilling and starch production. Together with engineer Pecold, Professor Hošpes obtained a patent for the Hošpes-Pecold scales, which are used to determine the starch content of potatoes and are still used today.

Keywords: society, science, potatoes, starch content, alcohol

ÚVOD

Bohumil Hošpes se narodil v Novém Městě na Moravě (20. dubna 1890) do rodiny obchodníka s moukou. Po absolvování zdejší obecné a následně Vyšší reálné školy se rozhodl pro studium zemědělského odboru na dnešním Českém vysokém učení technickém, které úspěšně ukončil s vyznamenáním roku 1911 a získal tak inženýrský titul.

Již za dob studií pracoval u významných osobností své doby, profesorů Honla a Stoklasy nebo později v laboratořích prof. Ernesta a prof. Brdlíka, pozdějšího ministra zemědělství ČSR. V roce 1914 se mu podařilo získat i doktorát technických věd.

Před nástupem na akademickou půdu prošel dlouholetou pestrá praxí. Působil na několika státcích jako správce. První světová válka, které se aktivně zúčastnil, ho zavedla mimo jiné i do tehdejší Jugoslávie, kde po skončení války vybudoval výrobní závod Triglav Šmarca u Kamnika na kávu, těstoviny a marmeládu, ve kterém působil i jako jeho ředitel. Ve 20. letech 20. století nejprve pracoval jako konzultant Svazu družstevního průmyslu bramborářského v Praze pro družstevní lihovary, škrobárny, sušárny. Díky této funkci poznal téměř všechny škrobárny v zemi. Později zastával post generálního tajemníka Ústředního svazu pěstitelů zeměků (dnes Výzkumného ústavu bramborářského) v Havlíčkově Brodě a následně technického ředitele továrny Dextra (továrna na škrob, sirup a hroznový cukr).

Působení na Vysoké škole zemědělské v Brně

Na Vysokou školu zemědělskou v Brně, kde působil od roku 1933, si tedy přinášel mnoho zkušeností z praxe. Na školu nastoupil jako suplent nauky o zemědělské technologii. Později byl pověřen vedením Ústavu zemědělské technologie, kdy se stal po V. Vilíkovském a O. Kopeckém již třetím vedoucím tohoto ústavu od jeho založení v roce 1919. V roce 1934 byl jmenován mimořádným profesorem zemědělské technologie, v letech 1936-1937 a 1946-1947 zastával funkci děkana hospodářského odboru a v roce 1946 byl zároveň jmenován profesorem řádným. Činný na škole zůstal i za druhé světové války. Kvůli uzavření vysokých škol nemohl učit, ale nadále se alespoň věnoval vědecké činnosti. Navštěvoval škrobárny po celém protektorátě i Německu. Po osvobození se velmi zasloužil o znovuvybudování válkou poničeného Ústavu zemědělské technologie, jenž vedl až do odchodu do důchodu v roce 1961.

Vědecké zaměření

Zaměřením a celoživotním posláním prof. Hošpese se stala práce v oblasti lihovarnictví a škrobárenství. Jeho vědecká činnost byla vždy úzce spojena se zemědělskou praxí. V rámci svého pracovního života navštěvoval zemědělské podniky, především škrobárny a lihovary, jak doma, tak v zahraničí a získával cenné poznatky, z kterých vycházel při své vědecké činnosti. Věnoval se mimo jiné významu a budování kontroly v lihovarech a škrobárnách. Pro závody prováděl škrobárenskou kontrolu, pro výzkumné ústavy a šlechtitelské stanice zase technologické testy používané při šlechtění brambor. Spolu s Ing. Pecoldem získal patent na váhy (tzv. Hošpes-Pecoldovy), které slouží k stanovení škrobnatosti brambor a jsou používány dodnes. Prof. Hošpes byl nejen vynikajícím vědcem, ale i výborným pedagogem, jak nám dokládají archivní materiály. Velkou pozornost věnoval výchově svých asistentů, a tak předával své cenné zkušenosti dalším generacím.

prof. Dr. Ing. Bohumil Hošpes DrSc.

***20. 4. 1890 Nové Město na Moravě - †5.11. 1971 Brno**

- Profesor zemědělské technologie, přední odborník v oblasti lihovarnictví a škrobárenství.
- Absolvent Obecné školy v Novém Městě na Moravě v letech 1896-1900, poté Vyšší reálné školy v Novém Městě na Moravě v letech 1900-1907.
- Roku 1907 nastoupil ke studiu zemědělského odboru na České vysoké učení technické v Praze. První státní zkoušku složil 10. 7. 1909 s vyznamenáním, druhou státní zkoušku dne 26. 7. 1911 také s vyznamenáním.
- Doktorem technických věd promován 8. 7. 1914 (disertační práce "Příspěvek k metodám číselné kontroly zemědělského podniku").
- Před působením na VŠZ v Brně prošel řadou zaměstnání:
 - 1911-1912 správce dvora Rynholce,
 - 1912-1913 asistent prof. Brdlika na ČVUT v Praze,
 - 1913-1913 správa statku v Cholticích,
 - 1913-1918 správa statku Dolní Beřkovice,
 - 1919-1923 ředitel firmy Triglav Šmarca u Kamnika Jugoslávie, dnešní Slovinsko (zde také pomáhal vybudovat výrobní závod na kávu, těstoviny a marmeládu),
 - 1923-1928 konzultant Svazu družstevního průmyslu bramborářského v Praze,
 - 1928-1930 generální tajemník Ústředního svazu pěstitelů zemáků v Německém (nyní Havlíčkově) Brodě,
 - 1930-1933 technický ředitel továrny Dextra (továrna na škrob, sirup a hroznový cukr), škrobárna Německý (nyní Havlíčkův) Brod,
 - 1933-1934 inspektor technické revizní služby Svazu družstevního průmyslu bramborářského v Praze se sídlem v Třebíči.
- Od r. 1933 působil na Vysoké škole zemědělské v Brně jako suplent nauky o zemědělské technologii.
 - Od března r. 1933 byl pověřen vedením Ústavu zemědělské technologie.
 - V červenci 1934 jmenován mimořádným profesorem zemědělské technologie.
 - V letech 1936-1937 a 1946-1947 zastával funkci děkana hospodářského odboru.
 - Roku 1946 byl jmenován řádným profesorem (s účinností od r. 1939).
 - Od roku 1950 provizorním správcem Ústavu nauky o obecném a zemědělském strojnictví na VŠZ (prozatímním vedením pověřen už v létě 1939).
 - od r. 1950 také prozatímní správce Ústavu státního pro výzkum a zkoušení zemědělských strojů při VŠZ,
 - Ústav zemědělské technologie vedl až do roku 1960, kdy odešel do důchodu.
- Zemřel v 81 letech a je pochován na hřbitově v Uherském Hradišti.
- Měl dva bratry Josefa a Jindřicha.
- Měl 3 děti syny Jana a Jiřího a dceru Marii.
- Na Mendelově univerzitě v Brně studuje jeho prapravnuk Bc. Martin Vlach (pravnuke jeho syna Jana).

Obrázek 1: Resumé života a osobnosti pana profesora Hošpese

ZÁVĚR

Dnes na Agronomické fakultě Mendelovy univerzity v Brně studuje potomek pana profesora Hošpese. Ne náhodou k tomuto záměru přispělo naše setkání s ním na oslavách 105. výročí naší univerzity a Srazu absolventů. Rodina bakaláře Martina Vlacha zapůjčila archivu fotografie a další cenné dokumenty k doplnění a jejich archivaci. Po loňském připomenutí pana profesora Ivo Ingra, jako významného akademického pracovníka, vědce a osobnosti známé ve svém oboru, budeme každým rokem připomínat další jména a jejich význam nejen pro naši *alma mater*, ale i pro společnost, což je i jedním z úkolů univerzity v oblasti naplňování společenské relevance.

PODĚKOVÁNÍ

Děkujeme rodině Vlachových za zapůjčení materiálů a souhlas s jejich využitím.

Kontaktní adresa: doc. Ing. Miroslav Jůzl, Ph.D., Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno.

FORTIFIKOVANÉ POTRAVINY A POTENCIÁL ICH VYUŽITIA PRE KONZUMENTA 21. STOROČIA

FORTIFIED FOODS AND THEIR POTENTIAL FOR USE BY THE 21ST CENTURY CONSUMER

Eva Ivanišová^{1,2} – Ľuboš Harangozo¹ – Barbara Mickowska³ – Anna Kolesárová¹

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

²Potravinový inkubátor, Výskumné centrum AgroBioTech, Slovenská poľnohospodárska univerzita
v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra

³Department of Plant Product Technology and Nutrition Hygiene, University of Agriculture
in Krakow, Balicka 122, Krakow, Poland

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0060>



ABSTRAKT

Pridávanie bioaktívnych zložiek do potravín je výzvou, najmä z dôvodu interakcií medzi pridanou zlúčeninou a potravinovou matricou, ktoré spôsobujú zmeny v atribútoch kvality. Výsledkom je, že prijateľnosť obohatených potravín veľmi závisí na potravinovej matrici vybranej ako nosič bioaktívnych zložiek. V tomto kontexte, cereálne výrobky (cestoviny, sušienky, cereálne tyčinky), výrobky na báze strukovín, olejnin ale aj cukroviny ako čokoláda sú využívané ako adekvátne vehikulum na dodávanie aktívnych zlúčenín, napr. probiotík, rastlinných extraktov, hubových extraktov, vitamínov a pod. Tieto matrice už prirodzene obsahujú zdraviu prospešné látky, avšak prídavok, resp. obohatenie efektívne ich obsah navyšuje, pričom sa jedná hlavne o antioxidačné účinné zložky, ktoré ak sa konzumujú v primeranom množstve majú potenciál predchádzať rôznym chronickým a degeneratívnym ochoreniam. Pridanou hodnotou je aj dlhšia trvanlivosť a skladovateľnosť týchto výrobkov, pretože viaceré zložky s antioxidačným účinkom dokážu zvýšiť oxidačnú stabilitu, čím sa efektívne znižuje množstvo pridaných syntetických antioxidantov. Prídavok niektorých surovín môže dokonca znížiť alebo úplne nahradiť soľ, cukor a tuk, čo je všetko v súlade s najnovšími trendami, nakoľko Európska Únia sa zaviazala k prechodu na zdravšie potraviny. Prídavok liečivých rastlín, korenín, ovocia, či zeleniny, alternatívnych surovín (hmyz, potravinárske odpady, huby, kvety) efektívnym spôsobom vylepšuje nielen nutričné charakteristiky potravín, ale aj senzorické, nakoľko konzument 21. storočia rád vyhľadáva novú chuť a kategórie výrobkov. Vývoj obohatených potravín pre potravinárske spoločnosti, dokáže zvýšiť sortiment výrobkov, konkurencie-schopnosť, možnosť využitia lokálnych surovín, alternatívnych surovín, čo je v súlade s cirkulárnou ekonomikou a zelenou politikou (znižovanie uhlíkovej stopy).

Kľúčové slová: inovatívne potraviny, udržateľnosť, alternatívne suroviny, nutričná hodnota

ABSTRACT

Adding bioactive ingredients to foods is challenging, especially due to interactions between the added compound and the food matrix, which cause changes in quality attributes. As a result, the acceptability of fortified foods depends heavily on the food matrix chosen as a carrier for the bioactive ingredients. In this context, cereal products (pasta, biscuits, cereal bars), products based on legumes, oilseeds, but also confectionery such as chocolate are used as adequate vehicles for delivering active compounds, e.g. probiotics, plant extracts, mushroom extracts, vitamins, etc. These matrices already naturally contain health-beneficial substances, but the addition or Enrichment effectively increases their content, mainly antioxidant active ingredients, which, if consumed in adequate quantities, have the potential to prevent various chronic and degenerative diseases. The added value is also the longer shelf life and shelf life of these products, because several ingredients with antioxidant effects can increase oxidative stability, effectively reducing the amount of added synthetic antioxidants. The addition of some ingredients can even reduce or completely replace salt, sugar and fat, which is all in line with the latest trends, as the European Union is committed to switching to healthier foods. The addition of medicinal plants, spices, fruits or vegetables, alternative raw materials (insects, food waste, mushrooms, flowers) effectively improves not only the nutritional characteristics of foods, but also the sensory ones, as the 21st century consumer likes to search for new tastes and product categories. The development of fortified foods for food companies can increase the range of products, competitiveness, the possibility of using local raw materials, alternative raw materials, which is in line with the circular economy and green policy (reducing the carbon footprint).

Keywords: innovative foods, sustainability, alternative raw materials, nutritional value

ÚVOD

Pravidelná konzumácia potravy zohráva kľúčovú úlohu v ľudskom prežití a normálnom fungovaní telesných orgánov tým, že poskytuje základné nutričné zložky. Obilniny sú najbežnejšou základnou potravinou na celom svete a za najbežnejšie sa pokladajú pšenica, ryža, jačmeň, raž, ovos, kukurica, proso a cirok. Cereálne plodiny sú najrozšírenejšou komoditou na planéte; podľa FAO za rok 2023 bola celosvetová produkcia obilnín 2 847 000 000 ton. Skutočnosť, že produkcia obilnín je nevyhnutná pre globálnu potravinovú bezpečnosť, zvyšuje význam obilnín a výrobkov na báze obilnín. Výživová hodnota alebo užitočnosť akejkoľvek cereálie ako ľudskej potravy je väčšinou určená množstvom a kvalitou bielkovín. Funkčnosť obilnín závisí najmä od genetického zloženia a vplyvu environmentálnych faktorov na ich hlavné zložky – sacharidy, bielkoviny, tuky, vitamíny, minerálne látky a fytochemikálie (Goyal, Kaur a Kaur, 2021). Celozrnné obilniny sú bohatým zdrojom fenolových zlúčenín, ako sú kyselina ferulová, antokyandíny, chinín, flavonoly, chalkóny, flavóny, flavanóny a pod. Bioaktívny potenciál fytochemikálií je spojovaný so zníženým výskytom chronických ochorení, vrátane cukrovky 2. typu, kardiovaskulárnych ochorení, obezity a rakoviny. Avšak niektoré obilniny môžu byť chudobné na obsah určitej zložky, zatiaľ čo v obsahu iných sú bohaté (Bachra et al., 2021). Tento problém rieši obohacovanie výrobkov na báze obilnín o zdraviu prospešné suroviny/látky.

Záujem spotrebiteľov o konzumáciu zdraviu prospešných potravín sa zvyšuje a potravinársky priemysel vyvíja nové produkty, ktoré sú zdravšie a diverzifikovanejšie. Medzi rôznymi právnymi predpismi a definíciami funkčných/obohatených potravín je spoločným menovateľom to, že ide o potraviny, ktoré sú schopné poskytnúť priaznivé účinky nad rámec poskytovania živín. Nie sú to lieky a mali by byť neoddeliteľnou súčasťou stravovacích návykov obyvateľstva. Pekárske, pečivárenské výrobky a cestoviny sú základnou potravinou v mnohých častiach sveta a predstavujú ideálnu matricu, ktorá sa môže funkcionalizovať (Baniwal et al., 2021). Cieľom práce bolo zhodnotiť fortifikované cestoviny s prídavkom 1, 3 a 5 % zeleného jačmeňa pred a po uvarení ako modelovú cereálnu potravinu, nakoľko cestoviny predstavujú optimálnu matricu na fortifikovanie, a tým zvýšenie ich nutričnej hodnoty.

MATERIÁL A METODIKA

Materiál

Suroviny na prípravu fortifikovaných cestovín (polohrubá múka, vajcia, soľ, sóda bikarbóna, organický zelený jačmeň) boli zakúpené v obchodnej sieti.

Technologický postup prípravy cestovín obohatených o zelený jačmeň

Vzorky cestovín boli vyrobené pomocou nízkotlakového extrudéra (Gina, Taliansko) určeného na výrobu cestovín. V extrudéri sa rotačnými lopatkami miešalo 500 g polohrubej pšeničnej múky s práškom zo zeleného jačmeňa (1, 3 a 5 %), jedným vajcom (60 g), soľou (7 g) a pitnou vodou pri teplote 25 °C počas 20 minút, aby sa získalo cesto s obsahom vlhkosti 30 %. Rýchlosť závitovky bola 50 ot./min., vytlačací tlak bol približne 3,4 baru a teplota cestoviny po extrúzii bola 27 °C až 28 °C. Cestoviny sa následne sušili v sušiackej komore (8 hodín pri 40 °C) na konečný obsah vlhkosti približne 12,5 %. Celkovo boli vyrobené 4 varianty cestovín, každá v troch opakovaniach a jednalo sa o kontrolnú vzorku bez prídavku, vzorku s 1 % prídavkom zeleného jačmeňa (5 g), 3 % prídavkom (15 g) a 5 % prídavkom (25 g). Všetky varianty boli vyrobené v troch opakovaniach. Pred analýzami boli vzorky zhomogenizované na častice o veľkosti 0,5 mm (IKA MultiDrive basic, Nemecko).

Antioxidačná aktivita, celkový obsah polyfenolov, flavonoidov a chlorofylu

Antioxidačná aktivita bola stanovená použitím DPPH metódy ktorú opísali autori Yen a Chen, (1995) a vyjadrená ako ekvivalent troloxu v mg/g vzorky ($R^2=0,9829$). Celkový obsah polyfenolov bol stanovený použitím Folin-Ciocalteu činidla a vyjadrený na základe kalibračnej krivky kyseliny galovej v mg GAE/g ($R^2 = 0,9978$) (Singleton a Rossi, 1965). Na analýzu celkových flavonoidov bola použitá spektrofotometrická metóda s využitím chloridu hlinitého a celkový obsah flavonoidov bol vyjadrený na základe kalibračnej krivky kvercetínu (ekvivalent kvercetínu) v mg QE/g ($R^2 = 0,9977$) (Willett, 2002). Množstvo chlorofylu po extrakcii organickými rozpúšťadlami bolo stanovené spektrofotometricky pri vlnových dĺžkach 663 a 664 nm. Koncentrácia chlorofylových farbív bola vyjadrený v mg/g (Lichtenthaler a Wellbum, 1983).

Senzorická analýza

Senzorické vlastnosti pripravených cestovín hodnotilo 20 hodnotiteľov, 10 žien a 10 mužov vo veku od 25 do 60 rokov. Použitím 9-bodovej hedonickej stupnice (v rozsahu od 9 do 1) sa vyhodnocovali produkty podľa celkovej chuti, celkového vzhľadu, vône, dochuti a celkovej prijateľnosti, pričom všetky parametre porovnávali s kontrolnou vzorkou (vzorka bez prídavku).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledky stanovenia antioxidačnej aktivity, celkových polyfenolov, flavonoidov a chlorofylu

Najvyššia aktivita (Tab. 1) v surových obohatených cestovinách bola zistená v cestovinách s prídavkom 5 % zeleného jačmeňa. Výsledky boli porovnané s kontrolnou vzorkou bez prídavku, v ktorej bola zistená najnižšia aktivita. Pripravené surové cestoviny sa uvarili a po tomto procese sa zistila aj antioxidačná aktivita. Antioxidačná aktivita cestovín po uvarení poklesla, čo nebolo prekvapujúce, pretože vysoká teplota znižuje množstvo biologicky aktívnych látok. Ale aj po varení obohatené cestoviny vykazovali vyššiu aktivitu v porovnaní s kontrolnou vzorkou. Boroski et al., (2011) stanovili antioxidačnú aktivitu cestovín obohatených 5% prídavkom pamajoránu a 5% prídavkom mrkvových listov a zistili lepšiu aktivitu v porovnaní s kontrolnou vzorkou bez prídavku. Navyše bol v týchto cestovinách zistený tiež vyšší obsah kyseliny *alfa*-linolénovej.

Tabuľka 1: Antioxidačná aktivita obohatených cestovín pred a po uvarení

Vzorka	DPPH [mg TEAC/g]	DPPH [mg TEAC/g]
	Pred uvarením	Po uvarení
Kontrola	1,17 ±0,47 ^c	0,83 ±0,06 ^c
1% prídavok ZJ	1,51 ±0,07 ^b	1,31 ±0,07 ^b
3% prídavok ZJ	1,52 ±0,07 ^b	1,40 ±0,03 ^b
5% prídavok ZJ	1,81 ±0,12 ^a	1,59 ±0,04 ^a

TEAC – Trolox ekvivalent antioxidačná kapacita; priemer ± smerodajná odchýlka; ZJ – zelený jačmeň; DPPH – 2,2 difenyl-1-picrylhydrazyl; písmená v riadkoch označujú stredné hodnoty, ktoré sa navzájom štatisticky líšia

Celkový obsah polyfenolov v surových a varených cestovinách bol najvyšší v cestovinách s prídavkom 5 % zeleného jačmeňa. Najnižší obsah (Tab. 2) bol zistený v kontrolnej vzorke. Po uvarení sa obsah znížil podobne ako antioxidačná aktivita, ale obohatené cestoviny stále vykazovali lepšiu aktivitu s kontrolnou vzorkou, v ktorej boli tieto zlúčeniny len v malom množstve. Cestoviny počas varu prechádzajú len krátkodobou tepelnou úpravou, ktorá nakoľko sa varí od 5 do 10 minút nezničí bioaktívne látky v takej miere ako napríklad pečenie. To je dôvod, prečo aj po uvarení v cestovinách bola nameraná nielen antioxidačná aktivita, ale aj polyfenoly. Výsledky poukázali, že čím vyšší prídavok, tým aj vyšší obsah biokatívnych látok v cestovinách nielen pred uvarením, ale aj po uvarení. Obohatené cestoviny môžu byť z tohto dôvodu atraktívne pre konzumenta, hlavne takého, ktorá dbá o zdravý životný štýl. Najlepšia hodnota v cestovinách zo zeleného jačmeňa 5 % je pravdepodobne spôsobená vyšším množstvom fenolových antioxidantov, ako sú deriváty kyseliny fenolovej, proantokyanidíny, chinóny a flavonoidy.

Celkový obsah flavonoidov (Tab. 2) v obohatených cestovinách sa pohyboval od 0,05 do 0,41 µg QE/g, pričom najlepšie výsledky boli zaznamenané v cestovinách s prídavkom 5 % zeleného jačmeňa. V kontrolných

surových cestovinách nebola zistená prítomnosť týchto zlúčenín. Po varení množstvo flavonoidov rýchlo klesá, čo môže naznačovať, že flavonoidy sú citlivé zlúčeniny. Úloha flavonoidov v ľudskom zdraví je podporená ich schopnosťou indukovať ľudské ochranné enzýmové systémy a existuje množstvo epidemiologických štúdií potvrdzujúcich ochranné účinky proti kardiovaskulárnym ochoreniam, rakovine a iným ochoreniam súvisiacim s vekom (Safe et al., 2021).

Cestoviny pripravené s prídavkom zeleného jačmeňa (Tab. 2) vykazovali nielen lepšiu antioxidačnú aktivitu, ale aj obohatenie o chlorofyl v porovnaní s kontrolnou vzorkou bez prídavku. Vyššie hodnoty tohto prírodného farbiva boli zistené v cestovinách s 5% prídavkom – surové a varené. Chlorofyl zo zeleného jačmeňa mal pozitívny vplyv aj na farbu cestovín, čo spotrebitelia hodnotili v senzorickom hodnotení (Obr. 1) pozitívne, pretože v súčasnosti môžeme pozorovať veľký záujem o potraviny pripravované s prírodnými farbivami.

Tabuľka 2: Celkový obsah polyfenolov, flavonoidov a chlorofylu pred a po uvarení

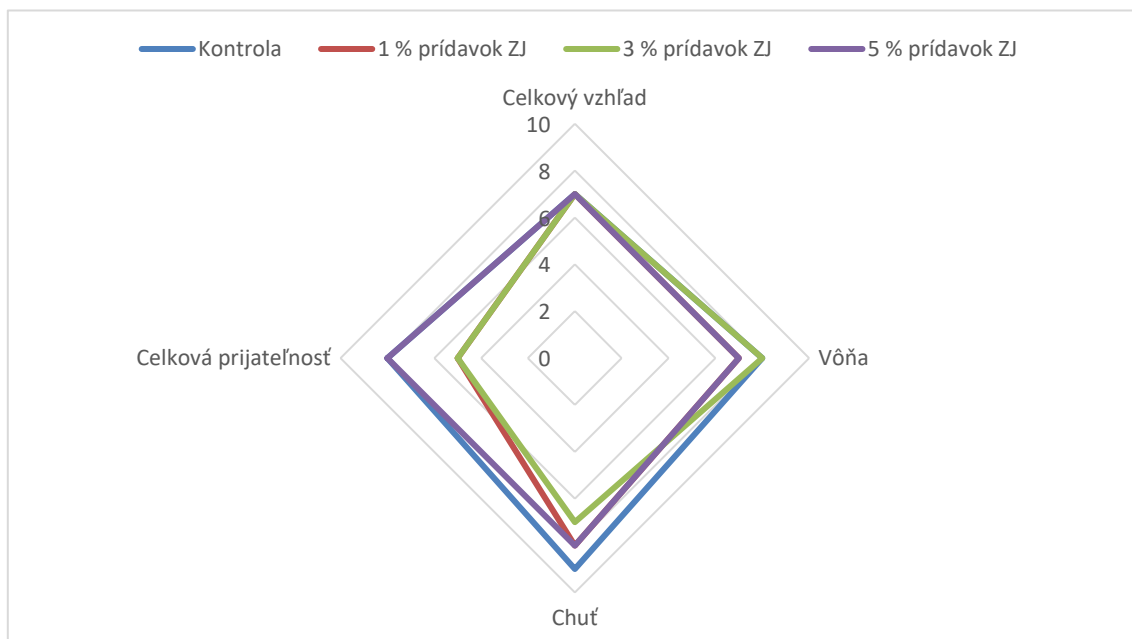
Vzorka	TPC [mg GAE/g]		TFC [μ g QE/g]		Chlorofyl [mg/g]	
	Pred uvarením	Po uvarení	Pred uvarením	Po uvarení	Pred uvarením	Po uvarení
Kontrola	0,19 $\pm$ 0,01 ^{dA}	0,11 $\pm$ 0,02 ^{dB}	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
1% prídavok ZJ	0,47 $\pm$ 0,02 ^{cA}	0,41 $\pm$ 0,01 ^{cB}	0,05 $\pm$ 0,001 ^{cA}	0,01 $\pm$ 0,001 ^{cB}	4,29 $\pm$ 0,25 ^{cA}	0,61 $\pm$ 0,01 ^{bB}
3% prídavok ZJ	0,61 $\pm$ 0,02 ^{bA}	0,49 $\pm$ 0,01 ^{bB}	0,19 $\pm$ 0,02 ^{bA}	0,16 $\pm$ 0,01 ^{bA}	9,48 $\pm$ 0,01 ^{bA}	0,64 $\pm$ 0,01 ^{bB}
5% prídavok ZJ	1,09 $\pm$ 0,01 ^{aA}	0,73 $\pm$ 0,02 ^{aB}	0,41 $\pm$ 0,03 ^{aA}	0,29 $\pm$ 0,02 ^{aB}	10,54 $\pm$ 0,01 ^{aA}	0,71 $\pm$ 0,03 ^{aB}

GAE– ekvivalent kyseliny galovej; QE – ekvivalent kvercetínu; priemer $\pm$ smerodajná odchýlka; ZJ – zelený jačmeň; TPC – celkový obsah polyfenolov; TFC – celkový obsah flavonoidov; n.d. – pod detekčným limitom; rôzne malé písmená (a,b,c,d) v tom istom stĺpci znamenajú významné rozdiely ($p < 0,05$) medzi vzorkami (kontrola, 1 % ZJ, 3 % ZJ alebo 5 % ZJ) a rôznymi veľkými písmenami (A, B) v rovnakom riadku znamená významné rozdiely ($p < 0,05$) medzi použitým procesom (pred a po uvarení)

Výsledky senzorického hodnotenia

Všetky vzorky pripravených cestovín boli celkovo veľmi dobre akceptovateľné hodnotiteľmi. Z 1 %, 3 % a 5 % boli najlepšie hodnotené cestoviny obohatené o prášok zeleného jačmeňa (Obr. 1, Obr. 2) s 1% prídavkom, ktorý bol pre hodnotiteľov atraktívny z hľadiska chuti, vône a celkovej prijateľnosti. Aj 3% prídavok bol hodnotený pozitívne, avšak niektorí hodnotitelia uviedli, že v tomto variante bolo cítiť neprijemnú trávnatú pachuť, podobne ako v 5% variante, v ktorom táto trávnatá pachuť bola vnímaná už negatívne. Biologická aktivita bola najlepšia v cestovinách s 5% prídavkom zeleného jačmeňa, ale pre potravinársky priemysel odporúčame podľa našich výsledkov maximálne percento pridania 3 %, pretože vyššie percento pridania nepríjemne ovplyvňuje vôňu a chuť. V práci Koli et al., (2022) pridanie spiruliny do cestovín viedlo k rozvoju jasnej zelenej farby, ktorá zlepšila ich vzhľad. Priemerné celkové skóre prijateľnosti bolo najvyššie pre kontrolné cestoviny (7,91 b), po ktorých nasledovali cestoviny s 12,5% prídavkom spiruliny (7,56 b). Okrem toho sa v ich práci zistilo, že vzhľad, farba a vôňa cestovín obohatených o spirulinu boli lepšie ako v kontrolnej vzorke. Čo sa týka farby, vzhľadu a chuti, cestoviny so spirulinou boli

hodnotený vysoko (7,81 b, 7,82 b a 7,48 b). Ďalej zámer kúpy cestovín bol vysoký (približne 8,13 b), z čoho vyplýva, že hodnotitelia by „pravdepodobne kúpili“ hodnotené produkty, ak by boli ponúkané na trhu.



Obrázok 1: Výsledky senzorickeho hodnotenia cestovín s prídavkom zeleného jačmeňa (ZJ) (suma všetkých hodnotiteľov)



Obrázok 2: Cestoviny s prídavkom zeleného jačmeňa – po výrobe, sušené, pred uvarením (zľava doprava: kontrola, 1 % prídavok, 3 % prídavok a 5 % prídavok) (zdroj: autor)

ZÁVER

Obohatené potraviny sú produkty, ktoré obsahujú pridanú hodnotu v podobe zvýšenej nutričnej ale aj senzorickej kvality. Tento proces je nevyhnutný, pretože proces spracovania potravín môžu znížiť obsah bioaktívnych látok a niektorých esenciálnych vitamínov a minerálnych látok, čo vedie k nedostatku živín v populácii. V 21. storočí, kde pohodlie často prevažuje nad nutričnou hodnotou, zohrávajú obohatené potraviny kľúčovú úlohu pri pomoci spotrebiteľom naplniť ich stravovacie potreby. Integrácia prášku zo zeleného jačmeňa do cestovinových výrobkov priniesla v tejto práci nielen zvýšenú nutričnú hodnotu, ale aj potenciálne zdravotné výhody, čo je dôležité v súčasnej dobe, keď sa konzumácia cestovín stáva čoraz populárnejšou. Cestoviny obohatené o zelený jačmeň obsahovali vyššie hladiny polyfenolov, flavonoidov a chlorofylu v porovnaní s cestovinami bez prídavku. Tieto fytochemikálie sú známe svojou antioxidačnou aktivitou a schopnosťou prispievať k ochrane buniek pred oxidačným stresom. Aj keď var cestovín spôsobil

mierny pokles obsahu niektorých týchto zložiek, výhody konzumácie takýchto zdravých cestovín prevažujú nad touto stratou, ktorá nie je taká výrazná, ako pri iných tepelných úpravách (dlhodobý var, pečenie, smaženia), nakoľko cestoviny sú akousi polokonzervou a na prípravu vyžadujú krátky čas. Po zohľadnení senzorických ukazovateľov kvality je možné odporučiť pre cestovinársky priemysel prídavok 3 %, s tým, že sú možné aj vyššie prídavky 5 príp. 7 %, avšak tieto môžu byť atraktívne hlavne pre konzumentov, ktorí vyhľadávajú zdravotné benefity a prípadné senzorické atribúty ako farba, dochuť a trávnaté vône im neprekážajú.

POĎAKOVANIE

Práca vznikla s podporou projektu Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336 (50 %) a tiež s podporou International Visegrad Fund (52410060).

LITERATÚRA

- Goyal, M. R., Kaur, K., Kaur, J. (2021): Cereals and Cereal-Based Foods. CRC Press: Kanada. ISBN 978-1-77188-944-5. 340 s. doi: 10.1201/9781003081975
- Bachra, Y., Grouli, A., Damiri, F., Bennamara, A., Berrada, M. (2020): A new approach for assessing the absorption of disposable baby diapers and superabsorbent polymers: A comparative study. Results in Materials, 8, 100156. <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2020.100156>
- Yen, G. C., Chen, H. Y. (1995): Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. Journal of Agricultural Food Chemistry, 43, 27–32.
- Singleton, V. L., Rossi, J. A. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 6, 144–158.
- Willet, W. C. (2002): Balancing lifestyle and genomic research for disease prevention. Science, 292, 695–698. <https://doi.org/10.1126/science.1071055>
- Lichtenthaler, H. L., Wellburn, A. R. (1983): Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society Transactions, 2, 591–592.
- Boroski, M., Carolina De Aguiar, A., Boening, J. S., Rotta, E. M., Wibby, C. L., Bonafe, E. G., Souza, N. E., Visentainer, J. U. (2011): Enhancement of pasta antioxidant activity with oregano and carrot leaf. Food Chemistry, 125, 696–670. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.09.068>
- Safe, S., Jayaraman, A., Chapkin, R. S., Howard, M., Mohankumar, M., Shrestha, R. (2021): Flavonoids: structure–function and mechanisms of action and opportunities for drug development. Toxicology Research, 37, 147–162. <https://doi.org/10.1007/s43188-020-00080-z>
- Koli, D. K., Rudra, S. G., Bhowmik, A., Pabbi, S. (2022): Nutritional, Functional, Textural and Sensory Evaluation of Spirulina Enriched Green Pasta: A Potential Dietary and Health Supplement. Foods, 11, 1–18. <https://doi.org/10.3390/foods11070979>

Kontaktná adresa: Ing. Eva Ivanišová, PhD., Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 919 76 Nitra, e-mail:eva.ivanisova@uniag.sk

VYUŽITÍ PLODŮ BEZU ČERNÉHO (*SAMBUCUS NIGRA* L.) PŘI OBOHACOVÁNÍ JOGURTŮ

THE USE OF ELDERBERRIES (*SAMBUCUS NIGRA* L.) IN YOGURT ENRICHMENT

Simona Janoušek Honesová¹ – Eva Dadáková² – Sára Brožíková¹ – Tereza Janů¹ – Eva Baldíková¹
Lucie Hasoňová¹ – Thi Thu Hang Vo¹ – Pavla Moudrá³ – Eva Samková¹

¹Katedra potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů, Fakulta zemědělská a technologická, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Studentská 1668, 370 05 České Budějovice

²Katedra aplikované chemie, Fakulta zemědělská a technologická, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Studentská 1668, 370 05 České Budějovice

³Ústav laboratorní diagnostiky a veřejného zdraví, Zdravotně sociální fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, J. Boreckého 1167/27, 370 11 České Budějovice

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0068>



ABSTRAKT

Cílem práce bylo ověřit využití plodů bezu černého (*Sambucus nigra* L.) při obohacování jogurtů. Pro tento účel byly vyrobeny jogurty s 10% přídatkem sušeného odstředěného mléka a tři druhy džemu (bezinky+jahody (BJ), bezinky+borůvky (BB), bezinky+černý rybíz (BR); v poměru 1:1), které byly do jogurtů přidány v množství 10 %. Ve vzorcích džemů byly stanoveny obsahy vitamínu C, celkových monomerních anthokyanů, celkových polyfenolů (TPC) a antioxidační aktivita s využitím metody DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). Ve vzorcích jogurtů bylo stanoveno TPC a DPPH. Bylo zjištěno, že džem BR měl v porovnání s džemy BJ a BB vyšší obsahy vitamínu C a TPC a zároveň vyšší hodnoty DPPH. V porovnání s bílým jogurtem se TPC a DPPH zvýšilo ve všech testovaných jogurtech. Z výsledků vyplývá, že plody bezu černého lze využít ke zvýšení antioxidačních parametrů jogurtů.

Klíčová slova: jogurt; džem; biologicky aktivní látky; bez černý; rybíz černý; jahody; borůvky

ABSTRACT

The aim of the work was to verify the use of elderberry (*Sambucus nigra* L.) in the enrichment of yogurts. For this purpose, yogurts with a 10% addition of skimmed milk powder and three types of jam (elderberry+strawberry (ES), elderberry+blueberry (EB), elderberry+blackcurrant (EC) in a ratio of 1:1) were produced. The addition of jams to yogurts was 10%. The contents of L-ascorbic acid (AA), total monomeric anthocyanins, total polyphenols (TPC), and antioxidant activity using the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) method were determined in the jam samples. TPC and DPPH were determined in the yogurt samples. It was found that EC jam had higher AA and TPC contents and higher DPPH values than ES and EB. Compared to white yogurt, TPC and DPPH increased in all tested fruit yogurts. The results indicated that elderberry can be used to increase the antioxidant properties of yogurt.

Keywords: yogurt; jam; biologically active substances; elderberry; blackcurrant; strawberry; blueberry

ÚVOD

Mléko a mléčné výrobky poskytují konzumentům řadu klíčových živin. Jejich nízká konzumace během dospívání může způsobit nedostatečný příjem vápníku, hořčíku a jódu a negativně ovlivnit vývoj a pevnost kostí. Konzumace mléčných výrobků, zejména jogurtů, je doporučována rovněž v dospělosti a u starších osob jako prevence nebo ke zmírnění dysfunkcí způsobených chronickými civilizačními chorobami (Gahruie et al., 2015). Z nutričního hlediska jsou jogurty jako fermentované mléčné výrobky dobře stravitelné, a jsou vynikajícím zdrojem esenciálních aminokyselin, minerálních látek (vápník, hořčík, zinek) a vitaminů (vitaminy skupiny B, D). Kromě toho obsahují symbiotickou směs *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* podporující střevní mikrobiotu (Freitas, 2017; García-Burgos et al., 2020). Množství životaschopných mikroorganismů v jogurtu (10^7 v 1 g) je dané vyhláškou č. 397/2016, o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. Uvedená tzv. jogurtová kultura může být doplněna o další prospěšné mikroorganismy, z nichž nejčastěji jsou využívány probiotické bakterie rodu *Bifidobacterium* (Prasanna et al., 2014).

Jogurty patří k nejoblíbenějším mléčným výrobkům, o čemž svědčí i skutečnost, že jejich spotřeba se každoročně zvyšuje a tento trend lze i nadále očekávat (Statista, 2024). V České republice se spotřeba jogurtů dlouhodobě pohybuje na úrovni okolo 10 kg/osobu/rok (Kopáček, 2023). Zvýšený zájem spotřebitelů o jogurty je dán i širokou nabídkou v tržní síti, ovlivněnou především neustálými inovacemi v tomto odvětví. Obohacování jogurtů o další živiny, biologicky aktivní látky nebo různé přísady může být současně důležitým procesem pro další zvyšování jejich kvality (Amal et al., 2016; Keršiene et al., 2020; Wajs et al., 2023). Tradičním způsobem obohacování je zvyšování obsahu bílkovin (odebráním syrovátky, přidavkem sušeného odstředěného mléka) či přidání ovocné složky (džemy, želé, sušené ovoce) (de Souza et al., 2021; Gomaa et al., 2021; Ahmad et al., 2022; Wajs et al., 2023). Přidávaný ovocný podíl je často bohatý na látky s antioxidačními účinky, jako je vitamin C nebo polyfenoly, navíc obsahuje vlákninu, která má příznivé účinky na zdraví konzumentů (Gahruie et al., 2015; Chima et al., 2022). Ovocná složka kromě toho pozitivně ovlivňuje fyzikálně-chemické a organoleptické vlastnosti jogurtů, což se příznivě projevuje v jejich lepší přijatelnosti konzumenty (Wajs et al., 2023; Janoušek Honesová et al., 2024).

Obsah antioxidantů v ovocné složce se výrazně liší v závislosti na druhu ovoce, odrůdě nebo zpracování (Pellegrini et al., 2003; Djordjević et al., 2013). Plody bezu černého (bezinky) patří k méně obvyklým druhům ovoce, které je charakteristické vysokým obsahem antokyanů (zejména kyanidin 3-sambubiosid-5-glukosid a kyanidin 3-glukosid), derivátů kvercetinů jako je např. rutin (kvercetin-3-rutinosid) (Veberic et al., 2009), ale také příznivým zastoupením minerálních látek (Diviš et al., 2015). Toto složení splňuje předpoklady pro širší využití bezinek v potravinářském průmyslu, a to i při obohacování jogurtů (Najgebauer-Lejko et al., 2021; Janoušek Honesová et al., 2024).

Cílem práce bylo posoudit antioxidační vlastnosti džemů z bezinek vyrobených v kombinaci s rybízem černým, jahodou a borůvkou a jogurtů obohacených touto složkou.

MATERIÁL A METODIKA

Materiál

Jogurty byly vyrobeny ve společnosti AGRO-LA, spol. s.r.o. v Jindřichově Hradci z nestandardizovaného pasterovaného homogenizovaného mléka s přidavkem 10 % sušeného odstředěného mléka (SOM). Po pasteraci (90 °C, 5 min) bylo mléko inokulováno kulturami Christian Hansen (Novonesis): YC-X11 a FreshQ®4. Inokulované mléko bylo plněno do skleněných obalů v množství 180 g a fermentováno ve zracích skříních (33 °C, 12 hod). Po fermentaci byly jogurty zchlazeny na teplotu cca 5 °C a převezeny na Fakultu zemědělskou a technologickou Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (FZT JU), kde byly obohacovány džemy (přídavek 20 g (10 %) džemu) a dále analyzovány. Chemické složení, počet bakterií jogurtové kultury a antioxidační aktivita bílých jogurtů je uvedena v tabulce 1.

Tabulka 1: Chemické složení a počet mikroorganismů jogurtové kultury u bílých jogurtů použitých pro obohacování

Ukazatel	$\bar{x}$	s_x
Bílkoviny (g/100 g)	5,27	0,19
Tuk (g/100 g)	3,01	0,16
Sušina (g/100 g)	17,3	0,56
Celkový počet mikroorganismů jogurtové kultury (log)	9,03	0,06

Pro ovocnou složku (džem) byly použity bezinky, černý rybíz, jahody a borůvky. Bezinky byly získány na Bezové farmě Křížov, ostatní ovoce bylo zakoupeno v tržní síti. Před přípravou džemu bylo ovoce skladováno při teplotě –18 °C. Džemy byly připraveny podle postupu uvedeného v publikaci Janoušek Honesová et al. (2024). Vyrobené džemy byly skladovány při 6±1 °C.

Analýzy jogurtů a džemů

Ze složení byl u bílých jogurtů stanoven obsah tuku acidobutyrometrickou metodou, obsah bílkovin metodou dle Kjeldahla, obsah sušiny metodou sušení s pískem do konstantní hmotnosti při 102±2 °C (Cvak et al., 1992). Stanovení celkového počtu jogurtových bakterií (*Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) bylo provedeno kultivační metodou dle ČSN ISO 7889.

U obou druhů jogurtů (bílých a ovocných) a u džemů byly stanoveny spektrofotometricky (UV-Vis spektrofotometr Genesys 180, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, Massachusetts, USA) následující parametry: celkový obsah polyfenolů (TPC) a antioxidační aktivita pomocí metody DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). Příprava extraktů pro stanovení TPC a DPPH spočívala v extrakci jednoho gramu materiálu (jogurtu, džemu či jejich směsi) v 10 ml 80% etanolu (absolutní p.a.) po dobu 23 hod. Poté byl extrakt vložen na 60 min do ultrazvukové lázně (Argolab AU-32, Carpi, Itálie) a následně odstředěn při 3 000 g/15 min/20 °C (Hettich Universal 320 R, Andreas Hettich GmbH, Tuttlingen, Německo). Eluát byl převeden do 1,5 ml zkumavky typu Eppendorf a uchováván v mrazničce při –20 °C.

TPC: Ke stanovení byla použita modifikovaná Folin–Ciocâlteuova metoda dle Lachmana et al. (1998). K 990 µl destilované vody bylo přidáno 10 µl extraktu, 50 µl Folin–Ciocâlteuova roztoku a 150 µl 20%

uhličitanu sodného. Reakční směs byla důkladně promíchána a inkubována ve tmě (2 hod/20 °C). Vzorky byly měřeny při vlnové délce 765 nm proti blanku (slepému vzorku) = destilovaná voda a výsledky vyjádřeny jako ekvivalenty gallové kyseliny (mg GAE) na 100 g čerstvého materiálu.

DPPH: Zásobní roztok DPPH radikálu byl připraven rozpuštěním 25 mg DPPH ve 100 ml metanolu. Pracovní roztok DPPH vznikl úpravou metanolu radikálem DPPH na absorbanci $0,8 \pm 0,02$ při 515 nm. K 975 μ l upraveného radikálu bylo přidáno 25 μ l extraktu a úbytek absorbance byl měřen po 30 min inkubace ve tmě (blank = metanol). Výsledky byly vyjádřeny v mg troloxu (TE) na 100 g čerstvého materiálu.

Ve vyrobených džemech byl stanoven rovněž obsah vitamínu C a celkových monomerních anthokyanů.

Metodika stanovení vitamínu C vycházela z publikace Begum a Harikrishna (2010) a byla částečně modifikována. Obsah byl určen po chromatografické separaci vzorku s využitím kapalinového chromatografu Agilent 1200 Series Rapid Resolution LC System (Agilent Technologies, Inc. Santa Clara, CA, USA) na koloně Zorbax SB-C8 (4,6×150 mm, zrnitost 5 μ m) od stejné firmy. Vzorek byl extrahován činidlem se složením 0,02 M šťavelové kyseliny a 0,5 mM EDTA (ethylendiaminotetraoctová kyselina). Jako mobilní fáze byl použit roztok 0,02 M šťavelové kyseliny. Nastříkováno bylo 5 μ l vzorku, průtok mobilní fáze byl 1 ml/min a teplota kolony při analýze byla udržována na 25 °C. Absorbance vzorku se odečítala při vlnové délce 254 nm. Kvantifikace byla provedena pomocí standardu vitamínu C v pracovním rozsahu 5-500 mg/kg čerstvého materiálu.

Celkový obsah monomerních anthokyanů byl hodnocen spektrofotometricky podle Českého lékopisu (2017). Stanovení spočívalo v extrakci barviv ze vzorku methanolem a fotometrickém určení absorbance získaného extraktu naředěného okyseleným methanolem (0,1 % HCl). Měření probíhalo při vlnové délce 528 nm proti okyselenému methanolu. Obsah monomerních anthokyanů vyjádřený jako kyanin-3-D-glykosid byl vyhodnocen pomocí vzorce:

$$\text{obsah monomerních anthokyanů} = \frac{A * 5000}{718 * m}$$

kde A = absorbance vzorku při 520 nm, 5 000 = přepočítávací faktor, 718 = specifická absorbance kyanidin-3-O-glukosid-chloridu a m = hmotnost použitého vzorku.

Statistická analýza

Při statistickém zpracování dat byly pro výpočty a vyhodnocení výsledků využity programy Microsoft Excel 365 a Statistica Cz 12 (Statsoft, ČR). U souborů byly vyhodnoceny předpoklady pro užití parametrických metod (normalita dat, homogenita rozptylů) a pro vyhodnocení byla využita jednofaktorová analýza rozptylu s následným Tukey HSD testem pro nestejná n.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Vyhodnocení džemů

Přídavek ovocné složky do bílého jogurtu je častým způsobem, jak jej učinit pro spotřebitele atraktivním. Ovoce vnáší do mléčného výrobku složky, které v živočišných produktech chybí, např. rostlinné polyfenolické látky nebo nerozpustnou vlákninu. Dále podstatně zvyšuje obsah vitamínu C a výrazným způsobem ovlivňuje senzorické vlastnosti výrobku (Janoušek Honesová et al., 2024).

Jak již bylo uvedeno, bezinky vynikají vysokým obsahem anthokyanů, které patří mezi velmi silné antioxidanty (Veberic, 2009). Jejich antioxidační aktivita je spojena se strukturou molekuly a projevuje se schopností předcházet oxidačnímu poškození citlivých sloučenin a struktur v buňce (např. nenasycených mastných kyselin nebo DNA). Vyšší příjem anthokyanů působí jako prevence aterosklerózy (Youdim et al., 2000) a onemocnění srdce a cév (Reis et al., 2016), má příznivé účinky pro pacienty s cukrovkou (Gowd et al., 2017) či nervovými obtížemi (May et al., 2023).

V této studii byly bezinky využity v kombinaci s jahodami, borůvkami a černým rybízem (Tab. 2). Antioxidační vlastnosti džemů z takových kombinací ovoce nebyly dosud testovány. Z použitého ovoce je na vitamin C nejbohatší černý rybíz (Velíšek, 1999) a tomu odpovídal také jeho statisticky významně vyšší obsah zjištěný v džemu (29,5 mg/100 g) vyrobeném v kombinaci s bezinkami. Ve srovnání s jednodruhovými džemy (Rodrigues et al., 2017; Martinsen et al., 2020) přibližně stejného složení (50 % ovoce a 50 % sacharózy) měly džemy ze směsí bezinky+jahody a bezinky+borůvky nižší obsah vitamínu C, avšak příznivý vliv bezinek se projevil ve vyšším obsahu celkových monomerních anthokyanů (107, resp. 207 mg/100 g) a rovněž ve vyšší hodnotě TPC (334, resp. 405 mg GAE/100 g). Antioxidační aktivita byla nejvyšší v kombinaci bezinky+černý rybíz (406 mg TE/100 g), která byla statisticky významně vyšší než druhé dvě kombinace.

Tabulka 2: Vitamin C, celkové anthokyany, celkové polyfenoly (TPC) a antioxidační aktivita (DPPH) v džemech vyrobených z kombinace plodů bezu černého a jahod, borůvek a rybízu černého v poměru 1:1

Ukazatel ¹	Džem						<i>p</i>
	bezinky+jahody		bezinky+borůvky		bezinky+černý rybíz		
	$\bar{x}$	<i>s_x</i>	$\bar{x}$	<i>s_x</i>	$\bar{x}$	<i>s_x</i>	
Vitamin C (mg/100 g)	4,28 ^b	0,16	0,71 ^c	0,03	29,5 ^a	1,88	<0,001
Anthokyany (mg/100 g)	107 ^c	7,32	207 ^a	11	184 ^b	5,28	<0,001
TPC (mg GAE/100 g)	334 ^b	62,2	405 ^{ab}	44,8	454 ^a	30,6	0,0020
DPPH (mg TE/100 g)	177 ^b	7,51	222 ^b	11,0	406 ^a	27,9	<0,001

^{a,b,c} průměry s odlišnými horními indexy se statisticky významně liší ($p < 0,01$);

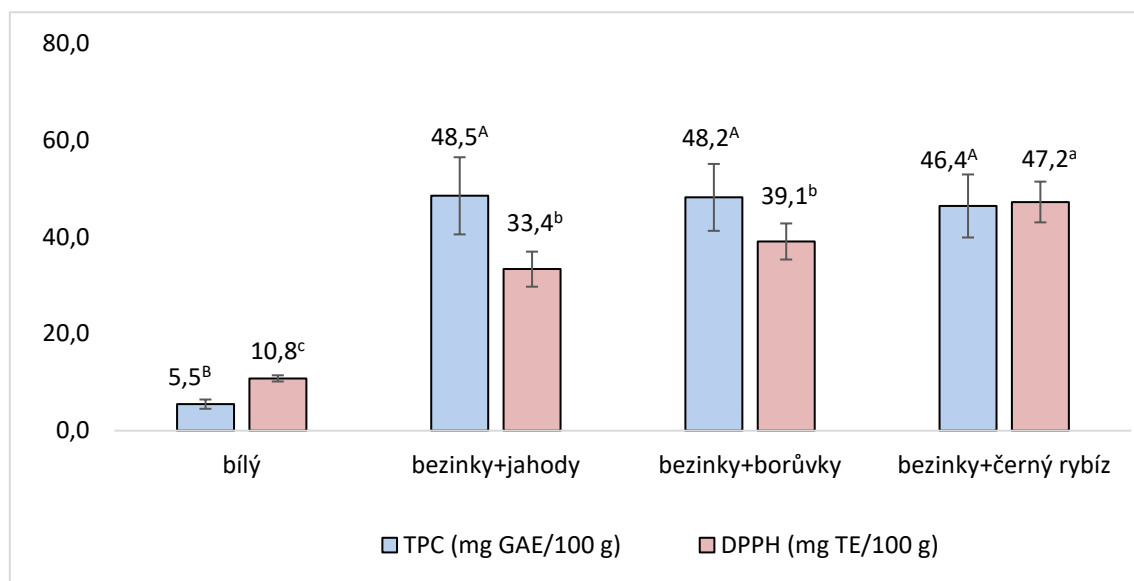
¹GAE – ekvivalent gallové kyseliny; DPPH – 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl; TE – trolox ekvivalent

Vyhodnocení jogurtů

Přídavek džemu do jogurtů se projevil změnami v antioxidačních parametrech jogurtu (Obrázek 1). Jak je patrné z hodnot parametrů TPC a DPPH u bílého jogurtu, dosahují hodnoty antioxidačních parametrů velmi nízkých hodnot. Obdobné (velmi nízké) hodnoty obsahu TPC a DPPH v bílých jogurtech zaznamenali ve svém výzkumu i další autoři (Amal et al., 2016; Arfaoui, 2020; Cais-Sokolinska a Walkowiak-Tomczak,

2021). Wajs et al. (2023) uvádí, že je z těchto důvodů velmi vhodné obohacování mléčných výrobků sloučeninami na rostlinné bázi.

Ayyash et al. (2018) ve své práci uvádějí, že antioxidační aktivita ve fermentovaných mléčných výrobcích bez obohacení je přisuzována zejména proteinům (kasein, laktoferin, alfa-laktalbumin, beta-laktoglobulin), aminokyselinám (tyrosin, cystein, tryptofan, lysin), neenzymatickým antioxidantům (vitaminy A, C a E, karotenoidy, močová kyselina, minerální látky, případné fenolické látky) a enzymatickým antioxidantům (kataláza, superoxiddismutáza, glutathionperoxidáza). Obsahy antioxidačních látek v mléce závisí rovněž na druhu mléka, přičemž kravské mléko obsahuje těchto látek v porovnání s mlékem kozím nebo velbloudím nejméně. Yilmaz-Ersan et al. (2018) navíc doplňují, že během fermentace mléka vznikají mikrobiální činností volné aminokyseliny a oligopeptidy, které rovněž mohou vykazovat antioxidační aktivitu.



Obrázek 1: Obsah celkových polyfenolů (TPC) a antioxidační aktivita (DPPH) ve vzorcích bílého jogurtu a tří druhů ovocného jogurtu s 10% přídavkem džemu

^{a,b,c} průměry s odlišnými horními indexy se statisticky významně liší ($p < 0,01$); ^{A,B} průměry s odlišnými horními indexy se statisticky významně liší ($p < 0,001$); ¹GAE – ekvivalent gallové kyseliny; DPPH – 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl; TE – trolox ekvivalent

Ovocná složka se u jogurtů příznivě projevila v navýšení TPC i v DPPH, a to u všech použitých džemů. Nárůsty činily u TPC +747 až +785 %, u DPPH +209 až +337 %. U TPC byly mírně a nevýznamně vyšší obsahy zjištěny u jogurtů s džemem bezinky+jahody (48,5 mg GAE/100 g) a bezinky+borůvky (48,2 mg GAE/100 g), u DPPH byly statisticky významně vyšší hodnoty zjištěny u jogurtů s džemem bezinky+černý rybíz (47,2 mg TE/100 g) v porovnání s džemy bezinky+jahody a bezinky+borůvky (Obr. 1).

Stejné trendy, tedy významné zvyšování obsahů TPC a antioxidační aktivity po obohacení bílých jogurtů rostlinnými přísadami bohatými na antioxidační látky byly zaznamenány i v jiných studiích (Amal et al., 2016; Arfaoui, 2020; Cais-Sokolinska a Walkowiak-Tomczak, 2021). Najgebauer-Lejko et al. (2021) zjistili nejvyšší obsahy TPC a antioxidační aktivitu u jogurtů obohacených bezinkami ve srovnání s jogurty obohacenými jinými druhy plodů (rakytník a trnka).

Jogurty s přídavkem džemu ze samotných bezinek jsou spotřebiteli velmi kladně přijímány (Janoušek Honesová et al., 2024), přesto je žádoucí další rozšiřování nabídky ovocných přídavků do jogurtů v tržní síti, vzhledem k poptávce po funkčních potravinách s možným zdravotním přínosem (Sajdakowska a Tekień, 2019; Rybowska a Gromowska, 2022). Obohacování jogurtů kombinací bezinek s jinými druhy ovoce (bez ohledu na obsahy jejich antioxidačních látek) může být přínosné z hlediska rozšíření nabídky ovocných přídavků do jogurtů, protože lze předpokládat, že výsledný produkt bude vykazovat díky vlastnostem bezinek stále poměrně vysokou antioxidační aktivitu.

ZÁVĚR

Bezinky, patřící mezi méně obvyklé druhy drobného ovoce, jsou s ohledem k bohatému obsahu anthokyanů relativně nedoceněnou surovinou. Námi zvolené kombinace bezinek s tradičně využívanými a oblíbenými druhy drobného ovoce, jako jsou jahody, borůvky a černý rybíz, v sobě vhodně doplňují jak příznivé obsahy vybraných živin a vysokou antioxidační aktivitu, tak očekávanou přitažlivost danou neobvyklou chutí.

PODĚKOVÁNÍ

Príspevek byl zpracován s finanční podporou Grantové agentury Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (GAJU122/2024/Z; GAJU 005/2022/Z; GAJU 096/2021/T).

LITERATURA

ČSN ISO 7889 (571420) Jogurt - Stanovení počtu charakteristických mikroorganismů - Technika stanovení počtu kolonií při 37 °C

Vyhláška č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje.

Český lékopis (2017): Analýza celkových anthokyaninů jako kyanidin-3-O-glukosid-chlorid. (2017). Grada Publishing: Praha. s. 4115. ISBN 978-80-271-3253-9

Ahmad, I., Hao, M., Li, Y., Zhang, J., Ding, Y., Lyu, F. (2022): Fortification of yogurt with bioactive functional foods and ingredients and associated challenges - A review. Trends in Food Science & Technology [online]. 129, 558–580. ISSN 0924-2244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2022.11.003

Amal, A. M. N., Mahmoud, A. M., Zidan, N. S. (2016): Fruit flavored yoghurt: chemical, functional and rheological properties. International Journal of Environmental & Agriculture Research [online]. 2 (5), 57–66. ISSN 2454-1850. Dostupné z: https://ijoeear.com/assets/articles_menuscripts/file/IJOEAR-MAY-2016-7.pdf

Arfaoui, L. (2020): Total polyphenol content and radical scavenging activity of functional yogurt enriched with dates. Czech Journal of Food Sciences [online]. 38 (5), 287–292. ISSN 1212-1800. Dostupné z: doi:10.17221/28/2020-Cjfs

Ayyash, M., Al-Nuaimi, A. K., Al-Mahadin, S., Liu, S. Q. (2018): In vitro investigation of anticancer and ACE-inhibiting activity, α -amylase and α -glucosidase inhibition, and antioxidant activity of camel milk

- fermented with camel milk probiotic: A comparative study with fermented bovine milk. Food Chemistry [online]. 239, 588–597. ISSN 0308-8146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2017.06.149
- Bártová, H., Samková, E., Dadáková, E., Bedrníček, J., Hálová, K., Hradilová, K., Hasoňová, L., Honesová, S., Leherová, H. (2022): Užitečný vzor CZ 35737 U1. Jogurt z pasterovaného mléka. Číslo přihlášky: 2021-39486 PUV - národní s žádostí o zapsání do rejstříku. Datum podání: 17.12.2021
- Begum, A., Harikrishna, S. (2010): Evaluation of some tree species to absorb air pollutants in three industrial locations of South Bengaluru, India. E-Journal of Chemistry [online]. 7, S151–S156. ISSN 0973-4945. Dostupné z: doi:10.1155/2010/398382
- Cais-Sokolinska, D., Walkowiak-Tomczak, D. (2021): Consumer-perception, nutritional, and functional studies of a yogurt with restructured elderberry juice. Journal of Dairy Science [online]. 104, 1318–1335. ISSN 0022-0302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2020-18770
- Cvak, Z., Peterková, L., Černá, E. (1992). Chemické a fyzikálně-chemické metody v kontrole jakosti mléka a mlékárenských výrobků. VÚP: Praha. ISBN 880-85120-36-4
- de Souza, W. F. C. A., do Amaral, C. R. S., Bernardino, P. D. L. D. (2021): The addition of skim milk powder and dairy cream influences the physicochemical properties and the sensory acceptance of concentrated Greek-style yogurt. International Journal of Gastronomy and Food Science [online]. 24, 100349. ISSN 1878-450X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijgfs.2021.100349
- Diviš, P., Pořízka, J., Vespalcová, M., Matějček, A., Kaplan, J. (2015): Elemental composition of fruits from different black elder (*Sambucus nigra* L.) cultivars grown in the Czech Republic. Journal of Elementology [online]. 20, 549–557. ISSN 1644-2296. Dostupné z: doi:10.5601/jelem.2015.20.1.758
- Djordjević, B., Savikin, K., Zdunić, G., Janković, T., Vulić, T., Pljevljakušić, D., Oparnica, C. (2013): Biochemical properties of the fresh and frozen black currants and juices. Journal of Medicinal Food [online]. 16 (1), 73–81. ISSN 1096-620x. Dostupné z: doi:10.1089/jmf.2011.0256
- Freitas, M. (2017). Chapter 24 - The Benefits of Yogurt, Cultures, and Fermentation. In M. H. Floch, Y. Ringel, & W. Allan Walker (Eds.), The Microbiota in Gastrointestinal Pathophysiology (s. 209–223). Academic Press. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-804024-9.00024-0
- Gahruie, H. H., Eskandari, M. H., Mesbahi, G., Hanifpour, M. A. (2015): Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review. Food Science and Human Wellness [online]. 4 (1), 1–8. ISSN 2213-4530. Dostupné z: doi:10.1016/j.fshw.2015.03.002
- García-Burgos, M., Moreno-Fernández, J., Alférez, M. J. M., Díaz-Castro, J., López-Aliaga, I. (2020): New perspectives in fermented dairy products and their health relevance. Journal of Functional Foods [online]. 72, 104059. ISSN 1756-4646. Dostupné z: doi:10.1016/j.jff.2020.104059

- Gomaa, M. A. E., Allam, M. G., Haridi, A., Eliwa, A. M., Darwish, A. M. G. (2021): High-protein concentrated pro-yogurt (Pro-WPI) enriched with whey protein isolate improved athletic anemia and performance in a placebo-controlled study. *Frontiers in Nutrition* [online]. 8, 788446. ISSN 2296-861x. Dostupné z: doi:10.3389/fnut.2021.788446
- Gopalan, A., Reuben, S. C., Ahmed, S., Darvesh, A. S., Hohmann, J., Bishayee, A. (2012): The health benefits of blackcurrants. *Food & Function* [online]. 3 (8), 795–809. ISSN 2042-6496. Dostupné z: doi:10.1039/c2fo30058c
- Gowd, V., Jia, Z., Chen, W. (2017): Anthocyanins as promising molecules and dietary bioactive components against diabetes – A review of recent advances. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 68, 1–13. ISSN 0924-2244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2017.07.015
- Chima, B., Mathews, P., Morgan, S., Johnson, S. A., Van Buiten, C. B. (2022): Physicochemical characterization of interactions between blueberry polyphenols and food proteins from dairy and plant sources. *Foods* [online]. 11 (18). eISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods11182846
- Janoušek Honesová, S., Samková, E., Dadáková, E., Hasonová, L., Jarošová, M., Reindl, K., Bárta, J. (2024): Effect of skimmed milk powder and fruit jams addition on the physicochemical characteristics of yogurt. *Fermentation-Basel* [online]. 10 (9). 462. eISSN 2311-5637. Dostupné z: doi:10.3390/fermentation10090462
- Keršienė, M., Jasutienė, I., Eisinaitė, V., Pukalskienė, M., Venskutonis, P. R., Damulevičienė, G., Knašienė, J., Lesauskaitė, V., Leskauskaitė, D. (2020): Development of a high-protein yoghurt-type product enriched with bioactive compounds for the elderly. *LWT-Food Science and Technology* [online]. 131. 109820. ISSN 0023-6438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2020.109820
- Kopáček, J. (2023). Aktuální trh s mlékem a jeho dynamika. In *Dny prvovýroby mléka 2023*. ČMSCH: Brno.
- Lachman, J., Hosnedl, V., Pivec, V. (1998). Polyphenols in cereals and their positive and negative role in human and animal nutrition. In K. Vaculová & J. Ehrenbergerová (Eds.), *Cereals for human health and preventive nutrition*. s. 118–124. MZLU: Praha. ISBN 80-902545-0-0
- Martinsen, B. K., Aaby, K., Skrede, G. (2020): Effect of temperature on stability of anthocyanins, ascorbic acid and color in strawberry and raspberry jams. *Food Chemistry* [online]. 316, 126297. ISSN 0308-8146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2020.126297
- May, N., Neri, J. L., Clunas, H., Shi, J. H., Parkes, E., Dongol, A., Wang, Z. Z., Naranjo, C. J., Yu, Y. H., Huang, X. F., Charlton, K., Weston-Green, K. (2023): Investigating the Therapeutic Potential of Plants and Plant-Based Medicines: Relevance to Antioxidant and Neuroprotective Effects. *Nutrients* [online]. 15 (18). eISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu15183912

- Najgebauer-Lejko, D., Liszka, K., Tabaszewska, M., Domagala, J. (2021): Probiotic Yoghurts with Sea Buckthorn, Elderberry, and Sloe Fruit Purees. *Molecules* [online]. 26 (8). 2345. eISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules26082345
- Patras, A., Brunton, N. P., Tiwari, B. K., Butler, F. (2011): Stability and Degradation Kinetics of Bioactive Compounds and Colour in Strawberry Jam during Storage. *Food and Bioprocess Technology* [online]. 4 (7), 1245–1252. ISSN 1935-5130. Dostupné z: doi:10.1007/s11947-009-0226-7
- Pellegrini, N., Serafini, M., Colombi, B., Del Rio, D., Salvatore, S., Bianchi, M., Brighenti, F. (2003): Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *Journal of Nutrition* [online]. 133 (9), 2812–2819. ISSN 0022-3166. Dostupné z: doi:10.1093/jn/133.9.2812
- Prasanna, P. H. P., Grandison, A. S., Charalampopoulos, D. (2014): Bifidobacteria in milk products: An overview of physiological and biochemical properties, exopolysaccharide production, selection criteria of milk products and health benefits. *Food Research International* [online]. 55, 247–262. ISSN 0963-9969. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2013.11.013
- Rahaman, M. M., Hossain, R., Herrera-Bravo, J., Islam, M. T., Atolani, O., Adeyemi, O. S., Owolodun, O. A., Kambizi, L., Dastan, S. D., Calina, D., Sharifi-Rad, J. (2023): Natural antioxidants from some fruits, seeds, foods, natural products, and associated health benefits: An update. *Food Science & Nutrition* [online]. 11 (4), 1657–1670. ISSN 2048-7177. Dostupné z: doi:10.1002/fsn3.3217
- Reis, J. F., Monteiro, V. V. S., Gomes, R. D., do Carmo, M. M., da Costa, G. V., Ribera, P. C., Monteiro, M. C. (2016): Action mechanism and cardiovascular effect of anthocyanins: a systematic review of animal and human studies. *Journal of Translational Medicine* [online]. 14. eISSN 1479-5876. Dostupné z: doi:10.1186/s12967-016-1076-5
- Rodrigues, L. M., de Souza, D. F., da Silva, E. A., de Oliveira, T. O., de Lima, J. P. (2017): Physical and chemical characterization and quantification of bioactive compounds in berries and berry jams. *Semina-Ciencias Agrarias* [online]. 38 (4), 1853–1864. ISSN 1676-546x. Dostupné z: doi:10.5433/1679-0359.2017v38n4p1853
- Rybowska, A., Gromowska, K. (2022): The consumer versus innovative dairy products. *Scientific Journal of Gdynia Maritime University* [online]. 124/22, 81–94. Dostupné z: doi:10.26408/124.07
- Sajdakowska, M., Tekień, A. (2019): To raise or not to raise the level of ingredients in yoghurts: Polish consumer preferences regarding dairy products. *Nutrients* [online]. 11 (10), 2526. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu11102526
- Statista. (2024). Yogurt - Worldwide. Dostupné z: <https://www.statista.com/outlook/cmo/food/dairy-products-eggs/yogurt/worldwide>

Veberic, R., Jakopic, J., Stampar, F., Schmitzer, V. (2009): European elderberry (*Sambucus nigra* L.) rich in sugars, organic acids, anthocyanins and selected polyphenols. Food Chemistry [online]. 114 (2), 511–515. ISSN 0308-8146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2008.09.080

Velíšek, J. (1999): Chemie potravin. Osis: Tábor. ISBN 80-902391-4-5

Wajs, J., Brodziak, A., Król, J. (2023): Shaping the physicochemical, functional, microbiological and sensory properties of yoghurts using plant additives. [online]. 12 (6). 1275. eISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods12061275

Yilmaz-Ersan, L., Ozcan, T., Akpınar-Bayizit, A., Sahin, S. (2018): Comparison of antioxidant capacity of cow and ewe milk kefirs. Journal of Dairy Science [online]. 101 (5), 3788–3798. ISSN 0022-0302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2017-13871

Youdim, K. A., Martin, A., Joseph, J. A. (2000): Incorporation of the elderberry anthocyanins by endothelial cells increases protection against oxidative stress¹¹Mention of trade name, proprietary product, or specific equipment does not constitute a guarantee by the US Department of Agriculture and does not imply its approval to the exclusion of other products that may be suitable. Free Radical Biology and Medicine [online]. 29 (1), 51–60. ISSN 0891-5849. Dostupné z: doi:10.1016/S0891-5849(00)00329-4

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 1668, 370 05 České Budějovice, Česká republika, e-mail: samkova@fzt.jcu.cz

VLIV OCHRANNÉ KULTURY NA BARVU, TEXTURU A SENZORICKÉ PARAMETRY DUŠENÉ ŠUNKY

EFFECT OF PROTECTIVE CULTURE ON COLOR, TEXTURE AND SENSORY PARAMETERS OF COOKED HAM

František Ježek¹ – Marta Dušková¹ – Josef Kameník¹ – Helena Veselá¹

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

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0079>



ABSTRAKT

Biokonzervace se ukázala jako slibná přirozená konzervační technika, ale vliv ochranných kultur na senzorické vlastnosti tepelně upravených masných výrobků není dobře zdokumentován. Cílem této dílčí práce bylo vyhodnotit vliv přidané ochranné kultury na barvu (L^* , a^* , b^* , C^* , h°), texturu (tvrdost, střižná síla) a senzorické parametry (vzhled v nákroji, vypracování, konzistence, barva, vůně, nakyslá vůně, slanost, chuť, nakyslá chuť, celkový dojem) dušené šunky, tepelně opracované dvěma způsoby. V průběhu experimentu byly zjištěny signifikantní rozdíly ($P < 0,05$) u všech sledovaných parametrů barvy a textury a to jak s ohledem na použití ochranné kultury, tak s ohledem na způsob tepelného opracování. Senzorické hodnocení dušené šunky ukázalo po 1 týdnu rozdíly ($P < 0,05$) ve vzhledu v nákroji, vypracování, konzistenci a nakyslé vůni. Senzorické změny po 2 měsících skladování byly ovlivněny hlavně způsobem tepelného opracování. Přidání ochranné kultury při výrobě dušené šunky nemělo zásadní vliv na její senzorickou jakost.

Klíčová slova: konzervace, bakterie mléčného kvašení, masné výrobky, tepelná úprava

ABSTRACT

Biopreservation has been proven to be a promising natural preservation technique, but the impact of protective cultures on the sensory properties of cooked meat products is not well documented. The aim of this partial work was to evaluate the effect of the added protective culture on the color (L^* , a^* , b^* , C^* , h°), texture (hardness, shear force) and sensory parameters (appearance in the cut, matrix, consistency, color, aroma, sour odor, saltiness, taste, sour taste, overall impression) of cooked ham, heat-treated in two ways. During the experiment, significant differences ($P < 0.05$) were found in all monitored color and texture parameters, both with respect to the use of protective culture and with respect to the method of heat treatment. Sensory evaluation of cooked ham showed differences ($P < 0.05$) in appearance in the cut, matrix, consistency and sour odor after 1 week. Sensory changes after 2 months of storage were mainly influenced by the method of heat treatment. The addition of a protective culture during the production of cooked ham did not have a significant effect on its sensory quality.

Keywords: preservation, lactic acid bacteria, meat products, heat treatment

ÚVOD

Dušená šunka patří mezi masné výrobky s relativně krátkou údržností. Nízký obsah soli (v průměru 2,0 %), hodnota pH okolo 6,0 a aktivita vody vyšší než 0,945 nejsou prakticky žádné překážky pro inhibici mikroorganismů, které mohou způsobit kažení. Po tepelné úpravě je normální mikrobiota produktu, sestávající z bakterií mléčného kvašení, příliš nízká na to, aby chránila produkt před růstem gramnegativních saprofytických mikroorganismů (Hu et al., 2008; Kotzekidou and Bloukas, 1996). Při konzervaci tepelně upraveného masa a masných výrobků lze zdůraznit úlohu biologické kontroly pomocí vybraných bakterií mléčného kvašení (BMK) jako ochranné kultury (OK) k inhibici růstu mikroorganismů způsobujících kažení (Hu et al., 2008). Jejich inhibiční účinek je možné využít v potravinových matricích, kde by mohly nahradit některé syntetické konzervanty (Danielski et al., 2020). V západní Evropě je obecně považován za užitečný *Lactilactobacillus sakei*. Hraje klíčovou roli při konzervaci masa díky své silné schopnosti konkurovat požadavkům na růst nebo produkci kyseliny mléčné nebo syntéze sloučenin, které jsou inhibiční vůči patogenním bakteriím (*Listeria monocytogenes*) nebo bakteriím způsobujícím kažení (*Leuconostoc mesenteroides*, *Brochothrix thermosphacta*) (Hu et al., 2008).

Při vývoji ochranné kultury je důležité, aby bylo přezkoumáno posouzení jejího vlivu na senzorické vlastnosti ošetřených produktů (Vermeiren et al., 2006). Jen málo studií se tímto tématem zabývalo. Bredholt et al. (2001) nepozorovali po 11 dnech skladování při teplotě 4 °C žádné statisticky významné rozdíly v preferencích spotřebitelů mezi dušenou šunkou s přídavkem, nebo bez aplikace *L. sakei* TH1. Po 28 dnech byly zjištěny pouze malé senzorické rozdíly mezi ošetřenými a neošetřenými produkty. Amezquita a Brashears (2002) zjistili pozitivní výsledky pro bakteriocin produkující *Pediococcus acidilactici* u párků po 56 dnech při 5 °C, přičemž nezkoumali účinek okyselujících nebakteriocinogenních *Lactocaseibacillus casei* a *Lactocaseibacillus paracasei* (dříve rod *Lactobacillus*). Ve studii o parize (uzený boloňský salám) Kotzekidou a Bloukas (1998) měly kontrolní vzorky po 4 týdnech při 6–8 °C nepříjemnou kyselou chuť, zatímco při ošetření *Companilactobacillus alimentarius* (dříve *Lactobacillus alimentarius*) FloraCarn L2 měly přijatelnou vůni a chuť do 7–8 týdnů skladování. Navzdory kyselé chuti bylo pH kontrolních vzorků nejvyšší a po 4 týdnech se snížilo pouze z 6,7 na 6,1. Autoři přiřadili negativní senzorickou kvalitu kontroly heterofermentativním BMK produkujícím organické kyseliny, z nichž je nežádoucí zejména kyselina octová (Kotzekidou and Bloukas, 1998).

Cílem této práce bylo posoudit vliv přídavku ochranné kultury na texturní, barevné a senzorické vlastnosti dušené šunky ošetřené dvěma režimy tepelného opracování.

MATERIÁL A METODIKA

Výroba šunky a vzorkování

Šunky byly připravené ve dvou šaržích (1. odběr; 2. odběr) z vepřových vrchních šálů v kategorii „nejvyšší jakosti“. Do poloviny díla byla přidána ochranná kultura SafePro® (Chr. Hansen, nyní Novonesis), druhá

polovina byla bez přídavku ochranné kultury. Po přípravě díla a masírování bylo dílo ponecháno 24 hod ve 2 °C a následně plněno do bariérových polyamidových technologických obalů a tepelně opracováno:

1. tradičním postupem s dosažením teploty v jádře 70 °C a výdrží 10 min (TO 70/10; VETUNI Brno)
2. v režimu Fc 10, které odpovídá tepelnému účinku 70 °C/10 min (TO Fc; Mauting, Valtice)

Instrumentální měření textury a barvy a senzorické analýzy byly provedeny po 1 týdnu skladování při 3 °C (8 vzorků) a senzorické parametry byly hodnoceny také po 2 měsících skladování (4 vzorky). Systém označení vzorků je následující: ŠK-P-1 šunka kontrolní bez preparátu ošetřená TO 70/10 (1 týden), ŠP-P-1 šunka s preparátem s ochrannou kulturou ošetřená TO 70/10 (1 týden), ŠK-F-1 šunka kontrolní bez preparátu ošetřená TO Fc (1 týden), ŠP-F-1 šunka s preparátem s ochrannou kulturou ošetřená TO Fc (1 týden), ŠK-P-4 šunka kontrolní bez preparátu ošetřená TO 70/10 (2 měsíce), ŠP-P-4 šunka s preparátem s ochrannou kulturou ošetřená TO 70/10 (2 měsíce), ŠK-F-4 šunka kontrolní bez preparátu ošetřená TO Fc (2 měsíce), ŠP-F-4 šunka s preparátem s ochrannou kulturou ošetřená TO Fc (2 měsíce).

Barva

Instrumentální hodnocení barvy bylo provedeno pomocí spektrofotometru KonicaMinolta CM-5 (KonicaMinolta, Japonsko). Přístroj byl nastaven na zdroj světla D65 a standardní úhel pozorovatele 10°, měřicí štěrba 8 mm. Měření probíhalo v režimu SCE (Specular Component Excluded). Kalibrace byla provedena na černou a bílou barvu. Každý vzorek byl měřen 10× na různých místech v nákreji. Hodnoceny byly parametry L^* - světlost, a^* - poměr červené a zelené, b^* - poměr žluté a modré, C^* - sytost barvy a h° - barevný odstín (měrný úhel barevného tónu).

Textura

Vychlazené vzorky byly před vlastním měřením vytemperovány na teplotu místnosti. Instrumentální měření textury bylo provedeno na přístroji INSTRON 5544 (InstronCorporation, USA). Byla provedena analýza texturního profilu (TPA), která simuluje žvýkání sousta v ústech. Cylindrické vzorky šunek o průměru 12 mm a výšce 10 mm byly stlačovány ve 2 cyklech na 50% deformaci, rychlost příčnicku byla 50 mm/min. Hodnocena byla maximální síla při prvním stlačení – tvrdost vzorku. Pro měření velikosti střížní síly dle Warner-Bratzlera byly připraveny vzorky o rozměru 10×10×20 mm. Vzorky masa byly umístěny ve své délce do středu Warner-Bratzlerova nože. Rychlost pohybu nože byla 80 mm/min. Výsledky z obou metod byly získány z šesti dílčích měření.

Senzorická analýza

Vzorky šunek 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 Brno. Hodnocení se účastnilo celkem 11 proškolených hodnotitelů. Pro senzorické hodnocení byly použity grafické nestrukturované stupnice o délce 100 mm se slovním popisem na obou koncích (0 bodů za nevyhovující vzorek, 100 bodů za vynikající vzorek) (ČSN ISO

4121). Hodnoceny byly vzhled v nákroji, vypracování, konzistence, barva, vůně, nakyslá vůně, slanost, chuť, nakyslá chuť a celkový dojem. Jako degustační sousto bylo použito bílé pečivo, k dispozici měli hodnotitelé i vodu.

Statistické zpracování

Data byla statisticky vyhodnocena v programu Microsoft® Excel® 2016 MSO (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA). Data byla porovnána párovým t -testem, přičemž rozdíly byly považovány za významné na hladině spolehlivosti 95 % ($P < 0,05$).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Mezi hodnocenými vzorky byly zjištěny signifikantní ($P < 0,05$) rozdíly ve všech sledovaných barevných parametrech (tab. 1 a 2). V případě prvního odběru byly zjištěny rozdíly v hodnotě L^* mezi všemi porovnávanými vzorky, přičemž vzorky ošetřené ochrannou kulturou byly signifikantně světlejší ($P < 0,05$) než kontrolní vzorky bez kultury. U šunek TO Fc byl vzorek s OK významně červenější ($P < 0,05$; parametr a^*) než kontrola. Šunky s OK ošetřené v konvektomatu TO 70/10 byly rovněž červenější než vzorky kontrolní, nicméně rozdíl nebyl statisticky významný ($P > 0,05$). V případě hodnocení parametrů b^* (žlutá) a h° (barevný odstín) vykazovaly vzorky ošetřené OK signifikantně nižší hodnoty ($P < 0,05$) než vzorky kontrolní, a to jak u TO Fc, tak u TO 70/10. Rozdíl nebyl zjištěn pouze v sytosti barvy (C^*). Při druhém odběru byl zjištěn rozdíl ($P < 0,05$) v hodnotě L^* mezi vzorkem s OK, ošetřeným TO 70/10 a vzorkem kontrolním, ošetřeným TO Fc. V hodnotě a^* nebyly mezi vzorky zjištěny rozdíly ($P > 0,05$). Hodnoty parametru b^* byly významně vyšší ($P < 0,05$) u vzorků ošetřených TO Fc než u kontrolního vzorku ošetřeného TO 70/10. Vzorek s OK ošetřený TO Fc vykazoval více žlutou barvu ($P < 0,05$) než vzorek s OK ošetřený TO 70/10. U vzorku s OK, ošetřeném TO Fc, byla zjištěna vyšší sytost barvy a barevný odstín ($P < 0,05$) než u kontrolního vzorku ošetřeného TO 70/10. Vyšší hodnoty a^* u šunky ošetřené OK (*Staphylococcus xylosus*) v porovnání s kontrolou naměřili Kotzekidou and Bloukas (1996). Některé BMK produkují peroxid vodíku, který, pokud není rozložen, může oxidovat pigmenty a způsobit změnu barvy. *S. xylosus*, přidaný jako OK do dušené šunky během zpracování, má dvojitý účinek na barvu masa. Obsahuje nitrátreduktázu a může tak redukovat jakýkoli přítomný dusičnan na dusitan a produkuje katalázu, která může rozkládat peroxid vodíku. Šunky vyrobené s *C. alimentarius* měly vyšší, ale ne významné, hodnoty a^* než kontrola. To může být způsobeno kompetitivním působením přidaného kmene *Companilactobacillus* na bakterie produkující peroxid vodíku (Kotzekidou and Bloukas, 1996). Kolektiv autorů de Andrade Cavalari et al. (2024) naopak zjistili u šunky ošetřené OK *Carnobacterium maltaromaticum* rozdíly ve žluté barvě (b^*). Číselné hodnoty však byly blízké a neovlivňovaly vizuální kvalitu produktu, protože hodnoty ΔE^* (rozdíl mezi dvěma barvami) byly u všech OK nižší než 3,0. Některé BMK mohou podstatně snižovat pH, které ovlivňuje kvalitativní parametry těchto typů masných výrobků.

Tabulka 1: Porovnání barevných parametrů vzorků šunek měřených v systému CIELab (1. odběr)

1 týden	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	<i>C</i> *	<i>h</i> °
ŠK-P-1	70,76±0,25 ^a	8,86±0,17 ^a	8,04±0,12 ^a	11,96±0,20	42,22±0,27 ^a
ŠP-P-1	69,25±0,16 ^b	9,18±0,16 ^{ac}	7,33±0,27 ^c	11,74±0,28	38,60±0,63 ^c
ŠK-F-1	70,14±0,27 ^c	8,53±0,08 ^b	8,30±0,09 ^b	11,90±0,07	44,19±0,45 ^b
ŠP-F-1	68,53±0,77 ^d	9,41±0,33 ^c	7,47±0,09 ^c	12,01±0,31	38,49±0,74 ^c

Legenda: ^{a, b, c, d} Rozdílná písmena znamenají statisticky průkazný rozdíl mezi hodnotami ve sloupcích ($P < 0,05$). *L** - světlost, *a** - poměr červené a zelené, *b** - poměr žluté a modré, *C** - sytost barvy a *h*° - barevný odstín; ŠK-P-1 šunka kontrolní bez preparátu ošetřená TO 70/10 (1 týden), ŠP-P-1 šunka s preparátem s ochrannou kulturou ošetřená TO 70/10 (1 týden), ŠK-F-1 šunka kontrolní bez preparátu ošetřená TO Fc (1 týden), ŠP-F-1 šunka s preparátem s ochrannou kulturou ošetřená TO Fc (1 týden).

Tabulka 2: Porovnání barevných parametrů vzorků šunek měřených v systému CIELab (2. odběr)

1 týden	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	<i>C</i> *	<i>h</i> °
ŠK-P-1	68,53±1,58 ^{ab}	6,61±0,77	7,33±0,59 ^b	9,87±0,91 ^a	48,01±1,88 ^a
ŠP-P-1	69,39±1,60 ^a	6,71±0,57	7,65±0,29 ^{ab}	10,18±0,49 ^{ab}	48,80±2,33 ^{ab}
ŠK-F-1	67,69±2,13 ^b	6,82±0,92	7,88±0,72 ^{ac}	10,43±1,12 ^{ab}	49,25±1,84 ^{ab}
ŠP-F-1	69,27±1,50 ^{ab}	6,87±0,52	8,14±0,39 ^c	10,66±0,57 ^b	49,88±1,66 ^b

Legenda: ^{a, b, c} Rozdílná písmena znamenají statisticky průkazný rozdíl mezi hodnotami ve sloupcích ($P < 0,05$). *L** - světlost, *a** - poměr červené a zelené, *b** - poměr žluté a modré, *C** - sytost barvy a *h*° - barevný odstín; ŠK-P-1 šunka kontrolní bez preparátu ošetřená TO 70/10 (1 týden), ŠP-P-1 šunka s preparátem s ochrannou kulturou ošetřená TO 70/10 (1 týden), ŠK-F-1 šunka kontrolní bez preparátu ošetřená TO Fc (1 týden), ŠP-F-1 šunka s preparátem s ochrannou kulturou ošetřená TO Fc (1 týden).

Tabulka 3: Texturní parametry vzorků šunek

1 týden	1. odběr		2. odběr	
	Tvrdost (N)	Střížní síla (N)	Tvrdost (N)	Střížní síla (N)
ŠK-P-1	25,26±4,15 ^a	9,58±3,47	22,93±5,06	9,41±2,73 ^{ab}
ŠP-P-1	27,04±4,06 ^{ab}	9,79±3,46	22,91±2,51	8,20±1,96 ^a
ŠK-F-1	30,34±2,68 ^b	8,66±1,65	20,31±4,76	10,09±2,31 ^{ab}
ŠP-F-1	24,46±3,53 ^a	7,17±1,67	21,35±6,13	11,53±2,67 ^b

Legenda: ^{a, b} Rozdílná písmena znamenají statisticky průkazný rozdíl mezi hodnotami ve sloupcích ($P < 0,05$). ŠK-P-1 šunka kontrolní bez preparátu ošetřená TO 70/10 (1 týden), ŠP-P-1 šunka s preparátem s ochrannou kulturou ošetřená TO 70/10 (1 týden), ŠK-F-1 šunka kontrolní bez preparátu ošetřená TO Fc (1 týden), ŠP-F-1 šunka s preparátem s ochrannou kulturou ošetřená TO Fc (1 týden).

U hodnocených vzorků šunek byly zjištěny rozdíly jak ve tvrdosti (1. odběr), tak ve velikosti střížní síly (2. odběr; tab. 3). Signifikantně vyšší tvrdost ($P < 0,05$) byla zjištěna u kontrolního vzorku šunky ošetřené TO Fc, v porovnání se vzorkem s OK a kontrolním vzorkem ošetřeným TO 70/10. Velikost střížní síly byla zjištěna nejvyšší u šunky s OK ošetřené TO Fc a významně se lišila ($P < 0,05$) od hodnoty zjištěné pro šunku s OK ošetřenou TO 70/10. V dostupné literatuře je jen málo srovnatelných výsledků. Ben Slima et al. (2017) přidali do hovězích párků probiotickou kulturu *Lactiplantibacillus plantarum* TN8, které následně vykazovaly nižší hodnoty instrumentálně měřené tvrdosti ($P < 0,05$). To je v souladu s autory Pérez-Chabela et al. (2008), kteří naměřili nižší tvrdost u párků inokulovaných kulturou *Latilactobacillus curvatus* ve srovnání s kontrolou ($P < 0,05$). Tento rozdíl byl pravděpodobně způsoben relativně větším množstvím kyseliny mléčné vyprodukované *L. curvatus*.

Tabulka 4: Výsledky senzoričského hodnocení vzorků šunek školeným panelem (1. odběr)

1 týden	ŠK-P-1	ŠP-P-1	ŠK-F-1	ŠP-F-1
Vzhled v nákreji	77,27±16,70	81,09±13,23	73,36±17,65	81,55±13,84
Vypracování	78,00±12,96 ^{ab}	85,09±11,16 ^b	76,55±15,05 ^a	91,09±7,40 ^c
Konzistence	84,91±16,28 ^{ab}	88,36±8,90 ^b	91,09±6,85 ^{ab}	93,40±6,04 ^a
Barva	83,18±11,30	88,82±7,83	86,09±11,88	86,73±14,03
Vůně	85,36±10,97	87,18±7,55	83,82±9,70	87,82±10,51
Nakyslá vůně	14,18±12,53 ^{ab}	17,82±19,00 ^{ab}	21,27±20,98 ^a	11,91±16,92 ^b
Slanost	76,55±13,97	80,27±11,00	78,00±19,69	81,82±10,85
Chuť	81,36±13,58	84,09±11,19	83,45±14,33	85,64±11,81
Nakyslá chuť	18,09±15,38	17,36±19,71	19,00±18,35	9,09±10,09
Celkový dojem	73,18±13,71	81,36±13,30	78,64±11,89	81,55±12,87

Legenda: ^{a, b, c} Rozdílná písmena znamenají statisticky průkazný rozdíl mezi hodnotami v řádcích ($P < 0,05$). ŠK-P-1 šunka kontrolní bez preparátu ošetřená TO 70/10 (1 týden), ŠP-P-1 šunka s preparátem s ochrannou kulturou ošetřená TO 70/10 (1 týden), ŠK-F-1 šunka kontrolní bez preparátu ošetřená TO Fc (1 týden), ŠP-F-1 šunka s preparátem s ochrannou kulturou ošetřená TO Fc (1 týden).

Tabulka 5: Výsledky senzoričského hodnocení vzorků šunek školeným panelem (2. odběr)

1 týden	ŠK-P-1	ŠP-P-1	ŠK-F-1	ŠP-F-1
Vzhled v nákreji	81,43±13,07 ^a	64,86±21,57 ^b	74,86±28,50 ^{ab}	75,43±19,71 ^{ab}
Vypracování	89,14±10,99	87,43±14,84	89,29±6,32	81,57±17,79
Konzistence	88,86±10,59	86,14±11,68	92,71±7,06	90,71±7,27
Barva	80,86±19,98	79,43±20,93	80,57±22,94	81,29±8,52
Vůně	83,86±17,35	84,86±18,24	85,86±17,13	85,29±18,50
Nakyslá vůně	7,86±7,60	8,43±11,12	7,29±8,60	10,14±9,01
Slanost	90,14±5,43	86,00±9,24	86,57±10,24	85,00±11,50
Chuť	86,71±12,00	81,43±11,86	86,00±13,89	89,00±5,92
Nakyslá chuť	13,29±21,21	8,43±7,07	9,43±12,37	7,86±5,73
Celkový dojem	85,86±11,31	81,29±15,35	83,57±16,07	81,43±13,38

Legenda: ^{a, b} Rozdílná písmena znamenají statisticky průkazný rozdíl mezi hodnotami v řádcích ($P < 0,05$). ŠK-P-1 šunka kontrolní bez preparátu ošetřená TO 70/10 (1 týden), ŠP-P-1 šunka s preparátem s ochrannou kulturou ošetřená TO 70/10 (1 týden), ŠK-F-1 šunka kontrolní bez preparátu ošetřená TO Fc (1 týden), ŠP-F-1 šunka s preparátem s ochrannou kulturou ošetřená TO Fc (1 týden).

Výsledky senzoričského hodnocení šunek jeden týden od výroby ukázaly rozdíly ve vypracování, konzistenci a nakyslé vůni (1. odběr; tab. 4) a také ve vzhledu v nákreji (2. odběr; tab. 5). Vzorky s OK byly v parametru vypracování hodnoceny lépe ($P < 0,05$) než vzorky kontrolní, a to v případě obou způsobů TO. Konzistence byla lépe hodnocena ($P < 0,05$) u vzorku s OK ošetřeného TO Fc než u vzorku s OK ošetřeného TO 70/10. Kontrolní vzorek ošetřený TO Fc vykazoval intenzivnější nakyslou vůni ($P < 0,05$) než vzorek s OK (tab. 4). Vzhled v nákreji byl u šunky s OK ošetřené TO 70/10 výrazně horší ($P < 0,05$), než u šunky kontrolní (tab. 5). V ostatních senzoričských parametrech nebyly zjištěny rozdíly ($P > 0,05$).

Tabulka 6: Výsledky senzoričského hodnocení vzorků šunek školeným panelem (1. odběr)

2 měsíce	ŠK-P-4	ŠP-P-4	ŠK-F-4	ŠP-F-4
Vzhled v nákroji	81,20±15,54	85,60±13,51	82,50±8,97	80,60±17,57
Vypracování	60,70±19,07 ^{ac}	80,90±13,66 ^b	62,70±25,18 ^{cd}	76,80±23,93 ^{bd}
Konzistence	87,40±9,13 ^{ab}	83,30±19,23 ^{ab}	86,50±9,11 ^a	91,70±8,97 ^b
Barva	73,70±16,94 ^a	84,20±12,01 ^b	84,20±11,83 ^b	85,70±13,85 ^b
Vůně	78,80±18,21 ^{ab}	87,50±13,96 ^a	78,80±17,19 ^{ab}	79,00±20,95 ^b
Nakyslá vůně	18,50±17,88	14,60±14,18	14,50±14,43	20,40±30,30
Slanost	88,80±11,61 ^a	85,00±12,87 ^{ab}	83,80±15,22 ^{ab}	74,80±22,99 ^b
Chuť	88,30±5,95	87,40±10,47	85,80±15,90	84,20±14,76
Nakyslá chuť	16,50±19,46 ^{ab}	17,90±14,39 ^a	7,00±9,21 ^b	12,80±12,73 ^{ab}
Celkový dojem	72,30±17,52 ^a	77,30±12,45 ^{ab}	81,50±14,96 ^b	77,70±16,27 ^{ab}

Legenda: ^{a, b, c, d} Rozdílná písmena znamenají statisticky průkazný rozdíl mezi hodnotami v řádcích ($P < 0,05$). ŠK-P-4 šunka kontrolní bez preparátu ošetřená TO 70/10 (2 měsíce), ŠP-P-4 šunka s preparátem s ochrannou kulturou ošetřená TO 70/10 (2 měsíce), ŠK-F-4 šunka kontrolní bez preparátu ošetřená TO Fc (2 měsíce), ŠP-F-4 šunka s preparátem s ochrannou kulturou ošetřená TO Fc (2 měsíce).

U vzorků šunek, skladovaných dva měsíce, byly zjištěny rozdíly ve více senzoričských parametrech (tab. 6). Ve vypracování byla nejlépe hodnocena šunka s OK ošetřená TO 70/10, která se významně lišila od šunky kontrolní ošetřené oběma způsoby TO. Konzistence v případě TO Fc byla lépe hodnocena u šunky s OK než u šunky kontrolní. Kontrolní vzorek šunky ošetřený TO 70/10 vykazoval po dvou měsících výrazně horší barvu ($P < 0,05$) než všechny ostatní hodnocené vzorky. Vůně byla nejlépe hodnocena u šunky s OK ošetřené TO 70/10 a významně se lišila ($P < 0,05$) od vzorku s OK ošetřeného TO Fc. Vzorek s OK ošetřený TO Fc současně vykazoval nejnižší slanost a významně se lišil ($P < 0,05$) od kontrolního vzorku ošetřeného TO 70/10. Šunka s OK ošetřená TO 70/10 vykazovala nejvyšší intenzitu nakyslé chuti, která byla významně vyšší než u kontrolní šunky ošetřené TO Fc. Kontrolní vzorek šunky ošetřený TO Fc získal nejvyšší hodnocení v celkovém dojmu, významně hůře byl hodnocen kontrolní vzorek šunky ošetřený TO 70/10.

Ochranná kultura, doba skladování a interakce mezi ošetřením a dobou skladování měly významný vliv ($P < 0,05$) na vůni a chuť vakuově balených salámů pariza (Kotzekidou a Bloukas, 1998). Pérez-Chabela et al. (2008) zaznamenali významný vliv významný vliv ($P < 0,01$) inokulace tepelně opracovaných párků termotolerantními kmeny bakterií mléčného kvašení. Obecně vzorky naočkované *L. curvatus* získaly nejvyšší skóre pro všechny hodnocené senzoričské atributy (textura, šťavnatost, flavor, barva a celková přijatelnost). Vermeiren et al. (2006) uvádějí, že účinek ochranných kultur obecně a *Latilactobacillus sakei* 10A na organoleptické vlastnosti vařených masných výrobků závisí na obsahu glukózy a pufrací kapacitě těchto výrobků. Vyslovili hypotézu, že použití ochranné kultury prospívá pouze tepelně opracovaným masným výrobkům bohatým na bílkoviny a s nízkým množstvím glukózy.

ZÁVĚR

Z výsledků hodnocení barevných parametrů L^* , a^* a b^* u vzorků šunek ošetřených ochrannou kulturou a vzorků kontrolních bez ochranné kultury nelze jednoznačně určit vliv této kultury na barvu šunky. Výsledky naznačují spíše rozdíly mezi TO 70/10 a TO Fc. Podobně v případě hodnocení tvrdosti a velikosti střížní síly

lze rozdíly přiřknout spíše způsobu tepelného opracování, neboť vliv ochranné kultury na tvrdost, zjištěný při prvním odběru, se v druhém odběru nepotvrdil. Rozdíly v senzorických attributech zjištěné po 1 týdnu skladování při prvním odběru se v druhém odběru rovněž nepotvrdily. Většina zjištěných rozdílů po 2 měsících skladování se odehrávala mezi způsoby tepelného opracování. Použitá ochranná kultura neměla zásadní vliv na hodnocené parametry a lze ji tedy použít pro přípravu šunky bez negativního vlivu na senzorickou jakost.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl zpracován s podporou projektu QK23020047 Ověření možností prokazování použití ochranných kultur ve výrobě potravin živočišného původu v rámci Programu aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství na období 2017-2025, ZEMĚ.

LITERATURA

Amezquita, A., Brashears, M. M. (2002): Competitive inhibition of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat meat products by lactic acid bacteria. Journal of Food Protection [online]. 65(2), 316–325. ISSN: 0362-028X. Dostupné z: doi: 10.4315/0362-028X-65.2.316

Ben Slima, S., Ktari, N., Trabelsi, I., Triki, M., Feki-Tounsi, M., Moussa, H., Makni, I., Herrero, A., Jiménez-Colmenero, F., Ruiz-Capillas Perez, C., Ben Salah, R. (2017): Effect of partial replacement of nitrite with a novel probiotic *Lactobacillus plantarum* TN8 on color, physico-chemical, texture and microbiological properties of beef sausages. LWT - Food Science and Technology [online]. 86, 219–226. ISSN: 0023-6438. Dostupné z: doi: 10.1016/j.lwt.2017.07.058

Bredholt, S., Nesbakken, T., Holck, A. (2001): Industrial application of an antilisterial strain of *Lactobacillus sakei* as a protective culture and its effect on the sensory acceptability of cooked, sliced, vakuum-packaged meats. International Journal of Food Microbiology [online]. 66(3), 191–196. ISSN: 0168-1605. Dostupné z: doi: 10.1016/s0168-1605(00)00519-5

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

Danielski, G. M., Imazaki, P. H., de Andrade Cavalari, C. M., Daube, G., Clinquart, A., de Macedo, R. E. F. (2020): *Carnobacterium maltaromaticum* as bioprotective culture *in vitro* and in cooked ham. Meat Science [online]. 162, 108035. ISSN: 0309-1740. Dostupné z: doi: 10.1016/j.meatsci.2019.108035

de Andrade Cavalari, C. M., Imazaki, P. H., Pirard, B., Lebrun, S., Vanleyssem, R., Gemmi, C., Antoine, C., Crevecoeur, S., Daube, G., Clinquart, A., de Macedo, R. E. F. (2024): *Carnobacterium maltaromaticum* as bioprotective culture against spoilage bacteria in ground meat and cooked ham. Meat Science [online]. 211, 109441. ISSN: 0309-1740. Dostupné z: doi: 10.1016/j.meatsci.2024.109441

Hu, P., Xu, X. L., Zhou, G. H., Han, Y. Q., Xu, B. C., Liu, J. C. (2008): Study of the *Lactobacillus sakei* protective effect towards spoilage bacteria in vacuum packed cooked ham analyzed by PCR–DGGE. Meat Science [online]. 80(2), 462–469. ISSN: 0309-1740. Dostupné z: doi:10.1016/j.meatsci.2008.01.011

Kotzekidou, P., Bloukas, J. G. (1996): Effect of protective cultures and packaging film permeability on shelf-life of sliced vacuum-packed cooked ham. Meat Science [online]. 42(3), 333–345. ISSN: 0309-1740. Dostupné z: doi: 10.1016/0309-1740(95)00038-0

Kotzekidou, P., Bloukas, J. G. (1998): Microbial and sensory changes in vacuum-packed frankfurter-type sausage by *Lactobacillus alimentarius* and fate of inoculated *Salmonella enteritidis*. Food Microbiology [online]. 15(1), 101–111. ISSN: 0740-0020. Dostupné z: doi: 10.1006/fmic.1997.0138

Pérez-Chabela, M. de L., Totosaus, A., Guerrero, I. (2008): Evaluation of thermotolerant capacity of lactic acid bacteria isolated from commercial sausages and the effects of their addition on the quality of cooked sausages. Ciencia e Tecnologia de Alimentos [online]. 28(1), 132–138. ISSN 0101-2061. Dostupné z: doi: 10.1590/S0101-20612008000100019

Vermeiren, L., Devlieghere, F., Vandekinderen, I., Rajtak, U., Debevere, J. (2006): The sensory acceptability of cooked meat products treated with a protective culture depends on glucose content and buffering capacity: A case study with *Lactobacillus sakei* 10A. Meat Science [online]. 74(3), 532–545. ISSN: 0309-1740. Dostupné z: doi: 10.1016/j.meatsci.2006.05.003

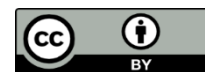
Kontaktní adresa: Ing. František Ježek, Ph.D., Ústav hygieny a technologie potravin živočišného původu a gastronomie, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, e-mail: fjezek@vfu.cz

ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF *BACILLUS MEGATERIUM* ANTIMICROBIAL PEPTIDE AGAINST *LISTERIA* AND *SALMONELLA* BIOFILMS IN HYDROPONIC SYSTEMS

Sheetal Jha¹ – Achyut Adhikari¹

¹School of Nutrition and Food Sciences, Louisiana State University AgCenter

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0088>



ABSTRACT

The rapid growth of hydroponic systems has led to biofilm formation, with *Listeria monocytogenes* resisting standard cleaning methods and posing risks. This study examines the predominant microflora in hydroponic biofilms and explores antimicrobial strategies for effective microbial control. 3M swabs were used to collect biofilm samples from (a) hydroponic tubing, (b) water pump, (c) drainage area, and (d) air pump areas of NFT hydroponic system. swabs were plated on tryptic soy agar and incubated at 37°C for 24 hours, after which the isolates were identified using MALDI-TOF analysis. To study microbial interactions, 120 co-exclusion combinations of two isolates each were prepared. Isolates were mixed in a 1:1 ratio in tryptic soy broth, incubated at 37°C for 24 hours, and plated on tryptic soy agar. The isolates were differentiated based on colony morphology, gram staining, and MALDI-TOF identification. Analysis of variance determined microbial predominance, revealing both gram-positive and gram-negative bacteria. Identified species included *Bacillus cereus*, *Micrococcus luteus*, *Bacillus infantis*, *Aeromonas hydrophila*, and *Enterobacter bugandensis*. In co-culture, one species consistently dominated, averaging 7.8 ± 0.08 log CFU/mL. This research also explored the antimicrobial potential of *Bacillus megaterium* cell-free supernatant (CFS) against *Salmonella enterica*, *E. coli* O157:H7, and *Listeria monocytogenes*. Using an agar well assay, *B. megaterium* CFS showed strong inhibition, with *S. enterica* exhibiting greater inhibition (16 ± 0.04 mm) than *S. Tennessee* (12 ± 0.10 mm) and *E. coli* O157:H7 (11.5 ± 0.08 mm). *L. monocytogenes* Scott A showed the highest inhibition (17 ± 0.09 mm). Biofilm studies on PVC and vinyl surfaces revealed significant reductions in *L. monocytogenes* (2.15 ± 0.08 log CFU/cm²) and *S. enterica* (2.75 ± 0.11 log CFU/cm²). These findings suggest *B. megaterium* CFS as a promising disinfection strategy for mitigating biofilm formation and microbial risks in hydroponic systems.

Keywords: *Bacillus megaterium*, *Listeria*, *Salmonella*, biofilms, hydroponic system

Contact Information: Sheetal Jha, School of Nutrition and Food Sciences, Louisiana State University AgCenter.

POUŽITÍ OCHRANNÝCH KULTUR PŘI VÝROBĚ TVAROHŮ A SÝRŮ

THE USE OF PROTECTIVE CULTURES IN THE PRODUCTION OF CHEESES

Libor Kalhotka¹ – Petr Kouřil¹ – Miroslav Jůzl¹ – Jana Zemanová¹

¹Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0089>



ABSTRAKT

Sýry včetně tvarohů tvoří velmi rozmanitou skupinu mléčných výrobků při jejichž výrobě se uplatňuje řada mikroorganismů, přičemž zásadní roli hrají bakterie mléčného kvašení. Tyto bakterie jsou součástí primární kultury zajišťující fermentaci ale díky produkci antimikrobiálních látek působí též jako kultury protektivní. Při výrobě sýrů lze samostatně protektivní kultury aplikovat jako prostředek proti významným alimentárním patogenům či proti mikroorganismům působícím kažení sýrů.

Klíčová slova: bakterie mléčného kvašení, bakteriociny, kažení, mléčné výrobky

ABSTRACT

Cheeses, including quark, are a very diverse group of dairy products, the production of which involves the use of a number of microorganisms, with lactic acid bacteria playing a crucial role. These bacteria are part of the primary culture ensuring fermentation, but thanks to the production of antimicrobial substances they also act as protective cultures. In the production of cheese, separate protective cultures can be applied as a means against significant food pathogens or against microorganisms causing cheese spoilage.

Keywords: lactic acid bacteria, bacteriocins, spoilage, dairy products

ÚVOD

Mikrobiální kultury jednodruhové nebo směsné jsou tvořeny definovanými a rozmnožování schopnými mikroorganismy, selektovanými podle jejich specifických vlastností. Přidávají se do potravin nebo surovin a do zemědělských produktů s úmyslem vyrobit nebo alespoň zlepšit (změnit) jejich vzhled, vůni, chuť, konzistenci, trvanlivost a jejich konzumovatelnost.

Ochranné kultury jsou tvořeny mikroorganismy, které v potravině rostou preferenčně, čímž potlačují růst jiných mikroorganismů působících kažení dané potraviny nebo patogenních. Mikroorganismy tvořící protektivní kultury produkují antimikrobiálně působící metabolity, jako jsou organické kyseliny, bakteriociny, diacetyl, CO₂, peroxid vodíku, deriváty aminokyselin.

Vedle příznivých účinků potlačením nežádoucích mikroorganismů, se ochranné kultury mohou vyhledávat také pro příznivý účinek na senzorické vlastnosti potraviny, jako jsou chuť, vůně a barva výrobku, prostřednictvím enzymů.

Rozdíl mezi startovací a ochrannou kulturou je takový, že nemusí nutně existovat technologická výhoda (jako u startovacích kultur), ale musí vykazovat antimikrobiální účinky.

Ochranné kultury musí splňovat určité vlastnosti. V první řadě nesní představovat pro spotřebitele žádné zdravotní riziko. Nesmí být patogenní, nesmí produkovat žádné toxiny, biogenní aminy ani jiné metabolity s negativním vlivem na zdraví. Za druhé musí mít ochranné kultury příznivý účinek na produkt, musí být na tento produkt (substrát) adaptovány. Musí být spolehlivé v důsledné ochranné aktivitě. Musí za daných podmínek vykazovat předvídatelnou metabolickou aktivitu např. produkovat kyselinu mléčnou bez produkce plynu. Musí být konkurenceschopné vůči autochtonní mikrobiotě a v neposlední řadě musí vykazovat specifické enzymatické aktivity. Za třetí nesmí mít tyto kultury negativní vliv na produkt za dodržení zásad správné výrobní praxe. Jde především o senzorické působení např. bez produkce organických kyselin, slizu, plynu atd. v závislosti na typu produktu. Za čtvrté ochranné kultury mohou plnit také funkci určitého indikátoru při nedodržení doporučených podmínek. (Holzapfel et al., 1995; Kameník et al. 2024).

Príspevek má za úkol informovat čtenáře o dosavadní činnosti vyvíjené v oblasti mléčných výrobků v rámci řešení projektu QK23020047 Ověření možností prokazování použití ochranných kultur ve výrobě potravin živočišného původu.

MATERIÁL A METODIKA

Výroba čerstvých sýrů a tvarohů

Pro výrobu sýrů bylo použito pasterované 1,5 % mléko Pilos, které bylo podrobeno tepelnému ošetření 65 °C, po zchládnutí na 33 °C byla do mléka přidána kultura CHN-19 (0,1 g/4 l mléka) a ochranná kultura (0,1 g/4 l mléka). Mléko se nechalo 40 min. prokysat. Poté se přidal 36% CaCl₂ (1,6 ml/4 l mléka) a syřidlo Fromase 220 TL BF (neředěné, stanovená síla 1:5333, dávka 1,6 ml/4 l mléka). Syření probíhalo 40 minut při 33 °C. Pokrájená syřenina se plnila do hranatých forem na sýr (vysvícené UV). Výtěžnost byla 18 ks ze 4 l mléka. Odkap syrovátky a obracení sýrů trvalo 20 hodin. Tímto způsobem byly vyrobeny čerstvé sýry o hmotnosti cca 40 g. Při výrobě čerstvých sýrů byly použity kromě klasické mezofilní zákysové kultury CHN – 19 (*Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*) také kultury protektivní a to FreshQ Cheese 3, FreshQ 9, FreshQ 11, tyto tři kultury obsahují *Lacticaseibacillus rhamnosus* (dříve *Lactobacillus rhamnosus*), a kultura FreshQ 4, která obsahuje kromě *L. rhamnosus* také *Lacticaseibacillus paracasei* (dříve *Lactobacillus paracasei*).

Pro výrobu tvarohu bylo použito syrové kravské mléko, celkem 40 l (Zemědělská společnost Devět křížů Domašov). Mléko bylo podrobeno tepelnému ošetření - pasterace 72 °C / 30 sec. a následně zchlazeno na 20–23 °C. Po té byl cca po 1 h přidán 1 g mezofilní aromatické kultury **CHN11** - 50 U (*Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Leuconostoc mesenteroides*). Dávka 40 litrů mléka rozdělena na 2 poloviny (á 20 l); do jedné přidána ochranná kultura **FreshQ Tvorog 2** - 0,68 g, 125 U (*Lacticaseibacillus rhamnosus*). Obě varianty se ponechaly

prokysávat do dalšího dne (cca 20 hodin). Po 20 hodinách bylo změřeno pH (vzorek bez ochranné kultury 4,7; vzorek s ochrannou kulturou 4,5). Mléko v pasterizačním kotli zahřáto na 40 °C / 20 minut pro podpora tvorby sraženiny. Vytvořená sraženina byla přelita do odkapávací vany, vystlané sýrařskou plachetkou (mat. PE2-35 g/m²). Po 5 h samovolného odkapávání syrovátky z tvarohu ve vaně byl celý objem zatížen. Po 16 h zatížení nadávkování do obalů. (Pro následné analýzy bylo připraveno 16 krabiček po 50 g).

Testování antimikrobiálního působení

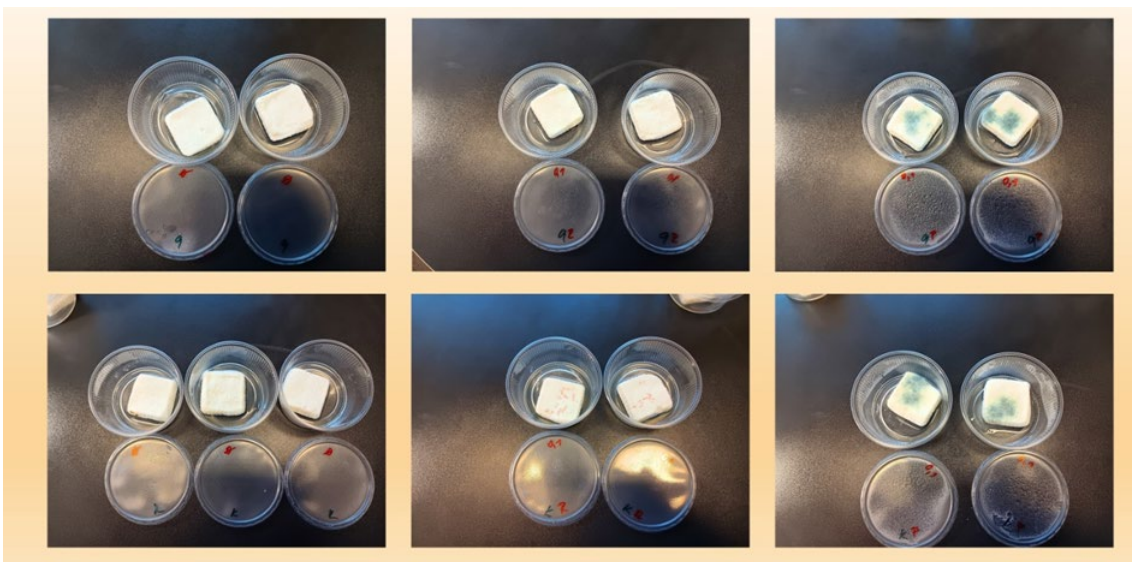
Od každé varianty s protektivní kulturou bylo připraveno 18 ks sýrů a kontrolních sýrů bez protektivní kultury bylo rovněž 18 ks. Na vybrané varianty byla aplikována kultura *Penicillium roqueforti* izolovaná ze sýru Niva a *Rhodotorula glutinis* kmen 20-1-35. Kultura o denzitě 10²-10³ buněk/ml byla aplikována v množství 10 µl na plochu 1 cm². Sýry byly baleny jednotlivě do plastových krabiček a umístěny do transportního boxu. Sýry byly následně umístěny do zracího boxu s teplotou 8 °C. V průběhu skladování (7., 14. a 21. den) byly sýry kontrolovány, vizuálně byl hodnocen růst mikroorganismů. Z hodnocení byla pořízena fotodokumentace.

Mikrobiologická analýza v průběhu skladování

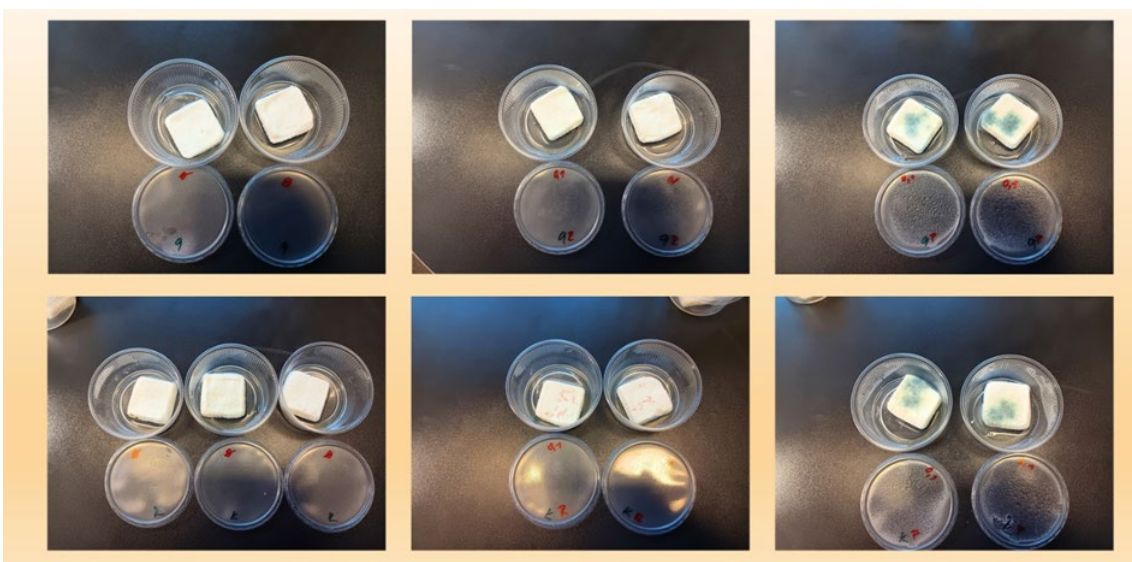
V průběhu skladování 0., 7., 14. a 21. den byly vzorky sýrů a tvarohů skladované při 6–8 °C podrobeny mikrobiologickým analýzám. Stanovovány byly standardními postupy následující skupiny mikroorganismů: Celkový počet mikroorganismů na PCA with skimmed milk (Biokar Diagnostics, France) při 30 °C za 72 h, bakterie mléčného kvašení na MRS (Biokar Diagnostics, France) při 30 °C za 72 h a 37 °C za 48 h anaerobně, *E. coli* a ostatní koliformní bakterie na Chromogenním médiu (*E.coli*/ Coiform agar, Harlequin® - NCM1002, Neogen, UK) při 37 °C za 24 h a mikromycety (kvasinky a plísně) na Chloramphenicol glucose agar, (Biokar diagnostic, France) při 25 °C za 72–120 h. Po uplynutí doby kultivace byly na Petriho miskách odečteny narostlé typické kolonie a po přepočtu byl výsledek vyjádřen jako kolonie tvořící jednotky na 1 g (KTJ/g) sýra.

VÝSLEDKY A DISKUZE

V rámci experimentů bylo provedeno testování antimikrobiálního působení čtyř různých protektivních kultur určených pro výrobu čerstvých sýrů. V průběhu 21 dní skladování probíhalo vždy po týdnu vizuální hodnocení růstu *Rhodotorula glutinis* a *Penicillium roqueforti*. V rámci hodnocení byla pořizována fotografická dokumentace (viz Obr.1 a 2) na nichž je dobře patrný pozitivní antimikrobiální účinek proti *R. glutinis*. Na růst *P. roqueforti* neměla protektivní kultura vliv.



Obrázek 1: Kultura FreshQ 9 po 14 dnech – sýry s přídavkem protektivní kultury v horní řadě (kontrola bez inokulace, s *Rhodotorula glutinis* a s *Penicillium roqueforti*) v dolní řadě sýry kontrolní bez protektivní kultury



Obrázek 2: Kultura FreshQ 9 po 21 dnech

Mikrobiologická analýza byla provedena u vzorků čerstvých sýrů s přídavkem čtyř protektivních kultur a kontroly bez přídavku protektivní kultury v průběhu 21 dní. Obdobně byla analýza provedena u tvarohů s přídavkem protektivní kultury a kontrolních vzorků (viz Tab. 1 a 2). Z výsledků jsou patrné nízké počty mikromycet, *E. coli* a ostatní koliformní bakterie nebyly detekovány. Významně vyšší počty CPM a obou variant BMK byly zjištěny u variant s přídavkem protektivní kultury.

Tabulka 1: Čerstvé sýry - počty mikroorganismů v průběhu skladování v KTJ/g

Den	Identifikace	CPM	Bakterie ml. kvašení		<i>E. coli</i> a koliformní b.		Mikromycety	
			BMK 30 °C	BMK 37 °C anaer.	<i>E. coli</i>	ostatní koliformní b.	kvasinky	plísně
0.	kontrola	8,67	5,70	2,70	ND	ND	ND	ND
	+ Q9	8,59	7,80	7,84	ND	0,88	ND	ND
7.	kontrola	9,02	5,96	3,07	ND	ND	2,53	ND
	+ Q9	8,89	8,16	8,28	ND	ND	ND	ND
14.	kontrola	8,98	6,02	3,70	ND	ND	2,40	ND
	+ Q9	8,82	8,30	8,43	ND	ND	0,40	ND
21.	kontrola	7,44	5,24	3,40	ND	ND	ND	ND
	+ Q9	8,32	8,17	8,19	ND	ND	2,26	ND

Tabulka 2: Tvarohy – počty mikroorganismů v průběhu skladování v KTJ/g

Den	Identifikace	CPM	Bakterie ml. kvašení		<i>E. coli</i> a koliformní b.		Mikromycety	
			BMK 30 °C	BMK 37 °C anaer.	<i>E. coli</i>	ostatní koliformní b.	kvasinky	plísně
0.	kontrola	7,67	7,06	3,69	ND	ND	ND	1,15
	+ Tvorog 2	8,09	7,82	7,86	ND	ND	1,57	0,40
7.	kontrola	7,36	6,36	3,06	ND	ND	1,13	0,40
	+ Tvorog 2	8,63	8,00	7,91	ND	ND	2,77	ND
14.	kontrola	7,56	5,48	3,10	ND	ND	4,28	ND
	+ Tvorog 2	8,06	8,12	8,06	ND	ND	3,26	ND
21.	kontrola	7,26	5,58	3,52	ND	ND	1,79	ND
	+ Tvorog 2	8,25	8,04	7,95	ND	ND	3,82	0,40

ZÁVĚR

Dosavadní zjištění vyplývající z provedených analýz jsou následující. Přídavek protektivních kultur v koncentraci 0,1 g/4 l mléka dokázal, po celou dobu experimentu, tj. tři týdny od výroby, u sýrů skladovaných v chladírenských podmínkách (8 °C) potlačit nárůst přirozené mikrobiální kontaminace u nezaočkované varianty a významně potlačit nárůst *Rhodotorula glutinis*. Proti *Penicillium roqueforti* přídavek protektivních kultur neúčinkoval. U čerstvých sýrů a tvarohů byly zjištěny rozdíly v CPM a počtech BMK u kontrolních variant a variant s přídavkem ochranné kultury. Při správné výrobě těchto druhů sýrů není nezbytně nutné přidávat ochrannou kulturu.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl zpracován s podporou projektu QK23020047 Ověření možností prokazování použití ochranných kultur ve výrobě potravin živočišného původu

LITERATURA

Holzappel, W. H., Geisen, R., Schillinger, U. (1995): Ecological preservation of foods with reference to protective cultures, bacteriocins and food-grade enzymes. Int. J. of Food Microbiol. 24 (3), 343–362. ISSN 1879-3460. Dostupné z doi: 10.1016/0168-1605(94)00036-6

Kameník, J. (2024) – přednáška Má využití ochranných kultur ve výrobě potravin živočišného původu význam? (ústní sdělení) Konference - Možnosti využití ochranných kultur při výrobě potravin živočišného původu 26. března 2024.

Kontaktní adresa: doc. Ing. Libor Kalhotka, Ph.D., Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: libor.kalhotka@mendelu.cz

POČET SOMATICKÝCH BUNĚK V MLÉCE MALÝCH PŘEŽVÝKAVCŮ

SOMATIC CELL COUNT IN MILK OF SMALL RUMINANTS

Marcela Klimešová¹ – Oto Hanuš¹ – Hana Nejeschlebová¹

¹Výzkumný ústav mlékárenský, Ke Dvoru 12a, Praha

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0095>



ABSTRAKT

Předložená studie nabízí technicko-organizační doporučení, opatření a postupy v hodnocení kvality syrového mléka (počet somatických buněk) malých přežvýkavců pro interní účely farem chovu malých přežvýkavců pro podporu zdraví a užitkovosti zvířat, zdraví spotřebitelů a pro narovnání jejich vztahů ve smyslu nastavení parametrů při možném proplácení syrového mléka.

Klíčová slova: mléko, malí přežvýkavci, počet somatických buněk

ABSTRACT

The presented study offers technical-organizational recommendations, measures and procedures in the evaluation of the quality of raw milk (somatic cell count) of small ruminants for the internal purposes of small ruminant breeding farms to support the health and performance of animals, the health of consumers and to straighten their relationships in the sense of setting parameters when possible reimbursement of raw milk.

Keywords: milk, small ruminants, somatic cell count

ÚVOD

Většina závazných nebo doplňkových kvalitativních mléčných ukazatelů byla nejdříve zavedena u skotu a až pak u malých přežvýkavců. Přísnější limitní hodnoty pro syrové kravské mléko a mírnější pro mléka ostatní jsou uvedena v Nařízení EP a Rady (ES) 853/2004, které stanovuje pouze limit pro celkový počet mikroorganismů (CPM) $\leq 1\,500\,000$ KTJ v 1 ml a limit pro mléko pro výrobu mléčných produktů bez tepelného ošetření syrového mléka CPM $\leq 500\,000$ KTJ v 1 ml. V nařízení se mimo jiné předepisuje, že pokud jsou kozy chovány s krávami, musí být vyšetřovány na tuberkulózu. Pokud jde o brucelózu, musí syrové mléko pocházet od ovcí nebo koz, které patří do hospodářství, které je úředně prosté nebo prosté brucelózy ve smyslu směrnice 91/68/EHS. Podle této směrnice musí být zvířata získána z hospodářství, ve kterém nebyly diagnostikovány v předcházejících 6 měsících choroby, jako je nakažlivá agalaktie ovcí (*Mycoplasma agalactiae*) nebo nakažlivá agalaktie koz (*Mycoplasma agalactiae*, *M. capricolum*, *M. mycoides* var. "velká kolonie"), v předcházejících 12 měsících paratuberkulóza nebo lymphadenitis caseosa, v předcházejících 3 letech plicní adenomatóza, Maedi-Visna nebo virová artritida/encefalitida koz.

Co se týče počtu somatických buněk (PSB) nejsou limitní hodnoty podchyceny žádnými legislativními předpisy (Kaskous et al., 2022). V některých zemích jsou mezi výrobci a zpracovateli zohledňovány limitní

hodnoty pro proplácení syrového ovčího a kozího mléka. Systém proplácení podle kvality je dobře propracován ve Francii, Španělsku, Itálii, Řecku, Portugalsku, Norsku a Holandsku, mimo Evropu pak v některých státech USA, Kanadě, Novém Zélandu, Izraeli a Thajsku (Pirisi et al., 2007).

Příspěvek se zabývá možným navržením limitních hodnot PSB v chovech s faremním zpracováním syrového mléka malých přežvýkavců.

MATERIÁL A METODIKA

Stanovení limitů vybraných ukazatelů kvality syrového mléka malých přežvýkavců (ovce a kozy) bylo provedeno metodou kvalifikovaného odhadu podle statistických a vývojových výsledků vlastního předchozího výzkumu v dané oblasti (Klimešová et al., 2015, 2017). Byly zohledněny také výsledky dalších literárních pramenů zaměřených na danou problematiku (např. Haenlein, 2001; Delgado-Pertiñez et al., 2003; Kalantzopoulos et al., 2004; Gonzalo et al., 2005; Paape et al., 2007; Pirisi et al., 2007; Leitner et al., 2008; Přidalová et al., 2009; de Souza et al., 2009; Silanikove et al., 2010; Granado et al., 2014; Skeie, 2014 a další).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Z výše uvedených zdrojů bylo možné navrhnout k praktické aplikaci v interní kontrole kvality syrového mléka následující hodnoty PSB pro syrové ovčí mléko. Tyto limity jsou uvedeny v Tabulce 1. Jako počáteční limitní hodnotu navrhujeme $PSB < 1\,000 \cdot 10^3$ a její postupné snížení, které je pouze doporučené a zcela v kompetenci daného podniku, až na hodnotu $PSB < 500 \cdot 10^3$ buněk v 1 ml. Tato hodnota je srovnatelná i s počtem SB v případě zdravé mléčné žlázy, uvedené výše v dostupné literatuře.

Podobně pak byl na základě doporučených výsledků z literárních zdrojů a z naměřených geometrických průměrů vytvořen reálný odhad pro doporučení interního předpisu a zavedení limitní hodnoty PSB v syrovém kozím mléce. Jako limitní hodnotu v současné době navrhujeme $PSB < 1\,500 \cdot 10^3$ a její postupné snížení na hodnotu $PSB < 1\,000 \cdot 10^3$ až na hodnotu $PSB < 700 \cdot 10^3$ buněk v 1 ml (Tabulka 1). Tento postup návrhu limitních hodnot tak zohledňuje vyšší citlivost koz, zejména na kolísání faktorů vnějšího prostředí, která se projevuje oproti ovcím výrazněji v posunu středních hodnot i variability PSB k vyšším hladinám, se sníženou možností chovatele tomu zabránit (Klimešová et al., 2015).

Časové intervaly pro postupné snižování limitu PSB nejsou pevné, ale podléhají rozhodnutí managementu uživatele podle vývoje reálné situace a možností farmy, kdy lze předpokládat, že motivací realizace co nejkratších intervalů zpříšňování kvality je logický zájem chovatele zvířat o zlepšení výtěžnosti zpracovatelských potravinářsko-technologických procesů na farmě a tím i zlepšení efektivity chovu.

Tabulka 1: Návrh limitního ukazatele PSB (v tisících) v ovčím a kozím mléce

ovčí mléko			
	geometrický průměr	rozsah	navržený limit
celkem v ČR	< 760	560–1 125	< 1 000; < 500
kozí mléko			
	geometrický průměr	rozsah	navržený limit
celkem v ČR	< 1 600	745–3 650	< 1 500; < 1 000; < 750

ZÁVĚR

Navržené limitní hodnoty byly vypracovány vzhledem k absenci jakékoliv závazné hodnoty pro PSB v mléce malých přežvýkavců, která je v ČR považována odbornou veřejností za potřebnou. Jedná se o výsledek možného vývoje postupu zavedení limitních hodnot kvality syrového mléka malých přežvýkavců k interním faremním hospodářským účelům. Práce navrhuje strukturu limitů kvalitativního ukazatele mléka malých přežvýkavců k podpoře zdraví zvířat, kvality suroviny, kvality potravin, bezpečnosti konzumentů a provozní jistoty farmy.

PODĚKOVÁNÍ

Práce vznikla za podpory projektů MZe RO 1425.

LITERATURA

- Delgado-Pertiñez, M., Alcalde, M. J., Guzmán-Guerrero, J. L., Castel, J. M., Mena, Y., Caravaca, F. (2003): Effect of hygiene-sanitary management on goat milk quality in semi-extensive system in Spain. *Small Rumin. Res.*, 47: 51–61. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00239-0](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00239-0)
- De Souza, G. N., Brito, J. R. F., Brito, M. A., Lange, C., De Faria, C. G., Moraes, L., Fonseca, R., De Almeida Silva, Y. (2009): Composition and bulk tank somatic cell counts of milk from dairy goat herds in Southeastern Brazil. *Brazil. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, 46 (1): 19–24. Dostupné z: 03_122-07.pmd
- Gonzalo, C., Carriedo, J. A., Blanco, M. A., Beneitez, E., Juárez, M. T., De La Fuente, L. F., San Primitivo, F. (2005): Factors of variation influencing bulk tank somatic cell count in dairy sheep. *J. Dairy Sci.*, 88: 969–974. Dostupné z: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72764-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72764-8)
- Granado, R. J., Rodriguez, M. S., Arce, C., Estevez, V. R. (2014): Factors affecting somatic cell count in dairy goats: a review. *Spanish J. of Agric. Res.*, 12 (1): 133–150. Dostupné z: <https://doi.org/10.5424/sjar/2014121-3803>
- Haenlein, G. F. W. (2001): Past, present, and future perspectives of small ruminant dairy research. *J. Dairy Sci.*, 84: 2097–2115. Dostupné z: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74655-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74655-3)
- Kalantzopoulos, G., Dubeuf, J. P., Vallerand, F., Pirisi, A., Casalta, E., Lauret, A., Trujillo, T. (2004): Characteristics of sheep and goat milks: quality and hygienic factors for the sheep and goat dairy sectors. In: *Int. Dairy Feder. Bull.*, No. 390: 17–28

- Kaskous, S., Farschtschi, S., Pfaffl, M. W. (2022): Physiological aspects of milk somatic cell count in small ruminants - Review. Dairy, 4: 26–42. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/dairy4010002>
- Klimešová, M., Hanuš, O., Bogdanovičová, K., Němečková, I., Nejeschlebová, L., Kopecký, J., Kalhotka, L. (2015): Hodnocení složkových, hygienických, fyzikálních a technologických ukazatelů syrového ovčího a kozího mléka a jejich srovnání s kravským mlékem. Mlék. listy, 152, ISSN 1212-950X: XVI–XIX. Dostupné z: www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2015/152-xvi-xix.pdf
- Klimešová, M., Hanuš, O., Tomáška, M., Hofericová, M., Vorlová, L., Chládek, G., Jedelská, R., Nejeschlebová, L., Vondrušková, E. (2017): Correlation between total count of microorganisms and somatic cells in bulk sheep milk. J. Food Nutrit. Res., 56, 4, 341–350. Dostupné z: jfnr201735.pdf
- Leitner, G., Silanikove, N., Merin, U. (2008): Estimate of milk and curd yield loss of sheep and goats with intramammary infection and its relation to somatic cell count. Small Rumin. Res., 74, 1-3: 221–225. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.02.009>
- Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu
- Paape, M. J., Wiggans, G. R., Bannerman, D. D., Thomas, D. L., Sanders, A. H., Contreras, H., Moroni, P., Miller, R. H. (2007): Monitoring goat and sheep milk somatic cell counts. Small Rumin. Res., 68: 114–125. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.014>
- Pirisi, A., Lauret, A., Dubeuf, J. P. (2007): Basic and incentive payments for goat and sheep milk in relation to quality. Small Rumin. Res., 68: 167–178. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.009>
- Přidalová, H., Janštová, B., Dračková, M., Navrátilová, P., Vorlová, L. (2009): Sledování vybraných parametrů mléka bílých krátkosrstých koz ze dvou farem v České republice. Mlék. listy, 116: 23–27. Dostupné z: www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2009/116_s_23-27.pdf
- Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U., Prosser, C. G. (2010): Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects. Small Rumin. Res., 89 (2-3): 110–124. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.033>
- Skeie, S. B. (2014): Quality aspects of goat milk for cheese production in Norway: A review. Small Rumin. Res., 122 (1–3): 10–17. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.07.012>
- Směrnice Rady 91/68/EHS ze dne 28. ledna 1991 o veterinárních podmínkách obchodu s ovci a kozami uvnitř Společenství
- Kontaktní adresa: doc. RNDr. Marcela Klimešová, PhD, Výzkumný ústav mlékárenský, Ke Dvoru 12a, Praha, e-mail: marcela.vyletelova@seznam.cz*

**VLIV PŘÍDAVKU SPIRULINY (*ARTHROSPIRA PLATENSIS*)
NA JAKOSTNÍ PARAMETRY JOGURTU**

**EFFECT OF SPIRULINA (*ARTHROSPIRA PLATENSIS*) ADDITION
ON YOGHURT QUALITY PARAMETERS**

**Aneta Kocandová¹ – Jan Slováček¹ – Šárka Nedomová¹ – Barbora Odehnalová¹
Veronika Božena Hendrychová¹ – Adam Koval¹ – Vojtěch Kumbár² – Andrea Roztočilová¹**

¹Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta,
MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

²Ústav techniky a automobilové dopravy, Agronomická fakulta,
MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0099>



ABSTRAKT

Spirulina (*Arthrospira platensis*), sinice bohatá zejména na bílkoviny a biologicky aktivní látky, získává stále větší oblibu jako doplněk stravy díky svému nutričně bohatému profilu a pozitivnímu vlivu na lidské zdraví. Kombinací jogurtu a spiruliny se tak nabízí možnost vzniku funkční potraviny, která spojuje výživovou hodnotu obou složek. Tato studie analyzuje chemické složení, viskozitu, pH a senzorické vlastnosti jogurtů s přídavkem spiruliny. Jogurt s přídavkem 3 % spiruliny obsahoval nejvyšší množství sušiny $19,93 \pm 0,21 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a bílkovin $7,78 \pm 0,61 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ($p < 0,05$). S přídavkem spiruliny se zvýšila viskozita vzorků ($p < 0,05$). Spirulina neměla vliv na pH výrobků ($p > 0,05$). Přídavek spiruliny negativně ovlivnil všechny hédonické deskriptory ($p < 0,05$). Jogurty s 3% přídavkem spiruliny jsou tedy senzoricky nepřijatelné.

Klíčová slova: chemické složení, viskozita, funkční potravina

ABSTRACT

Spirulina (*Arthrospira platensis*), a cyanobacteria rich mainly in protein and biologically active substances, is gaining more and more popularity as a dietary supplement due to its nutritional profile and positive effect on human health. The combination of yoghurt and spirulina offers the possibility of creating a functional food that combines the nutritional value of both ingredients. This study analyses the chemical composition, viscosity, pH and sensory properties of yoghurt with spirulina. Yogurt with 3% spirulina addition contained the highest amount of dry matter 19.93 ± 0.21 and protein 7.78 ± 0.61 ($p < 0.05$). The viscosity of the samples increased with spirulina addition ($p < 0.05$). Spirulina did not affect the pH of the products ($p > 0.05$). Spirulina addition negatively affected all hedonic descriptors ($p < 0.05$). Thus, yogurts with a 3% spirulina addition are almost sensory unacceptable.

Keywords: chemical composition, viscosity, functional food

ÚVOD

Rostoucí zájem o zdravý životní styl přivádí stále větší pozornost k funkčním potravinám a jejich významu pro lidské zdraví (Essa et al., 2023). Dnešní spotřebitelé kladou zvýšený důraz na zdravotní přínosy potravin, přičemž se zaměřují především na jejich nutriční a bioaktivní vlastnosti (Yagmur, Sahin, Ersan, 2024). Fermentované produkty jsou v tomto ohledu velmi oblíbené vzhledem k jejich pozitivnímu vlivu na střevní mikroflóru, a to díky působení prospěšných mikroorganismů (Jena, Choudhury, 2024).

Fermentované mléčné výrobky mají dlouholetou tradici v mnoha kulturách a jsou oblíbené díky své výživové hodnotě a pozitivním účinkům na lidské zdraví (Shakya, Verma, Sandhu, 2022). Obsahují prospěšné mikroorganismy, především bakterie mléčného kvašení, které přeměňují laktózu na kyselinu mléčnou, což zásadním způsobem ovlivňuje chuť a texturu výsledného výrobku (Joshi et al., 2024). Kromě bakterií mohou obsahovat také kvasinky, které přispívají k tvorbě oxidu uhličitého (Saygili, Yerlikaya, Akpınar, 2023). Fermentace nejenom zlepšuje chuť a prodlužuje trvanlivost, ale vzniklé produkty podporují trávení a napomáhají udržovat zdravou střevní mikrobiotu (Joshi et al., 2024). Mezi nejznámější fermentované mléčné výrobky patří jogurt. Princip jeho výroby spočívá ve fermentaci mléka dvěma druhy bakterií, a to *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (Savaiano, Hutkins, 2021).

Sinice jsou drobné jednobuněčné organismy, konkrétně se jedná o bakterie, které jsou schopné fotosyntézy. Patří mezi jedny z hlavních producentů kyslíku na planetě Zemi a řadí se tak mezi dominantní prvky celkového ekosystému (Jin et al., 2025). Díky obsahu cenných makro- i mikroživin, schopnosti vytvářet široké spektrum bioaktivních látek a rychlé produkci biomasy pomocí sluneční energie jsou považovány za velmi udržitelný zdroj pro budoucnost (Ramírez-Rodrigues et al., 2021). Jedna z nejznámějších sinic využívaných v lidské výživě je spirulina (*Arthrospira platensis*) (Nabti et al., 2023). Spirulina je ceněna pro své jedinečné složení, zahrnující vysoký obsah bílkovin (až 70 %), které obsahují významný podíl modrého barviva fykocyaninu známého svými silnými antioxidačními vlastnostmi (Lin et al., 2025). Kromě toho představuje spirulina cenný zdroj esenciálních aminokyselin, nenasycených mastných kyselin, vitamínů, minerálů (zejména železa, vápníku a draslíku) a dalších antioxidantů, které pomáhají chránit buňky před oxidačním stresem (Priyanka S et al., 2023; Ramírez-Rodrigues et al., 2021). Přídavek spiruliny do jogurtu jej obohacuje o cenné makro- a mikroživiny, posiluje předpoklad vyšší antioxidační aktivity a otevírá tak cestu k výživově vylepšené alternativě běžných mléčných produktů. Hlavním cílem této studie je, zda 1% a 3% přídavek spiruliny při výrobě jogurtu nebude mít příliš negativní dopad na fyzikální, a především senzorické vlastnosti konečných mléčných výrobků s vyšším obsahem spiruliny.

MATERIÁL A METODIKA

Výroba jogurtů

Jogurty byly vyrobeny ve dvou šaržích dle níže popsané receptury dle metodiky (Yagmur, et al., 2014). Ve 100 ml polotučného mléka (Pragolaktos, Česká republika) bylo rozmícháno 180 g sušeného polotučného

mléka (Bohemilk, Česká republika) pro zvýšení sušiny výsledného výrobku. Následně byla tato část rozmíchána ve zbytku z celkově 3 l mléka, celý objem byl přiveden k 92 °C a při této teplotě držen přibližně 3 minuty. Mléko bylo dále ochlazeno ve vodní lázni na 43 °C, ke každé části přidány 3 g jogurtové kultury Laktoflora (MILCOM a.s., Česká republika), k jednomu dílu 1 % hmotnostní spiruliny (Zdraví s chutí, Česká republika) a k druhému 3 % hmotnostní spiruliny. Po důkladném promíchání byla směs ručně plněna do předem vysterilovaných oválných sklenic o objemu 250 ml a uzavřena. Následně byly všechny sklenice ponechány v inkubátoru (Friocell 55 – ECO line, Německo) po dobu 4 hodin při teplotě 43 °C. Po skončení fermentace byly jogurty přeneseny do lednice a uchovány při teplotě 5 °C. Analýzy byly provedeny po 1 a po 21 dnech skladování (konec minimální trvanlivosti).

Chemické složení

U výrobků byl po 1 dni skladování analyzován obsah bílkovin ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), tuku ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) a sušiny ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Každý vzorek byl homogenizován a stanovení proběhlo ve třech opakováních pro každý vzorek. Pro analýzu celkového množství dusíku byla použita Kjeldahlova metoda (AOAC, 2002). Na základě zjištěných hodnot dusíku byl následně vypočten celkový obsah bílkovin s použitím přepočítávacího faktoru 6,38. Celkový obsah tuku byl stanoven pomocí Soxhletovy extrakce dle podmínek metody (AOAC, 1996), obsah sušiny byl stanoven gravimetricky (AOAC, 2005).

Viskozita

Viskozita vzorků jogurtu byla analyzována pomocí rotačního viskozimetru DV2T (Brookfield, USA). Při testování se pracovalo s přibližně 50 ml jogurtu, který byl umístěn do kádinky o objemu 50 ml. Měření viskozity bylo provedeno při pokojové teplotě (20 °C) s využitím standardizovaného vřetene č. 64 (dle Brookfielda) a 10 otáček za minutu (Bchir et al., 2019). Každý vzorek byl analyzován v 10 opakováních, a to po 1 a 21 dnech skladování.

pH

Měření aktivní kyselosti neboli pH bylo provedeno pomocí laboratorního přístroje inoLab® pH 7110 (Xylem Analytics, Německo). Vzorky jogurtů byly důkladně promíchány, následně do nich byla vložena elektroda a byla odečtena hodnota pH. Každý vzorek byl měřen ve 3 opakování po 1 a 21 dnech skladování.

Senzorická analýza

Senzorická analýza byla provedena po 1 dni skladování v senzorické laboratoři Mendelovy univerzity v Brně, která splňuje normy ISO 8589. Vzorky byly každému hodnotiteli předloženy v původních skleněných nádobách ve vychlazeném stavu, byly označeny náhodně vygenerovanými čtyřčíselnými kódy. Nejprve se hodnotil celkový vzhled ve sklenici, následně byl jogurt promíchán a proběhlo hodnocení zbylých deskriptorů. K neutralizaci byla k dispozici čistá voda. Vzorky hodnotila skupina 10 proškolených hodnotitelů (5 mužů a 5 žen). Pro všechny deskriptory byla použita nestrukturovaná 100mm stupnice s referenčními body na obou koncích. Hédonicky byly hodnoceny tyto vlastnosti: celkový vzhled, celková přijatelnost, barva, vůně, chuť, kyselost a konzistence – hustota (0 bodů zcela nepřijatelné, 100 bodů zcela přijatelné).

Statistické zpracování

Data byla statisticky zpracována pomocí programu STATISTICA 14 (TIBCO Software Inc., USA). Normální rozdělení dat bylo ověřeno Shapirovým-Wilkovým testem. K analýze byla použita jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA) a pro porovnání skupin vzorků byl aplikován Tukeyho HSD test. Rozdíly byly považovány za statisticky významné při hladině významnosti 95 % ($p < 0,05$).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Chemické složení jogurtů je prezentováno v Tabulce 1.

Tabulka 1: Chemické složení jogurtů ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)

	Jogurt bez přídavku spiruliny ($\bar{x} \pm \text{SD}$)	Jogurt s přídavkem 1 % spiruliny ($\bar{x} \pm \text{SD}$)	Jogurt s přídavkem 3 % spiruliny ($\bar{x} \pm \text{SD}$)
Bílkoviny	$5,76 \pm 0,53^c$	$6,40 \pm 0,36^b$	$7,78 \pm 0,61^a$
Tuk	$2,66 \pm 0,32^a$	$2,29 \pm 0,89^b$	$2,09 \pm 0,78^c$
Sušina	$17,57 \pm 0,39^c$	$18,12 \pm 0,40^b$	$19,93 \pm 0,21^a$

Legenda: Rozdílné horní indexy ve stejném řádku ukazují statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$).

Dle předpokladu, přídavek spiruliny ovlivnil chemické složení jogurtů. U variant se spirulinou byl zjištěn vyšší obsah sušiny, bílkovin a totéž tuku ($p < 0,05$). U varianty s přídavkem 3 % spiruliny byl dokonce obsah bílkovin vyšší o $2 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Což odpovídá výsledkům Lin et al. (2025), kteří uvádí, že spirulina obsahuje až 70 % bílkovin v sušině.

Výsledky měření viskozity jogurtů (Tabulka 2) prokázaly statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$) mezi jednotlivými vzorky.

Tabulka 2: Viskozita ($\text{Pa} \cdot \text{s}$)

	Jogurt bez přídavku spiruliny ($\bar{x} \pm \text{SD}$)	Jogurt s přídavkem 1 % spiruliny ($\bar{x} \pm \text{SD}$)	Jogurt s přídavkem 3 % spiruliny ($\bar{x} \pm \text{SD}$)
1 den skladování	$8,46 \pm 0,73^b$	$12,46 \pm 1,18^a$	$12,88 \pm 0,98^a$
21 dnů skladování	$17,44 \pm 3,61^b$	$18,66 \pm 4,25^a$	$19,23 \pm 2,47^a$

Legenda: Rozdílné horní indexy ve stejném řádku ukazují statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$).

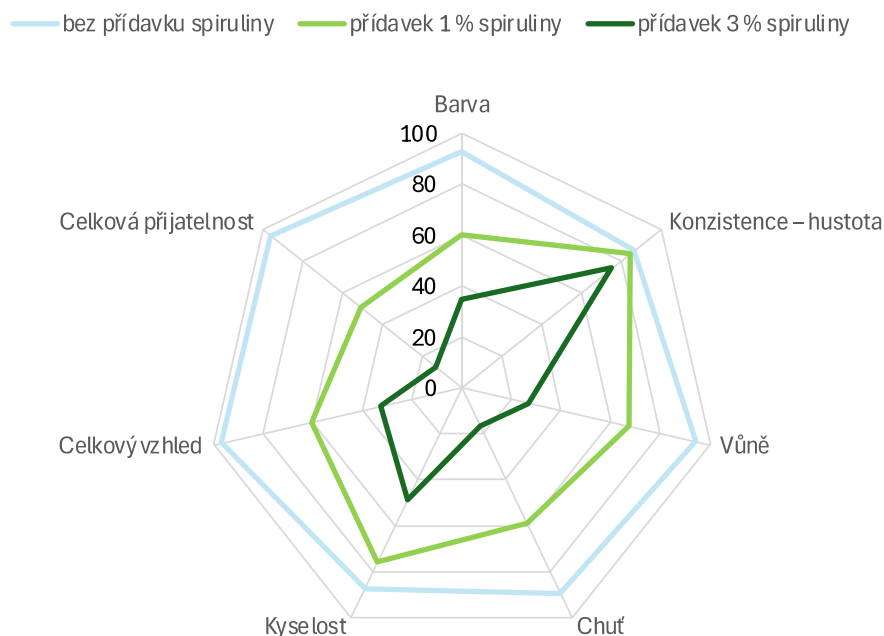
Nejnižší hodnoty byly zaznamenány u jogurtu bez spiruliny, zatímco vyšší viskozitu měly vzorky se spirulinou. Studie Bchir et al. (2019) uvádí, že zvýšení viskozity lze přičíst zejména interakcím mezi složkami spiruliny s jogurtem, přičemž klíčovou roli hrají bílkoviny, u kterých dle chemické analýzy došlo u variant se spirulinou k průkaznému nárůstu ($p < 0,05$). Přídavek spiruliny také přispěl ke zvýšení celkového obsahu sušiny v jogurtu, tím i k vyšší viskozitě výsledného produktu. Ke zvýšení viskozity během skladování může docházet v důsledku postupné absorpce vody jednotlivými složkami spiruliny. Dalším faktorem může být zesílení bílkovinné struktury mezi spirulinou a jogurtem, což může přispět ke zpevnění textury (Bchir et al., 2019).

Tabulka 3: Aktivní kyselost – pH

	Jogurt bez přídavku spiruliny ($\bar{x} \pm SD$)	Jogurt s přídavkem 1 % spiruliny ($\bar{x} \pm SD$)	Jogurt s přídavkem 3 % spiruliny ($\bar{x} \pm SD$)
1 den skladování	4,31 ± 0,04	4,24 ± 0,01	4,23 ± 0,03
21 dnů skladování	4,19 ± 0,03	4,20 ± 0,02	4,16 ± 0,01

Rozdíl v hodnotách pH (Tabulka 3) nebyl statisticky průkazný ($p > 0,05$). Aktivní kyselost nebyla přídavky spiruliny u vzorků jogurtů ovlivněna. Tyto výsledky naznačují, že spirulina neměla významný vliv na průběh fermentace. V průběhu skladování se pH ve všech vzorcích postupně nepatrně snižovalo, což je běžné v důsledku nárůstu počtu bakterií mléčného kvašení. Tyto výsledky jsou v souladu se závěry studie Rose et al. (2023), kteří uvádí že spirulina má schopnost podpořit růst bakterií mléčného kvašení během fermentace. I přesto však rozdíl v pH jednotlivých vzorků není průkazný ($p > 0,05$).

Výsledky senzorické analýzy (Obrázek 1) prokázaly rozdíly ve všech deskriptorech s výjimkou konzistence mezi jogurtem bez spiruliny a s přídavkem 1 % spiruliny. Jogurt bez přídavku spiruliny byl v každém parametru hodnocen nejlépe a hodnotitelé jej považovali již na první pohled za výrazně atraktivnější než zbývající dva vzorky. Naopak charakteristiky jogurtu s přídavkem 3 % spiruliny byly vyhodnoceny nejhůře a pro hodnotitele byl tedy nejméně přijatelný. Naše výsledky tak potvrzují závěry studie Bchir et al. (2019), která uvádí, že již 0,5% přídavek spiruliny do jogurtu byl hodnocen negativně a získal nejnižší skóre u všech senzorických deskriptorů.

**Obrázek 1:** Pavučinový graf senzoričkého hodnocení jogurtů s přídavkem spiruliny

ZÁVĚR

Jogurt s přídavkem spiruliny může být skvělou volbou pro obohacení každodenní stravy cennými makro- a mikroživinami. Nicméně je důležité pečlivě zvažovat celkový přídavek spiruliny do jogurtu, aby nedošlo

k negativnímu ovlivnění senzorických vlastností. Výsledky ukázaly, že v rámci chemického složení došlo s vyšším přídatkem spiruliny ke zvýšení množství sušiny a bílkovin, avšak senzorická přijatelnost s rostoucím přídatkem spiruliny významně klesala. Výsledky naznačují, že přídatek 1 % a 3 % spiruliny do jogurtu je senzoricky prakticky nepřijatelný. Pro následující studie zkoumání je třeba zvolit přídatek nižší než 1 %, aby byly jogurty s přídatkem spiruliny senzoricky přijatelné. Optimální dávkování je tedy rozhodující k vytvoření obohaceného a chutného finálního výrobku.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji kolegům z Ústavu technologie potravin Agronomické fakulty Mendelovy univerzity v Brně za spolupráci při analýzách jogurtů s přídatkem spiruliny.

LITERATURA

AOAC (1996): In Fat in meat. 991.36. In W. Horwitz (Ed.), Official methods of analysis. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists.

AOAC (2002): In Crude protein in meat. 928.08 (7th edition). In W. Horwitz (Ed.), Official methods of analysis. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists.

AOAC (2005): In Moisture in meat. 950.46 (18th edition). In W. Horwitz (Ed.), Official methods of analysis. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists.

Bchir, B., Felfoul, I., Bouaziz, M. A., Gharred, T., Yaich, H., Noumi, E., Snoussi, M., Bejaoui, H., Kenzali, Y., Blecker, C., Attia, H. (2019): *Investigation of physicochemical, nutritional, textural, and sensory properties of yoghurt fortified with fresh and dried Spirulina (Arthrospira platensis)*. | EBSCOhost [online]. Dostupné z:

<https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd:141523351?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:gcd:141523351>

Jin, W., Wang, F., Chen, L., Zhang, W. (2025): Machine learning-assisted synthetic biology of cyanobacteria and microalgae. *Algal Research* [online]. 86, 103911. ISSN 2211-9264.

Dostupné z: doi:10.1016/j.algal.2025.103911

Essa, M. M., Bishir, M., Bhat, A., Chidambaram, S. B., Al-Balushi, B., Hamdan, H., Govindarajan, N., Freidland, R. P., Qoronfleh, M. W. (2023): Functional foods and their impact on health. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 60(3), 820–834. ISSN 0975-8402. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-021-05193-3

Yagmur, N., Sahin S., Yilmaz Ersan, L. (2024): Bio-yoghurt enriched with Spirulina-encapsulated pomegranate peel: Impact on some metabolomics, antioxidative, textural and colour properties. *International Journal of Dairy Technology* [online]. 77(3), 724–734. ISSN 1471-0307. Dostupné z: doi:10.1111/1471-0307.13105

- Jena, R., Choudhury, P. K. (2024): Lactic acid bacteria in fermented dairy foods: Gamma-aminobutyric acid (GABA) production and its therapeutic implications. *Food Bioscience* [online]. 62, 105276. ISSN 2212-4292. Dostupné z: doi:10.1016/j.fbio.2024.105276
- Shakya, M., Verma, P., Sandhu, S. S. (2022): Chapter 2 - Recent advances in microbial diversity usage in fermented dairy microbial products. In: Joginder Singh a Ashish Vyas, ed. *Advances in Dairy Microbial Products* [online]. B.m.: Woodhead Publishing, s. 19–39 [vid. 2025-01-21]. ISBN 978-0-323-85793-2. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-323-85793-2.00020-5
- Jayasree Joshi, T., Salini S. V., Mohan, L., Nandagopal, P., Arakal, J. J. (2024): Functional metabolites of probiotic lactic acid bacteria in fermented dairy products. *Food and Humanity* [online]. 3, 100341. ISSN 2949-8244. Dostupné z: doi:10.1016/j.foohum.2024.100341
- Saygili, D., Yerlikaya, O., Akpinar, A. (2023): The effect of using different yeast species on the composition of carbohydrates and volatile aroma compounds in kefir drinks. *Food Bioscience* [online]. 54, 102867. ISSN 2212-4292. Dostupné z: doi:10.1016/j.fbio.2023.102867
- Savaiano, D. A., Hutkins, R. W. (2021): Yogurt, cultured fermented milk, and health: a systematic review. *Nutrition Reviews* [online]. 79(5), 599–614. ISSN 0029-6643. Dostupné z: doi:10.1093/nutrit/nuaa013
- Ramírez-Rodrigues, M. M., Estrada-Beristain, C., Metri-Ojeda, J., Pérez-Alva, A., Baigts-Allende, D. K. (2021): Spirulina platensis Protein as Sustainable Ingredient for Nutritional Food Products Development. *Sustainability* [online]. 13(12), 6849. ISSN 2071-1050. Dostupné z: doi:10.3390/su13126849
- Nabti, B., Bammoune, N., Meliani, H., Stambouli, B. (2023): Antioxidant and antimicrobial activities of Spirulina from the region of Tamanrasset, Algeria. *Journal of Herbal Medicine* [online]. 41, 100748. ISSN 2210-8033. Dostupné z: doi:10.1016/j.hermed.2023.100748
- Priyanka, S., Varsha, R., Verma, R., Ayenampudi, S. B. (2023): Spirulina: a spotlight on its nutraceutical properties and food processing applications. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences* [online]. 12(6), e4785–e4785. ISSN 1338-5178. Dostupné z: doi:10.55251/jmbfs.4785
- Rose, H., Bakshi, S., Kanetkar, P., Lukose, S. J., Felix, J., Yadav, S. P., Gupta P. K., Paswan, V. K. (2023): Development and Characterization of Cultured Buttermilk Fortified with Spirulina plantensis and Its Physico-Chemical and Functional Characteristics. *Dairy* [online]. 4(2), 271–284. ISSN 2624-862X. Dostupné z: doi:10.3390/dairy4020019
- Lin, J., Pang, Y., Huo, Y., Jiang, J., Zhou, B., Shang, Ch. (2025): Extraction, purification and characterization of *Spirulina* phycocyanin. *Algal Research* [online]. 85, 103861. ISSN 2211-9264. Dostupné z: doi:10.1016/j.algal.2024.103861

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

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0106>



ABSTRAKT

Příspěvek popisující současný stav světového mlékárenství, které bylo hodnoceno na *IDF World Dairy Summit* v Paříži v říjnu 2024. Podrobně hodnotí mlékárenský rok 2023 jako odlišný od roku předchozího, kdy došlo k opětovnému nastartování světového růstu jak ve výrobě, tak zpracování mléka a posílení mezinárodního obchodu. V návaznosti na pozvolný pokles vysoké inflace došlo k oživení spotřeby mléka a mléčných výrobků, ale výrazněji v rozvojových zemích nežli v rozvinutých západních ekonomikách. Na základě prvních dat z vývoje roku 2024 jsou naznačeny predikce výsledků tohoto roku a nastíněn střednědobý výhled pro letošní rok 2025, který začíná s vysokými cenami surovin, ale také s řadou nejistot.

Klíčová slova: výroba mléka, zpracování mléka, spotřeba mléka a mléčných výrobků, mlékárenský obchod

ABSTRACT

A lecture describing the current state of the global dairy sector, which was assessed at the *IDF World Dairy Summit* in Paris in October 2024. It assesses in detail the dairy year 2023 as different from the previous year, when global growth in both milk production and processing restarted and international trade strengthened. Following the gradual decline in high inflation, the consumption of milk and dairy products recovered, but more significantly in developing countries than in developed Western economies. Based on the first data from the development of 2024, predictions of this year's results are indicated and a medium-term outlook for current year 2025 is outlined, which begins with high raw material prices, but also with a number of uncertainties.

Keywords: milk production, milk processing, consumption of milk and dairy products, dairy trade

ÚVOD

Ve druhé polovině října 2024 se v Paříži uskutečnil výroční Světový mlékárenský summit Mezinárodní mlékařské federace (IDF). Celosvětová poptávka po mléčných výrobcích v souvislosti s růstem světové populace neustále roste, což pro mlékárenský sektor znamená převzetí velké odpovědnosti o jeho rozvoj takovým směrem, aby bylo pro nové generace ještě více atraktivnější a aby zajistilo další budoucí udržitelnou výživu lidí, ale také obživu lidí zejména ve venkovských oblastech. Nosný slogan summitu byl jasně určující: *Dairy 4 the Future*. Při této několikadenní nejvýznamnější události loňského roku se v Paříži shromáždilo více než 1600 globálních činitelů s rozhodovací pravomocí a mlékárenských lídrů, mlékárenských expertů, vědců, technických specialistů, farmářů a dalších. Na kongresu bylo zastoupeno 62 zemí světa, odeznělo více než

100 odborných přednášek a po týdenním summitu se bylo možné účastnit pěti technických exkurzí do nejvýznamnějších mlékařských oblastí Francie.

Generální ředitelka IDF Laurence Rycken uvedla ve svém úvodním vystoupení: *„S rostoucí populací, demografickými změnami a klimatickými změnami je globální mlékařský sektor velikou výzvou. Bude muset dělat to, co umí nejlépe: tedy být inovativní a při hledání řešení se obracet na vědu. A to je přesně to, v čem spočívá síla IDF již 120 let.“*

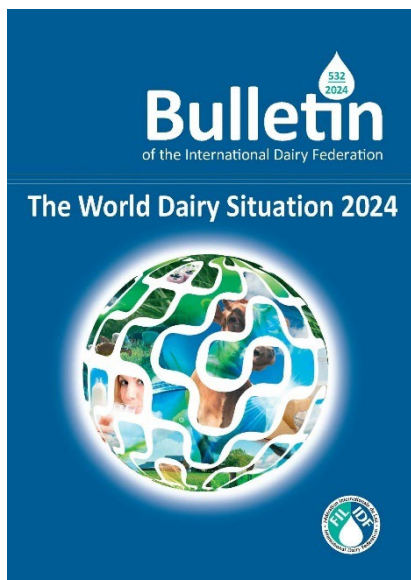
Prognózy budoucího vývoje vypracovávají organizace jako OECD, FAO a Rabobank ukazují, že celosvětová spotřeba mléčných výrobků bude v příštím desetiletí i nadále růst. Schopnost nabídky uspokojit tuto poptávku je proto nanejvýš důležitá. Cílem summitu proto bylo identifikovat hlavní výzvy, kterým světové mlékařství čelí, se zaměřením na každý zeměpisný region: Evropskou unii, západní Afriku, Jižní Ameriku, Spojené státy americké, Oceánii, východní a jihovýchodní Asii a Indii. Odborníci v kongresovém centru CNIT na pařížském La Défense diskutovali o tom, jaká je budoucnost výroby a podílů na trhu v různých světových regionech, jaká jsou ale také omezení zdrojů, která by mohla znamenat kompromisní řešení a jak se k případným kompromisům staví mlékařský průmysl.

Summit se zaměřil rovněž na naléhavou potřebu generační výměny pracovníků v sektoru. Stárnutí zemědělské populace a pracovní síly v tomto odvětví a potíže s náborem nových zaměstnanců jsou na mezinárodní úrovni limitujícími faktory pro uspokojení rostoucí poptávky po mléce a mléčných výrobcích. Prezentace o atraktivitě kariéry v mlékařství se zabývaly klíčovými problémy souvisejícími s touto výzvou a v diskuzích byla hledána řešení, jak do sektoru přilákat nové talenty a jak například zvýšit podíl a roli žen. Odborníci uváděli příklady takových iniciativ například ze Spojeného království, Indie a západní Afriky. Diskutovalo se také o tom, jak může mlékařský sektor zlepšit životní a pracovní podmínky na mléčných farmách po celém světě.

Dalším nosným tématem byla oblast životního prostředí. Zde se odborníci zaměřili na dvě hlavní výzvy. Tou první je téma dekarbonizace a jak mají být tyto důležité cíle optimalizující životní prostředí správně financovány. Druhým nosným tématem pak byla biologická rozmanitost a z ní vyplývající otázky, jak jsou tato témata řešena v zemědělských politikách v jednotlivých oblastech světa, jak ji lze měřit, udržovat a dále zlepšovat.

V programu nechyběly ani sekce o dobrých životních podmínkách zvířat, zdravotní bezpečnosti (vliv globálního oteplování na zdravotní kvalitu mléka a mléčných výrobků), výživě, udržitelných potravinách a fermentaci.

SVĚTOVÁ MLÉKÁRENSKÁ SITUACE



U příležitosti dvou neočekávanějších zasedání summitu, tedy tradičním diskuzním panelu „*Global Leaders Forum*“ a strategické ekonomické konferenci, při které byla mimo jiné zveřejněna nejnovější situační zpráva IDF „*The World Dairy Situation 2024*“ (Bull. IDF 532/2024) monitorující detailně současný vývoj mlékárenství se souhrnnými výsledky roku 2023 a nastíněnou predikcí vývoje pro rok 2024 a další nadcházející období. Uvedená zpráva nabízí neocenitelná data a analýzy o celosvětové produkci, zpracování, obchodu, cenách a spotřebě mléka a mléčných výrobků, přičemž čerpá z příspěvků expertů z více než 50 klíčových zemí. Jedná se již o tradiční 15. vydání této situační zprávy, která je vždy základním kamenem pro globální mlékárenský sektor a která poskytuje přesné a zcela aktuální

informace k hlubšímu pochopení globálních mlékárenských trendů. Zpráva tak podporuje strategické rozhodování, které utváří budoucnost mlékárenského sektoru a zároveň posiluje jeho sociálně-ekonomické dopady. Z této obšírné studie vám přináším následující stručný výtah:

Světová výroba mléka

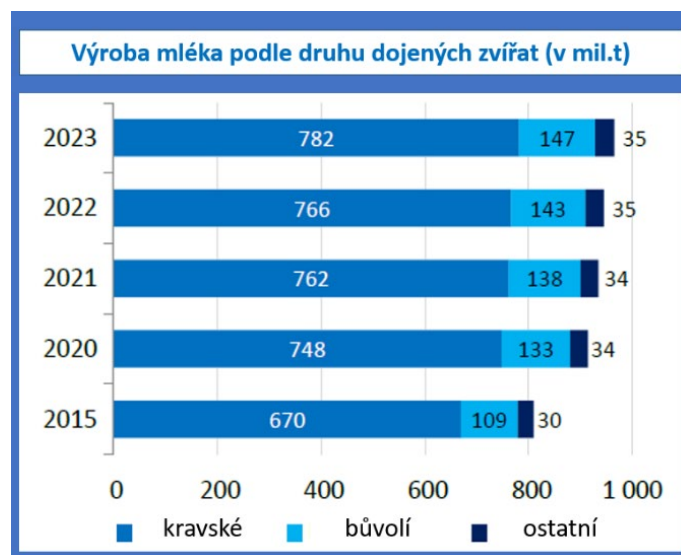
Celosvětová produkce mléka se v roce 2023 zvýšila o 2,1 % na 964 milionů tun, což potvrzuje průměrný růstový model z posledních devíti let. Obrátil se tak vývoj z předchozího roku 2022, ve kterém světová produkce mléka naopak vykázala podprůměrný růst (+1,1 %) způsobený zejména extrémně vysokými náklady v důsledku probíhající války na Ukrajině.

Z aktuální situační zprávy lze dovodit rozdílný vývojový trend mezi „tradičními“ rozvinutými a exportujícími světovými regiony a rozvojovým mlékárenským světem, ve kterém se země postupně snaží dosáhnout své soběstačnosti a snížit svoji závislost na dovozech. Vývoj produkce mléka v Severní Americe, Evropě, Oceánii a Jižní Americe je strukturálně pod průměrným tempem růstu. Průměrná roční míra růstu světové produkce mléka čili hodnota CAGR (*Compound Annual Growth Rate* = složená roční míra růstu), činila za období let 2015 až 2023 2,2 %, zatímco zejména Asie a v menší míře také Afrika vykazují v posledních několika letech daleko vyšší růst mléčné produkce. Ta je v těchto dvou světových regionech poháněna vysokým růstem poptávky, vládními podporami a obecně také příznivými cenami mléka.

Jak je dokumentováno na obr.1 a v tab. 1, došlo v roce 2023 k opětovnému nárůstu světové výroby mléka. Celkem bylo vyrobeno 964,5 mil. tun mléka. Meziroční míra růstu představovala +2,1 % a byla jen o málo nižší než meziroční průměr za období let 2015–2023 (+2,2 %).

Kravné mléko z toho bylo 782 mil. tun (81 %) a bůvolí mléko 147 mil. tun (15,2 %). Meziroční růst bůvolího mléka sice lehce zpomalil, je ale stále rychlejší (+ 2,8 %) než v případě mléka kravného (+ 2,0 %).

Odhaduje se, že celková výroba mléka v roce 2024 dosáhne objemu 984 mil. tun (tedy nárůst o ca. + 2,0 %).

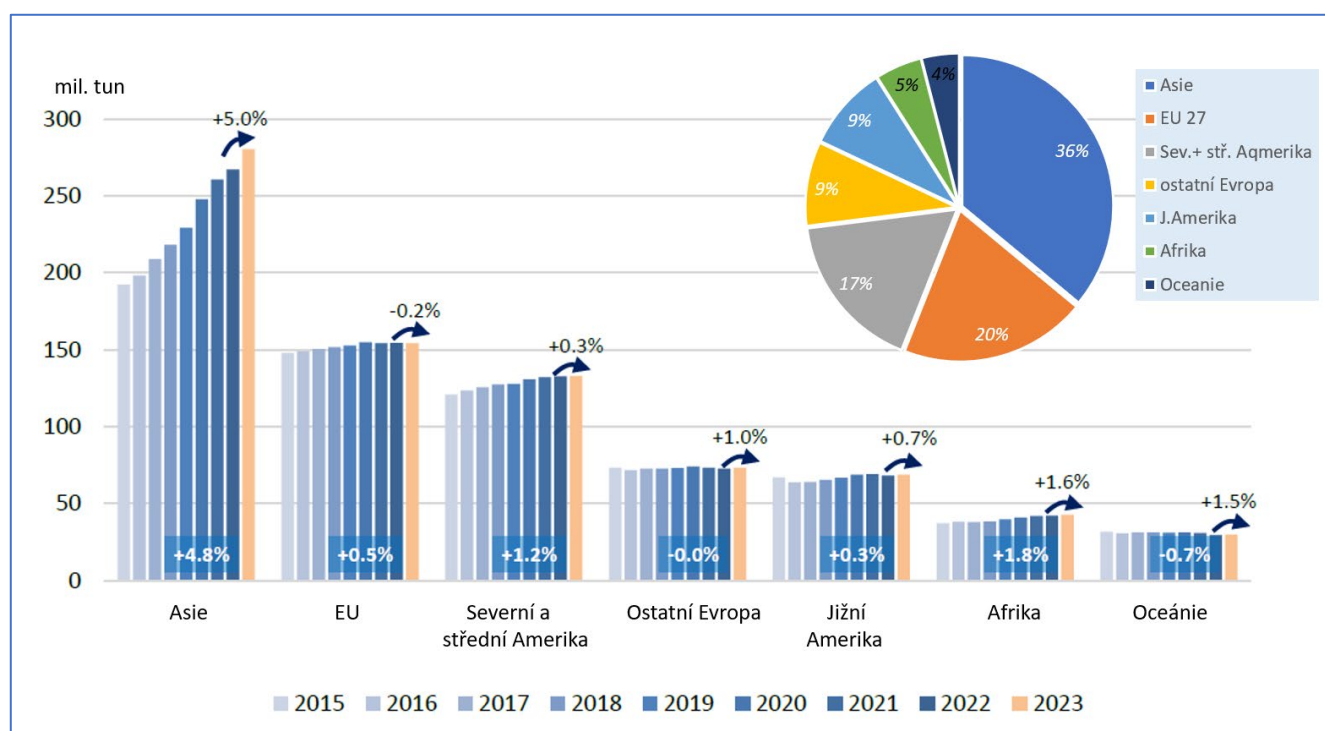


Obrázek 1: Světová výroba mléka 2015–2023

Tabulka 1: Světová výroba mléka 2022–2023 podle druhů

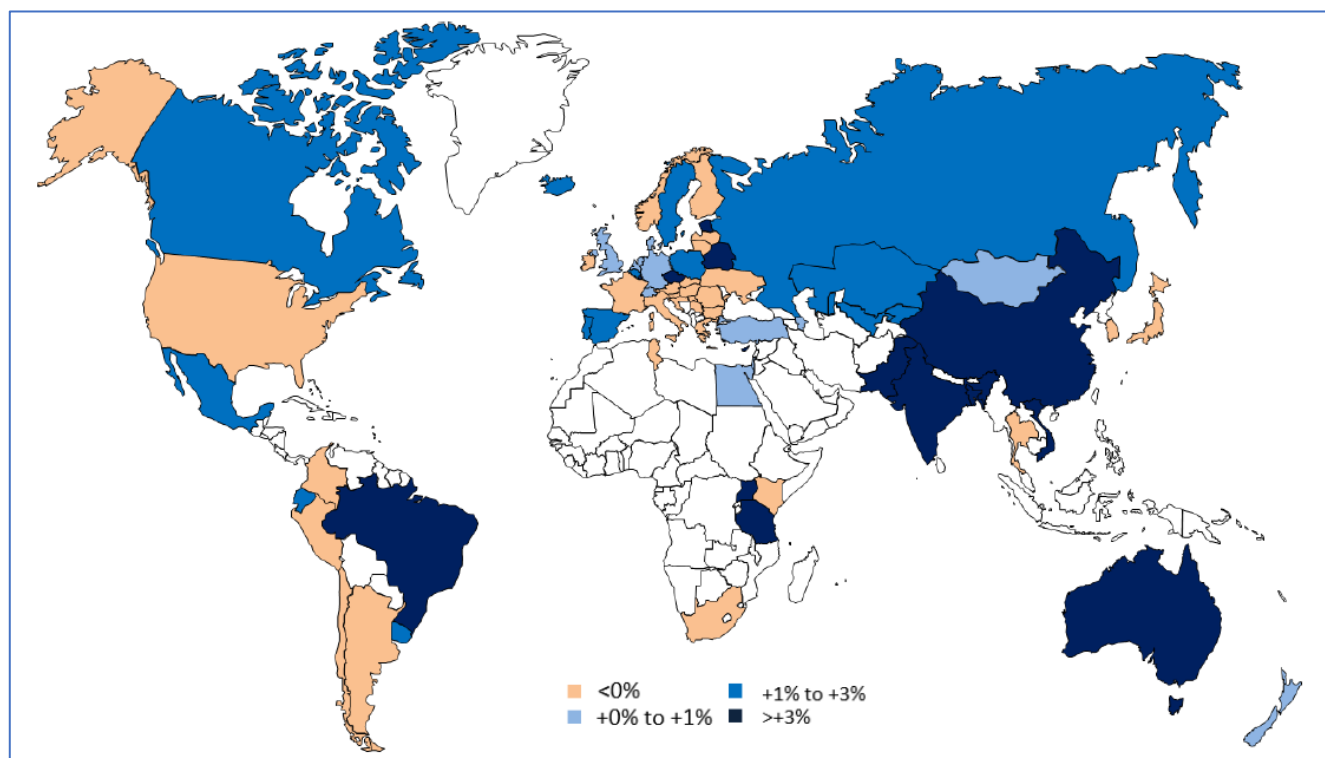
	Výroba 2022 (mil. tun)	Výroba 2023 (mil. tun)	Růst 2023/2022	CAGR – růst 2023/2015
Kravské	766,4	782,1	+ 2,0 %	+ 2,0 %
Bůvolí	143,0	147,0	+ 2,8 %	+ 3,8 %
Ostatní	35,1	35,4	+ 0,7 %	+ 0,7 %
Kozí	20,7	21,2	+ 2,1 %	+ 2,8 %
Ovčí	10,1	9,9	- 1,8 %	+ 0,3 %
Jiná	4,3	4,3	- 0,3 %	+ 1,6 %
CELKEM	944,5	964,5	+ 2,1 %	+ 2,2 %

Obr. 2 potvrzuje, že hnací silou světového růstu výroby mléka je asijský kontinent. Naopak oblasti rozvinutých ekonomik, tedy Evropa a severní a střední Amerika zažívají dlouhodobou stagnaci.



Obrázek 2: Vývoj produkce kravského mléka v jednotlivých kontinentech

Světový vývoj výroby kravského mléka v roce 2023 (v porovnání s rokem 2022) ilustruje dále obr. 3. V tabulce č. 2 je dokumentováno pořadí největších světových výrobců mléka.



Obrázek 3: Světový vývoj výroby kravského mléka v roce 2023

Celosvětová produkce kravského mléka, která tvoří velký podíl z celosvětové mléčné produkce (81 % v roce 2023), se v roce 2023 zvýšila o téměř 16 mil. tun (+2,0 %) a dosáhla 782 mil. tun. Tempo růstu odpovídalo průměrnému růstu za období 2015 až 2023 (+2,0 %). Naprostá většina tohoto nárůstu pocházela ovšem z Asie (13 mil. tun, což je 85 % celkového nárůstu), kde stoupá poptávka po mléce a mléčných výrobcích v posledních letech nejvýrazněji. V důsledku toho je průměrná roční míra růstu výroby mléka v Asii v porovnání s ostatními regiony v období 2015–2023 zdaleka nejvyšší (+4,8 %). V roce 2023 byl růst produkce kravského mléka v Asii o něco vyšší (+5,0 %) než dlouhodobě vykazované míra růstu. Všechny ostatní regiony světa vykazaly podprůměrný růst, přičemž EU-27 byla jediným regionem, kde došlo ke snížení výroby.

V Asii hraje významnou roli ve vývoji produkce mléka zejména Indie. Solidní expanze největšího světového producenta mléka je částečně způsobena značným zvýšením produktivity hospodářských zvířat po zavedení několika vládních opatření a programů, které předpokládají pokračující zvyšování poptávky ze strany rostoucí populace. V roce 2023 se Indie podílela na dvou třetinách nárůstu objemu asijského mléka, kdy dosáhla míra růstu 7,4 % a byla ještě o něco vyšší než CAGR z období let 2015–2023. Kromě Indie byly dalšími významnými mléčnými producenty v jižní Asii také Pákistán (růst +3,8 %) a Bangladéš (růst +7,6 %), které zaznamenaly silný strukturální nárůst ve své produkci kravského mléka.

Tabulka 2: Výroba kravského mléka (v mil. tun)

TOP 20 světových výrobců za rok 2023	2023(mil. t)	Index 2023/2024
EU 27	154,1	- 0,2 %
<i>Německo</i>	32,6	+ 0,6 %
<i>Francie</i>	23,9	- 2,6 %
<i>Polsko</i>	15,4	+ 1,5 %
<i>Nizozemí</i>	14,7	+ 0,8 %
<i>Itálie</i>	13,1	- 0,8 %
Indie (B)	128,6	+ 7,4 %
USA	102,7	- 0,0 %
Čína	42,0	+ 6,8 %
Brazílie	36,8	+ 3,2 %
Rusko	33,6	+ 2,5 %
Nový Zéland	21,3	+ 0,9 %
Pákistán (C)	20,9	+ 3,8 %
Turecko	20,0	+ 0,2 %
Velká Británie	15,5	0,0 %
Mexiko	13,7	+ 1,7 %
Bangladéš	12,7	+ 7,6 %
Uzbekistán	11,9	+ 3,0 %
Argentina	11,7	- 2,0 %
Kanada	10,6	+ 1,4 %
Austrálie (D)	8,6	+ 3,1 %
Bělorusko	8,3	+ 5,9 %
Irán	7,5	0,0 %
Kolumbie	7,3	- 4,3 %
Japonsko	7,3	- 4,2 %

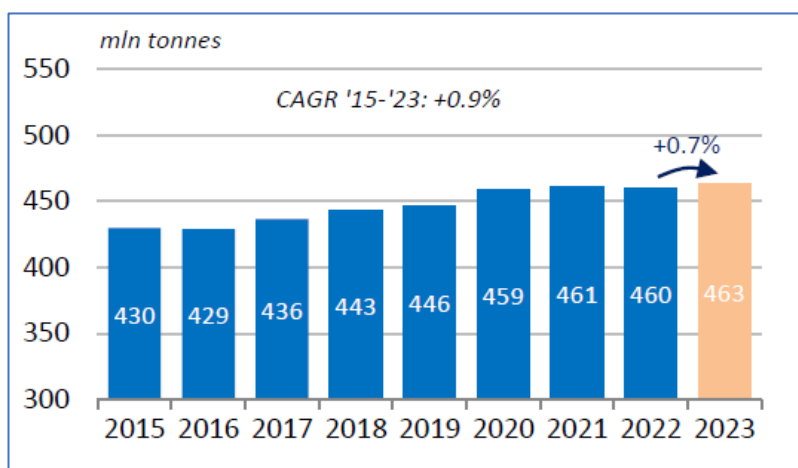
V tomto roce přispěla k růstu produkce kravského mléka v Asii významně také Čína (+6,8 %). Vzhledem k tomuto navýšení snížila vlastní dovoz mléčných výrobků do země, což se na druhé straně projevilo oslabením světového obchodu. Turecko zaznamenalo v roce 2023 stabilní výrobu kravského mléka po předchozím výrazném poklesu z roku 2022.

Produkce kravského mléka v EU 27 v roce 2023 mírně klesla (−0,2 %). Od roku 2021 zde produkce mléka poměrně stagnuje. Důvodem jsou hlavně negativní dopady z období pandemie COVID-19 a z probíhající války na Ukrajině. Negativní vliv na rozvoj mlékárenství zde ale sehrála také implementovaná přísná environmentální opatření vycházející ze strategie Zelené dohody (Green Deal).

Ziskovost chovu skotu se tak v roce 2023 výrazně zhoršila v porovnání k výsledkům finančně silného mléčného roku 2022. Ceny mléka prudce klesly, zatímco výrobní náklady se snížily jen částečně, což zákonitě vedlo ke snížení mléčné produkce zejména ve druhé polovině roku 2023. Největší roční pokles byl zaznamenán ve Francii (−2,6 %) a Irsku (−4,1 %). Itálie vykázala pokles podobný jako v roce 2022, tedy −0,8 %. Na druhou stranu nárůst v roce 2023 zaznamenaly Německo (+0,6 %), Nizozemsko (+0,8 %) a Polsko (+1,5 %), stejně ale také Česká republika (+4,1 %).

Zpracování mléka

Nejprve je potřeba zmínit, že v roce 2023 bylo průmyslově zpracováno pouze 59,2 % z celkové světové výroby kravského mléka, což tedy znamená, že se podíl zpracovaného mléka z celkové produkce mírně snížil – viz. obr. č.4.



Obrázek 4: Světový vývoj množství kravského mléka dodaného k průmyslovému zpracování

Následující údaje o zpracování mléka jsou založeny na souhrnných národních statistikách a představují vždy minimálně 75–90 % odhadované celkové světové produkce dané komodity. Výjimkou jsou ale čerstvé mléčné výrobky, protože velká část se vyrábí a prodává na tzv. neformálním trhu nebo je jednoduše vyloučena z oficiálních statistik. Ve zprávě IDF je však uvedena analýza dat z více než 50 zemí, což umožňuje poměrně dobře odhadnout celkové objemy a identifikovat růstové trendy.

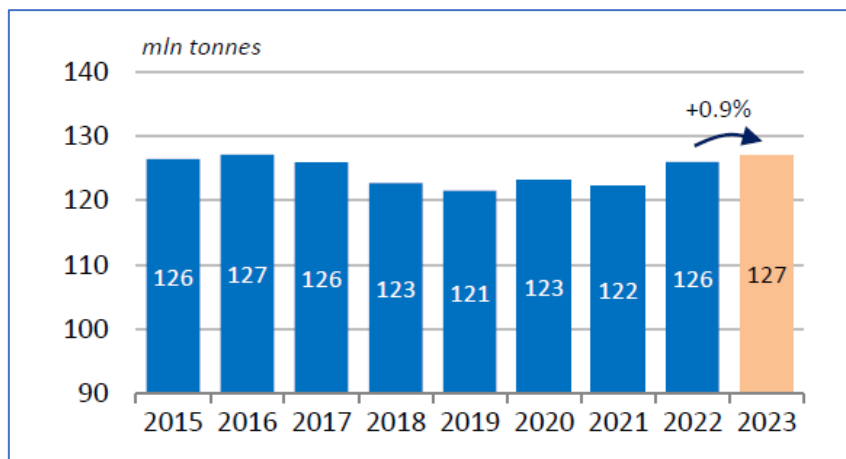
S nárůstem dodávek mléka v roce 2023 se celková výroba jednotlivých kategorií mléčných výrobků v návaznosti i na dlouhodobý vývojový trend pozitivně projevila ve všech kategoriích výrobků. Významné množství mléka bylo zpracováno především do sýrů, másla a máselného oleje, ale i do výroby sušeného plnotučného mléka, zatímco produkce ostatních mléčných komodit vykázala jen nepatrný růst, resp. slabý pokles.

Konzumní mléka a čerstvé mléčné výrobky

Po navýšení o +3 % z roku 2022 celosvětová produkce konzumního mléka v roce 2023 zpomalila a stoupla jen o +0,9 %, i když výrazně převyšuje průměrný růst dosahovaný v letech 2015–2023 (+0,1 %). Růst výroby byl ovlivněn především vývojem zásob v Číně (+3,7 %), dále zvýšenou poptávkou v Indii (+2,7 %) a také v Rusku (+4,2 %).

V EU 27 měla produkce konzumních mlék v důsledku strukturálního poklesu spotřeby spíše mírně klesající trend (–1,3 %). Stejný vývoj byl pozorován i v USA (–1,5 %), kde to bylo v důsledku nižší spotřeby obilovin a rostoucího životního stylu „na cestách“, a také nedostatečného vnímání nutriční hodnoty produktu. Produkce konzumních mlék klesla rovněž v Japonsku (–2,7 %) a v Korejské republice (–2,6 %). Ve vyspělých státech

bude výroba konzumních mlék pravděpodobně i nadále klesat, zatímco v rozvojových zemích by měla naopak růst, aby uspokojila zvyšující se místní poptávku po mléce.

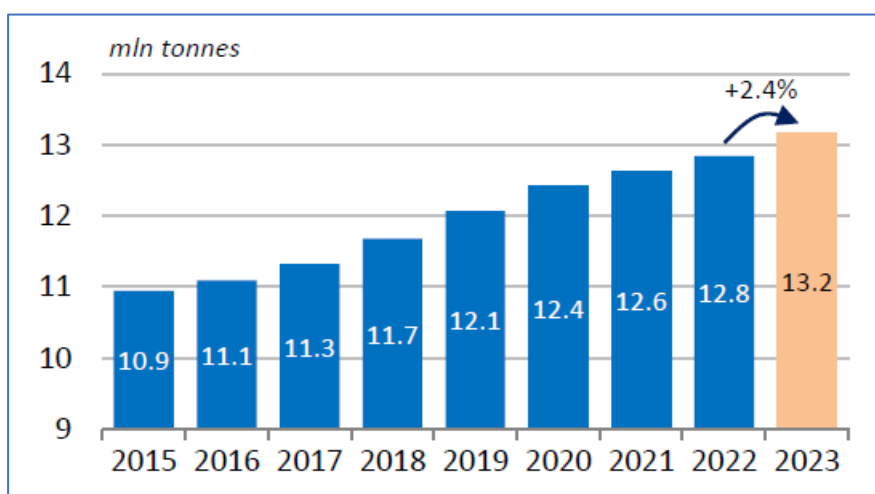


Obrázek 5: Světová výroba konzumních mlék

Pokud se týká fermentovaných mléčných výrobků, tak již čtvrtý rok po sobě se světová výroba snižuje, přičemž v roce 2023 představoval meziroční propad $-3,1\%$. V EU-27 se naopak jejich výroba oživila ($+0,9\%$), a to zejména díky zvýšené produkci ve Francii, Irsku, Polsku a Španělsku. Čínská produkce nadále prudce klesala, v roce 2023 dokonce o $-21,8\%$. Ke značnému snížení výroby ale došlo i v Japonsku ($-4,8\%$), Korejské republice ($-10,4\%$) a Spojeném království ($-8,1\%$). Naproti tomu indická výroba zakysaných mléčných výrobků rostla již třetím rokem, v roce 2023 byl nárůst dokonce $+11,8\%$.

Máslo a jiné mléčné tuky

Poptávka po másle a máselném oleji zůstala v roce 2023 velmi silná. Mezinárodní obchod se stabilizoval, a některé země dokonce svoji produkci zvýšily. V roce 2023 bylo vyprodukováno celosvětově 13,2 mil. tun másla a dalších mléčných tuků, jako je máselný olej a ghí (v přepočtu na ekvivalent másla). Meziroční růst v roce 2023 nevybočil z trendu posledních let a dosáhl hodnoty $+2,4\%$.



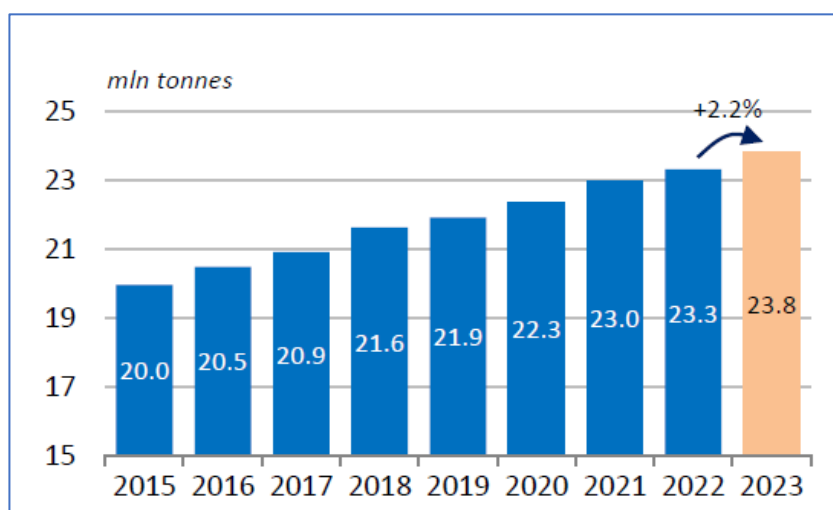
Obrázek 6: Světová výroba másla a mléčných tuků

Nejvyšší objem výroby másla pochází z Indie, která samotná vytváří polovinu světové produkce mléčných tuků. V roce 2023 jejich vyrobila činila 6,75 mil. tun, což představovalo meziroční růst ve výši +3,8 %, čímž Indie zvýšila svoji výrobu o 250 tisíc tun. Největším vývozcem másla na mezinárodní trhy byl vždy Nový Zéland, který v hodnoceném roce 2023 po předchozím poklesu v posledních dvou letech svoji výrobu opět zvýšil a s nárůstem +3,7 % tak vyprodukoval 530 tisíc tun másla. V Rusku byl zaznamenán také růst výroby másla, a to o +2,3 %.

V ostatních exportních regionech se objem másla po předchozích dvou letech poklesu rovněž zvyšoval: a v EU-27 o +1,2 %, a v USA o +2,7 %. I přes oživení výroby másla byly ale Spojené státy americké na mezinárodním trhu s máslem méně aktivní a jejich vývoz zažívá prudký pokles. V EU-27 se produkce másla a máselného oleje snížila, ve Francii to bylo o -1,2 %, v Nizozemsku o -2,7 % a v Itálii o -2,0 %, zatímco v Německu výroba másla rostla (+1,7 %), stejně tak v Irsku (+1,5 %) a v Polsku (+5,1 %).

Sýry

Celková světová produkce sýrů za rok 2023 se odhaduje přibližně na 26 mil. tun (bez sýrů tavených, aby se zabránilo dvojímu započítání). Zpráva IDF se však podrobněji zabývá pouze sýry přírodními vyrobenými z kravského mléka, které tvoří téměř 90 % všech přírodních sýrů. Zbývajících 10 % pak představují sýry z jiných druhů mlék (buvolí, kozí a ovčí), ale také sýry vyrobené na farmách, popř. po domácku; ty ale nejsou zahrnuty v národních statistikách. Za rok 2023 se zvýšila průmyslová globální výroba sýrů z kravského mléka o +2,2 % a představovala objem 23,8 mil. Tun (Obr. 7). Loňský růst přitom odpovídá průměrnému meziročnímu růstu zaznamenávanému od roku 2015.



Obrázek 7: Světová průmyslová výroba sýrů z kravského mléka

V roce 2023 došlo ve velké většině zemí ke zvýšení sýrové produkce. V hlavní oblasti výroby sýrů, tedy v EU-27, vzrostla produkce o +1,9 %, když dosáhla rekordního maxima přes 9,7 mil. tun. Tento nárůst byl způsoben především vysokou výrobou sýrů v Polsku (meziročně +6,6 %), Dánsku (meziročně +6,5 %) a Nizozemsku (meziročně +2,7 %), zatímco produkce rostla pomaleji v Německu (+0,8 %), Francii (+0,3 %) a v Itálii (+0,3 %).

V druhé nejvýznamnější výrobní oblasti v USA posílila výroba sýra meziročně o +0,9 %, což bylo ovšem pod průměrem z období let 2015–2023 (+2,2 %). Výrobu v USA ovlivňovala slabá poptávka z mezinárodních trhů (např. Jižní Korea a Japonsko), ale rovněž rostoucí životní náklady zpomalující spotřebitelský růst, zejména v oblasti gastronomických služeb.

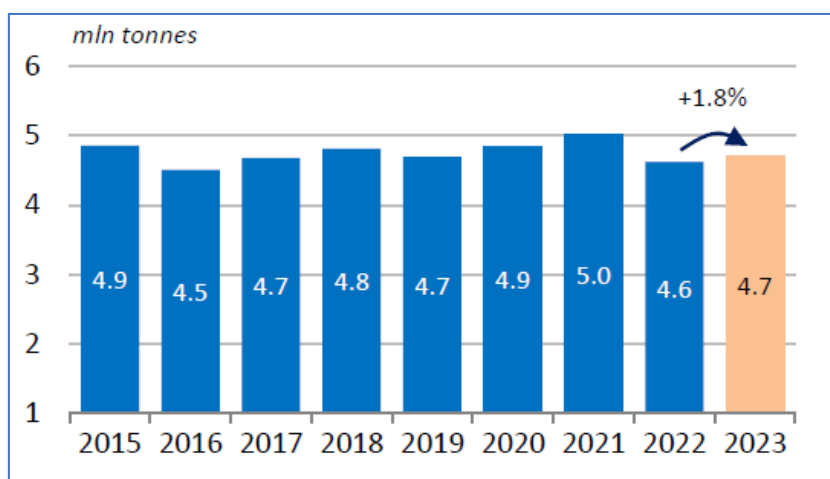
Brazílie a Turecko rovněž zvýšily svou výrobu: Brazílie o +3,1 % na 1 085 tisíc tun, Turecko o +11,5 % na 796 tisíc tun. Obě zmíněné země se tak řadí k dalším významným světovým producentům sýrů. V Rusku se zvýšila výroba sýra poměrně značně, a to o +17,4 %, a dosáhla objemu 630 tisíc tun, čímž v žebříčku hlavních sýrařských zemí světa překonali Mexiko a Argentinu, kde ale produkce v roce 2023 také posílila. V Oceánii rostla výroba sýrů jenom na Novém Zélandu, zatímco v Austrálii došlo naopak ke snížení (–4,8 %).

Sušená mléka

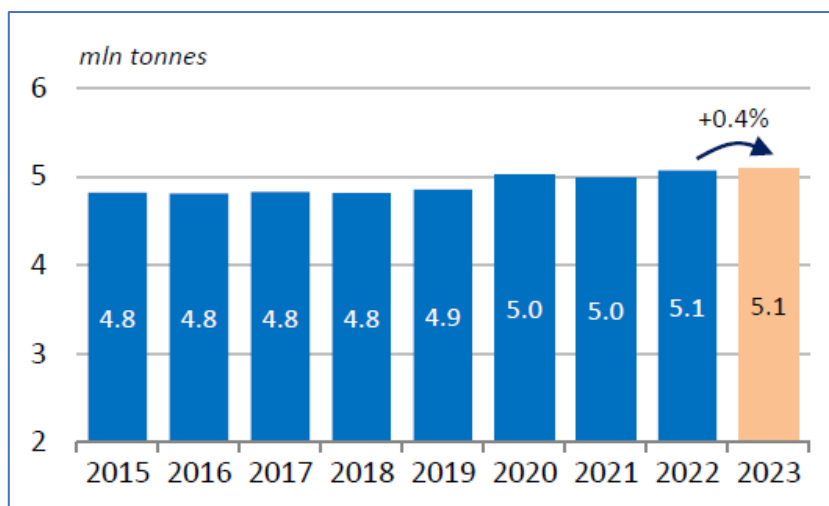
Vývoj výroby obou hlavních komoditních sušených produktů, tedy sušeného plnotučného mléka (WMP) a sušeného odtučněného mléka (SMP), ilustrují Obr. 8 a Obr. 9.

V roce 2023 došlo k oživení výroby sušeného plnotučného mléka po prudkém poklesu zaznamenaném v roce 2022. Se 4,7 mil. tun (meziročně +1,8 %) byla ale tato produkce hluboko pod úrovní dosaženou v roce 2021 a blízko úrovně z roku 2019.

Světová produkce sušeného odstředěného mléka se rovněž mírně zvýšila, a to o +0,4 %, což znamenalo nový rekord s 5,1 mil. tun vyrobenými v roce 2023. Nízké ceny a omezená poptávka však neumožnily další zvýšení výroby.



Obrázek 8: Světová výroba sušeného plnotučného mléka



Obrázek 9: Světová výroba sušeného odtučněného mléka

Konsolidace mlékárenského průmyslu

Přestože v roce 2022 zvýšila většina vedoucích mlékárenských skupin svůj obrat v roce 2022 (při vyjádření v místní měně), byla situace v roce 2023 odlišná a značně proměnlivá jako důsledek snížení vysoké míry inflace.

Pořadí firem ve světovém žebříčku podle dosaženého obrátu (v USD) bylo v hodnoceném roce 2023 ovlivněno navíc i rozdílným měnovým vývojem. Evropské a mexické společnosti těžily z lepšího měnového zhodnocení vůči americké měně: EUR (+3 %), CHF (+6 %) a MXN (+13 %). Naopak pro čínské, kanadské a novozélandské firmy byla tato situace méně příznivá, protože směnné kurzy vůči USD se v roce 2023 podstatně snížily: –5 % pro čínský jen (CNY), –4 % pro kanadský dolar (CND) a –3 % pro novozélandský dolar (NZD).

Francouzská společnost Lactalis zůstala v roce 2023 vedoucí světovou mlékárnou skupinou s docíleným obratem ve výši téměř 32 miliard USD, což znamenalo nárůst o +7 % oproti roku 2022, přestože se její nákup mléka po celém světě nezměnil a zůstal na úrovni 22,6 miliard litrů.

Obrat americké skupiny DFA (*Dairy Farmers of America*) klesl v roce 2023 po předchozím prudkém nárůstu (+27 %) z let 2021–2022 o –11 %. Stejně tak poprvé od roku 2016 klesly v roce 2023 tržby čínské společnosti Yili o –3 %. Nicméně i tak si Yili udržela vedoucí postavení v Asii před další čínskou skupinou Megniu a indickou společností Amul. Podobný vývoj obrátu (–2 %) zaznamenal též novozélandský koncern Fonterra, kde se současně v tomto roce snížil objem nákupu mléka o –3,3 % na 17,8 miliard litrů.

V Evropě se poprvé v historii díky mírnému nárůstu obrátu (+2 %) umístila skandinávská společnost Arla Foods v řebříčku výše než nizozemská Friesland Campina. Té naopak tržby klesly o –5 %. To potvrdily i údaje o dodávkách mléka: Arla Food svůj nákup zvýšila o +3,1 % na 13,5 miliardy litrů, zatímco Friesland Campina zpracovala o –1,4 % mléka méně, což činilo 9,1 miliardy litrů.

Obrat společnosti Danone v segmentu mléčných a rostlinných výrobků se snížil o –1 %, naopak koncern Nestlé zaznamenal opětovný růst (+3 %).

Obrat kanadských mlékárenských skupin Saputo a Agropur se v roce 2023 snížil o –5 %, resp. –8 %, přestože množství zpracovaného mléka kanadského Agropuru zůstalo stabilní na úrovni 6,6 miliardy litrů.

Tabulka 3: T0P-20 mlékárenských společností světa podle dosaženého obratu

	Společnost	Země	2021	2022	2023	Růst v % 2022/2023
1	Lactalis	Francie	26,0	29,8	31,9	+ 7 %
2	DFA	USA	19,3	24,5	21,7	- 11 %
3	Yili	Čína	17,1	18,4	17,8	- 3 %
4	Danone ^(C, D)	Francie	15,5	15,6	15,5	- 1 %
5	Fonterra ^(B)	Nový Zéland	14,4	15,5	15,2	- 2 %
6	Arla Foods	Dánsko	13,2	14,5	14,8	+ 2 %
7	Friesland Campina	Nizozemí	13,6	14,8	14,1	- 5 %
8	Megniu	Čína	13,7	13,8	13,9	+ 1 %
9	Saputo	Kanada	12,9	13,5	12,8	- 5 %
10	Nestlé ^(B)	Švýcarsko	11,7	11,2	12,2	+ 3 %
11	Unilever ^(E)	UK	8,1	8,3	8,6	+ 3 %
12	Savencia	Francie	6,6	6,9	7,3	+ 6 %
13	Schreiber ^(e)	USA	5,0	6,5	7,1	+ 9 %
14	Amul ^(F)	Indie	6,2	6,9	n.a.	-
15	Müller ^(e)	Německo	5,7	6,5	n.a.	-
16	Sodiaal	Francie	5,5	5,8	6,3	+ 8 %
17	Agropur (G)	Kanada	5,8	6,6	6,1	- 8 %
18	DMK	Německo	6,5	5,8	5,9	+ 3 %
19	Froneri International	V.Británie	5,0	5,3	5,7	+ 7 %
20	Lala	Mexiko	4,0	4,6	5,6	+ 20 %

Poznámky:

- *modře podbarvené společnosti působí rovněž v českém mlékárenství*
- *A: PepsiCo a Mondelez nejsou zahrnuty; B: bez dětské výživy; C: včetně rostlinných náhražek; D: rok končí v červenci; E: pouze ice-cream; F: rok končí v březnu následujícího roku; G: rok končí v říjnu; e = odhady*

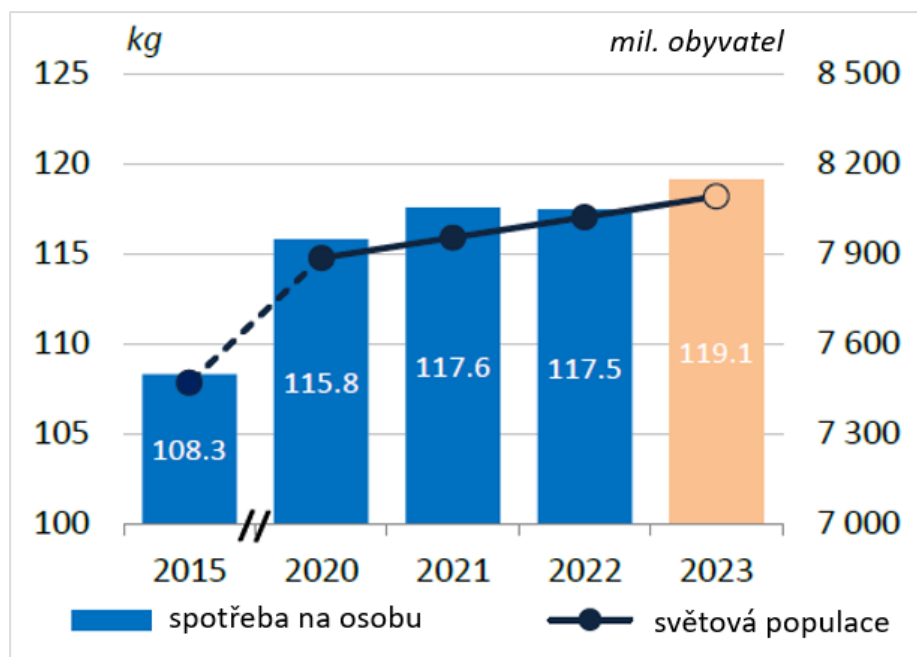
Celosvětová spotřeba mléka a mléčných výrobků

Celosvětová produkce mléka se v roce 2023 zvýšila o +2,1 %, což odráží průměrný růstový trend z let 2015–2023 ve výši +2,2 % (Obr. 10). Již druhý rok po sobě rostla světová spotřeba mléčných výrobků pomaleji než produkce mléka, a to především z důvodů narůstajících zásob mléčných výrobků v Číně. Ty podle odborníků vzrostly meziročně o 2 miliony tun, což nebylo kompenzováno ani poklesem stavů zásob ve Spojených státech amerických a v EU 27.

Za rok 2023 vzrostla světová populace o 70 mil. lidí, tedy o +0,9 % a dosáhla počtu 8,09 miliardy osob. Tempo populačního růstu však v posledních pěti letech zpomaluje a vykazuje nyní +0,9 % míru růstu, zatímco v letech 2015–2020 to bylo +1,1 %.

Jak je známo, snížená nabídka mléčných výrobků v roce 2022 omezila poptávku, což následně vedlo k prudkému nárůstu cen. Uvolnění cen mléčných výrobků ve sledovaném roce 2023 (pokles –17,2 % dle FAO-indexu) v důsledku zvýšené nabídky umožnilo opětovné nastartování spotřeby.

Od roku 2015 do roku 2023 se průměrná spotřeba mléka na hlavu zvýšila o 11 kg na více než 119 kg, což představuje za toto období deseti procentní nárůst.



Obrázek 10: Vývoj světové spotřeby mléka (v hodnotě mléčného ekvivalentu)

V závěru roku 2021 začala postupně stoupat inflace, ale k jejímu nejvýraznějšímu nárůstu však došlo až vypuknutí války na Ukrajině v únoru 2022. To se samozřejmě okamžitě odrazilo v růstu cen všech výrobků, mléčné produkty z toho nevyjímaje. Vysoké ceny pak začaly zásadně ovlivňovat chování a zvyky spotřebitelů, kteří se často uchýlovali k cenově dostupnějším alternativám. Vysoká inflace ale přetrvávala ještě i v roce 2023. Přestože v tomto roce začaly klesat ceny mléčných komodit na světových trzích, maloobchodní ceny, které mají tendenci být méně citlivé, v mnoha zemích i nadále rostly. To tedy vysvětluje, proč byla ve většině zemí poptávka po mléčných výrobcích po většinu roku poměrně slabá.

V řadě zemí začaly v roce 2023 mírně růst také mzdy, které držely krok s inflací, což vedlo k oživení spotřeby. Na trhu s mléčnými výrobky se to projevilo zejména ve výrazném nárůstu dovozu sýrů v posledních měsících roku.

Podle hodnocení FAO se spotřeba mléčných výrobků vyjádřená hodnotou mléčného ekvivalentu v roce 2023 v jednotlivých světových regionech značně lišila od 43 kg na hlavu v Africe až po 284 kg na hlavu v Evropě. Evropa je lídrem v celkové absolutní spotřebě mléčných výrobků na osobu a také v sýrech, Indie vede v případě másla a Oceánie zaujímá prvenství u tekutého mléka.

V Asii, která představuje v objemu vlastně 50 % celkové světové spotřeby mléka a mléčných výrobků, překročila v roce 2023 vůbec poprvé průměrná spotřeba na osobu sto kilogramovou hranici, když dosáhla hodnoty 102 kg na osobu. Je především díky růstu nabídky v Indii a Pákistánu, ve kterých se spotřeba zvýšila za posledních pět let o celých 25 %. Například spotřeba másla a ghí v Indii stoupla jenom v roce 2023 o dalších 250 tisíc tun a dosáhla celkového objemu 6 750 mil. tun.

Naproti tomu v Africe se spotřeba mléčných výrobků na hlavu od roku 2018 mírně snížila. Růst mléčné produkce v letech 2018 až 2023 odpovídal sice růstu počtu obyvatel (+15 %), ale dovoz z jiných zemí světa klesl ve stejném období o –4 %.

V Severní Americe a v Evropě zůstává od roku 2018 trend vývoje spotřeby poměrně stabilní (u obou o +4 % za pět let). Pokles poptávky v EU-27 (–5 %) byl částečně kompenzován růstem v jiných neunijních evropských zemích. Roční spotřeba sýra na hlavu v EU-27 přesahuje 20 kg, ale od roku 2020 také spíše stagnuje. Naproti tomu v USA roste, a od roku 2020 do roku 2023 se zvýšila o +5 % na hodnotu téměř 18 kg.

Přibližně 50 % světové produkce mléka není zpracováváno průmyslovým způsobem, ale naopak malými a neformálními zpracovateli. Vzhledem k tomu, že tato tzv. neformální produkce není oficiálně evidována, je náročné přesně odhadnout množství mléčných výrobků, které se z těchto výrobních zdrojů dostávají ke konečným spotřebitelům.

Výpočty mléčného ekvivalentu na základě obsahu sušiny nám ale umožňují stanovit alespoň přibližný rozpis jednotlivých forem výrobků, ve kterých se mléko celosvětově konzumuje. Nejvýznamnější skupinou jsou čerstvé mléčné výrobky zahrnující různé formy konzumních mlék, fermentované výrobky, smetany a podobné produkty, které ve spotřebitelském koši představují asi 28 % podíl. Další skupinu představuje máslo a máselný olej s podílem přibližně 32 %, a pak široká kategorie sýrů (26 %). Podíl spotřeby čerstvých mléčných výrobků se v posledních letech obecně snížil a ustoupil zvýšené spotřebě jiných typů spíše hodnotových výrobků.

Od roku 2015 zaznamenaly největší nárůst spotřeby máslo a sýry (+20 %), když překonaly syrovátku (+12 %) a fermentované výrobky (+9 %). Naproti tomu spotřeba sušeného plnotučného mléka (–8 %) a kondenzovaného mléka (–8 %) klesala. Konzumní mléko zůstalo poměrně stabilní. Spotřeba sušeného odstředěného mléka zaznamenala mezi lety 2015 a 2023 mírný nárůst o +6 %.

Jak se budou podle predikcí OECD-FAO odvíjet spotřebitelské trendy v příštích letech?

Podle vydané zprávy *OECD-FAO Agricultural Outlook 2024-2033* poroste dále poptávka po mléčných výrobcích, jednak v návaznosti na pokračující populační růst, zvyšující se příjmy, ale rovněž v návaznosti na změny stravovacích návyků a preferencí. Předpokládá se, že mléčné výrobky budou nadále potravinami s nejvyšším růstem spotřeby, která poroste rychleji než spotřeba obilovin. Pro období let 2020 až 2033 predikuje OECD-FAO nárůst celkové produkce mléka až o 20 %, což představuje průměrnou roční míru růstu +1,4 %. Je však na místě připomenout, že v minulých letech 2020–2023 zaznamenala OECD-FAO naopak pomalejší růst, a to pouhých +0,2 % ročně.

Očekává se, že růst spotřeby bude udržitelnější v rozvojových zemích, kde se bude týkat všech výrobních kategorií (+2,1 % ročně u všech mléčných výrobků v období 2020–2033), a to s ohledem na růst počtu obyvatel i jejich příjmů. Opět je ale potřeba připomenout, že od roku 2020 zde činí růst zatím pouze +0,3 % ročně v důsledku vysoké inflace.

Ve vyspělých zemích se předpokládá vývoj spotřeby nižší (ca. 0,5 %) kvůli pomalejšímu růstu populace, environmentálním omezením a regulacím, ale také s ohledem na sílící konkurenci rostlinných alternativ. V těchto zemích již OECD-FAO zaznamenala takto nastolený trend stagnace v minulých třech letech. Pozitivní vývoj byl ovšem ve spotřebě sýrů, kde byl dosažen nárůst + 0,9 %. Do budoucna se ale předpokládá výraznější pokles spotřeby sušených mlék.

STŘEDNĚDOBÝ VÝHLED

Jaký výsledek lze očekávat v roce 2024?

Na základě údajů o produkci mléka do listopadu 2024 z vybrané země produkující mléko a s přihlédnutím k silnému a stálému růstu pozorovanému v Indii a Pákistánu v posledních letech se očekává, že celosvětová produkce mléka se v roce 2024 může zvýšit přibližně o +2,0 %, což znamená, že růst bude nižší než CAGR z období 2015–2023. Po korekci na přestupný rok bude nárůst ale ještě mírnější, a sice jen +1,7 %.

Stejně jako v posledních letech bude tento nárůst vytvářen především v hlavních exportujících zemích. USA pravděpodobně svoji produkci mléka kvůli propuknutí ptačí chřipky sníží, protože její vir negativně ovlivňuje dojitost. Objem dodávek byl za 11 měsíců o –0,6 % nižší než v roce 2023. EU vykázala do listopadu 2024 o +1,7 % vyšší objem. Rychlé šíření viru katarální horečky ovcí v severozápadní části Evropy během léta však po zbytek roku částečně ovlivnilo produkci mléka v EU a ještě lepší výsledek. Nový Zéland zaznamenal v druhé polovině roku určitý nárůst dodávek, který kompenzoval pokles produkce v prvních sedmi měsících roku 2024. Ke konci listopadu to bylo již opět +1,1 %. V Jižní Americe byly nepříznivými povětrnostními podmínkami těžce zasaženy Argentina a Uruguay, přičemž Argentina rovněž čelí ekonomickým problémům. Argentina byla do listopadu ve velkém propadu –7,8 % a Uruguay –4,2 % oproti předchozímu roku.

Po Indii a Pákistánu je Čína klíčovým přispěvatelem k růstu mléka v roce 2024, i když její nárůst bude slabší než v roce 2023 kvůli převisu nabídky a nízkým maržím. Ruská produkce mléka také roste pomaleji než v roce 2023 (za 11 měsíců pouze +0,4 %). Nízká poptávka ruských spotřebitelů po mléčných výrobcích pravděpodobně povede ke zpomalení růstu nabídky mléka ke zpracování.

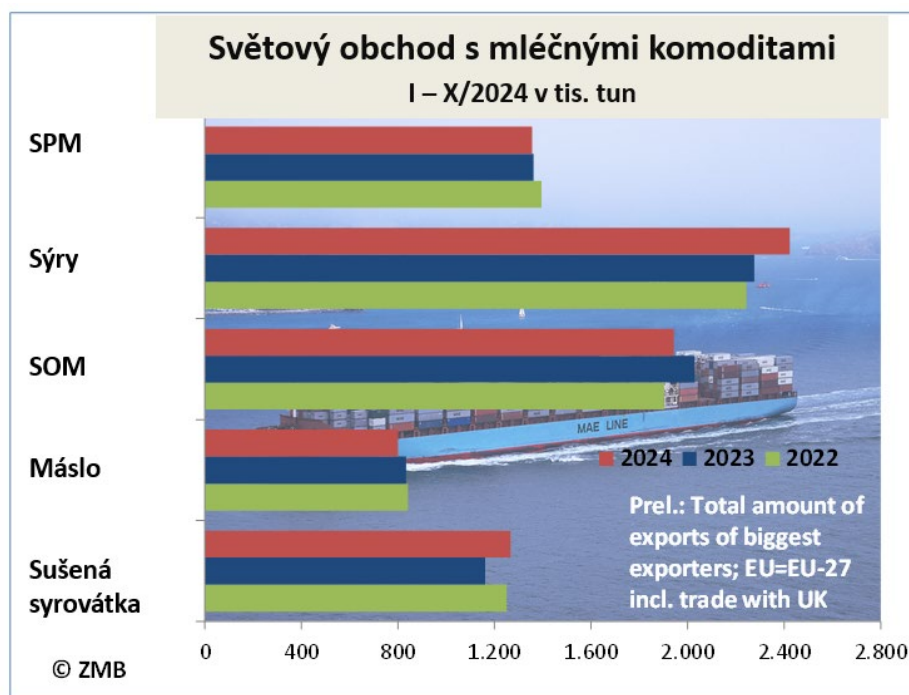
Rok 2024 již znamenal celosvětově zpomalování inflace a oživení reálných mezd, čímž v některých zemích, zejména v Evropě, došlo k opětovnému oživení spotřeby mléčných výrobků. V důsledku toho došlo zejména k oživení výroby čerstvých mléčných výrobků, a to často i na úkor komodit. To vysvětluje, proč se produkce konzumního mléka v EU za 11 měsíců roku zvýšila o +1,0 % a obrátila tak klesající trend z minulé dekády. K podobné situaci došlo i u fermentovaných mléčných výrobků jak v EU (+3,7 % za 11 měsíců), tak v USA (+4,1 % za 7 měsíců).

Produkce sýrů v Evropě v EU-27 vzrostla za 11 měsíců o 2,6 %, čímž překonala růstovou míru CAGR za období 2015–2023, a to i přes víceméně stabilní vývoz. Naopak výroba sýrů v USA po několik předchozích úspěšných letech oslabila z důvodů stagnující produkce mléka.

Produkce sušených mlék coby přebytkové exportní komodity zaznamenala za 11 měsíců roku pokles, v případě sušeného odstředěného mléka se snížily o $-3,1\%$ a sušeného plnotučného mléka $-2,5\%$. Výroba sušeného odstředěného mléka v USA se za 7 měsíců loňského roku snížila dokonce o $-15,8\%$.

V Evropě byla v uplynulém roce upřednostňována výroba sýrů a smetany před výrobou másla ($-2,4\%$), což přispělo k výraznému růstu cen másla. Naopak výroba másla v USA markantně vzrostla ($+4,4\%$ za 7 měsíců).

Vývoj obchodu hlavních světových exportérů s mlékem vyjádřený v ekvivalentu mléka v průběhu roku 2024 roste.

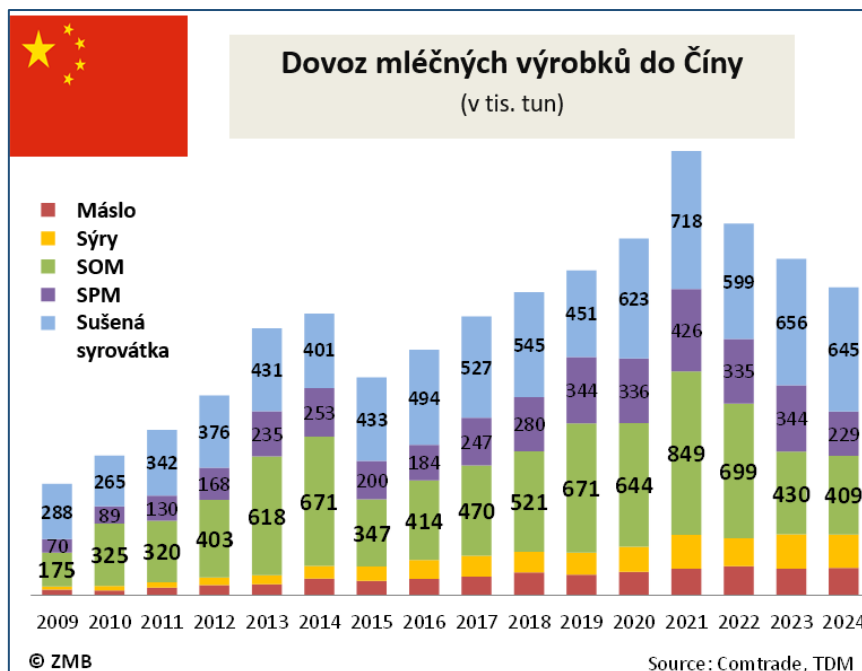


Obrázek 11: Mezinárodní obchod s mlékem za 10 měsíců v letech 2022–2024

V roce 2023 zaznamenal světový obchod pouze omezené oživení z turbulentního roku 2022. Ačkoli se původně očekávalo výrazné oživení, růst zůstal omezen na přibližně $+0,6\%$.

Za 10 měsíců roku 2024 zůstala poptávka z Číny a jihovýchodní Asie velkým zklamáním, přičemž rostoucí míra soběstačnosti v Číně hraje stále důležitější roli. Například dovoz sušeného plnotučného mléka byl v roce 2024 více než poloviční ve srovnání s rokem 2021. Oslabil se ale i dovoz sušeného odstředěného mléka.

V důsledku sníženého exportu do Číny byly největší vývozci, EU-27 a Nový Zéland, nuceni hledat alternativní trhy pro své produkty a do určité míry se jim to i podařilo. Poptávka po dovozu však v Číně zůstává i nadále slabá kvůli snížené celkové poptávce, a čínská vláda se nyní usilovně snaží poptávku opět oživit.



Obrázek 12: Dovoz mléčných výrobků do Číny v letech 2023–2024

Vývoz z USA (v hodnotě mléčného ekvivalentu) byl pod po celý loňský rok po úrovni roku předešlého. Pokles zaznamenal zejména vývoz sušeného odstředěného mléka. Vývoz sýrů se naopak výrazněji zvýšil.

Na jižní polokouli pokračovalo oživování australského vývozu, přičemž téměř všechny komoditní produkty (kromě mléka a smetany) vykazovaly růst.

Ve Spojeném království způsobil Brexit v roce 2021 výrazný pokles britského exportu. Navzdory oživení v letech 2022 a 2023 však zatím nebylo dosaženo úrovně před Brexitem. EU-27 nicméně zůstává pro Spojené království stále dominantním obchodním partnerem. Velká Británie také uzavřela novou dohodu o volném obchodu s Novým Zélandem, ale zatím tato skutečnost neměla významný vliv na zvýšení dovozu.

Souhrně lze říci, že s ohledem k přetrvávajícím problémům nižší poptávky z Číny se celková obchodní expanze za rok 2024 odhaduje na konzervativních +0,4 %, což by mělo znamenat docílení celkového objemu světového obchodu přibližně ve výši 91,8 mil. tun. Vzhledem k neuspokojivému vývoji produkce mléka v několika klíčových exportních zemích a nedávnému růstu cen je však také pravděpodobné, že růst bude omezenější.

ZÁVĚR

V závěru lze konstatovat, že hospodářský rok 2025 začíná ve světovém mlékárenství s vysokými cenami surovin, ale také s řadou nejistot. Produkce mléka v EU a ve velkých exportních zemích v roce 2024 navzdory vyšším cenám stagnovala a rok 2025 nebude pravděpodobně jiný. Vliv na to měly onemocnění dojníc, např. katarální horečka v Evropě, ptačí chřipka v USA, které omezily mléčnou užitkovost a tím i výslednou produkci mléka. Nedávný výskyt slintavky a kulhavky v Německu měl naopak pouze krátkodobý dopad. V budoucnu je potřeba počítat s tím, že stále větší podíl mléčné suroviny bude zpracován na výrobu sýrů, což bude

znamenat, že například v EU-27 bude výhledově k dispozici menší objem komoditních výrobků pro vývoz do třetích zemí.

V současné době také panují velké obavy pro celý sektor kvůli celé řadě geopolitických událostí. Mezinárodní obchodní toky by mohly být narušeny nově formovanou obchodní politikou nové vlády USA a Číny, nejistý zůstává i nadále válečný konflikt na Ukrajině a budoucí chování Ruska. V Evropské unii je její konkurenceschopnost na světových trzích nyní podporována slabým eurem, ale velmi výrazně bržděna vysokými náklady na energie.

LITERATURA

Bulletin of the International Dairy Federation Nr. 532/2024: The World Dairy Situation; (10/2024)

OECD/FAO (2024): OECD-FAO Agricultural Outlook 2024-2033, OECD Publishing, Paris, https://www.oecd.org/en/publications/oecd-fao-agricultural-outlook-2024-2033_4c5d2cfb-en.html

Monika Wohlfahrt: EU-Market situation at the beginning of 2025; prezentace na EDA-TEC meeting, 22.01.2025

Osobní poznámky z IDW World Dairy Summit, Paříž (10/2024)

Kontaktní adresa: Ing. Jiří Kopáček, CSc., Českomoravský svaz mlékárenský, z.s., V Olšinách 2300/75, 100 00 Praha 10, e-mail : jkopacek@cheesespectrum.cz

**MIKROBIÁLNÍ PROFILOVÁNÍ SÝRŮ ZRAJÍCÍCH POD MAZEM:
VLIV STARTOVACÍCH KULTUR A PROSTŘEDÍ VÝROBY**
**MICROBIAL PROFILING OF SMEAR-RIPENED CHEESES:
INFLUENCE OF STARTER CULTURES AND PRODUCTION ENVIRONMENT**

**Kristýna Kořená¹ – Anna Klimešová² – Martina Florianová¹ – Miroslava Krzyžanková¹
Daniela Karasová¹ – Vladimír Babák¹ – Helena Juřicová¹**

¹Výzkumný ústav veterinárního lékařství, v.v.i., Hudcova 296/70, 621 00 Brno

²Přírodovědecká fakulta, Masarykova Univerzita, Kotlářská 267/2, 625 00 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0124>



ABSTRAKT

Sýry zrající pod mazem se vyznačují komplexní mikrobiotou, která hraje klíčovou roli při zrání, rozvoji chuti, struktuře a mikrobiologické bezpečnosti. Přestože se komerční výroba obvykle opírá o definované startovací a přídavné kultury, vlastnosti výrobku významně ovlivňují i mikroorganismy z výrobního prostředí. Tato studie zkoumala mikrobiální složení sýrů zrajících pod mazem šesti komerčních výrobců pomocí kultivačních i kultivačně nezávislých technik, včetně sekvenování genu pro 16S rRNA a sekvenování ITS regionů.

Celkem bylo ve všech analyzovaných vzorcích identifikováno 37 různých bakteriálních druhů. Sekvenování genu pro 16S rRNA a ITS regionů odhalilo 75, respektive 7 odlišných operačních taxonomických jednotek. Složení mikrobioty odráželo podíl mezofilních i termofilních startovacích a přídavných kultur spolu s mikroorganismy pocházejícími z výrobního prostředí. Patřily mezi ně různé psychrotrofní bakterie, mořské, tj. osmotolerantní bakterie, a další halofily z kmenů Proteobacteria (*Psychrobacter*, *Pseudoalteromonas*, *Marinomonas* a *Vibrio*), Firmicutes (*Vagococcus*, *Marinilactibacillus*), Actinobacteriota (*Glutamicibacter*), Bacteroidota (*Winogradskyella*, *Brumimicrobium*), Campylobacterota (*Malaciobacter*) a Fusobacteria (*Psychrilyobacter*) specifické pro prostředí jednotlivých výrobců. Výsledky ukazují, že ačkoli se při komerční výrobě používá pasterované mléko a definované startovací kultury, mikrobiální diverzita je do značné míry ovlivněna specifickou mikrobiotou přítomnou v prostředí sýrárny.

Klíčová slova: sýry zrající pod mazem; mikrobiota sýrů; sekvenování genu pro 16S rRNA, sekvenování ITS regionů

ABSTRACT

Smear-ripened cheeses are distinguished by their complex microbiota, which play pivotal roles in ripening, flavour development, texture, and microbiological safety. Although commercial production typically relies on defined starter and adjunct cultures, microorganisms from the production environment also significantly shape the product's characteristics. This study examined the microbial composition of smear-ripened cheeses

from six commercial manufacturers using culture and culture-independent techniques, including 16S rRNA gene sequencing and sequencing of internal transcribed spacers.

A limited number of microorganisms was recovered, with 37 different species identified across all samples. Sequencing of the 16S rRNA gene and ITS regions revealed 75 and 7 distinct operational taxonomic units, respectively. The microbiota composition reflected the contribution of both mesophilic and thermophilic starter and adjunct cultures, alongside microorganisms originating from the production environment. These included various psychrotrophic bacteria, marine, i.e. osmotolerant bacteria, and other halophiles from Proteobacteria (*Psychrobacter*, *Pseudoalteromonas*, *Marinomonas* and *Vibrio*), Firmicutes (*Vagococcus*, *Marinilactibacillus*), Actinobacteriota (*Glutamicibacter*), Bacteroidota (*Winogradskyella*, *Brumimicrobium*), Campylobacterota (*Malaciobacter*) and Fusobacteria (*Psychrilyobacter*), specific to the environment of particular manufacturers. The results indicate that although pasteurized milk and defined starter cultures are used in commercial production, the microbial diversity is largely influenced by the specific microbiota present in the cheese factory environment.

Keywords: smear-ripened cheese; cheese microbiota; 16S rRNA gene sequencing, ITS sequencing

ÚVOD

Mikroorganismy hrají při výrobě sýrů zrajících pod mazem zásadní roli a významně ovlivňují vývoj jedinečných sensorických parametrů konečného výrobku. Tradiční metody výroby sýrů tohoto typu zahrnují techniku známou jako „old-young smearing“, která spočívá v omytí zrajícího (starého) sýra solným roztokem a následném použití tohoto roztoku k omytí čerstvě vyrobeného (mladého) sýra (Brennan, 2004). V současné době je tento tradiční postup stále více nahrazován používáním specifických mlékařských kultur, které usnadňují standardizovanější výrobní postupy a zlepšují kontrolu kvality sýrů. Definované startovací kultury navíc poskytují ochranu před nežádoucími patogenními bakteriemi.

Startovací kultury (SC), které se přidávají do mléka na začátku výroby, se skládají především z bakterií mléčného kvašení (LAB) a lze je rozdělit do dvou hlavních skupin podle jejich optimální teplotní aktivity: mezofilní kultury, které se častěji používají v sýrech zrajících pod mazem, a termofilní kultury. Toto rozdělení je důležité pro různé druhy sýrů, protože změny teploty ovlivňují chování bakterií, a tím i proces výroby a zrání sýrů. Mezi mezofilní kultury patří např. *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, některé druhy *Lactobacillus* a *Leuconostoc mesenteroides*. Naopak mezi termofilní kultury patří *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus helveticus* a různé poddruhy *Lactobacillus delbrueckii* (Fox, 2004; Brennan, 2004). Tyto bakterie mají zásadní význam pro tvorbu kyselin v počátečních fázích fermentace a vytvářejí kyselé prostředí, které účinně potlačuje mikroflóru, která může způsobovat kažení výrobku, a další technologicky nežádoucí mikroorganismy.

Kromě startovacích kultur mohou LAB při výrobě sýrů fungovat také jako doplňkové (sekundární) kultury. Tyto mikroorganismy se uplatňují na povrchu sýra během procesu zrání a hrají zásadní roli při vytváření

měkké a vlhké kůry charakteristické pro sýry zrající pod mazem (Brennan, 2004). Mezi běžně používané doplňkové bakterie patří *Brevibacterium linens* (nově překlasifikované jako *Brevibacterium aurantiacum*), *Brevibacterium casei*, *Staphylococcus equorum*, *Microbacterium gubbeenense*, *Glutamicibacter* spp. a *Corynebacterium casei* (Brennan, 2004). Tyto bakterie rozkládají bílkoviny a tuky v sýru, což vede k produkci aromatických sloučenin, jako je čpavek a síra, které významně přispívají k výraznému aromatu sýra. Kromě zvýraznění chuti pomáhají tyto bakterie změkčovat jádro sýra a vytvářet krémovou strukturu. Řízená aplikace bakteriálních kultur je rozhodující pro dosažení charakteristického vzhledu, včetně načervenalé nebo oranžové kůry, a pro zajištění bezpečnosti a konzistence sýra během procesu zrání. Vývoj povrchové mikrobioty dále podporují kvasinky, které se na povrch sýra aplikují postřikem. *Debaryomyces hansenii* odkyseluje prostředí sýra a podporuje růst mazových bakterií. K organoleptickým vlastnostem sýra přispívají i další kvasinky, jako jsou *Geotrichum candidum*, *Kluyveromyces marxianus* a *Candida crusei* (Bockelmann, 2005).

Již dříve bylo zjištěno, že kromě startovacích a doplňkových kultur jsou v mikrobiotě sýra přítomny i další mikroorganismy. Ty se vyskytují zejména v povrchovém mazu a pocházejí z prostředí sýrárny, např. solných lázní nebo zracích ploch (Mounier 2005, Korena, 2023). Tato takzvaná „domácí mikrobiota“ může zahrnovat různé halofilní a psychrotolerantní mikroorganismy, jako jsou *Psychrobacter* spp., *Vibrio* spp., *Pseudomonas* spp. a *Vagococcus* spp. Tyto mikroorganismy mohou inhibovat růst záměrně přidaných kultur a mohou také ovlivnit vlastnosti konečného sýrového výrobku.

Sýry zrající pod mazem jsou dobře známé a vyrábějí se převážně v evropských zemích, jako je Rakousko, Belgie, Německo a Francie. Kromě jiných se jedná např. o druhy Münster, Limburger, Tête de Moine, Reblochon, Romadur a Tilsit. V této studii jsme se zaměřili na sýry zrající pod mazem dostupné na českém maloobchodním trhu, přičemž jsme zkoumali výrobky pocházející z České republiky, Německa a Francie. Cílem této studie bylo prozkoumat mikrobiální složení různých sýrů zrajících pod mazem a porovnat zastoupení záměrně přidaných startovacích a přídatných kultur a domnělé domácí mikrobioty.

MATERIÁL A METODIKA

Zpracování vzorků a extrakce DNA

Sýry zrající pod mazem šesti komerčních výrobců z České republiky (CZ), Německa (DE) a Francie (FR) (tab. 1) byly zakoupeny v české maloobchodní síti. Vzorky z jedné výrobní šarže byly analyzovány v jednom až čtyřech opakováních. Celkem 25 g sýra bylo homogenizováno v 225 ml pufovaného fyziologického roztoku (PBS) doplněného 0,2 % (v/w) Tween 80. Následně bylo 10 ml homogenátu centrifugováno (12 000 g po dobu 30 minut při 4 °C) a promyto PBS. Z pelety byla pomocí soupravy DNeasy PowerFood (Qiagen, Německo) izolována DNA. Koncentrace DNA byla stanovena spektrofotometricky a fluorometricky.

Tabulka 1: Přehled analyzovaných vzorků

Sýr	Země původu	Počet vzorků
A	CZ	3
B	CZ	3
C	CZ	4
D	DE	3
E	DE	2
F	FR	1

Složení mikrobioty stanovené sekvenováním genu pro 16S rRNA a sekvenováním ITS oblastí

Pro sekvenování genu 16S rRNA byly vzorky DNA zředěny na 5 ng/ml a použity jako templát v PCR s eubakteriálními primery 5'-TCGTCGGCAGCGTCAGATGTGTATAAGAGACAG-MID-GT-CCTACGGGGNGGCWGCAG-3' a 5'-GTCTCGTGGGCTCGGAGATGTGGTATAAGAGACAG-MID-GT-GACTACHVGGGTATCTAATCC-3' zaměřené na variabilní oblast V3/V4 genu 16S rRNA. Po amplifikaci byly produkty zpracovány přesně podle předchozího popisu (Karasova et al., 2021). Sekvenování bylo provedeno pomocí sady MiSeq Reagent Kit v3 (600 cyklů) a sekvenační platformy MiSeq podle pokynů výrobce (Illumina, CA, USA). Surová čtení byla zpracována dle Karasova et al. (Karasova et al., 2021). Sekvenování oblasti ITS2a bylo provedeno externě službou Eurofins Genomics Europe Sequencing GmbH (Německo) pomocí platformy Illumina MiSeq. Surová čtení byla zpracována firmou Eurofins Genomics Europe Sequencing GmbH (Německo).

Následné analýzy na úrovni OTU (operační taxonomické jednotky) byly provedeny s OTU, které představovaly více než 0,1 % celkové mikrobioty alespoň v jednom vzorku. Tyto filtrované OTU pokrývaly 99,62–100,00 % celkového počtu bakterií identifikovaných sekvenováním 16S rRNA a 99,95–100,00 % celkového počtu mikrobioty identifikované sekvenováním ITS2a. Složení mikrobioty v replikátech se významně nelišilo ($p > 0,05$; RM PERMANOVA), a tak byla data zprůměrována.

Složení mikrobioty stanovené kultivací

Deset gramů sýra bylo homogenizováno v 90 ml PBS a byly připraveny ředící řady koncentrace. Alikvot 100 µl z každého ředění byl nanesen na PCA agar (plate count agar, Oxoid, UK) doplněný 5 % chloridem sodným a inkubován aerobně. Z příslušného ředění byly vybrány morfologicky odlišné kolonie, které byly identifikovány pomocí hmotnostního spektrometru AutoFlex Speed MALDI-TOF (Bruker, USA). Izoláty představující různé druhy byly archivovány v glycerolových roztocích při $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro další analýzy.

Sangerovo sekvenování genu pro 16S rRNA

DNA z reprezentativních bakteriálních izolátů získaných ze vzorků sýra byla amplifikována pomocí primerů UNCB1-5'-TGAAGAGTTTGATCATGGCTCAG-3' a UNC2b-5'-AGGAGGTGATCCAGCCGCA-3' a následně bylo provedeno Sangerovo sekvenování celé délky sekvence genu pro 16S rRNA. Výsledné sekvence byly porovnány se záznamy v GenBank pomocí BLAST pro taxonomickou klasifikaci. U izolátů byla provedena shluková analýza pomocí programu Clustal Omega (Madeira et al., 2019). Konečný fylogenetický strom byl sestaven pomocí programu iTOL v7 (Letunic a Bork, 2016).

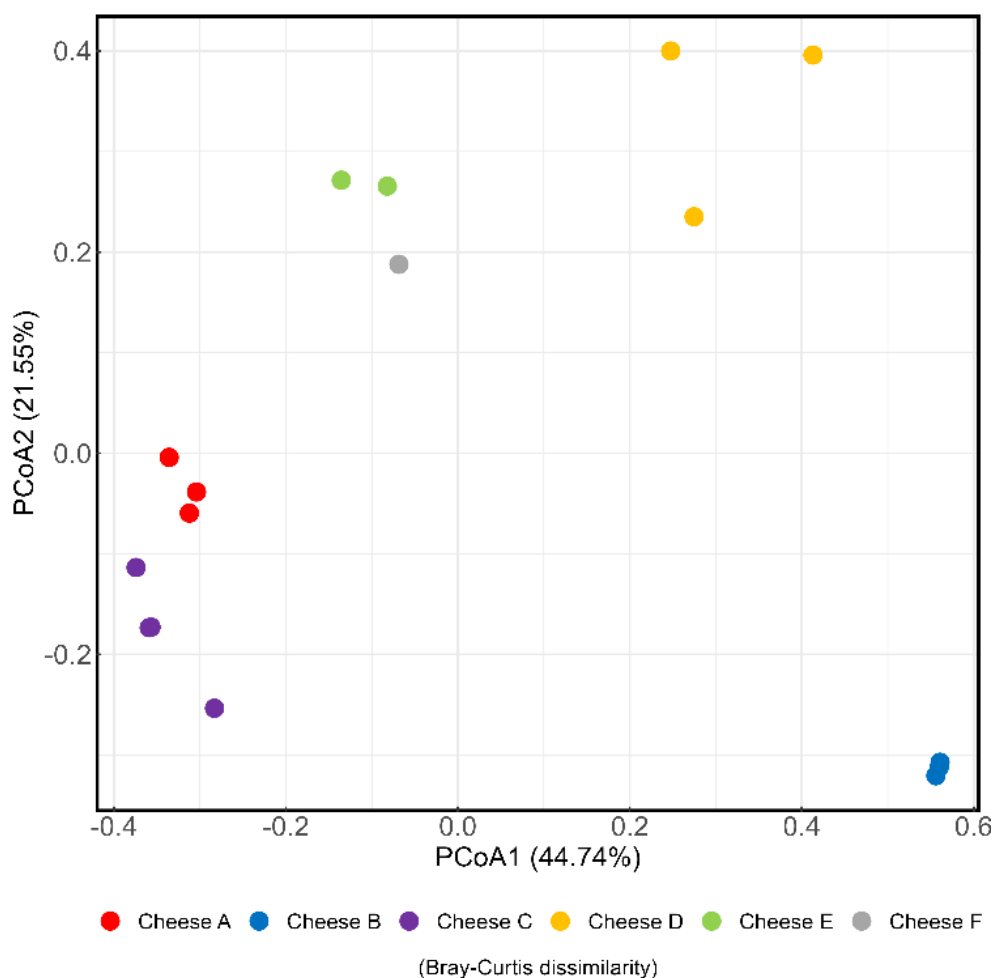
VÝSLEDKY A DISKUZE

Složení mikrobioty sýrů zrajících pod mazem stanovené pomocí sekvenování V3/V4 oblasti genu 16S rRNA

Ve všech vzorcích bylo identifikováno celkem 75 OTU, přičemž nejméně komplexní mikrobiotu vykazoval sýr od výrobce B (11 OTU) a nejvíce komplexní mikrobiotu sýr od výrobce D (40 OTU) (tab. 2). Pouze 2 OTU (*Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* a *Streptococcus thermophilus*) byly společné pro mikrobiotu sýrů všech šesti výrobců. Nízkou podobnost ve složení mikrobioty potvrdila i PCoA analýza (Principal Coordinate Analysis), která jasně odlišila sýry od různých výrobců (obr. 1).

Tabulka 2: Počet OTU získaných sekvenováním genu pro 16S rRNA a počet odlišných bakteriálních izolátů získaných kultivací ze sýrů zrajících pod mazem.

Sýr	Počet OTU	Počet izolátů
A	32	20
B	11	7
C	23	10
D	40	6
E	23	7
F	19	4



Obrázek 1: Seskupení mikrobiálních společenstev sýrů zrajících pod mazem šesti výrobců na základě PCoA analýzy.

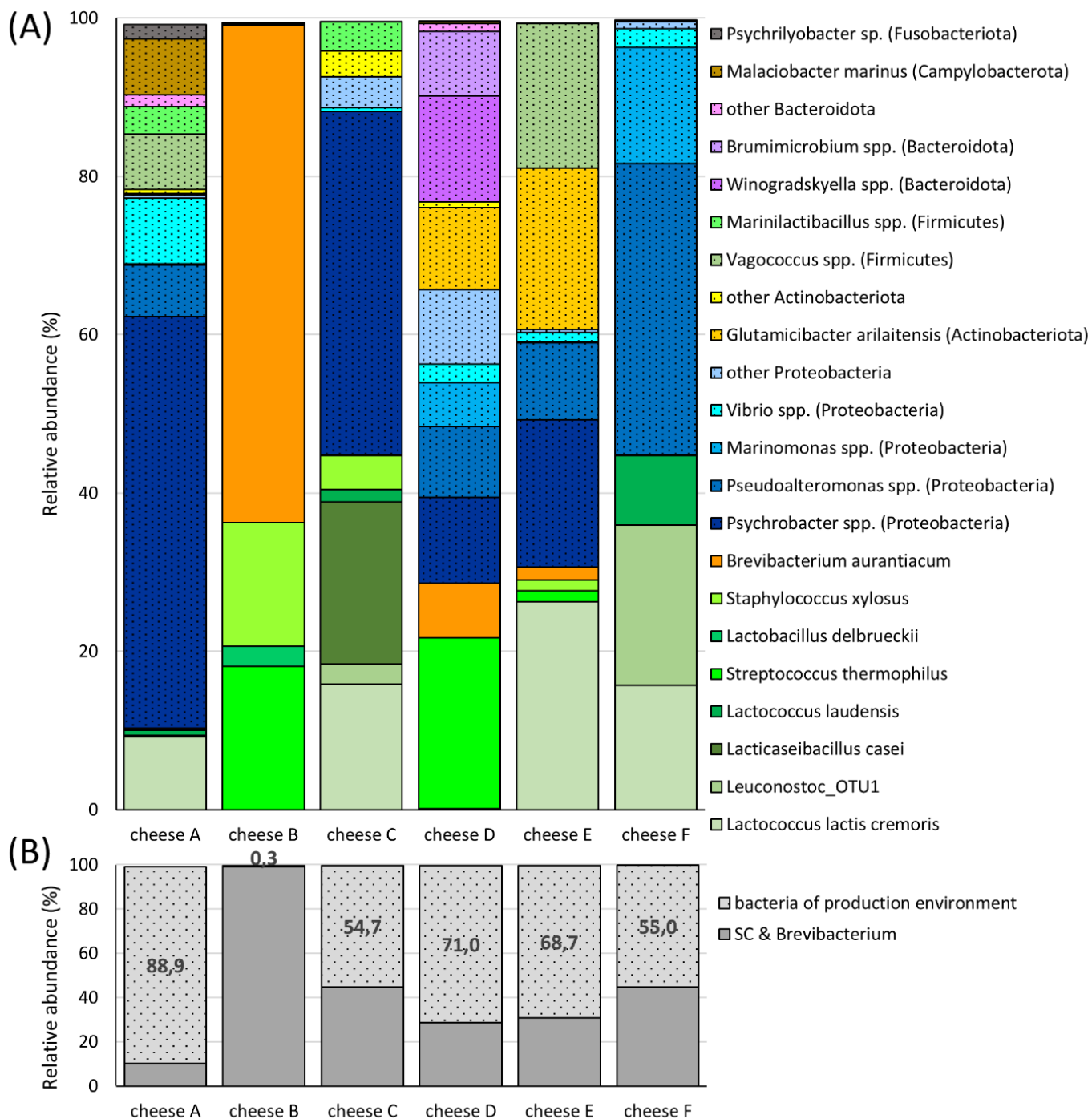
Bakteriální startovací kultury v sýrech zrajících pod mazem

Sekvenační data zaznamenala v analyzovaných sýrech přítomnost mezofilních i termofilních startovacích kultur (obr. 2A). V sýru A byla jako SC zjištěna pouze mezofilní kultura *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, která tvořila 9,2 % celkové mikrobioty. Mikrobiota sýra B obsahovala mezofilní SC v množství pod 0,1 %, zatímco termofilní SC tvořené *Streptococcus thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii* byly přítomny v 18,1 %, resp. 2,6 %. Termofilní SC byla navíc doplněna o bakterie *Staphylococcus xylosus*, které tvořily 15,6 %. V sýru C převažovala SC složená *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* a *Lactocaseibacillus casei* s relativním zastoupením 15,9 %, resp. 20,5 %. Menší podíl měly bakterie *Lactococcus laudensis* a *Leuconostoc*, které byly zjištěny v množství 1,5 %, resp. 2,5 %. Sýr D obsahoval jako SC výhradně termofilní kmeny *Streptococcus thermophilus*, které představovaly 21,6 % celkové mikrobioty. V sýru E převažoval jako SC *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* tvořící 26,3 %, další bakterie SC, konkrétně *Streptococcus thermophilus* a *Staphylococcus xylosus* byly přítomny v nízkém počtu (1,4 %, resp. 1,3 %). V sýru F byly zjištěny pouze mezofilní SC tvořené *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus laudensis* a *Leuconostoc*, přítomné v relativním množství 15,7 %, 8,8 % a 20,2 %.

Definované kmeny *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* nebo *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* jsou obvykle obsaženy v komerčně prodáváných SC určených pro základní mléčné výrobky, včetně tvarohů, čerstvých sýrů, polotvrdých sýrů nebo sýrů zrajících pod mazem. Termofilní startovací kultury, které obvykle obsahují bakterii *Streptococcus thermophilus*, se naopak přednostně používají při výrobě vysokodohříváných sýrů, sýrů typu Pasta Filata, Mozzarella nebo sýrů holandského typu.

Použití startovacích kultur souvisí s mikrobiologickou bezpečností výrobku, kdy použité startovací kultury mohou účinně potlačovat růst a množení patogenních nebo technologicky nežádoucích mikroorganismů. Nepřímo se použití startovacích kultur může projevit na složení a celkové komplexnosti mikrobioty.

Relativní zastoupení povrchové startovací kultury *Brevibacterium auranticum* se mezi sýrovou mikroflórou značně lišilo a pohybovalo se v rozmezí od 0,1 % do 62,8 % u pěti ze šesti výrobců sýrů zrajících pod mazem.



Obrázek 2: **(A)** Bakteriální složení ve vzorcích sýrů zrajících pod mazem. Zástupci bakteriálních kmenů Actinobacteriota (žlutá až oranžová), Proteobacteria (odstíny modré), Firmicutes (odstíny zelené), Bacteroidota (odstíny fialové), Campylobacterota (hnědá) a Fusobacteriota (šedá). **(B)** Relativní zastoupení bakterií startovací kultury a bakterií výrobního prostředí. Plné sloupce, bakterie startovacích kultur; vzorované sloupce, bakterie výrobního prostředí.

Bakterie výrobního prostředí v sýrech zrajících pod mazem

Bakterie, u nichž se předpokládá, že pocházejí z výrobního prostředí, tvořily různý podíl celkové mikrobioty, a to od 0,3 % do 88,9 % (obr. 2B). Tyto bakterie byly zastoupeny šesti kmeny: Actinobacteriota, Proteobacteria, Firmicutes, Bacteroidota, Campylobacterota a Fusobacteriota (obr. 2A).

Mikrobiota sýra A vykazovala nejvyšší podíl mikroorganismů pocházejících z prostředí (88,9 %) ze všech analyzovaných sýrů. Tyto bakterie byly tvořeny převážně proteobakteriemi, z nichž tři rody, *Psychrobacter*, *Pseudoalteromonas* a *Vibrio*, tvořily 52,0 %, 6,5 % a 8,2 % celkové mikrobioty. Kmen Firmicutes byl zastoupen dvěma rody, *Vagococcus* a *Marinilactibacillus*, které tvořily 6,9 %, resp. 3,5 % celkové mikrobioty. Dalšími hojnými taxony byly *Psychroflexus* (Bacteroidota), *Malaciobacter marinus* (Campylobacterota) a *Psychrilyobacter* (Fusobacteriota). Sýr B nevykazoval téměř žádný podíl mikrobioty z výrobního prostředí a byl tvořený výhradně bakteriemi startovací kultury a mazovou bakterií *Brevibacterium auranticum*. V sýru C opět převažovala mikrobiota z výrobního prostředí, a to proteobakterie, zejména *Psychrobacter* (43,4 %), a *Celerinatantimonas* (3,8 %). Z grampozitivních bakterií vykazovaly vyšší relativní četnost *Marinilactibacillus* (Firmicutes) a mazová bakterie *Corynebacterium variabile* (Actinobacteriota), které byly přítomny v abundanci 3,7 %, resp. 3,2 %. V sýru D byly proteobakterie zastoupeny 5 rody s relativně podobným zastoupením, včetně *Psychrobacter*, *Pseudoalteromonas*, *Marinomonas*, *Vibrio* a *Cobetia*. Kmen Firmicutes nebyl zastoupen žádným bakteriálním taxonem. Actinobacteriota byla zastoupena mazovou bakterií *Glutamicibacter arilaitensis*, která tvořila 10,4 % celkové mikrobioty. Jako u jediného sýra byly v mikrobiotě zastoupeny též bakterie z kmene Bacteroidota, konkrétně *Winogradskyella vidalii* a *Brumimicrobium*, které představovaly 11,8 %, resp. 8,1 %. V sýru E byla mikrobiota z výrobního prostředí tvořena proteobakteriemi, přičemž *Psychrobacter* se podílel 18,6 % a *Pseudoalteromonas* 9,8 %. Kmen Firmicutes byl zastoupen různými druhy rodu *Vagococcus* (18,3 %) a kmen Actinobacteriota byl převážně zastoupen mazovou bakterií *Glutamicibacter arilaitensis*, která tvořila 20,3 % celkové mikrobioty. V sýru F byla mikrobiota výrobního prostředí tvořena téměř výhradně proteobakteriemi, z nichž různé druhy *Pseudoalteromonas*, *Marinomonas* a *Vibrio* byly přítomny s četností 36,8 %, 14,7 % a 2,8 %.

Složení mikrobioty stanovené sekvenováním ITS oblastí

Sekvenováním oblasti ITS2 bylo u všech vzorků identifikováno celkem 7 OTU - *Debaryomyces hansenii* zastoupená 3 různými OTU, *Kluyveromyces marxianus*, *Yamadazyma triangularis*, *Pichia kudriavzevii* a *Saccharomyces cerevisiae*. V jednotlivých vzorcích sýrů jasně dominovaly dvě OTU náležející *Debaryomyces hansenii* a *Kluyveromyces marxianus* (obr. 3). Ostatní druhy kvasinek včetně *Yamadazyma triangularis*, *Pichia kudriavzevii* a *Saccharomyces cerevisiae* byly zjištěny v množství nižším než 1 % a byly přítomny pouze v sýrech výrobce A a B. Kvasinka *Debaryomyces hansenii* tvořila 99,63–100 % z celkové populace ve vzorcích pěti ze šesti výrobců. Pouze sýr od výrobce B vykazoval podobné zastoupení obou OTU *Debaryomyces hansenii* a kvasinky *Kluyveromyces marxianus* (obr. 3).



Obrázek 3: Relativní zastoupení druhů kvasinek ve vzorcích sýra zrajícího pod mazem stanovené pomocí sekvenování oblasti ITS2. Převažující druhy představovaly *Debaromyces hansenii* (odstíny žluté) a *Kluyveromyces marxianus* (zelená).

ZÁVĚR

Mikrobiota sýrů zrajících pod mazem pocházejících od šesti komerčních výrobců z České republiky, Německa a Francie vykazovala odlišné složení. Výběr startovacích kultur se u jednotlivých výrobců lišil, což ovlivnilo komplexnost a složení mikrobioty. Stejně tak se u jednotlivých výrobců značně lišila mikrobiota původem z prostředí podniku. Ta může svou roli sehrávat zejména při utváření specifických organoleptických vlastností jednotlivých sýrů.

PODĚKOVÁNÍ

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství ČR, institucionální podpory MZe-RVO0523.

LITERATURA

- Brennan, N. M.; Cogan, T. M.; Loessner, M.; Scherer, S. Bacterial Surface-Ripened Cheeses (2004): In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*; Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., Cogan, T. M., Guinee, T. P., Eds.; Academic Press. Vol. 2, pp. 199–225 ISBN 1874-558X.
- Bockelmann, W.; Willems, K. P.; Neve, H.; Heller, K. H. (2005): Cultures for the Ripening of Smear Cheeses. *International Dairy Journal*. 15, 719–732, doi:10.1016/j.idairyj.2004.08.022.
- Mounier, J.; Gelsomino, R.; Goerges, S.; Vancanneyt, M.; Vandemeulebroecke, K.; Hoste, B.; Scherer, S.; Swings, J.; Fitzgerald, G. F.; Cogan, T. M. Surface Microflora of Four Smear-Ripened Cheeses (2005): *Applied and Environmental Microbiology*. 71, 6489–6500, doi:10.1128/AEM.71.11.6489-6500.2005.

Korena, K.; Krzyzankova, M.; Florianova, M.; Karasova, D.; Babak, V.; Strakova, N.; Juricova, H. (2023): Microbial Succession in the Cheese Ripening Process-Competition of the Starter Cultures and the Microbiota of the Cheese Plant Environment. *MICROORGANISMS*. 11, doi:10.3390/microorganisms11071735.

Karasova, D.; Crhanova, M.; Babak, V.; Jerabek, M.; Brzobohaty, L.; Matesova, Z.; Rychlik, I. (2021): Development of Piglet Gut Microbiota at the Time of Weaning Influences Development of Postweaning Diarrhea - A Field Study. *RESEARCH IN VETERINARY SCIENCE*. 135, 59–65, doi:10.1016/j.rvsc.2020.12.022.

Madeira, F.; Park, Y.; Lee, J.; Buso, N.; Gur, T.; Madhusoodanan, N.; Basutkar, P.; Tivey, A.; Potter, S.; Finn, R.; et al. (2019): The EMBL-EBI Search and Sequence Analysis Tools APIs in 2019. *NUCLEIC ACIDS RESEARCH*. 47, W636–W641, doi:10.1093/nar/gkz268.

Letunic, I.; Bork, P. (2024): Interactive Tree of Life (ITOL) v6: Recent Updates to the Phylogenetic Tree Display and Annotation Tool. *NUCLEIC ACIDS RESEARCH*. 52, W78–W82, doi:10.1093/nar/gkae268.

Kontaktní adresa: Mgr. Helena Juřicová, Ph.D., Výzkumný ústav veterinárního lékařství, Hudcova 296/70, 621 00 Brno, e-mail: helena.juricova@vri.cz

DIOXINS IN MEAT: FROM ENVIRONMENTAL POLLUTANTS TO HUMAN EXPOSURE

Ivica Kos¹ – Miroslav Jůzl² – Ivan Vnučec¹ – Jelka Pleadin³ – Darija Bendelja Ljoljić¹
Paweł Konieczka⁴ – Tamara Stamenić⁵ – Viktorija Pralas¹

¹Division of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zagreb, Svetošimunska 25,
10 000 Zagreb, Croatia

²Department of Food Technology, Faculty of Agrisciences, Mendel University in Brno, Zemědělská 1,
613 00 Brno, Czech Republic

³Croatian Veterinary Institute, Savska cesta 143, 10 000 Zagreb, Croatia

⁴Faculty of Bioengineering, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Michała Oczapowskiego 2,
10-719 Olsztyn, Poland

⁵Institute for Animal Husbandry, Autoput Beograd - Zagreb 16, 11080 Belgrade, Serbia

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0134>



ABSTRACT

Dioxins are highly toxic, persistent pollutants that mainly originate from industrial processes. As they are lipophilic (fat-soluble), these compounds accumulate in the fatty tissue of both animals and humans. Meat, especially if it has a high fat content, serves as a primary channel for the transfer of dioxins in the food chain. Livestock ingest dioxins via contaminated feed, soil and water, and grazing animals are particularly susceptible. Exposure level can vary depending on the composition of the feed, the contamination of the feed and the duration of exposure, all of which influence dioxin levels in muscle tissue, fat and organs. After consumption, dioxins concentrate in fatty tissue and the liver. When people consume meat from contaminated animals, they are exposed to potential health risks, including carcinogenic, reproductive and developmental problems. Food processing, such as cooking at high temperatures and trimming visible fat, can reduce dioxin levels in meat products to some extent. However, some dioxin congeners remain relatively stable under typical cooking conditions. This resilience underscores the importance of tackling dioxins at their source, including the implementation of appropriate feed safety measures and regulation of industrial emissions. Despite regulatory efforts to limit dioxin contamination in animal feed and food, bioaccumulation remains a challenge due to the environmental persistence of these compounds.

Keywords: dioxins, bioaccumulation, health impact, meat safety, animal fat

INTRODUCTION

Persistent organic pollutants (POPs) are hazardous organic contaminants that are difficult to degrade (Kanan and Samara, 2018). Among the most toxic are dioxins, a group of 210 chlorinated compounds divided into polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs, 75 congeners) and polychlorinated dibenzofurans (PCDFs, 135 congeners) (Knežević et al., 2011). Seventeen congeners with chlorine at positions 2, 3, 7 and 8 are particularly resistant to metabolism (Hoogenboom et al., 2015). In addition, twelve dioxin-like polychlorinated biphenyls (DL-PCBs) exhibit similar persistence and toxicity. Of the 419 known dioxin-

related compounds, about 30 have significant toxicity, with 2,3,7,8-tetrachloro-dibenzo-para-dioxin (TCDD) being the most toxic (FAO, 2008).

Industrial sources of dioxins date back to the early 1900s, when large-scale contamination with organochlorine compounds occurred (Weber et al., 2008). In the 1930s, Monsanto's PCB and pesticide production caused health risks to workers, including chloracne (Institute of Medicine, 2005). Dioxins were first identified as food contaminants in the 1950s when chickens in the USA died after eating fat contaminated with chlorophenol-treated cow hides (Firestone, 1973). The Yusho incident in Japan (1968) provided further evidence of the health effects of dioxins, as PCB- and PCDF-contaminated rice oil caused widespread poisoning and highlighted the long-term persistence of dioxins in human tissues (Masuda and Schecter, 2012).

The aim of this paper is to review recent findings on dioxin sources, bioaccumulation and health risks, with a focus on how these contaminants enter the human body through meat-based foods.

SOURCES OF DIOXIN CONTAMINATION

Dioxins are colorless, odorless, fat-soluble compounds that contain carbon, hydrogen, oxygen and chlorine (Rose, 2014). They occur in nature (e.g. forest fires, volcanic eruptions, certain kaolin clays) (Reiner et al., 2006), but are mainly attributable to anthropogenic sources (Webber et al., 2008). Major contributors include industrial incineration, chlorine chemical production and paper bleaching (Duan et al., 2011; Rathna et al., 2018) as well as pesticide and herbicide production, cement production and metallurgical activities (Kirkok et al., 2020). Although emissions have been reduced by regulation (White and Birnbaum, 2009), dioxins persist in the environment and accumulate in living organisms (Weber et al., 2008). Their hydrophobic nature promotes adsorption in soil (Rose, 2014) and resists degradation (Kulkarni et al., 2008). Effective controls include high temperature incineration, extended pyrolysis time, flue gas filtration and modern incinerators (Pan et al., 2013; Zhang et al., 2017). However, solid waste incineration, forest fires, medical waste incineration and the uncontrolled recycling of e-waste remain problematic (Zhang et al., 2010).

DIOXIN BIOACCUMULATION MECHANISMS IN LIVESTOCK AND HUMAN FOOD CHAINS

Dioxins accumulate in soil, water and vegetation, especially in the vicinity of industrial sites, incineration plants or areas where chemicals are heavily used (Hoogenboom et al., 2015). Grazing animals ingest dioxins via contaminated soil or feed, which leads to increased levels in meat, milk and eggs (Rathna et al., 2018). Dioxins are lipophilic (fat-soluble) and accumulate in the fatty tissue of both animals and humans. After ingestion, dioxins are bioconcentrated and biomagnified in fat and liver and are difficult to degrade (Schecter et al., 2006). Dairy products account for up to 44 % of daily intake, meat for 25 %, fish for 10 % and plants and eggs for smaller amounts (Zennegg, 2018). While partial metabolism can occur via cytochrome P450 enzymes, dioxins remain in the body for years to decades (Toyoshiba et al., 2004), underlining the need for strict emission control and safe feed practices (Pralas et al., 2024).

HEALTH IMPACTS OF HUMAN EXPOSURE TO DIOXINS

Livestock meat can account for up to 33.8 % of dioxin exposure in older adults, with total exposure also depending on the frequency of consumption (EFSA, 2018). Global surveys show regional differences, with the highest PCDD/F levels in India, Europe and Africa and the highest PCB levels in Eastern and Western Europe (Van den Berg, 2016). Dioxins are carcinogenic and exert a variety of toxic effects even at relatively low doses - immunosuppression, endocrine disruption and effects on reproduction, neurological development and development (Kerkvliet, 1995; Ten Tusscher et al, 2014). They increase the risk of various types of cancer in humans and cause endocrine, reproductive and developmental problems in animals (Kogevinas, 2001). In populations with significant exposure, clinical studies have found a higher incidence of chloracne, sexual impotence and sensory neuropathy associated with PCDD levels (Thömke et al., 1999).

IMPLICATIONS OF DIOXIN EXPOSURE FOR THE SAFETY AND USE OF MEAT

The dioxin content in meat varies depending on the animal species, feed and regional factors, often correlates with the fat content and can be exacerbated by local industrial pollution (Weber et al., 2018). Fat and meat generally have comparable dioxin levels, although liver often has higher contamination (Hoogenboom et al., 2021). In some areas, meat can exceed the EU limits (Weber et al., 2018). For example, extensively reared calves can reach or exceed the legal limits for dioxins within a few months, mainly due to contaminated feed and milk (Zennegg, 2018). Cattle ingest dioxins via the soil in their feed, with higher chlorinated congeners accumulating particularly in the liver (Thorpe et al., 2001). Sheep and goats grazing near the soil surface can ingest up to 20 % soil in their diet, leading to elevated dioxin levels in liver and fat; however, contamination decreases when animals are switched to clean feed (Hoogenboom et al., 2015; EFSA, 2018). In pigs, intake depends on feed contamination, duration of exposure and growth rate. While dioxin levels in muscle and fat can decrease when switching to uncontaminated feed, higher levels are often maintained in the liver (EFSA, 2018). Although organ tissues generally accumulate most dioxins, muscles may contain higher concentrations than previously thought (Thorpe et al., 2001; Hoogenboom et al., 2021).

Despite the potential contamination of fresh meat, the processing of food can reduce the dioxin and DL-PCB content. Cooking at high temperatures releases fewer chlorinated congeners, and trimming fat further minimizes dioxin uptake. However, if contaminated cooking oil is used, processed products can have higher dioxin levels (EFSA, 2018). Planche et al. (2017) reported 18–48 % PCB losses in meat during pan cooking, especially at high heat, although no significant reduction in PCDD or PCDF levels was observed.

CONCLUSIONS

Dioxins are among the most toxic persistent pollutants, largely generated by activities such as incineration and chemical production. Despite regulations to reduce emissions, these compounds persist in the environment, accumulate in animal fat and enter the human food chain. Long-term exposure can lead to various health problems, including cancers, reproductive disorders and developmental problems.

Meat, dairy products and fish are the main sources of human exposure, highlighting the need for continuous monitoring, strict regulations and safe handling practices.

In livestock, dioxin contamination depends on the species, feed and regional factors, often exacerbated by industrial pollution and associated with higher fat content. Calves, sheep, goats and pigs can rapidly accumulate dioxins in both muscle and liver tissue, sometimes exceeding safety limits. Switching to uncontaminated feed can reduce levels in muscle and fat, but liver concentrations often remain higher. Cooking methods such as high temperature processing and trimming of fat can further reduce dioxin content, although the use of contaminated cooking oil can negate these benefits. Overall, strict control of feed quality, avoidance of contaminated pastures and proper cooking procedures are critical to minimizing dioxin levels in meat and protecting public health.

ACKNOWLEDGMENTS

This work is partially derived from the thesis of Viktorija Pralas, B.Sc. in Animal Science, titled "Dioxins in meat: toxic compounds in our diet". 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

- Duan, H., J. Li, Y. Liu, N. Yamazaki, W. Jiang (2011): Characterization and inventory of PCDD/Fs and PBDD/Fs emissions from the incineration of waste printed circuit board. *Environmental Science & Technology*, 45, 6322–6328. <https://doi.org/10.1021/es2007403>
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain, H.K. Knutsen, J. Alexander, L. Barregard, et al. (2018): Scientific Opinion on the risk for animal and human health related to the presence of dioxins and dioxin-like PCBs in feed and food. *EFSA Journal*, 16(11), 5333. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5333>
- FAO (2008): Fact Sheet: Dioxins in the food chain - Prevention and control of contamination. Food And Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/uploads/media/FAO_Fact_Sheet_020408.pdf
- Firestone, D. (1973): Etiology of chick edema disease. *Environmental Health Perspectives*, 5, 59–66. <https://doi.org/10.1289/ehp.730559>
- Hoogenboom, L. A. P., G. T. Dam, S. P. J. van Leeuwen, H. van Egmond, J. Nicolina, A. J. S. Dwarkasing (2021): High levels of dioxins and PCBs in meat, fat and livers of free ranging pigs, goats, sheep and cows from the island of Curaçao. *Chemosphere*, 263, 128057. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128057>
- Hoogenboom, L. A. P., M.-L. Stark, M. Spolders, M. J. Zeilmaker, W. A. Traag, G. ten Dam, H. A. Schafft (2015): Accumulation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans, and biphenyls in livers of young sheep. *Chemosphere*, 122, 137–144. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.11.030>

Institute of Medicine (2005): Veterans and Agent Orange: Update 2004. National Academic Press, Washington, DC.

Kanan, S., F. Samara (2018): Dioxins and furans: a review from chemical and environmental perspectives. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*, 17, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.teac.2017.12.001>

Kerkvliet, N. I. (1995): Immunological effects of chlorinated dibenzo-p-dioxins. *Environmental Health Perspectives*, 103, 47-53. <https://doi.org/10.1289/ehp.95103s94>

Kirkok, S. K., J. K. Kibet, T. K. Kinyanjui, F. I. Okanga (2020): A review of persistent organic pollutants: dioxins, furans, and their associated nitrogenated analogues. *SN Applied Sciences*, 2, 1729. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03551-y>

Knežević, Z., M. Sedak, M. Đokić, D. Vratarić (2011): Dioxins in food chain. *MESO: Prvi hrvatski časopis o mesu*, XIII (3), 206-209. <https://hrcak.srce.hr/72581>

Kogevinas, M. (2001): Human health effects of dioxins: cancer, reproductive and endocrine system effects. *Human Reproduction Update*, 7, 331–339. <https://doi.org/10.1093/humupd/7.3.331>

Kulkarni, P. S., J. G. Crespo, C. A. M. Afonso (2008): Dioxins sources and current remediation technologies — a review. *Environment International*, 34, 139–153. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2007.07.009>

Masuda, Y., A. Schecter (2012): The Yusho and Yucheng Rice Oil Poisoning Incidents. In *Dioxins and Health*, A. Schecter (Ed.). <https://doi.org/10.1002/9781118184141.ch16>

Pan, Y., L. Yang, J. Zhou, J. Liu, G. Qian, N. Ohtsuka, M. Motegi, K. Oh, S. Hosono (2013): Characteristics of dioxins content in fly ash from municipal solid waste incinerators in China. *Chemosphere*, 92, 765–771. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.04.003>

Planche, C., J. Ratel, P. Blinet, F. Mercier, M. Angénieu, C. Chafey, J. Zinck, N. Marchond, S. Chevolleau, P. Marchand, G. Dervilly-Pinel, T. Guérin, L. Debrauwer, E. Engel (2017): Effects of pan cooking on micropollutants in meat. *Food Chemistry*, 232, 395-404. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.049>

Pralas, V., I. Vnučec, J. Pleadin, M. Jůzl, D. Bendelja Ljoljić, P. Konieczka, T. Stamenić, I. Kos (2024). Dioxins in Livestock Products: Sources, Bioaccumulation, and Health Impacts. *Meso: Prvi hrvatski časopis o mesu*, XXVI (5), 408–418. <https://doi.org/10.31727/m.26.5.2>

Rathna, R., S. Varjani, E. Nakkeeran (2018): Recent developments and prospects of dioxins and furans remediation. *Journal of Environmental Management*, 223, 797–806. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.06.095>

Reiner, E. J., R. E. Clement, A. B. Okey, C. H. Marvin (2006): Advances in analytical techniques for polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans and dioxin-like PCBs. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 386, 791–806. <https://doi.org/10.1007/s00216-006-0479-1>

- Rose, M. (2014): Environmental contaminants: dioxins, furans, and dioxin-like polychlorinated biphenyls. *Encyclopedia of Food Safety Vol 2*, 315–322. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00197-9>
- Schecter, A., L. Birnbaum, J. J. Ryan, J. D. Constable. Dioxins: an overview. *Environmental Research*, 101 (3), 419–428. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2005.12.003>
- Ten Tusscher, G. W., M. M. Leijds, L. C. C. de Boer, J. Legler, K. Olie, H. Spekreijse, B. W. Van Dijk, T. Vulsma, J. Briet, A. Ilsen, J. G. Koppe (2014): Neurodevelopmental retardation, as assessed clinically and with magnetoencephalography and electroencephalography, associated with perinatal dioxin exposure. *Science of The Total Environment*, 491, 235–239. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.100>
- Thömke, F., D. Jung, R. Besser, R. Röder, J. Konietzko, H. C. Hopf (1999): Increased risk of sensory neuropathy in workers with chloracne after exposure to 2,3,7,8-polychlorinated dioxins and furans. *Acta Neurologica Scandinavica*, 100, 1–5. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0404.1999.tb00716.x>
- Thorpe, S., M. Kelly, J. Startin, N. Harrison, M. Rose (2001): Concentration changes for 5 PCDD/F congeners after administration in beef cattle. *Chemosphere*, 43, 869–879. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(00\)00447-1](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(00)00447-1)
- Toyoshiba, H., N. J. Walker, A. J. Bailer, C. J. Portier (2004): Evaluation of toxic equivalency factors for induction of cytochromes P450 CYP1A1 and CYP1A2 enzyme activity by dioxin-like compounds. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 194, 156–168. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2003.09.015>
- Van den Berg, M. (2016): The use of *in vitro* models: On the road from hazard to risk assessment. *Toxicology Letters*, 258, S12. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2016.07.010>
- Weber, R., C. Gaus, M. Tysklind, P. Johnston, M. Forter, H. Hollert, E. Heinisch, et al. (2008): Dioxin- and POP-contaminated sites— contemporary and future relevance and challenges. *Environmental Science and Pollution Research*, 15, 363–393. <https://doi.org/10.1007/s11356-008-0024-1>
- Weber, R., C. Herold, H. Holler, J. Kamphues, M. Blepp, K. Ballschmiter (2018): Reviewing the relevance of dioxin and PCB sources for food from animal origin and the need for their inventory, control and management. *Environmental Sciences Europe*, 30(1), 42. <https://doi.org/10.1186/s12302-018-0166-9>
- White, S. S., L. S. Birnbaum (2009): An overview of the effects of dioxins and dioxin-like compounds on vertebrates, as documented in human and ecological epidemiology. *Journal of Environmental Science and Health, Part C*, 27, 197–211. <https://doi.org/10.1080/10590500903310047>
- Zennegg, M. (2018): Dioxins and PCBs in Meat – Still a Matter of Concern?, *CHIMIA*, 72(10), p. 690. <https://doi.org/10.2533/chimia.2018.690>
- Zhang, J., Y. Jiang, J. Zhou, B. Wu, Y. Liang, Z. Peng, D. Fang, B. Liu, H. Huang, C. He (2010): Elevated body burdens of PBDEs, dioxins, and PCBs on thyroid hormone homeostasis at an electronic waste recycling site in China. *Environmental Science & Technology*, 44, 3956–3962. <https://doi.org/10.1021/es902883a>

Zhang, M., A. Buekens, X. Li (2017): Open burning as a source of dioxins. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 47, 543–620. <https://doi.org/10.1080/10643389.2017.1320154>

Contact Information: Prof. Ivica Kos, PhD, University of Zagreb Faculty of Agriculture, Division of Animal Science, Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb, Croatia, e-mail: ikos@agr.hr

OLEJ Z KÁVOVEJ USADENINY AKO ADITÍVUM V BIODEGRADOVATEĽNÝCH OBALOCH: HODNOTENIE CHEMICKÝCH ZMIEN CHROMATOGRAFICKOU METÓDOU

SPENT COFFEE GROUND OIL AS AN ADDITIVE IN BIODEGRADABLE PACKAGING: CHEMICAL CHANGES EVALUATED BY CHROMATOGRAPHIC METHOD

Dominika Kotianová¹ – Tomáš Pencák¹ – Dani Dordević¹ – Bohuslava Tremlová¹

¹Ústav hygieny a technológie potravín rastlinného pôvodu, Fakulta veterinární hygieny a ekologie,
VETUNI, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0141>



ABSTRAKT

Využitie vedľajších produktov, vznikajúcich v potravinárstve, pri výrobe biodegradovateľných obalových materiálov predstavuje inovatívny prístup k znižovaniu environmentálnej záťaže spôsobenej plastovým odpadom. Táto štúdia sa zamerala na hodnotenie vplyvu oleja extrahovaného z kábovej usadeniny (SCG) na profil bioaktívnych zlúčenín v biodegradovateľných obaloch. Experimentálne boli pripravené vzorky obalových materiálov na báze κ -karagenanu s rôznymi koncentráciami SCG oleja (0,1–1 g) a dvoma typmi emulgátorov (Tween 20, Tween 80). Profil bioaktívnych zlúčenín bol analyzovaný metódou HPLC. Výsledky preukázali, že prídavok SCG oleja významne ovplyvnil chemický profil obalov, pričom vyššie koncentrácie oleja (0,8 g a 1 g) viedli k vyššej intenzite signálov bioaktívnych látok. Navyše, vzorky obsahujúce Tween 80 vykazovali vyššiu stabilitu a intenzitu bioaktívnych zlúčenín v porovnaní s Tween 20. Tieto poznatky naznačujú, že SCG olej môže zlepšiť funkčné vlastnosti biodegradovateľných obalov, čím sa otvárajú nové možnosti pre ich využitie v potravinárskom priemysle.

Kľúčové slová: udržateľné obaly, zhodnocovanie potravinového odpadu, bioaktívne zlúčeniny

ABSTRACT

The utilization of by-products generated in the food industry for the production of biodegradable packaging materials represents an innovative approach to reducing the environmental burden caused by plastic waste. This study focused on evaluating the impact of oil extracted from coffee grounds (SCG) on the profile of bioactive compounds in biodegradable packaging. Experimental samples of κ -carrageenan-based packaging materials were prepared with varying concentrations of SCG oil (0.1–1 g) and two types of emulsifiers (Tween 20, Tween 80). The profile of bioactive compounds was analyzed using HPLC. The results demonstrated that the addition of SCG oil significantly affected the chemical profile of the packaging, with higher concentrations of oil (0.8 g and 1 g) leading to an increased intensity of bioactive compound signals. Furthermore, samples containing Tween 80 exhibited greater stability and intensity of bioactive compounds compared to those with Tween 20. These findings suggest that SCG oil could enhance the functional properties of biodegradable packaging, opening new possibilities for its use in the food industry.

Keywords: sustainable packaging, food waste valorization, bioactive compounds

ÚVOD

V súčasnosti sa čoraz väčšia pozornosť venuje vývoju ekologických alternatív k tradičným plastovým obalom, ktorých nadmerná produkcia a používanie vedie k environmentálnym problémom (Leow et al., 2021). Jednou z perspektívnych možností je využitie potravinárskych odpadov na výrobu biodegradovateľných obalov, čím sa nielen znižuje množstvo odpadu, ale zároveň sa otvárajú nové možnosti pre efektívne využitie vedľajších produktov potravinárskeho priemyslu (Cristofoli et al., 2023). Keďže kávová usadenina (SCG) je bohatá na bioaktívne látky, najmä polyfenoly, tento fakt ju robí vhodným obohacujúcim prvkom v jedlých a biodegradovateľných matriciach. Produkcia a rozsiahle využívanie plastov na báze ropy síce priniesli pohodlie výrobcovi a spotrebiteľovi, ale zároveň viedli k závislosti na tomto type materiálov, ktoré sú záťažou pre životné prostredie. Prídavok SCG, obohacuje finálny produkt a zároveň zvyšuje jeho hodnotu. Literatúra podporuje tvrdenie, že SCG priaznivo ovplyvňuje finálne vlastnosti experimentálne vyrobených biopolymérov (Dordevic et al., 2023).

Kávová usadenina predstavuje vedľajší produkt vznikajúci pri príprave kávy, pričom jej množstvo neustále narastá v dôsledku zvyšujúcej sa celosvetovej spotreby. Odhaduje sa, že sa jej ročne na celom svete vyprodukuje až 11,4 miliónov ton (International Coffee Organization, 2024). Táto skutočnosť robí zo SCG významný environmentálny problém, ale zároveň aj surovinu s vysokým potenciálom ďalšieho využitia. SCG obsahuje významné množstvo polyfenolov, ktoré zohrávajú dôležitú úlohu v antioxidačných mechanizmoch a môžu prispievať k stabilite a funkčnosti biodegradovateľných obalov (Pettinato et al., 2023; Bhattarai a Janaswamy, 2023). Hlavnou polyfenolovou zlúčeninou v SCG je kyselina chlorogénová, ktorá tvorí až 12 % z celkového obsahu sušiny (Esquivel a Jiménez, 2012). Prítomnosť týchto zlúčenín v obalových materiáloch môže ovplyvniť nielen ich mechanické vlastnosti, ale aj schopnosť interagovať so zabalenými potravinami. Biodegradovateľné obaly s obsahom polyfenolov môžu vykazovať aj bioaktívne vlastnosti, čím sa zvyšuje ich pridaná hodnota v oblasti ochrany potravín (Vidal et al., 2020).

Tento výskum bol zameraný na hodnotenie vplyvu prídavku oleja extrahovaného zo SCG na profil bioaktívnych zlúčenín biodegradovateľných obalov vyrobených s prídavkom rôznych typov emulgátorov, konkrétne Tweenu 20 a Tweenu 80. Hlavným cieľom bolo analyzovať, do akej miery emulgátor a olej zo SCG ovplyvňuje obsah a stabilitu polyfenolov a iných bioaktívnych zlúčenín v experimentálne vyrobených obalových materiáloch.

MATERIÁL A METODIKA

Extrakcia oleja z kávovej usadeniny

Na prípravu oleja zo SCG bola využitá káva pochádzajúca z kaviarne sídliacej v Brne, ČR. Konkrétne sa jednalo o zmes arabiky a robusty v pomere 1:1. Olej bol získaný navážením 200 g SCG, ktorá bola extrahovaná využitím 400 ml hexánu. Takto pripravená zmes bola niekoľkokrát pretrepaná a ponechaná pri izbovej teplote po dobu 4 dní. Po uplynutí tejto doby bola zmes prefiltrovaná cez filtračný papier.

Prefiltrovaný roztok bol nasledovne umiestnený na magnetickú miešačku a miešaný pri 250 rpm počas 4 hodín, až do úplného odparenia hexánu. Takto získaný olej bol skladovaný v chlade, pri teplote 8 °C.

Príprava biodegradovateľných obalov

Proces prípravy biologicky rozložiteľných obalov prebiehal v niekoľkých krokoch podľa Dordevic et al. (2023). V prvom kroku bolo odvážených 0,3 g κ -karagenanu, ku ktorému bol následne pridaný olej zo SCG v množstvách 0,1 g, 0,45 g, 0,8 g alebo 1 g, v závislosti od typu pripravovanej vzorky. Táto zmes bola doplnená destilovanou vodou do konečného objemu 45 ml a následne zahrievaná na variči až do úplného rozpustenia všetkých zložiek. Po dosiahnutí homogénnej konzistencie bola zmes prenesená na varnú magnetickú miešačku a miešaná pri 350 rpm pri teplote 50 °C počas 10 minút. Po ukončení miešania bol do zmesi pridaný glycerol v množstve 0,25 ml a následne miešaný ďalších 5 minút. V poslednej fáze prípravy bolo do zmesi pridaných 1,3 ml emulgátora (Tween 20 alebo Tween 80) a pokračovalo sa v miešaní ešte 7 minút.

Hotová zmes bola rovnomerne nanosená na Petriho misky s priemerom 9 cm, kde prebiehal proces sušenia. Zloženie jednotlivých vzoriek biologicky rozložiteľných plastov s prídavkom oleja zo SCG je uvedené v tabuľke č. 1.

Tabuľka č. 1: Zloženie vzoriek biologicky rozložiteľných plastov.

Vzorka	Zloženie
CACO	Kontrola
CA0,1TW20	κ -karagenan + 0,1 g oleja zo SCG + Tween 20
CA0,45TW20	κ -karagenan + 0,45 g oleja zo SCG + Tween 20
CA0,8TW20	κ -karagenan + 0,8 g oleja zo SCG + Tween 20
CA1TW20	κ -karagenan + 1 g oleja zo SCG + Tween 20
CA0,1TW80	κ -karagenan + 0,1 g oleja zo SCG + Tween 80
CA0,45TW80	κ -karagenan + 0,45 g oleja zo SCG + Tween 80
CA0,8TW80	κ -karagenan + 0,8 g oleja zo SCG + Tween 80
CA1TW80	κ -karagenan + 1 g oleja zo SCG + Tween 80
CA0,1	κ -karagenan + 0,1 g oleja zo SCG

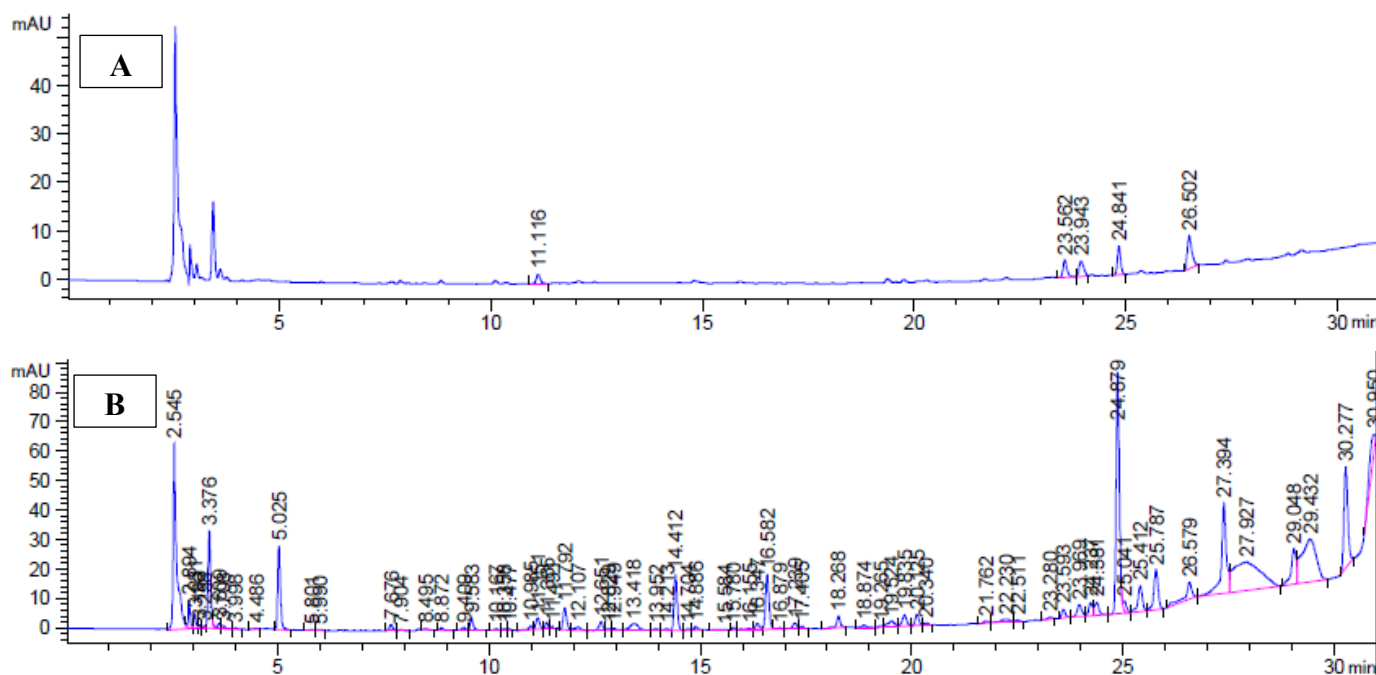
Analýza metódou HPLC

Na stanovenie profilu bioaktívnych zlúčenín, experimentálne vyrobených obalov s prídavkom oleja zo SCG, bola využitá HPLC - vysokoúčinná kvapalinová chromatografia (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA). Použitá metodika vychádzala z postupov, ktoré boli opísané v štúdií autora Naegele (2016), pričom bola upravená na podmienky tohoto experimentu. Na analýzu boli navážené 2 g obalu, ktoré boli vložené do 200 ml odmernej banky. Následne bolo ku vzorke pridaných 50 ml methanolu a 50 ml deionizovanej vody. Vzorky boli po prekrytí parafilmom skladované v tme, po dobu 5 dní. Po extrakcii boli vzorky prefiltrované cez striekačkové filtre a využité k analýze. Separácia prebiehala na kolóne ZORBAX SB – C18 (4,6 x 250 mm), s využitím diodového pólového detektora (DAD) pri vlnovej dĺžke 210 nm. Objem injektovaného vzorku bol 10 μ L. Ako mobilná fáza (A) bola v rámci experimentu využitá voda s prídavkom 1 % kyseliny fosforečnej a ako mobilná fáza (B) bol použitý acetonitril s nasledovným gradientom:

10 % B (0–20 min), 20 % B (20–25 min), 30 % B (25–35 min) a 40 % (35–40 min), pričom post-time fáza trvala 10 minút. Každá vzorka bola analyzovaná 3-krát. Na spracovanie údajov bol využitý softvér Agilent ChemStation.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Profil bioaktívnych zlúčenín vo vzorkách bol analyzovaný pomocou HPLC pri vlnovej dĺžke 210 nm, pričom sa hodnotila ich intenzita a distribúcia. Výsledky analýzy ukázali, že prítomnosť oleja extrahovaného zo SCG priaznivo ovplyvňuje-zloženie obalovej matrice. Ukážky chromatogramov sú zobrazené na obrázku č. 1.



Obrázok č. 1: Ukážka chromatogramov vzoriek biodegradovateľných obalov s prídavkom SCG oleja.

Legenda: A – kontrola, B – vzorka CA1TW80

Pri porovnaní s kontrolnou vzorkou sa najvýraznejšie píky vyskytovali, u všetkých vzoriek, v retenčných časoch medzi 23–28 min, čo naznačuje prítomnosť viacerých bioaktívnych zlúčenín pochádzajúcich zo SCG. Okrem dominantných píkov v neskorších retenčných časoch boli v chromatogramoch zaznamenané aj píky v intervaloch medzi 2,5–5 min. Ich intenzita bola výraznejšia pri vzorkách obsahujúcich vyššie množstvá SCG oleja. Najväčšie zmeny boli zaznamenané u vzoriek s prídavkom 0,8 g a 1 g oleja zo SCG. Tento jav naznačuje, že bioaktívne zlúčeniny sú dobre rozpustné v oleji, a jeho vyššia koncentrácia zlepšuje ich integráciu do obalového materiálu.

Spomedzi vzoriek s prídavkom Tweenu 20 vykazovala vzorka CA1TW20 najvyššiu celkovú plochu signálu 1502,90 mAU, pričom dominantné píky sa nachádzali pri retenčných časoch 24,88 min (263,43 mAU; 17,53 %) a 25,04 min (78,13 mAU; 5,20 %). Čo sa týka obalov s prídavkom Tweenu 80, vzorka CA1TW80 vykazovala najvyššiu celkovú intenzitu signálu s hodnotu 3988,54 mAU. Najvýraznejšie píky boli zaznamenané pri 27,87 min (1868,17 mAU; 46,84 %) a 27,39 min (847,36 mAU; 21,24 %), čo naznačuje významnú prítomnosť bioaktívnych zlúčenín v tejto vzorke. Vzorka CA0,8TW80 tiež vykazovala vysokú

celkovú intenzitu signálu (4234,62 mAU), pričom dominantný pík sa nachádzal pri 27,83 min (2280,98 mAU; 53,87 %).

Dôležitým faktorom bol aj použitý emulgátor. Vzorky s prídavkom Tweenu 80 vykazovali stabilnejšie a vyššie signály v porovnaní so vzorkami obsahujúcimi Tween 20. Tento rozdiel môže byť spôsobený vyššou schopnosťou Tween 80 interagovať s polyfenolmi, čím dochádza k lepšej disperzii a stabilizácii zlúčenín v obaloch (Vigneshwari a Dash, 2023). Vyššie koncentrácie bioaktívnych látok pri použití Tween 80 v kombinácii s olejom zo SCG (množstvo 0,8 g a 1 g) v porovnaní s Tween 20 potvrdzuje aj štúdia Dordevic et al. (2023). Podobné trendy boli pozorované aj v iných štúdiách, kde pridanie emulgátorov ovplyvnilo rozpustnosť a stabilitu polyfenolov v biologických systémoch (Zheng et al., 2023). Autori popisujú, že medzi najčastejšie zastúpené bioaktívne zlúčeniny SCG patria polyfenoly, pričom konkrétne sa jedná o kyselinu chlorogénovú, kávovú, elagovú, trans-ferulovú, galovú, p-hydroxybenzoovú, p-kumarovú. Ďalej sú tam v pomernom množstve zastúpené taníny a flavonoidy ako katechín, epikatechín, rutín a kvercetín (Angeloni et al., 2021). Niektoré štúdie poukazujú na to, že zvýšenie antioxidačnej aktivity vo vzorkách s prídavkom Tweenu 80 nemusia byť priamo spojené s jeho schopnosťou eliminovať voľné radikály. Predpokladá sa, že jeho účinok súvisí s biologickými interakciami v rámci vzorky (Pérez-Rosés et al., 2015). Napriek tomu, že použitie Tweenu 80 poskytuje značné výhody, z hľadiska stabilizácie a disperzie polyfenolických látok, je nevyhnutné vziať do úvahy, že výber emulgátora závisí od špecifických požiadaviek na finálny produkt. Výsledky tejto štúdie naznačujú, že olej zo SCG môže významne prispievať k polyfenolickému profilu biodegradovateľných obalov, pričom jeho koncentrácia a typ emulgátora sú rozhodujúce faktory ovplyvňujúce ich vlastnosti. Štúdie zamerané na experimentálnu výrobu biodegradovateľných obalov obohatených o rastlinné polyfenoly potvrdzujú ich pozitívny vplyv na antioxidačné a mechanické vlastnosti materiálov, čo môže mať významné využitie v potravinárskom priemysle (Ma et al., 2024; Tang et al., 2024).

ZÁVER

Výsledky tejto analýzy potvrdili, že prídavok oleja zo SCG má významný vplyv na polyfenolický profil biodegradovateľných obalov. Vyššia koncentrácia oleja viedla k zvýšenej intenzite polyfenolových zlúčenín, pričom rovnako dôležitú úlohu zohrával typ emulgátora. Tween 80 sa ukázal ako vhodnejší stabilizačný faktor oproti Tween 20, čo naznačuje jeho schopnosť lepšie interagovať s polyfenolmi. Tieto poznatky môžu byť užitočné pri optimalizácii zloženia biodegradovateľných obalov s cieľom zlepšiť ich antioxidačné vlastnosti a potenciálne aplikácie v potravinárskom priemysle.

POĎAKOVANIE

Výzkum bol finančne podporený interným grantom IGA VETUNI Brno 217/2022/FVHE.

LITERATÚRA

- Angeloni, S., Freschi, M., Marrazzo, P., Hrelia, S., Beghelli, D., Juan-García, A., Juan, C., Caprioli, G., Sagratini, G., Angeloni, C. (2021): Antioxidant and Anti-Inflammatory Profiles of Spent Coffee Ground Extracts for the Treatment of Neurodegeneration. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* [online]. 2021(1), 1–19. Dostupné z: [10.1155/2021/6620913](https://doi.org/10.1155/2021/6620913)
- Bhattari, S., Janaswamy, S. (2023): Biodegradable, UV-Blocking, and antioxidant films from lignocellulosic fibers of spent coffee grounds. *International Journal of Biological Macromolecules* [online]. 359(2), 1–14. Dostupné z: doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126798
- Cristofoli, N. L., Lima, A. R., Tchoukouang, R. D. N., Quintino A. C., Vieira, M. C. (2023): Advances in the Food Packaging Production from Agri-Food Waste and By-Products: Market Trends for Sustainable Development. *Sustainability* [online]. 15(7), 1–33. Dostupné z: doi.org/10.3390/su15076153
- Dordevic, D., Dordevic, S., Abdullah, F. A. A., Mader, T., Medimorec, N., Tremlova, B., Kushkevych, I. (2023): Edible/Biodegradable Packaging with the Addition of Spent Coffee Grounds Oil. *Foods* [online]. 12(13), 1–12. Dostupné z: [10.3390/foods12132626](https://doi.org/10.3390/foods12132626)
- Esquivel, P., Jiménez, M. (2012): Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International* [online]. 46(2), 488–495. Dostupné z: [10.1016/j.foodres.2011.05.028](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.028)
- International Coffee Organization (2024): Coffee Development Report 2022-23. [online]. [cit. 2025-01-31]. Dostupné z: <https://www.icocoffee.org/documents/cy2024-25/coffee-development-report-2022-23.pdf>
- Leow, Y., Yew, P. Y. M., Chee, P. I., Loh, X. J., Kai, D. (2021): Recycling of spent coffee grounds for useful extracts and green composites. *RSC Advances* [online]. 11(5), 2682–2692. Dostupné z: [10.1039/D0RA09379C](https://doi.org/10.1039/D0RA09379C)
- Ma, M., Gu, M., Zhang, S., Yuan, Y. (2024): Effect of tea polyphenols on chitosan packaging for food preservation: Physicochemical properties, bioactivity, and nutrition. *International Journal of Biological Macromolecules* [online]. 259(2), 1–14. Dostupné z: [10.1016/j.ijbiomac.2024.129267](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.129267)
- Naegele, E. (2016): Determination of Chlorogenic Acid in Coffee Products According to DIN 10767. Application note Agilent 4:2859. [online]. Dostupné z: <https://www.agilent.com/cs/library/applications/5991-2852EN.pdf>
- Pérez-Rosés, R., Risco, E., Vila, R., Peñalver, P., Cañigual, S. (2015): Antioxidant activity of Tween-20 and Tween-80 evaluated through different in-vitro tests. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* [online]. 67(5), 666–672. Dostupné z: doi.org/10.1111/jphp.12369
- Pettinato, M., Bolla, M., Campardelli, R., Firpo, G., Perego, P. (2023): Potential Use of PLA-Based Films Loaded with Antioxidant Agents from Spent Coffee Grounds for Preservation of Refrigerated Foods. *Foods* [online]. 12(22), 1–20. Dostupné z: doi.org/10.3390/foods12224167

Tang, P., Li, X., Li, H., Li, J., Tang, B., Zheng, T. (2024): Development of active film based on collagen and hydroxypropyl methylcellulose incorporating apple polyphenol for food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules* [online]. 273(1), 1–11. Dostupné z: 10.1016/j.ijbiomac.2024.132960

Vidal, O. L., Tsukui, A., Garrett, R., Rocha-Leão, M. H. M., Carvalho, C. W. P., Freitas, S. P., Moraes de Rezende, C., Ferreira, M. S. L. (2020): Production of bioactive films of carboxymethyl cellulose enriched with green coffee oil and its residues. *International Journal of Biological Macromolecules* [online]. 146:730–738. Dostupné z: 10.1016/j.ijbiomac.2019.10.123

Vigneshwari, R., Dash, S. (2023): Comparative Interaction of Flavonoid Quercetin with Different Tween Surfactants. *ACS Food Science & Technology* [online]. 3(5), 969–980. Dostupné z: 10.1021/acsfoodscitech.3c00105

Zheng, Y., Zi, Y., Shi, C., Gong, H., Zhang, H., Wang, X., Zhong, J. (2023): Tween emulsifiers improved alginate-based dispersions and ionic crosslinked milli-sized capsules. *Npj Science of Food* [online]. 7(33), 1–10. Dostupné z: doi.org/10.1038/s41538-023-00208-z

Kontaktná adresa: Mgr. Dominika Kotianová, Ústav hygieny a technologie potravin rostlinného původu, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, VETUNI Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, e-mail: kotianovad@vfu.cz

HADÍ MASO JAKO EKOLOGICKÁ POTRAVINA BUDOUCNOSTI

SNAKE MEAT AS AN ECOLOGICAL FOOD OF THE FUTURE

Petr Kouřil¹– Andrea Roztočilová¹ – Miroslav Jůzl¹

¹Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0148>



ABSTRAKT

Cílem práce bylo zjistit aktuální stav problematiky využití hadího masa jako potraviny. Krajta tmavá a krajta mřížkovaná vykazují velký potenciál pro toto využití. Oba tyto druhy vykazují schopnost rychlého růstu a to především v prvních letech života. Mohou dosáhnout hmotnosti přes 100 kg. Využitelné části hadího těla činí 82%, z čehož největší podíl připadá na jatečně upravené tělo (54%) a kůži (22%). U krajty byl zjištěn konverzní poměr 1,2. Pro ekologičnost chovu krajty hovoří i jejich schopnost regulovat metabolismus, proto je produkce skleníkových plynů v chovech hadů velmi nízká. Z pohledu mikrobiologické kvality se jeví maso velkých hadů jako bezproblémové a nijak se nevymyká konvenčním druhům.

Klíčová slova: hadí maso, krajta, potravina budoucnosti

ABSTRACT

The aim of the thesis was to find out the current state of the issue of the use of snake meat as food. The burmese python and reticulated python show great potential for this use. Both of these species show the ability to grow rapidly, especially in the first years of life. They can reach a weight of over 100 kg. The usable parts of the snake's body account for 82%, of which the largest share is the carcass (54%) and skin (22%). A conversion rate of 1.2 was found in pythons. The eco-friendliness of python breeding is also supported by their ability to regulate metabolism, which is why the production of greenhouse gases in snake breeding is very low. From the point of view of microbiological quality, the meat of large snakes seems to be trouble-free and does not deviate from conventional species.

Keywords: snake meat, python, food of the future

ÚVOD

Vzhledem k probíhající klimatické změně a honbou za snižováním produkce skleníkových plynů v zemědělství se živočišná výroba ohlíží po nekonvenčních druzích hospodářských zvířat. V současné době se jedná především o různé druhy hmyzu. Nedávná studie však naznačuje, že vysoký potenciál mají i různé druhy studenokrevných živočichů, především velké druhy hadů.

V některých částech světa je hadí maso běžnou součástí jídelníčku. V asijských státech již v současné době existují farmy zabývající se komerčním chovem a produkcí hadího masa. Tento komerční potenciál mají především druhy krajty tmavá (*Python bivittatus*) a krajta mřížkovaná (*Malayopython reticulatus*), které vykazují vysokou rychlost růstu a mohou dosahovat hmotnosti převyšující 100 kg (Natusch et al., 2024).

V Evropě byly různé druhy hadů využívány ve Francii a to především v dobách nedostatku potravin. Jednalo se o zástupce rodů *Natrix* a druhy *Malpolon monspessulana*, *Elaphe longissima* a *Coluber jugula* (Irvine et al., 2013).

Současný stav problematiky

I přes svou značnou velikost postačuje pro chov těchto druhů poměrně malý prostor, což je dáno způsobem života těchto hadů. Jedná se o druhy, které svou kořist nevyhledávají aktivně, ale loví ji ze zálohy. Tato prostorová nenáročnost tyto druhy do značné míry zvyhodňuje v porovnání s konvenčními druhy hospodářských zvířat. Ve zmiňované studii bylo krmení chovaných hadů prováděno jedenkrát za 7 dní. Tento fakt opět zvyhodňuje hady, protože většina vykrmovaných hospodářských zvířat je krmeno *ad libitum*. Tento způsob výkrmu je i méně náročný na personální zajištění. Jediný problematický bod chovu by mohla být manipulace s hady, pokud by chov probíhal způsobem volného chovu (více jedinců spolu v jednom chovném boxu), který byl aplikován v citované studii. Tento problém spočívá v nutnosti krmit hady odděleně, aby nedocházelo k útokům mezi chovanými jedinci, což by mohlo zvyšovat riziko poranění ošetřovatele.

Velmi zajímavé jsou i produkční vlastnosti těchto druhů krajt. Využitelné části činily v průměru 82 % hmotnosti vykrmovaných jedinců. Konkrétně se jedná o jatečně upravené tělo (54 %), žlučník (0,3 %), tuk (6,4 %) a kůži (22 %). Dalším zajímavým ukazatelem je konverze krmiva, která byla 4,1g krmiva na 1g JUT. V tabulce č. 1 je uvedeno porovnání konverzního poměru krmiva u vybraných druhů zvířat.

Tabulka 2: Porovnání konverzního poměru krmiva u vybraných druhů zvířat (Natusch et al., 2024)

Variable	Teplokrevné druhy			Studenokrevné druhy		
	drůbež	prasata	skot	losos	cvrčci	krajty
Konverzní poměr krmiva	2.8	6.0	10.0	1.5	2.1	1.2

„Konverzní poměr krmiva“ = celková sušina v krmivu spotřebovaném zvířetem dělená celkovou sušinou jatečně upraveného těla (nižší hodnota tedy představuje vyšší účinnost přeměny).

Velkou výhodou hadů je také jejich schopnost regulace metabolismu, což jim umožňuje přežít dlouhou dobu bez potravy, aniž by docházelo k významné ztrátě jejich hmotnosti. V citované studii se uvádí, že několik krajt odmítalo potravu po dobu 4 měsíců. Za tuto dobu došlo k úbytku jejich hmotnosti o 30–70g.

Díky vysoké účinnosti metabolismu, vykazují chovy krajt nízkou produkci exkrementů a dusíkatých odpadů. Na rozdíl od většiny konvenčních druhů hospodářských zvířat krajty neprodukují močovinu, ale ve vodě nerozpustné uráty. Díky tomu vykazují jejich chovy i menší produkci skleníkových plynů a lze jejich chov považovat za velmi ekologický (Natusch et al., 2024).

Jediným možným problémem by moha být jejich značná adaptabilita na různé podmínky prostředí a jejich potenciál stát se v případě úniku do volné přírody invazním druhem o čemž svědčí jejich velká populace v Everglades na Floridě. V podmínkách České republiky je toto riziko zanedbatelné, protože krajta pro

schopnost trávit potravu potřebuje minimální teplotu 16 °C a umírá při teplotách 0 °C a nižších. Další studie uvádí, že při poklesu teploty těla pod 5 °C hyne 9 z 10 krait (Jacobson et al., 2012; Stahl et al., 2016).

Všechny tyto vlastnosti přímo předurčují velké hady k využití jako hospodářské zvíře. Nutriční parametry hadího masa jsou srovnatelné s kuřecím. Toto srovnání je uvedeno v tabulce č. 2.

Tabulka 3: Obsah živin v sušině u hadů ve srovnání s kuřaty (n = počet pozorování) (Kölle et al., 2022)

Druh	Hrubý tuk (% sušiny) (n)	Hrubý protein (%sušiny) (n)	Hrubý popel (% sušiny) (n)
Hadi (rody: <i>boa</i> , <i>python</i> a <i>colubridae</i>)	16.7 (28)	61.7 (9)	17.8 (25)
Kuře (<i>Gallus gallus domesticus</i>)	16.5 (11)	67.7 (11)	8.2 (11)
Kohout (<i>Gallus gallus domesticus</i>)	51.1 (1)	45.0 (1)	6.2 (1)

Srovnání hadího a kuřecího masa se nabízí i z toho důvodu, že hadí maso svým vzhledem a chutí připomíná maso kuřecí. Někteří lidé ho přirovnávají spíše k žabím stehýnkům. Obsah jednotlivých aminokyselin se může lišit v závislosti na druhu hada. U anakondy žluté byla zjištěna přítomnost všech 8 esenciálních aminokyselin. I když některé nebyly zastoupeny v doporučeném množství, lze maso tohoto druhu považovat za cenný zdroj bílkovin (Eden a Kegan, 2024).

Bezpečnost konzumace hadího masa

Z pohledu bezpečnosti může být maso z velkých druhů hadů potencionálním zdrojem parazitů. Především se jedná o druhy rodu *Trichinella*. Tento parazit byl detekován u volně žijících druhů plazů. Konkrétně se jednalo o druhy varan nilský a krokodýl nilský (Pozio et al., 2007). Záměrným infikováním krait různými druhy *Trichinella* sp. byla testována jejich schopnost infikovat hadí maso. Tato schopnost byla prokázána u druhů *T. spiralis*, *T. nelsoni* a *T. murrelli*, u které byly v mase detekovány ve formě larev L₁. Adultní červy byly v mase detekovány u druhů *T. papuae* a *T. zimbabweensis*. Všechny vzorky byly odebírané 6 dní po infikování (Pozio et al., 2004). Z pohledu mikrobiální kvality masa, se maso velkých druhů hadů jeví jako bezproblémové. U druhu Anakonda žlutá – *Eunectes notaeus* byl celkový počet mikroorganismů (CPM) <52 KTJ/g, koliformní bakterie <10 KTJ/g, *E. coli* <0,4 KTJ/g, *S. aureus* <100 KTJ/g a *Salmonella* sp. nedetekována (Mazaratti et al., 2023).

ZÁVĚR

Dle našeho názoru by hadí maso mohlo být českým, potažmo evropským spotřebitelem akceptovatelné více než jedlý hmyz, a to z důvodu, že hmyz se ve většině případů prodává celý, což u většiny spotřebitelů vyvolává určitý odpor.

Dalším aspektem, který by mohl podpořit komerční chov hadů je i ochrana některých druhů. V současné době jsou hadi v některých částech světa loveni nejen pro maso, ale především pro svou kůži. Tato poptávka po hadí kůži by mohla být pokryta právě kůžemi získanými z komerčních chovů.

Problematika chovu a využití velkých druhů hadů na produkci masa je velmi složitá a do budoucna bude potřeba se této problematice začít věnovat. A to nejen z pohledu podmínek chovu a optimální délky výkrmu, ale i z pohledu kvality a bezpečnosti tohoto druhu masa.

LITERATURA

Natusch, D.; Aust, P. W.; Caraguel, C.; Taggart, P. L.; Ngo, V. T. et al. (2024): Python farming as a flexible and efficient form of agricultural food security. Online. *Scientific Reports*. 2024, roč. 14, č. 1. ISSN 2045-2322. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54874-4>. [cit. 2024-10-17].

Jacobson, E. R.; Barker, D. G.; Barker, T. M.; Mauldin, R.; Avery, M. L. et al. (2012): Environmental temperatures, physiology and behavior limit the range expansion of invasive Burmese pythons in southeastern USA. Online. *Integrative Zoology*. 2012, roč. 7, č. 3, s. 271–285. ISSN 1749-4877. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1749-4877.2012.00306.x>. [cit. 2024-10-17].

Stahl, R. S.; Engeman, R. M.; Avery, M. L.; Mauldin, R. E., Zeisset, I. (2016): Weather constraints on Burmese python survival in the Florida Everglades, USA based on mechanistic bioenergetics estimates of core body temperature. Online. *Cogent Biology*. 2016, roč. 2, č. 1. ISSN 2331-2025. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/23312025.2016.1239599>. [cit. 2024-10-17].

Kölle, P.; Böswald, L. F.; Brenner, A.; Kienzle, E., Tomaszewska, E. (2022): Chemical composition of snakes. Online. *PLOS ONE*. 2022, roč. 17, č. 6. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266850>. [cit. 2024-10-17].

Natalia John, E., Romelle Jones, K. (2024): Nutritional value of meat from selected neotropical reptiles. Online. *Emerging Animal Species*. 2024, roč. 10. ISSN 27728137. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.eas.2024.100046>. [cit. 2024-10-17].

Irvine, F. R. (2013): Snakes as Food for Man. Online. *Reptiles & Amphibians*. 2013, roč. 20, č. 2, s. 79–91. ISSN 2332-4961. Dostupné z: <https://doi.org/10.17161/randa.v20i2.13942>. [cit. 2024-10-17].

Pozio, E.; Foggin, Ch. M.; Gelanew, T.; Marucci, G.; Hailu, A. et al. (2007): *Trichinella zimbabwensis* in wild reptiles of Zimbabwe and Mozambique and farmed reptiles of Ethiopia. Online. *Veterinary Parasitology*. 2007, roč. 143, č. 3–4, s. 305–310. ISSN 03044017. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.08.029>. [cit. 2025-01-06].

Pozio, E.; Marucci, G.; Casulli, A.; Sacchi, L.; Mukaratirwa, S. et al. (2004): *Trichinella papuae* and *Trichinella zimbabwensis* induce infection in experimentally infected varans, caimans, pythons and turtles. Online. *Parasitology*. 2004, roč. 128, č. 3, s. 333–342. ISSN 0031-1820. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/S0031182003004542>. [cit. 2025-01-06].

Mazaratti, M. R.; Valli, F. E.; Pierini, S. E.; Simoncini, M. S.; Piña, C, I. et al.(2023): Reptile Bushmeat, an Alternative for the Supply of High Biological Value Proteins? Online. *Sustainability*. 2023, roč. 15, č. 9. ISSN 2071-1050. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su15097448>. [cit. 2025-01-06].

Kontaktní adresa: Ing. Petr Kouřil, Ph.D., Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: petr.kouril@mendelu.cz



ABSTRAKT

S rostoucí světovou populací roste i poptávka po živočišných bílkovinách, což vede k hledání alternativních zdrojů výživy. Jedlý hmyz představuje perspektivní alternativu, která nabízí vysokou nutriční hodnotu, nízkou ekologickou stopu a efektivní konverzi organických zbytků na hodnotné bílkoviny. Evropská legislativa již umožňuje konzumaci vybraných druhů hmyzu, přičemž jejich nutriční složení zahrnuje všechny esenciální aminokyseliny, tuky, vitamíny a minerální látky. Přijetí hmyzu jako potravin je však v západních zemích stále omezené kvůli kulturním a psychologickým bariérám, přičemž vyšší akceptace je u produktů se skrytou formou hmyzu, například v moučkách či extrudovaných výrobcích.

Kromě nutričního přínosu hmyzu jako potravin se intenzivně zkoumá i jeho výživová hodnota jako krmiva pro hospodářská zvířata a možnost využití organických agro-potravinářských vedlejších produktů v chovu hmyzu. To může pozitivně ovlivnit nutriční složení hmyzu a zároveň přispět k udržitelnému nakládání s biologickým odpadem. Důležitým vedlejším produktem hmyzí produkce je také tzv. "frass", který se ukazuje jako efektivní organické hnojivo s potenciálním pozitivním vlivem na růst rostlin. Přestože jedlý hmyz nabízí mnoho environmentálních i nutričních výhod, je zapotřebí dalšího výzkumu zaměřeného na bezpečnost, optimalizaci chovu a zlepšení sensorických vlastností hmyzích produktů pro zvýšení jejich přijetí spotřebiteli.

Klíčová slova: jedlý hmyz, nutriční a sensorická jakost, hmyzí "frass", výživa hmyzu

ABSTRACT

As the world population grows, so does the demand for animal protein, leading to a search for alternative sources of nutrition. Edible insects represent a promising alternative that offers high nutritional value, a low ecological footprint and an efficient conversion of organic residues into valuable proteins. European legislation already allows the consumption of selected insect species, with their nutritional composition including all essential amino acids, fats, vitamins and minerals. However, the acceptance of insects as food is still limited in Western countries due to cultural and psychological barriers, with higher acceptance of products with a hidden form of insects, such as in flours or extruded products. In addition to the nutritional benefits of insects, their feed value and the possibility of using organic agri-food by-products in insect farming are also being intensively investigated. This can positively affect the nutritional composition of insects and at the same time contribute to the sustainable management of biological waste. An important by-product of insect production is also the so-called "frass", which is proving to be an effective organic fertilizer with

a potential positive effect on plant growth. Although edible insects offer many environmental and nutritional benefits, further research is needed to address safety, optimize farming, and improve the sensory properties of insect products to increase their consumer acceptance.

Keywords: edible insects, nutritional and sensory quality, insect "frass", insect nutrition

ÚVOD

S rostoucí populací se zvyšuje celosvětový nárůst poptávky po mase a potravinách živočišného původu. Spolu s omezenou plochou zemědělské půdy, která je k dispozici, to vede k hledání alternativních zdrojů bílkovin. Jedlý hmyz představuje alternativní zdroj bílkovin pro lidskou výživu a krmivo pro zvířata, který je zajímavý díky nízkým emisím skleníkových plynů, výborné konverzi krmiva, minimálnímu nároku na půdu a schopnosti přeměňovat nízko hodnotné organické vedlejší produkty na vysoce hodnotné bílkovinné suroviny (Van Huis, 2016).

Toto tvrzení podporují také nashromážděné informace organizací OSN pro výživu a zemědělství (FAO), podle kterých je důležité podporovat využití jedlého hmyzu jako řešení pro nutričně nedostatečnou stravu a zlepšovat zdraví rychle rostoucí populace (FAO, 2017). Aktuálně je na světě evidováno 2111 druhů hmyzu, které jsou považovány za jedlé (Jongema, 2017). Podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283, které vešlo v platnost 1. 1. 2018, jsou jedlý hmyz a výrobky z jedlého hmyzu jasně definovány jako nová potravina ve smyslu tohoto nařízení. Protože nebyly součástí tradičního jídelníčku obyvatel EU před 15. 5. 1997, jsou definovány jako nová potravina (Mishyna et al., 2020a). Mezi povolené druhy hmyzu určené ke konzumaci patří larvy potměníka moučného (*Tenebrio molitor*; nařízení Komise EU 2021/882), saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*; nařízení Komise EU 2021/1975), cvrček domácí (*Acheta domesticus*; nařízení Komise EU 2022/188) a larvy potměníka stájového (*Alphitobius diaperinus*; nařízení Komise EU 2023/58).

MATERIÁL A METODIKA

Výživové hodnoty

Výživové hodnoty hmyzu jsou velmi vysoké. Hmyz obsahuje všechny esenciální živiny pro vývoj a růst člověka. Jedná se hlavně o proteiny, tuky, vitamíny, minerální látky a sacharidy (Dobermann et al., 2017). Například v porovnání s kuřecí prsní svalovinou, vepřovou plecí a hovězí svíčkovou má jedlý hmyz povolený ke konzumaci v EU vyšší obsah energie a proteinů a (až na cvrčka domácího) i vyšší obsah tuků. Dále má v některých případech i vyšší rozmanitost a obsah stopových prvků (Adámková et al., 2016; Mohamed, 2015; Orkus, 2021). Obsah proteinů hmyzu se podle Zhou et al. (2022) pohybuje od 6,25 do 80,26 g/100 g sušiny, ale podle van Huis et Tomberlin (2017) se obsah proteinů pohybuje mezi 25 až 75 g/100 g sušiny. Protein hmyzu obsahuje všechny esenciální aminokyseliny, nejvíce jsou zastoupené lysin, tryptofan a histidin (Ramos-Elorduy et al., 1997). Limitujícími aminokyselinami jsou nejčastěji cystein a methionin (van Huis a Tomberlin, 2017). Další živinou, na kterou je hmyz bohatý je tuk. Jeho průměrný obsah je od 10 do 60 g/100 g sušiny, přičemž vyšší obsah má larvální stádium než dospělec (Kouřimská

a Adámková, 2016). Díky takto vysokému zastoupení tuků, může hmyz poskytovat lidskému tělu velké množství energie a také esenciální mastné kyseliny, včetně kyseliny linolové a α -linolenové (Paul et al., 2017). Obsah sacharidů v hmyzu je poměrně nízký a pohybuje se od 1 do 7 g/100 g v sušině. Hlavním zdrojem sacharidů je polysacharid chitin, který funguje jako dietární vláknina (van Huis a Tomberlin, 2017). Ve hmyzu je obsaženo velké množství vitamínů a minerálních látek. Konkrétně jde o vitamíny A, D2, D3, C, E, K, B1, B2, B3, B5, B6, listovou kyselinu, biotin a B12. V hmyzu najdeme také minerální látky jako jsou železo, zinek, fosfor, draslík a vápník. Například vápník obsažený v cvrčí moučce dosahuje hodnot srovnatelných s obsahem vápníku v tofu nebo v lososu a to 218 mg/100 g sušiny (Zhou et al., 2022).

Modifikace krmiva hmyzu

Nutriční hodnota jedlého hmyzu není konstantní a záleží na mnoha faktorech. Dieta má pravděpodobně nejdůležitější vliv na tuto hodnotu (Van Huis et al., 2021). Při chovu hmyzu se nejběžněji jako krmivo používá krmná směs pro kuřata, přičemž hlavním proteinovým komponentem je nejčastěji sójová moučka. Využití alternativních zdrojů bílkovin lokálního původu je však v posledních letech intenzivně zkoumáno (Riekkinen et al., 2022). Nové krmné substráty lze získávat z různých zdrojů, jedná se například o vedlejší produkty zemědělské výroby, manipulace a skladování po sklizni, potravinářského průmyslu nebo komerční výroby potravin. Dále by se dle vědeckých studií daly využít i odpadní materiály z velkoobchodní a maloobchodní distribuce, z velkokuchyní a potravinový odpad z domácností (Edjabou et al., 2016; Ojha et al., 2020), ale legislativa EU to v případě hmyzu jako potravin a krmiva pro hospodářská zvířata zatím nedovoluje. Například larvy mouchy bráněnky (*Hermetia illucens*) lze využít k recyklaci vedlejších zemědělských produktů jako jsou kávová drť, moučka z palmových jader, hnůj a organické odpadní materiály včetně rybích vnitřností, komunální organický odpad, odvodněné fekální kaly, organické výluhy a výpalky z lihovaru s rozpustnými látkami. V organickém odpadu se ale mohou vyskytovat i perzistentní polutanty, jako jsou těžké kovy. Například u již zmíněných larev mouchy bráněnky došlo k akumulaci kadmia v množství překračujícím limity pro použití jako krmivo pro zvířata, avšak v případě olova a zinku se situace ukázala být méně problematická (van Huis, 2015). Zároveň ale mohou být vedlejší produkty zemědělsko-potravinářského sektoru zdrojem nutričně důležitých látek, které se mohou do jedlého hmyzu transferovat. Jedním z příkladů je, když se při využití vedlejších produktů z vaření piva dosáhlo zkrácení doby vývoje larev, snížení mortality a zvýšení přírůstku hmotnosti u larev potemníka moučného (van Broekhoven et al., 2015). Dalším příkladem je upravení vysokého poměru ω -6/ ω -3 mastných kyselin za pomoci oleje z lněného semínka, který byl bohatým zdrojem ω -3 mastných kyselin v krmivu cvrčků a larev potemníků (Francardi et al., 2017) anebo zvýšení obsahu karotenoidů u jedlého hmyzu po zkrmování neprodejnými kusy mrkve anebo slupkami z mrkve (Kulma et al., 2022; Heath et al., 2024).

Konzumace hmyzu

Konzumace hmyzu neboli entomofágie, je běžná skoro u 2 miliard obyvatel ze 131 zemí, především v Asii, Africe a Latinské Americe (Jantzen da Silva Lucas et al., 2020). V západních zemích dochází často k neofobii, což je neochota zkoušet nové neznámé jídlo, vůči jedlému hmyzu. Hlavním důvodem je to, že hmyz je vnímán jako nechutný, nebezpečný, špinavý a často i jako škůdce (Mishyna et al., 2020a). Proto pozorujeme vyšší přijatelnost hmyzích potravin nebo potravin s přídavkem jedlého hmyzu, pokud se jedná o skrytou formu, například ve formě moučky nebo v nadrcené podobě (Mancini et al., 2022) než u celého hmyzu, kde je jeho přijatelnost nižší. Celý hmyz je nejčastěji nabízen v sušené, grilované nebo dokonce nakládané podobě (Kulma et al., 2023). Nadrcený jedlý hmyz neboli hmyzí moučka, se může objevovat v různých typech potravin a také v různých formách. Jeho přídavek je povolen do pekařských výrobků nebo sušenek, nejčastěji v sušené a práškové podobě jako přídavek do pečiva nebo náhrada mouky. Dalším typem je alternativa k masu nebo masným výrobkům. Tento typ si získával ve světě popularitu hlavně ze začátku, ale v posledních letech získávají větší popularitu právě pekařské výrobky, sušenky a také třeba funkční potraviny. Dále můžeme najít na globálním trhu extrudované výrobky s přídavkem hmyzí moučky, těstoviny s použitím hmyzí moučky a další spíše už kuriozity jako nápoje, zmrzliny, omáčky anebo ingredience na pizzu (Ribeiro et al., 2024).

Vliv hmyzu na senzorickou jakost potravin

Při využití hmyzu v různých potravinách byly zaznamenány rozdíly v senzorickém, hlavně hédonickém hodnocení, mezi různými druhy hmyzu, a i mezi způsoby úpravy u stejného druhu hmyzu (Ribeiro et al., 2024). Například potměnák moučný vykazoval v surové formě vlhké a mastné aroma, po pražení nebo smažení se aroma podobalo krevetám a po vaření v páře bylo aroma podobné sladké kukuřici (Seo et al., 2020). U saranče stěhovavé bylo aroma v syrové podobě spojováno se sladovými, bylinnými, zemitými a kyselými vjemy. Zato po sušení v mikrovlnné troubě v kombinaci se sušením mrazem získaly vzorky hmyzu rybí aroma, při sušení pouze mrazem aroma dřevité a při samotném sušení v mikrovlnné troubě bylo výsledné aroma ovocné, pražené, karamelizované, a dokonce i pikantní. V případě bource morušového (*Bombyx mori*) byla vůně v syrové podobě spojována s bylinkami, fazolemi, ovocem a ořechy. Obecně sušení zvyšuje intenzitu aroma, často až zápachu. Jedná se převážně o rybí, dřevitý, zemitý, sladový a zatuchlý zápach (Mishyna et al., 2020b). V tomto experimentu bylo autory stanoveno 55 těkavých látek, které patřily do skupin alkanů, aldehydů, alkoholů, esterů, ketonů a pyrazinů. Perez-Santaescolastica et al. (2022) zjistili, že je známo celkem až 406 zaznamenaných těkavých látek hmyzu, které kromě již zmiňovaných skupin patřily do skupin lineárních uhlovodíků, aromatických a cyklických uhlovodíků, karboxylových kyselin, dalších dusíkatých sloučenin, sloučenin síry, fenolů, terpenů a furanů.

Vedlejší produkty z produkce hmyzu

Jako každá živočišná výroba, i produkce hmyzu vytváří množství vedlejších produktů. Hlavním odpadem z hmyzích farem jsou exkrementy, s podestýlkou nebo bez ní, nazývané “frass“ (Hénault-Ethier et al., 2024). Přestože je tento pevný odpad biologicky srovnatelný s hnojem, jeho definice se může lišit v závislosti

na legislativních požadavcích. Podle způsobu sklizně nebo balení může obsahovat i zbytky hmyzu, jako jsou pozůstatky exoskeletu či kousky mrtvých jedinců. Z biochemického hlediska „frass“ zahrnuje molekuly pocházející z rostlinného materiálu (např. celulózu, lignin a hemicelulózu), části exoskeletu hmyzu (např. chitin) nebo produkty střevního metabolismu (např. pyranteron a aminolevulovou kyselinu) (Lopes et al., 2022). „Frass“ má srovnatelné hnojivé účinky jako ostatní organická hnojiva. Koncentrace jednotlivých živin ve „frassu“ se liší podle stravy a druhu hmyzu. V porovnání se standardní dávkou hnojiva dosahuje „frass“ z mouchy bráněnky koncentrace dusíku od 20 do 130 % a draslíku od 17 do 193 %. Vyšší koncentrace fosforu najdeme například ve „frassu“ z cvrčka dvojskrvrnného (*Gryllus bimaculatus*) a to od 17 do 193 %. Další výhodou „frassu“ je to, že může zahrnovat různé mikroorganismy, které přispívají ke zdraví rostlin prostřednictvím produkce antibiotických látek, enzymů, růstových hormonů, úpravou hladin živin v půdě nebo působením jako antagonisté vůči potenciálně patogenním mikroorganismům (Hénault-Ethier et al., 2024). Dalším možným mechanismem, který by mohl ovlivňovat zdraví rostliny, je produkce těkavých organických látek a tím ovlivnění chování hmyzu, například odpuzování anebo naopak lákání na rostlinu (Weaver et al., 1990). Pozitivní vliv přídatku „frassu“ z moučného červa, byl pozorován například u salátu, špenátu a ječmene, kde došlo k nárůstu biomasy, a u okrasných rostlin, kde došlo ke zvýšení počtu květů. V případě zeleninových plodin došlo ke zvýšení biomasy jedlé části u červené řepy, rukoly a kapusty. U lichořeřišnice došlo k nárůstu biomasy listů, a ke zvýšení biomasy plodů došlo u cherry rajčátek, okurky a kukuřice (Zunzunegui et al., 2024).

ZÁVĚR

Jedlý hmyz představuje perspektivní alternativu k tradičním zdrojům bílkovin díky své vysoké nutriční hodnotě, nízké ekologické stopě a schopnosti efektivně přeměňovat organické zbytky na hodnotné živiny. Kromě jeho potenciálu v lidské výživě roste i zájem o jeho využití v krmivářství a v udržitelném zpracování biologického odpadu. Chov hmyzu umožňuje recyklaci organických vedlejších produktů, čímž nejen snižuje environmentální zátěž, ale také může pozitivně ovlivnit nutriční složení samotného hmyzu. Významným vedlejším produktem hmyzí produkce je „frass“, organické hnojivo s prokazatelně příznivým vlivem na půdní úrodnost a růst rostlin. Přestože jedlý hmyz přináší řadu environmentálních i nutričních výhod, jeho širší přijetí stále závisí na překonání kulturních bariér a dalším výzkumu zaměřeném na bezpečnost, optimalizaci chovu a senzorické vlastnosti hmyzích produktů.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce vznikla za podpory projektu MŠMT METROFOOD-CZ, č. LM2023064 a projektu NAZV č.: QK23020101.

LITERATURA

Adámková, A., Kouřimská, L., Borkovcová, M., Kulma, M., Mlček, J. (2016): Nutritional values of edible Coleoptera (*Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* and *Alphitobius diaperinus*) reared in the Czech Republic. *Potravinářstvo*, 10(1), 663–671. <https://doi.org/10.5219/609>

- Dobermann, D., Swift, J. A., Field, L. M. (2017)_ Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. *Nutrition Bulletin*, 42(4), 293–308. <https://doi.org/10.1111/NBU.12291>
- Edjabou, M. E., Petersen, C., Scheutz, C., Astrup, T. F. (2016): Food waste from Danish households: Generation and composition. *Waste Management*, 52, 256–268. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2016.03.032>
- FAO. (2017): The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges |Policy Support and Governance| Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Francardi, V., Cito, A., Fusi, S., Botta, M., Dreassi, E. (2017): Linseed to increase n-3 fatty acids in *Tenebrio molitor* (Coleoptera Tenebrionidae). *Redia*, 100, 73–76. <https://doi.org/10.19263/REDIA-100.17.08>
- Heath, D., Vehar, A., Kouřimská, L., Kulma, M., Škvorová, P., Salmonová, H. Š., Lampová, B., Rehman, N., Jamnik, P., Jeršek, B., Červek, M., Ulrih, N. P., Heath, E., Ogrinc, N. (2024): Quality, safety and authenticity of insect protein-based food and feed: insights from the INPROFF Project. *Open Exploration* 2019 2:4, 2(4), 339–362. <https://doi.org/10.37349/EFF.2024.00041>
- Hénault-Ethier, L., Quinche, M., Reid, B., Hotte, N., Fortin, A., Normandin, É., de La Rochelle Renaud, G., Rasooli Zadeh, A., Deschamps, M. H., Vandenberg, G. (2024): Opportunities and challenges in upcycling agri-food byproducts to generate insect manure (frass): A literature review. *Waste Management*, 176, 169–191. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2023.12.033>
- Jantzen da Silva Lucas, A., Menegon de Oliveira, L., da Rocha, M., Prentice, C. (2020): Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food Chemistry*, 311, 126022. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2019.126022>
- Jongema Y. (2017): List of edible insect species of the world. Laboratory of Entomology. <https://www.wur.nl/en/research-results/chair-groups/plant-sciences/laboratory-of-entomology/edible-insects/worldwide-species-list.htm>
- Kouřimská, L., Adámková, A. (2016): Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*, 4, 22–26. <https://doi.org/10.1016/J.NFS.2016.07.001>
- Kulma, M., Petříčková, D., Kurečka, M., Kotíková, Z., Táborsky, J., Michlová, T., Kouřimská, L. (2022): Effect of carrot supplementation on nutritional value of insects: a case study with Jamaican field cricket (*Gryllus assimilis*). *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(6), 621–629. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0138>
- Kulma, M., Škvorová, P., Petříčková, D., Kouřimská, L. (2023): A descriptive sensory evaluation of edible insects in Czechia: do the species and size matter? *International Journal of Food Properties*, 26(1), 218–230. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2161569>

- Lopes, I. G., Yong, J. W., Lalander, C. (2022): Frass derived from black soldier fly larvae treatment of biodegradable wastes. A critical review and future perspectives. *Waste Management*, 142, 65–76. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2022.02.007>
- Mancini, S., Sogari, G., Diaz, S. E., Menozzi, D., Paci, G., Moruzzo, R. (2022): Exploring the Future of Edible Insects in Europe. *Foods* 2022, Vol. 11, Page 455, 11(3), 455. <https://doi.org/10.3390/FOODS11030455>
- Mishyna, M., Chen, J., Benjamin, O. (2020a): Sensory attributes of edible insects and insect-based foods – Future outlooks for enhancing consumer appeal. *Trends in Food Science & Technology*, 95, 141–148. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2019.11.016>
- Mishyna, M., Haber, M., Benjamin, O., Martinez, J. J. I., Chen, J. (2020b): Drying methods differentially alter volatile profiles of edible locusts and silkworms. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(4), 405–416. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0046>
- Mohamed, E. H. A. (2015): Determination of Nutritive Value of the Edible migratory locust *Locusta migratoria*, Linnaeus, 1758 (Orthoptera: Acrididae). *International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry*, 4(1), 144–148. www.ijapbc.com
- Ojha, S., Bußler, S., Schlüter, O. K. (2020): Food waste valorisation and circular economy concepts in insect production and processing. *Waste Management*, 118, 600–609. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2020.09.010>
- Orkusz, A. (2021): Edible Insects versus Meat—Nutritional Comparison: Knowledge of Their Composition Is the Key to Good Health. *Nutrients*, 13(4), 1207. <https://doi.org/10.3390/NU13041207>
- Paul, A., Frederich, M., Megido, R. C., Alabi, T., Malik, P., Uyttenbroeck, R., Francis, F., Blecker, C., Haubruge, E., Lognay, G., Danthine, S. (2017): Insect fatty acids: A comparison of lipids from three Orthopterans and *Tenebrio molitor* L. larvae. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(2), 337–340. <https://doi.org/10.1016/J.ASPEN.2017.02.001>
- Perez-Santaescolastica, C., De Winne, A., Devaere, J., Fraeye, I. (2022): The flavour of edible insects: A comprehensive review on volatile compounds and their analytical assessment. *Trends in Food Science & Technology*, 127, 352–367. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2022.07.011>
- Ramos-Elorduy, J., Moreno, J. M. P., Prado, E. E., Perez, M. A., Otero, J. L., De Guevara, O. L. (1997): Nutritional Value of Edible Insects from the State of Oaxaca, Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10(2), 142–157. <https://doi.org/10.1006/JFCA.1997.0530>
- 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. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13247>

- Riekkinen, K., Väkeväinen, K., Korhonen, J. (2022): The Effect of Substrate on the Nutrient Content and Fatty Acid Composition of Edible Insects. *Insects*, 13(7), 590.
<https://doi.org/10.3390/INSECTS13070590/S1>
- Seo, H., Kim, H. R., Cho, I. H. (2020): Aroma Characteristics of Raw and Cooked *Tenebrio molitor* Larvae (Mealworms). *Food Science of Animal Resources*, 40(4), 649. <https://doi.org/10.5851/KOSFA.2020.E35>
- van Broekhoven, S., Oonincx, D. G. A. B., van Huis, A., van Loon, J. J. A. (2015): Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *Journal of Insect Physiology*, 73, 1–10.
<https://doi.org/10.1016/J.JINSPHYS.2014.12.005>
- van Huis, A. (2015): Edible insects contributing to food security? *Agriculture and Food Security*, 4(1), 1–9.
<https://doi.org/10.1186/S40066-015-0041-5/METRICS>
- van Huis, A. (2016): Edible insects are the future? *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3), 294–305.
<https://doi.org/10.1017/S0029665116000069>
- van Huis, A., Rumpold, B., Maya, C., Roos, N. (2021): Nutritional Qualities and Enhancement of Edible Insects. *Annual Review of Nutrition*, 41, 551–576. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-NUTR-041520-010856/CITE/REFWORKS>
- van Huis, A., Tomberlin, J. K. (2017): Insects as food and feed: from production to consumption. In *Insects as food and feed: from production to consumption*. Wageningen Academic Publishers.
<https://doi.org/10.3920/978-90-8686-849-0>
- Weaver, D. K., Mcfarlane, J. E., Alli, I. (1990): Repellency of volatile fatty acids present in frass of larval yellow mealworms, *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae), to larval conspecifics. *Journal of Chemical Ecology*, 16(2), 585–593. <https://doi.org/10.1007/BF01021788/METRICS>
- 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.
<https://doi.org/10.3390/FOODS11243961>
- Zunzunegui, I., Martín-García, J., Santamaría, Ó., Poveda, J. (2024): Analysis of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) frass as a resource for a sustainable agriculture in the current context of insect farming industry growth. *Journal of Cleaner Production*, 460, 142608. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2024.142608>
- 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*

STANOVENÍ CHOLESTEROLU VE ŽLOUTKU POMOCÍ FT-NIR SPEKTROMETRIE

DETERMINATION OF CHOLESTEROL IN EGG YOLK USING FT-NIR SPECTROSCOPY

Michaela Králová¹ – Eliška Dračková² – Lenka Kaniová¹
Vojtěch Anderle² – Martina Lichovníková²

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

²Ústav chovu a šlechtění zvířat, Agronomická fakulta, MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0161>



ABSTRAKT

Cílem práce bylo vytvoření kalibračního modelu pro stanovení obsahu cholesterolu ve žloutku metodou FT-NIRs. Spektra vzorků byla získána měřením v režimu reflektance na integrační sféře pomocí transflektanční kyvety v rozsahu spektra 10 000–4 000 cm⁻¹. Hodnoty pro vytvoření kalibračních modelů byly získány s pomocí referenční metody UPLC. Pomocí metody PLS byl vytvořen spolehlivý kalibrační model. Mezi referenčními a predikovanými hodnotami NIR byla nalezena těsná závislost a nebyl pomocí párového t-testu, zjištěn statisticky významný rozdíl ($p > 0,05$). Zjištěné koeficienty determinace R^2 byly pro kalibraci 0,57 a validaci 0,49. Proto je tento kalibrační model vhodný spíše pro orientační stanovení.

Klíčová slova: blízká infračervená spektrometrie s Fourierovou transformací, PLS metoda, vejce

ABSTRACT

The aim of this study was to create calibration models for the determination of cholesterol content in egg yolk using the FT-NIRs method. Spectra of samples were obtained by measuring in reflectance mode on an integrating sphere using a transreflectance cell in the spectral range of 10,000–4,000 cm⁻¹. Values for creating calibration models were obtained using the UPLC reference method. A reliable calibration model was created using the PLS method. A close relationship was found between the reference and predicted NIR values and no statistically significant difference was found using the paired t-test ($p > 0.05$). The coefficients of determination R^2 were found to be 0.57 for calibration and 0.49 for validation. Therefore, this calibration model is more suitable for indicative determination.

Keywords: near-infrared spectrometry with Fourier transformation, PLS method, egg

ÚVOD

NIR spektrometrie je vibrační spektroskopická metoda, která je velmi blízko viditelné oblasti, kde organické a anorganické sloučeniny vykazují dobré reflektanční nebo transmisní vlastnosti (Aenugu et al., 2011). Různé systémy, jako je spektroskopie viditelného a blízkého infračerveného záření (VIS-NIR, rozsah vlnových délek: 450–1100 nm), infračervená spektrometrie s Fourierovou transformací (FT-NIR, rozsah vlnových délek: 800–2 500 nm) nebo NIR spektrometrie (rozsah vlnových délek: 2 500 nm), odrážejí absorbanci elektromagnetického záření na různých vlnových délkách (Huang et al., 2008). NIR spektrometrie se

vyznačuje získáním typického NIR spektra, které lze považovat za spektrální podpis nebo tzv. fingerprint. Je to adekvátní technika pro kvantitativní i kvalitativní analýzu produktů v zemědělství i potravinářství s minimální přípravou vzorků (Çataltaş a Tütüncü, 2021). Spektrometrická metoda je v současné době energeticky efektivní, nedestruktivní, neinvazivní, snadno použitelná a levná. Představuje ekologicky udržitelnou analytickou techniku schopnou zvládnout změřit velký počet vzorků, za krátký čas a bez použití rozpouštědel (Puertas et al., 2023). Ve spojení s vhodnou chemometrií se stala rutinním analytickým nástrojem pro stanovení řady složek (Çataltaş a Tütüncü, 2021).

Cílem práce bylo vytvoření kalibračního modelu pro stanovení obsahu celkového cholesterolu ve žloutcích pomocí moderní a stále více využívané metody blízké infračervené spektrometrie s Fourierovou transformací (FT-NIR).

MATERIÁL A METODIKA

Vzorky

Pro kalibraci FT-NIR spektrometru bylo použito 75 vzorků žloutků, které pocházely z experimentálního pokusu Agronomické fakulty Mendelovy univerzity v Brně, do kterého byly použity nosnice hybrida Lohmann Brown Classic v 32. týdnu věku. Nosnice byly rozděleny do 5ti skupin. Čtyřem skupinám byla podávána pokusná směs obohacená o úsušky 4 druhů píce (vojtěšky seté, jetele lučního, jetele plazivého a jílku vytrvalého). Pátá skupina byla kontrolní krmená pouze komerční krmnou směsí doplněnou aditivou luteinem a kantaxantinem (Anderle et al., 2018). Vzorky žloutků byly promíchány a podrobeny HPLC a NIR analýze.

Stanovení cholesterolu metodou UPLC (*Ultra Performance Liquid Chromatography*)

Referenční hodnoty obsahu celkového cholesterolu byly stanoveny po uvolnění z esterových vazeb alkalickou hydrolýzou (saponifikací) a následnou extrakcí do nepolárního rozpouštědla metodou kapalinové chromatografie na reverzní fázi. Měření bylo provedeno na chromatografu Acquity UPLC (Waters, Irsko) za použití kolony s reverzní fází Acquity BEH C8, 100 x 2,1 mm, 1,7 μm (Waters, Irsko). Mobilní fází byla směs methanolu a vody (93 : 7), průtok 0,4 ml.min⁻¹, teplota 35 °C. Detekce cholesterolu byla prováděna v UV oblasti při 205 nm. Vyhodnocení bylo provedeno metodou kalibrační přímky za použití programu Empower 2 (Waters, Irsko) (Anderle, 2018).

FT-NIR spektrometrie

Vzorky byly vytemperovány na 20 °C a proměřeny s transflektanční kyvetou o tloušťce vrstvy $h = 2$ mm na spektrometru Nicolet Antaris Near-IR Analyzer (Thermo Electron Corporation, USA). Měření spekter probíhalo v programu Result – Integration Version 1.3 (Thermo Electron Corporation, USA). Každý vzorek byl měřen ve třech paralelních stanoveních, kdy pro tvorbu kalibračního modelu bylo použito průměrné spektrum. Spektra (Obrázek 1a) byla naměřena na integrační sféře v režimu reflektance, 100 skeny o spektrálním rozlišení 8 cm⁻¹ v rozsah vlnočtu 10 000–4 000 cm⁻¹. K vytvoření kalibračních modelů byla

použita metoda částečných nejmenších čtverců (PLS) v programu TQ Analyst (Thermo Electron Corporation, USA).

Statistické zpracování

Pro zjištění statisticky průkazných rozdílů v obsahu cholesterolu mezi průměry skupin, naměřených metodou UPLC, byla použita jednofaktorová analýza variance (ANOVA) s následným testováním průkaznosti rozdílů Tukey-HSD testem. Pro posouzení statisticky průkazných rozdílů mezi referenčními a predikovanými hodnotami NIR spektrometrie byl použit párový t-test. Statistické hodnocení bylo provedeno pomocí softwaru Unistat 5.1 (Unistat Ltd, Anglie).

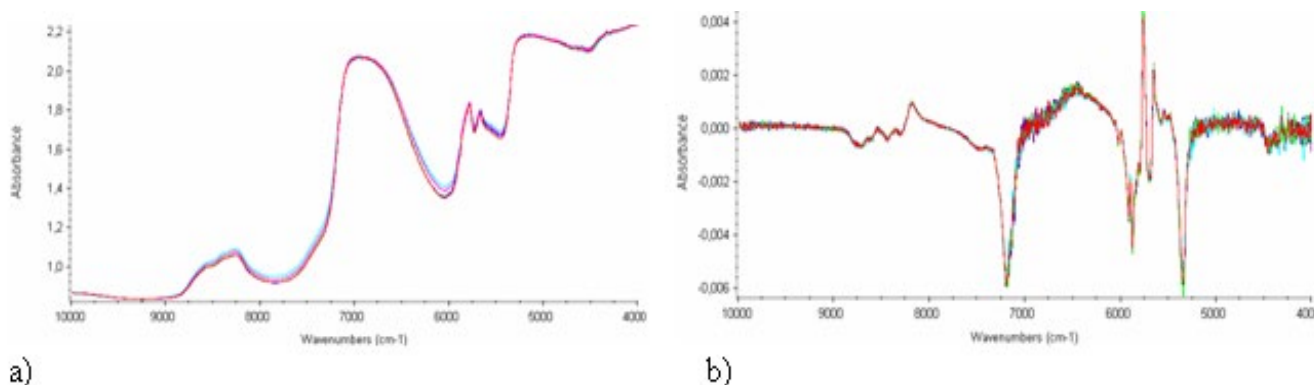
VÝSLEDKY A DISKUZE

Naměřené hodnoty obsahu cholesterolu metodou UPLC byly již publikovány v práci Anderle (2018), který uvádí nejvyšší obsah cholesterolu u pokusné skupiny (218,7 mg/vejce), mírně snížený obsah cholesterolu byl zjištěn u skupin krmených oběma druhy jetele. Výraznější snížení obsahu cholesterolu dosáhla skupina nosnic krmená směsí s jíllem vytrvalým (196,7 mg/vejce) a nejnižší hodnoty dosáhla skupina nosnic, které byla do směsi zařazena vojtěška setá (192,9 mg/vejce), což představovalo snížení o více než 25 mg cholesterolu na jedno vejce. Obsah cholesterolu nebyl ve vejcích zkrmováním úsušků statisticky průkazně ovlivněn ($p > 0,05$). Spektra vzorků naměřená pomocí FT-NIR spektrometrie byla využita pro vytvoření kalibračního modelu pro obsah cholesterolu pomocí PLS metody. Referenční hodnoty pro vytvoření kalibračních modelů jsou vyjádřené pomocí směrodatných odchylek průměrů (Tabulka 1).

Tabulka 4: Obsah cholesterolu ve žloutku (mg.g^{-1})

	Referenční hodnoty	Hodnoty použité pro kalibraci po odstranění odlehlých standardů
Počet vzorků	75	68
Průměr	12,63	12,65
Minimální hodnota	9,56	9,56
Maximální hodnota	15,85	15,48
Směrodatná odchylka	1,42	1,33

Pro vyloučení odlehlých standardů, kde nebyly přesně stanoveny referenční hodnoty, nebo se objevila spektrální odchylka, byly použity diagnostiky *Spectrum Outlier* a *Leverage* (Králová *et al.*, 2015). Kalibrační model byl vytvořen s matematickou úpravou spektra 1. derivací a s použitím Savitzky-Golay filtru (*data points* 7, *polynomial orde* 3) (Obrázek 1b), ve spektrálním rozsahu 4908,46–4929,34 a 5694,15–5650,02 cm^{-1} a počtem 2 PLS faktorů PRESS (hodnota sumy čtverců predikované reziduální chyby). Pro ověření kalibračního modelu byla použita metoda křížové (*cross*) validace. Křivka PRESS je uvedena na Obrázku 2a a kalibrační a validační výsledky v tabulce 2. Mezi hodnotami referenčními a predikovanými NIR byla nalezena těsná závislost (Obrázek 2b). Spolehlivost kalibrace byla posouzena z výpočtů kalibračního variačního koeficientu (CCV) a predikčního variačního koeficientu (PCV), které popisují spolehlivé kalibrace. Za velmi spolehlivou kalibraci se podle literatury uvádějí hodnoty CCV pod 5 % a PCV pod 10 %, za spolehlivou hodnoty CCV pod 10 % a PCV pod 15 % (Míka *et al.*, 2008).

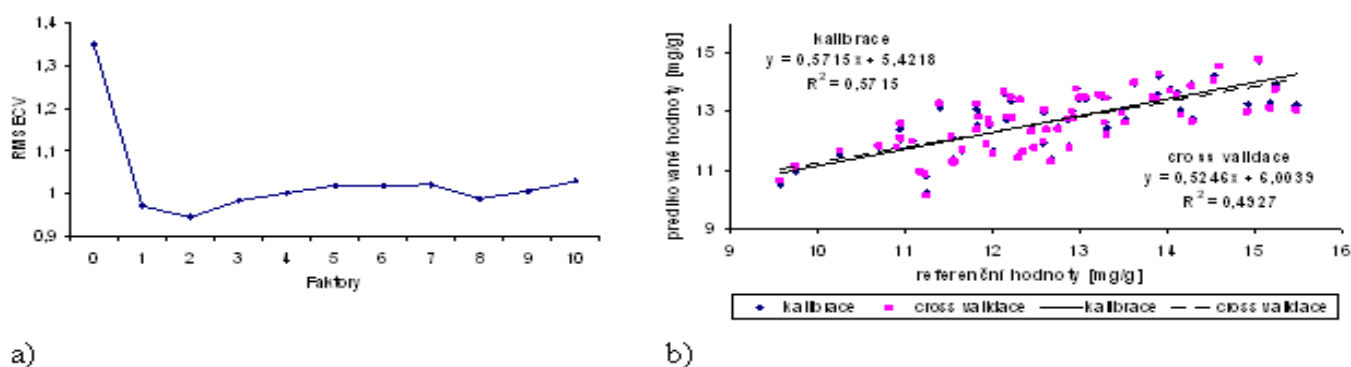


Obrázek 2: Spektra bez matematické úpravy (a), úprava první derivací (b)

Tabulka 5: Kalibrační a validační výsledky

	Kalibrace	Cross validate
Korelační koeficient (R)	0,76	0,70
Koeficient determinace (R^2)	0,57	0,49
Průměrná chyba (RMSEC/RMSECV)	0,86	0,94
Kalibrační (CCV)/predikční (PCV) variační koeficient ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	6,83	7,45

Výsledkem statistického testování byly stanoveny: průměr referenčních hodnot $12,56 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, průměr predikovaných hodnot $12,64 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, rozdíl mezi hodnotami referenčními a predikovanými $0,01 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ a pravděpodobnost vypočítaná párovým t-testem $P = 0,92$. Z uvedených výsledků vyplývá, že mezi referenčními a predikovanými hodnotami nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p > 0,05$).



Obrázek 2: Funkce PRESS (a), Kalibrační a validační výsledky (b)

V této práci byly naměřeny nižší determinační koeficienty ve srovnání s výsledky jiných autorů např. Puertas a Vázquez (2019), kteří uvádí R^2 nad 0,73 pro metodu PCR (regrese hlavních komponent). Uvedení autoři se zabývali problematikou stanovení cholesterolu ve žloutcích pomocí metody transmitance UV-VIS-NIR spektrometrie, kdy touto metodou vybrali jiný rozsah spektra. Nejlepší kalibrační model vytvořili pomocí PLS metody, s matematickou úpravou spektra první derivací, použitím Savitzky-Golay filtru v kombinaci s korekcí základní linie a zajištěnou hodnotou R^2 pro kalibraci 0,93. Matematická úprava spektra první derivací a Savitzky-Golay filtr byly použity i v naší studii. PLS metodu s matematickou úpravou spektra druhou derivací pro stanovení cholesterolu ve vejcích použili ve své práci Kuroki et al. (2020). Pro validační

model získali $R^2 = 0,75$. Podobné výsledky R^2 0,79–0,83 naměřili Sriratana et al. (2023) metodou IR spektrometrie v oblasti spektra 610–880 nm. Cendron et al. (2023) použili pro stanovení cholesterolu metodu VIS-NIR spektrometrii. Kalibrace byly vytvořeny modifikovanou metodou částečných nejmenších čtverců s matematickou úpravou spektra 1. derivací. U čerstvého žloutku získali pro kalibraci hodnoty $R^2 = 0,67$ a pro validaci $R^2 = 0,48$. Obdobný výsledek pro validaci jsme získali v naší práci. Cendron et al. (2023) vytvořili kalibrační model i pro žloutek sušený mrazem s výsledky $R^2 = 0,23$ pro kalibraci a $R^2 = 0,16$ pro validaci.

ZÁVĚR

Pro vytvoření kalibračních modelů metodou PLS byly použity referenční hodnoty získané metodou UPLC. Dle hodnot CCV a PCV byl získán spolehlivý kalibrační model pro stanovení celkového obsahu cholesterolu ve žloutcích. Mezi hodnotami referenčními a predikovanými NIR byla nalezena těsná závislost, ale s nižšími koeficienty determinace R^2 . Proto je tento kalibrační model vhodný spíše pro orientační stanovení.

LITERATURA

Aenugu, H. P. R., Kumar, D. S., Srisudharson, Parthiban, N., Ghosh, S. S., Banji, D. (2011): Near Infra Red Spectroscopy – An Overview. International Journal of ChemTech Research [online]. 3, 825–836. ISSN 0974-4290. Dostupné z: [https://sphinxsai.com/vol3.no2/chem/chempdf/CT=52\(825-836\)AJ11.pdf](https://sphinxsai.com/vol3.no2/chem/chempdf/CT=52(825-836)AJ11.pdf)

Anderle, V. (2018): Využití pícnin ve výživě kura domácího. Doktorská disertační práce. Brno: MENDELU Brno, 153 s.

Çataltaş, Ö., Tütüncü, K. (2021): A review of data analysis techniques used in near-infrared spectroscopy. European Journal of Science and Technology, 25, 475–484. ISSN 2148-2683. Dostupné z: doi: 10.31590/ejosat.882749

Cendron, F., Curró, S., Rizzi, C., Penasa, M., Cassandro, M. (2023): Egg quality of Italian local chicken breeds: II. Composition and predictive ability of VIS-Near-Infrared spectroscopy. Animals [online]. 13, 77. ISSN 2076-2615. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ani13010077>

Huang, H., Yu, H., Xu, H., Ying, Y. (2008): Near infrared spectroscopy for on/in-line monitoring of quality in foods and beverages: A review. Journal of Food Engineering [online]. 87, 303–313. ISSN 1873-5770. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.12.022>

Králová, M., Procházková, Z., Saláková, A., Kameník, J., Vorlová, L. (2015). Využití blízké infračervené spektrometrie pro stanovení kvality masa. Maso, 26, 20–23. ISSN 1210-4086.

Kuroki, S., Kanoo, T., Kamisoyama, H. (2020): Nondestructive VIS/NIR spectroscopy estimation of intravitelline vitamin E and cholesterol concentration in hen shell eggs. Journal of Food Measurement and Characterization [online]. 14, 1116–1124. ISSN 2193-4134. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00361-8>

Míka, V., Kohoutek, A., Nerušil, P. (2008): Spektroskopie v blízké infračervené oblasti (NIR). Výběr praktických aplikací v zemědělství. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 44 s. ISBN 978-80-87011-53-9.

Puertas, G., Cazón, P., Vázquez, M. (2023): Application of UV-VIS-NIR spectroscopy in membrane separation processes for fast quantitative compositional analysis: A case study of egg products. LWT – Food Science and Technology [online]. 174, 114429. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114429>

Puertas, G., Vázquez, M. (2019): Cholesterol determination in egg yolk by UV-VIS-NIR spectroscopy. Food Control [online]. 100, 262–268. ISSN 0956-7135. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.01.031>

Sriratana, W., Iamyang W., Sriratana, L. (2023): Analysis of eggs quality by using the NIR. ICIT, December 14–17, Kyoto, Japan. Dostupné z: <https://doi.org/10.1145/3638985.363900>

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: eliska.drackova@mendelu.cz

VÝZNAM PĚSTOVÁNÍ JAKONU (*SMALANTHUS SONCHIFOLIUS*) V PODMÍNKÁCH ČR

THE IMPORTANCE OF GROWING YACON (*SMALANTHUS SONCHIFOLIUS*) IN THE CONDITIONS OF THE CZECH REPUBLIC

Markéta Kuljová¹ – Pavel Kasal¹ – Milan Čížek¹

¹Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, Dobrovského 2366, 580 01 Havlíčkův Brod

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0167>



ABSTRAKT

V letech 2023 až 2024 byl v bramborářské výrobní oblasti (BVO) pěstován jakon (*Smallanthus sonchifolius*). Jakon je velmi bohatý na zdraví prospěšné látky, zejména inulín. Proto je zařazen do sortimentu netradičních okopanin, které jsou předmětem dlouhodobého výzkumu VÚB Havlíčkův Brod. Účelem bylo sledování jeho adaptability v netypickém klimatickém regionu. Monitorován byl výnos hlíz u dvou odrůd (Graciella a Fiorella). Rovněž byl testován vliv kapkové závlahy jakonu oproti variantě bez závlahy. Sledování probíhalo ve výzkumné stanici Valečov. Výzkumná stanice se nachází v nadmořské výšce 460 m n.m. (mírně teplý okresek). Při vyhodnocení pokusu byly zaznamenány tendenční rozdíly ve výnosech hlíz u sledovaných odrůd. Byl shledán pozitivní vliv kapkové závlahy na výnos hlíz. Jakon lze doporučit jako alternativní plodinu pro další pěstování a potravinářské využití.

Klíčová slova: Smallanthus sonchifolius, kapková závlaha, inulin, výnos hlíz

ABSTRACT

From 2023 to 2024, yacon (*Smallanthus sonchifolius*) was grown in the potato production area (BVO). Yacon is very rich in health-promoting substances, especially inulin. Therefore, it is included in the assortment of non-traditional root crops that are the subject of long-term research by VÚB Havlíčkův Brod. The purpose was to monitor its adaptability in an atypical climatic region. The yield of tubers in two varieties (Graciella and Fiorella) was monitored. In addition, drip irrigation of yacon was tested compared to the variant without irrigation. The monitoring took place at the Valečov research station. The research station is located at an altitude of 460 m above sea level (a moderately warm district). When evaluating the experiment, trending differences in tuber yields were noted for the monitored varieties. A positive effect of drip irrigation on tuber yield was found. Yacon can be recommended as an alternative crop for further cultivation and food use.

Keywords: Smallanthus sonchifolius, drip irrigation, inulin, yield of tubers

ÚVOD

Jakon *Smallanthus sonchifolius* (Poeppig a Endlicher) H. Robinson z čeledi hvězdnicovitých (Asteraceae) je andská rostlina, která byla jednou z nejvýznamnějších plodin v období impéria Inků. Byla součástí výživy a tradiční medicíny (Araujo et al., 2003). První pokusy introdukovat jakon do Evropy se datují k roku 1861, kdy se experimentálně začal pěstovat ve Francii (Bredemann, 1943; Illés et al. 2019). Dále se pak rozšířil

do Itálie, Německa a Japonska. Illés et al. (2019) uvádí, že v roce 1994 byl jakon introdukován i do České republiky a započalo úspěšné pěstování na dvou lokalitách (ČZU Praha, Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod). Na rozdíl od jiných okopanin, které ukládají sacharidy ve formě škrobu, jakon kumuluje sacharidy ve formě fruktooligosacharidů. Nejsou metabolizovány v trávicím traktu a konzumace jakonu tak nezvyšuje hladinu glukózy v krvi. To je jeden z důvodů, proč je jakon považován za plodinu s vysokým potenciálem pro diabetiky a osoby s nadváhou či obezitou (Fernandéz, 2006).

V našich podmínkách se jedná o jednoletou bylinu. Rostlina dosahuje výšky 1,0 až 2,0 m a lodyha je pokryta trichomy. Lodyhy jsou čtyřhranné a hustě olistěné vstřícnými listy sytě zelené barvy. Výjimečně se objevují na vrcholu lodyh drobné žluté až oranžové úbory. Plod je nažka, která se však v našich klimatických podmínkách tvoří výjimečně. Jakon má dva druhy hlíz. První jsou oddenkové, které nazýváme kaudexy a slouží k dalšímu množení. Druhé jsou kořenové hlízy vyrůstající po pěti až dvaceti ve svazku. Mají nepravidelně vřetenovitý až kulovitý tvar. Dosahují v průměru hmotnosti 200 g až 500 g, ale také až 2 000 g. Mají slabou, šedohnědou až fialovou pokožku, která na vzduchu velmi rychle tmavne (Illés et al. 2019). Dužnina je křehká, křupavá, šťavnatá a nasládlá, barvy bílé, krémově žluté, někdy až nafialovělé.

Hlízy jakonu (*Smallanthus sonchifolius*) obsahují velké množství sacharidů. Sacharidy tvoří 70 až 80 % hmotnost sušiny. Mezi sacharidy jsou zastoupeny zejména fruktany. Fruktany lze obecně charakterizovat jako rozpustnou nestravitelnou vlákninu. Vzhledem k nestravitelnosti mají fruktany nízkou kalorickou hodnotu. Jsou také klasifikovány jako prebiotika, tzn. látky rezistentní ke gastrické aciditě a hydrolýze zažívacími enzymy, které jsou fermentované intestinální mikroflórou a selektivně stimulují růst nebo aktivitu vybraných bakterií v tlustém střevě, což v důsledku zlepšuje zdravotní stav konzumenta. Z tohoto důvodu jsou používány jako složky funkčních potravin s prebiotickými nebo symbiotickými vlastnostmi. Jedním z fruktanů je inulin, který celkově optimalizuje hladinu krevního cukru (Svobodová 2022). Na základě výše uvedených skutečností, bylo úkolem zavedení těchto významných funkčních plodin do výrobků zdravé výživy. Jednou z velkých nevýhod jakonu je délka skladování, která je v rozmezí od 14 dnů do 2 měsíců. Řešením bylo hlízy ihned po sklizni usušit a zamezit kontaminaci nežádoucími patogeny. Po usušení a mletí se z těchto hlíz stává kypré sladidlo, které by mohlo být využito při přípravě sladkých těst. Výsledkem bylo podání užitečných vzorů na „Jakonovou mouku a těsto“ a „Směs mouky a těsto pro přípravu pečiva“. Kladně bylo přijato rovněž patentové řízení na „Jakonovou mouku a těsto“. Finálním výrobkem je směs mouky pro přípravu pečiva určena zejména pro pacienty zatížené celiakií a diabetes. Využita může být i v nízkosacharidových a nízkokalorických dietách (Svobodová 2023). Mouka byla oceněna Zlatým klasem 2022 na výstavě Země Živitelka.

MATERIÁL A METODIKA

Polní pokusy byly založeny v letech 2022–2024 na Výzkumné stanici Valečov, která je pracovištěm Výzkumného ústavu bramborářského se sídlem v Havlíčkově Brodě. Do pokusu byly zařazeny dvě odrůdy jakonu Fiorella a Graciella. Odrůda Fiorella má polovzpřímený habitus a intenzivně větví. Hlízy jsou

vřetenovitého tvaru, délka je střední až dlouhá, s purpurově červenou slupkou. Odrůda Graciella je středně vysoká, má polovzpřímený habitus a intenzivně větví. Hlízy jsou vřetenovitého tvaru, dlouhé, s bílou slupkou a bílou dužninou. Obě odrůdy byly předpěstovány ve skleníku a na pole byly vysázeny sazenice o velikosti cca 10 cm. V pokusech byly založeny varianty s použitím kapkové závlahy a bez závlahy. Kapkovou závlahou bylo během vegetace v roce 2023 dodáno ve 29 dávkách 435 mm vody, v roce 2024 pak ve 25 dávkách celkem 285 mm vody. Hnojení před sázením bylo aplikováno v dávce 100 kg N/ha v minerálním hnojivu Močovina. Před sázením byl pozemek nakypřen rotavátorem, nashonkován pomocí nosiče nářadí RS 09 a do každého hrůbku byla instalována závlahová hadice. Následně pak byla na pokus rozprostřena černá geotextilie, aby bylo omezeno zaplevelení. Sázení probíhalo ručně a vysazovaly se sazenice za pomoci sázecího kolíku ve sponu 0,45 x 0,75 m. Během vegetace probíhalo sledování porostu bez dalších agrotechnických zásahů. Sklizeň byla provedena ručně na přelomu října a listopadu. Vyhodnocení výnosů probíhalo po sklizni. Hlízy byly ručně odděleny od kořenového balu, zváženy a roztříděny dle stupně poškození. Výnos byl vypočítán dle váhy kořenových hlíz a počtu vysazených rostlin. Hlízy bylo nutné ihned vhodně uskladnit, jinak by vzhledem k jejich vysokému podílu vody došlo k seschnutí.

Složení jakonu

Jakon je velmi bohatý na zdraví prospěšné látky (tabulka 1). Významný je obsah fenolických sloučenin se silnými antioxidačními účinky. Hlavními fenolickými složkami jsou kyseliny chlorogenová a kávová. Hlízy jakonu obsahují velké množství vody (více než 70 % čerstvé hmoty). 70 až 80 % sušiny tvoří sacharidy, zvláště fruktany. Fruktooligosacharidy (FOS) obsažené v hlízách jakonu jsou inulinového typu, a zvláště oligomery jsou známy svou schopností udržovat tlusté střevo v dobrém zdravotním stavu. Kromě obnovování střevní mikroflóry podporují FOS absorpci vápníku, snižují hladinu cholesterolu, posilují imunitní systém. Čerstvé hlízy obsahují i cenné vitamíny a minerály, tzn. vápník 12 mg, hořčík 8,4 mg, draslík 344 mg, fosfor 34 mg, železo 0,2 mg, sodík 0,4 mg, beta-karoten 130 g, vitamin B1 0,07 mg, vitamin B2 0,31 mg, vitamin C 5 mg (hodnoceno ve 100 g čerstvé hmoty).

Tabulka 6: Složení hlíz jakonu

Obsah vody (% hmotn.)	69 až 83
Energie (kJ/100 g)	200 až 230
Bílkoviny (% hmotn.)	6,0 až 7,0
Sacharidy v sušině (% hmotn.)	70 až 80
Vláknina (% hmotn.)	4,0 až 6,0
Lipidy (% hmotn.)	0,4 až 1,3

(Zdroj: Lachman et al., 2007; Fernández et al., 2007)

Průběh povětrnostních podmínek na pracovišti VÚB Valečov v roce 2023

Podmínky pro přípravu pozemků a zakládání porostů byly v roce 2023 méně příznivé z důvodu výskytu srážek. V měsíci dubnu napršelo 101,9 mm, což znamenalo 273,9 % dubnového normálu. Také teplotně byl duben podnormální. V květnu naopak spadlo pouze 37 mm, což tvořilo 45,5 % normálu. Teplotně byly květen i červen teplotně normální. Měsíční úhrn srážek byl na úrovni 76 % normálu (59,9 mm) s rovnoměrným

rozložením. Srážky, které za červenec spadly se vyskytovaly až v závěru měsíce. Celkem napršelo pouze 50 % normálu. Ve spojení s vysokými teplotami tak rostliny jakonu v nezavlažovaných variantách trpěly vodním stresem. Situace se změnila v počátku měsíce srpna, kdy v první dekádě napršelo 109 % normálu pro celý měsíc. Další srážky se vyskytly až v poslední dekádě s celkovým měsíčním úhrnem 191,2 mm (222,8 % normálu). Měsíc září se vyznačoval velmi nízkým úhrnem srážek (pouze 10,9 mm). Jak vyplývá z tabulky 2, téměř k normálu se přiblížily srážky v měsíci říjnu.

Tabulka 2: Průměrná měsíční teplota vzduchu a měsíční úhrny srážek na pracovišti VÚB Valečov (normál 1991–2020)

Měsíc	Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C)			Měsíční úhrn srážek (mm)		
	Normál	2023	Odchylka od normálu	Normál	2023	% normálu
I.	-1,5	1,9	3,4	42,5	52,6	123,8
II.	-0,5	1,0	1,5	33,8	35,3	104,4
III.	3,1	4,4	1,3	45,9	60,9	132,7
IV.	8,2	6,2	-2,0	37,2	101,9	273,9
V.	12,9	12,6	-0,3	81,4	37,0	45,5
VI.	16,3	17,1	0,8	78,9	59,9	75,9
VII.	18,2	19,9	1,7	98,9	49,6	50,2
VIII.	17,9	18,1	0,2	85,8	191,2	222,8
IX	12,9	16,6	3,7	59,9	10,9	18,2
X	8,2	10,9	2,7	45,6	41,6	91,2

Průběh povětrnostních podmínek na pracovišti VÚB Valečov v roce 2024

Jak se je možné přesvědčit z tabulky 3, byly v roce 2024 podmínky pro přípravu pozemků a zakládání porostů příznivé. V měsíci dubnu spadlo 18,9 mm, což znamenalo pouze 50,8 % dubnového normálu. Také teplotně byl duben podnormální, s výskytem minusových teplot vzduchu a sněhových srážek. V květnu naopak spadlo 98,4 mm, což tvořilo 120,9 % normálu. Velmi mokrá byla zejména první dekáda května. Průměrná měsíční teplota vzduchu byla v květnu vyšší než normál. Teplotně byl i červen nadnormální. Červnový měsíční úhrn srážek byl na úrovni 43,8 mm, což je pouze 55,5 % normálu. Příznivější pak byl měsíc červenec s mírně nadnormální průměrnou měsíční teplotou vzduchu a normálním úhrnem srážek. Situace se změnila v měsíci srpnu, kdy byly zaznamenány nadnormální teploty. Měsíční úhrn srážek byl naměřen 66,4 mm (77,4 % normálu), ovšem z tohoto úhrnu spadlo 40,6 mm během 24 hodin (18.8.). Po zbytek měsíce však převažovalo teplé a velmi suché počasí. Porosty jakonu ve variantě bez závlahy v tomto období trpěly vodním stresem. Měsíc září byl naopak velmi deštivý. Suma srážek za měsíc činila 206,6 mm, což je 345 % normálu. Srážky pokračovaly i v první polovině měsíce října, což později zkomplikovalo sklizeň.

Tabulka 3: Průměrná měsíční teplota vzduchu a měsíční úhrny srážek na pracovišti VÚB Valečov (normál 1991–2020)

Měsíc	Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C)			Měsíční úhrn srážek (mm)		
	Normál	2024	Odchylka od normálu	Normál	2024	% normálu
I.	-1,5	-0,8	+0,7	42,5	49,8	117,2
II.	-0,5	5,5	+6,0	33,8	64,0	189,3
III.	3,1	6,7	+3,6	45,9	46,89	102,1
IV.	8,2	5,3	-2,9	37,2	18,9	50,8
V.	12,9	14,4	+1,5	81,4	98,4	120,9
VI.	16,3	18,2	+1,9	78,9	43,8	55,5
VII.	18,2	19,8	+1,6	98,9	99,3	100,4
VIII.	17,9	20,4	+2,5	85,8	66,4	77,4
IX	12,9	14,8	+1,9	59,9	206,6	344,9
X	8,2	9,5	+1,3	45,6	45,1	98,9

Statistické zpracování

Data byla statisticky vyhodnocena v programu STATISTICA 14 (StatSoft, Praha, Česká republika). Zde byl nejprve proveden test homogenity a následovalo testování analýzou rozptylu (ANOVA) a základní statistickou metodou (t-test). Rozdíly byly považovány za významné na hladině spolehlivosti 95 % ($p < 0,05$).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Jakon má schopnost přizpůsobit se různým klimatickým podmínkám. Díky tomu bylo dosaženo vysokých výnosů biomasy v podmínkách ČR. Rostlina tvoří v průměru 1,25 kg/rostlina hlíznatých kořenů (tj. 25,51 t/ha), Fernández, 2006).

Na obrázku 1 je vyhodnocen výnos hlíz zavlažovaných a nezavlažovaných variant. Mimo závlahy výrazně působí na výnos hlíz i průběh povětrnostních podmínek, především intenzita a rozložení srážek, což ovlivňuje statistickou průkaznost. V roce 2023 kapková závlaha navýšila výši výnosů u obou odrůd zhruba o 30 %. V roce 2024 na kapkovou závlahu lépe reagovala odrůda Fiorella, která na této variantě dosáhla výnosu hlíz 76,6 t/ha. Odrůda Graciella dosáhla výnosu 47,1 t/ha. Navýšení výnosů v tomto roce bylo průměrně o 61,5 % oproti nezavlažované variantě. Výnosové výsledky pak kopírují výsledky průměrné hmotnosti jedné hlízy. Odrůda Graciella dosáhla nejvyšší průměrné hmotnosti hlízy 137,1 g a odrůda Fiorella 113,6 g.

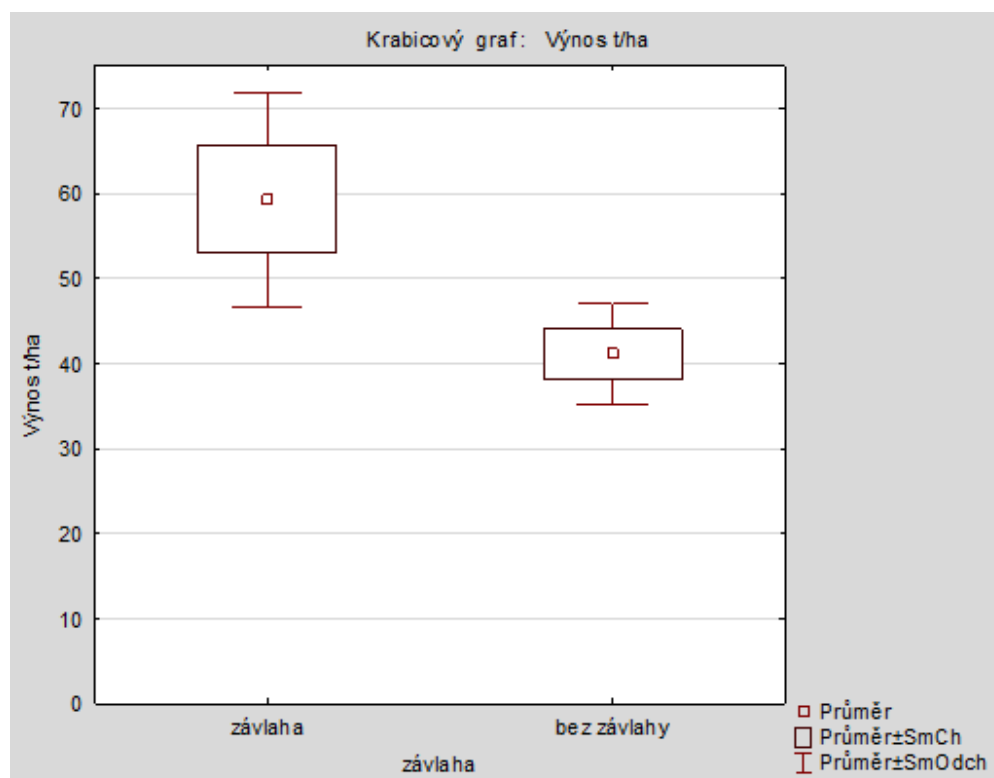
Výnos hlíz ovlivnila odrůda jakonu pouze tendenčně bez statistické průkaznosti, jak ukazuje obrázek 2. Fiorella se dle pozorování vyznačuje větším počtem nasazených hlíz (zhruba 8–12 kusů konzumních hlíz). Hlízy dorůstají do délky 0,20–0,25 m s průměrnou hmotností konzumních hlíz 350–400 g. Odrůda Graciella oproti tomu nasazuje o poznání menší počet hlíz (zhruba 4–6 kusů konzumních hlíz) ovšem hlízy mohou dosáhnou délky až 50 cm s průměrnou hmotností konzumních hlíz okolo 500–600 g. Kamp et al. (2019)

porovnával 9 genotypů ve dvou letech (2017, 2018) s tím, že výnosy hlíz jakonu se pohybovaly ve velmi širokém rozsahu od 19,2 do 46,6 t/ha v roce 2017, zatímco v suchém roce 2018 pouze 6,5–12,8 t/ha.

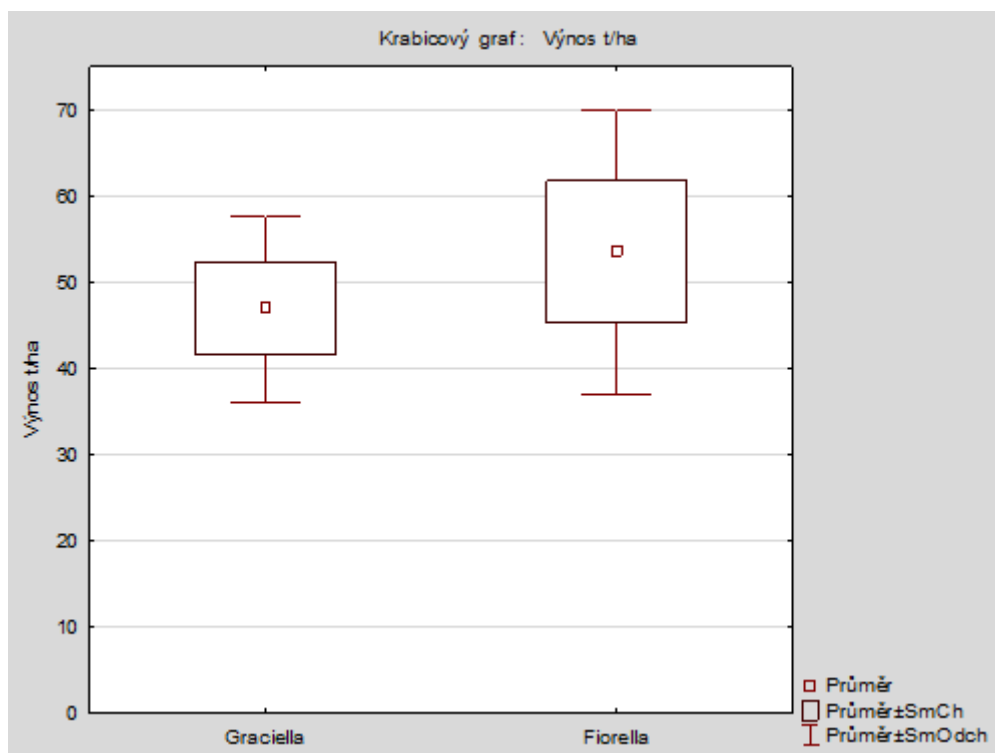
Obsah sušiny a inulinu v hlízách jakonu zobrazuje tabulka 4. Z tabulky vyplývá silná závislost na ročníku a průběhu počasí. Lachman et al. (2007) ve své práci uvádí srovnání genotypů jakonu (NZL, DEU, ECU, BOL) s tím, že obsah inulinu byl evidentně ovlivněn odrůdou (genotypem). Genotypy NZL a DEU bylo možné charakterizovat nižším obsahem inulinu, zatímco genotypy ECU a BOL obsahovaly vyšší množství inulinu. (NZL=Nový Zéland, DEU=Německo, ECU=Ekvádor, BOL=Bolívie). Hodnoty uvedené v tabulce 2 jsou výrazně vyšší, než uvádí Lachman et al. (2007), lze to vysvětlit vlivem odrůdy, ročníku a určité kapkovou závlahou. Statistickou průkaznost vlivu genotypu na výnos inulinu zobrazuje obrázek 3. Laboratorními rozbory byl opakovaně potvrzen výrazně vyšší obsah inulinu v hlízách odrůdy Fiorella oproti odrůdě Graciella.

Tabulka 4: Obsah sušiny a inulinu v hlízách jakonu (2022-2024)

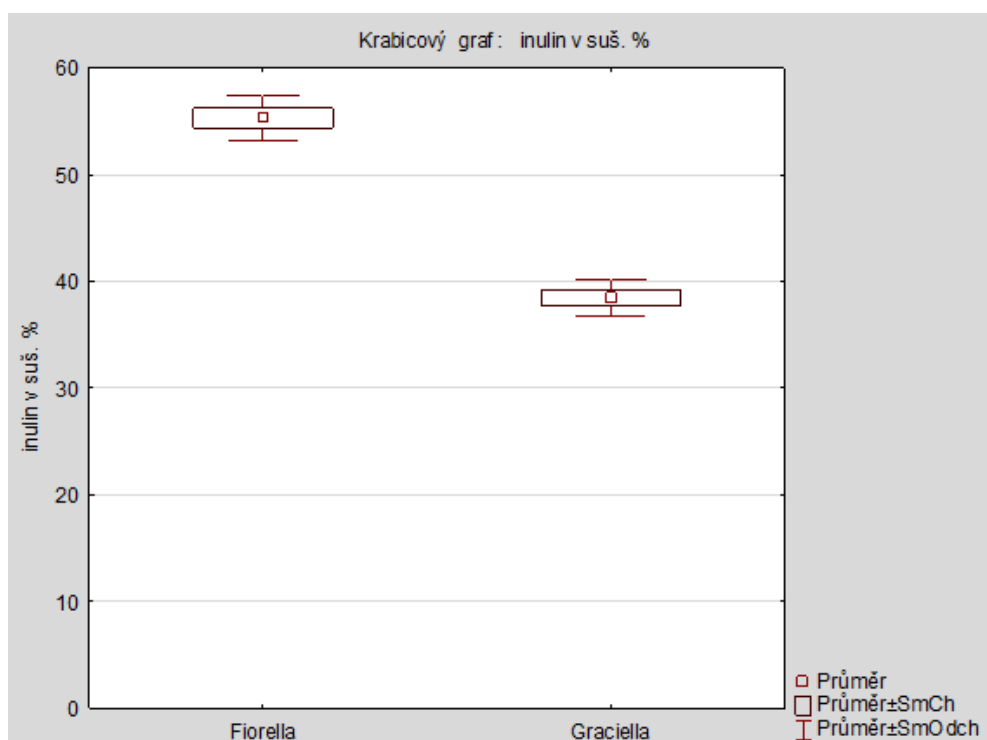
Rok	Sušina (%)	Inulin (% čerstvé hmoty)	Inulin (% sušiny)	Inulin g/kg sušiny
2023	14,51	4,79	33,13	331,3
2024	13,97	6,68	46,90	469,0



Obrázek 1: Vliv závlahy na výnos hlíz



Obrázek 2: Vliv genotypu na výnos hlíz



Obrázek 3: Vliv genotypu na obsah inulinu v sušině hlíz

ZÁVĚR

Bylo prokázáno, že i netradiční hlíznaté plodiny, jako je jakon, lze v našich podmínkách úspěšně pěstovat. Rovněž lze dosahovat i požadované nutriční kvality. Kapková zálaha zvýšila výnos hlíz jakonu v rozmezí 25 až 82 % oproti nezavlažované variantě. Obsah sušiny a inulinu v hlízách jakonu byl silně závislý na průběhu počasí v jednotlivých pokusných letech. Pěstování jakonu však přináší i řadu úskalí, které je třeba nadále řešit. Jedná se zejména o velmi komplikovanou sklizeň, v jejímž důsledku dochází ke značnému

poškození hlíz. Dalším bodem výzkumu je prodloužit dobu skladování co nejdéle, aby si hlízy udržely potřebnou kvalitu vyžadovanou pro potřeby jejich konzumu.

PODĚKOVÁNÍ

Príspevek vznikl na základě institucionální podpory v rámci Dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace na období let 2023-2027 “ s číslem MZE-RO 1624.

LITERATURA

Araújo, C. F. L., Amaya, R. J. E., (2003): Efecto De Dosis Crecientes De Nitrógeno Y Potasio En La Calidad Y Productividad De Yacón (*Polymnia Sonchifolia* Poeppig & Endlicher). Unep, Botucatu – Brasil. [Http://Www.Horticom.Com/Tem_Aut/Cd/Latinoamerica/Aromamed/327.Htm](http://Www.Horticom.Com/Tem_Aut/Cd/Latinoamerica/Aromamed/327.Htm).

Bredemann, G. (1943): Über *Polymnia Sonchifolia* Poepp. & Endl. (*Polymnia Edulis* Wedd.), Die Yacon – Erdbirne. In *Botanica Oeconomica* (Hamburg) 1(2): 65–85.

Fernandez, C. E. (2006): Jakon (*Smallanthus Sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson), Pěstování V Klimatických Podmínkách České Republiky (Yacon (*Smallanthus Sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson) (Growing In The Climatic Conditions Of The Czech Republic). Habilitation Thesis, 154 Pp.

Fernandez, E., Viehmannová, I., Lachman, J., Zámečníková, J. (2007): Organické Pěstování Jakonu [*Smallanthus Sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson]. In: Proceeding Of Conference „Organic Farming“ (Vol. 6, No. 7.2).

Fernandez, E., Viehmannová, I., Lachman, J., Milella, L. (2006): Yacon [*Smallanthus Sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson]: A New Crop In The Central Europe. *Plant Soil And Environment*, 52(12), 564.

Illěš, L., Novák, J., Cusimamani, E. F. (2019): Jakon – Plodina Ríše Inkov, Nitra, Krajina Povodu, Charakteristika, Pestovanie, Zber A Využitie Jakona, P. 8–29, Isbn 978-80-89703-65-4.

Kamp, L., Hartung, J., Mast, B., Graeff-Hönninger, S. (2019): Tuber Yield Formation and Sugar Composition of Yacon Genotypes Grown in Central Europe. *Agronomy*, 9(6).

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.

Svobodová, A., Kuljová, M., Šimková D. (2021): Jakonová mouka a těsto. Užitný vzor č. 35144.

Svobodová, A., Fernández Cusimamani, E., Čížek, M. (2022): Jakon (*Smallanthus sonchifolius*) - Nová kořenová zelenina a léčivá rostlina. Havlíčkův Brod: Výzkumný ústav bramborářský, 2022. ISBN 978-80-86940-97-7.

Svobodová, A. (2022): Netradiční okopaniny z Jižní Ameriky v podmínkách České republiky. *Úroda*. 2022, roč. 70, č. 11, s. 71–72. ISSN 0139-6013.

Svobodová, A. (2023): Technologie pěstování jakonu v podmínkách oblasti Vysočiny. Úroda. 2023, roč. 71, č. 12, vědecká příloha s. 355–359. ISSN 0139-6013.

Svobodová, A., Kuljová, M., Šimková, D. (2023): Způsob přípravy jakonové mouky, jakonová mouka a těsto. Patent č. 309880.

Kontaktní adresa: Bc. Markéta Kuljová, Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, Dobrovského 2366, 580 01 Havlíčkův Brod.

CÍLENÝ MONITORING NEAUTORIZOVANÉ GM RÝŽE V ČESKÉ REPUBLICE TARGETED MONITORING OF UNAUTHORIZED GM RICE IN THE CZECH REPUBLIC

Veronika Kýrová¹ – Vladimír Ostrý¹ – Irena Řehůřková¹ – Jiří Ruprich¹

¹Centrum zdraví, výživy a potravin, SZÚ, Palackého tř. 3a, 612 42 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0176>



ABSTRAKT

Rýže setá (*Oryza sativa* L.) patří mezi nejdůležitější obiloviny světa. Sledování výskytu neschválené GM rýže na trhu ČR je součástí studie „HYGIMON“, která je řešena jako součást subsystému 4 „*Monitoringu dietární expozice člověka*“ v rámci „*Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí*“. Studie „HYGIMON“ je zaměřena na sledování potravin, které nesplňují požadavky na bezpečnost potravin dle nařízení EP a R č. 178/2002. V průběhu let 2008-2023 bylo odebráno celkem 816 vzorků rýže, 240 vzorků na bázi rýže a 192 vzorků pokrmů obsahujících rýži. K detekci specifické DNA sekvence byla použita kvalitativní metoda polymerázové řetězové reakce (PCR). Celkem bylo zachyceno 56 (4,5 %) pozitivních vzorků potravin s výskytem GM rýže. Získané výsledky potvrzují, že v tržní síti v ČR dochází k záchytům nepovolené GM rýže v potravinách.

Klíčová slova: geneticky modifikovaná rýže, “HYGIMON”, PCR

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.) is one of the most important cereals in the world. Monitoring of the occurrence of unapproved GM rice on the Czech market is part of the "HYGIMON" study, which is addressed as part of subsystem 4 of "Total diet study" within the framework of "Environmental health monitoring system". The "HYGIMON" study is focused on the monitoring of food that do not meet the requirements for food safety according to EU Regulation No. 178/2002. A total of 816 samples of rice, 240 samples of rice-based products and 192 samples of dishes containing rice were collected during the years 2008-2023. The qualitative polymerase chain reaction (PCR) method was used to detect a specific DNA sequence. A total of 56 (4.5%) positive food samples containing GM rice were detected. The obtained results confirm that unauthorized GM rice is being detected in food products in the Czech market.

Keywords: genetically modified rice, “HYGIMON”, PCR

ÚVOD

Rýže setá (*Oryza sativa* L.) patří mezi nejdůležitější obiloviny světa. Je zdrojem potravy pro polovinu světové populace, a proto je častým předmětem zájmu výzkumu vědců, kteří neustále hledají způsoby, jak vylepšit její vlastnosti. Produkce rýže stabilně stoupá a v roce 2023 činila 799 mil. tun neloupané rýže. Největšími producenty jsou Čína a Indie. Mezi největší vývozce patřili v roce 2023 Indie, Thajsko a Vietnam (FAOSTAT, 2025).

Přístupy současných významných producentů rýže ve světě kladou velký důraz na produkci kvalitních a bezpečných odrůd rýže vhodných pro kulinární zpracování a výživu člověka, zvýšení výnosů rýže a zvětšení pěstitelských ploch. Toho lze dosáhnout konvenčními postupy integrované ochrany rostlin, klasickým křížením rýže nebo využitím metod genového inženýrství, transgenóze a nových genomických technik.

Geneticky modifikovanou (GM) potravinou a krmivem je potravinu a krmivo, která je vyrobena, sestává se nebo obsahuje geneticky modifikovaný organismus (GMO). V roce 1988 byla metodou elektroporace a metodou transformace protoplastů připravena první GM rýže. V roce 2002 byl kompletně sekvenován genom rýže (Fraiture et al., 2016). Na evropský trh je v současné době povoleno uvádět 85 GM plodin (kukuřice, sója, bavlník, řepka a cukrovka) jako potravinu či krmivo (EU, 2025). Všechny povolené GMO a produkty z nich vyrobené, které obsahují více než 0,9 % GMO, musí být označeny dle evropského nařízení č. 1829/2003. Na evropském trhu však také dochází k záchytu i nepovolených GMO (např. GM rýže). Nutné je tedy sledování i těchto GMO. Pro tyto GMO potom platí nulová tolerance. Jedním z hlavních problémů s nepovolenými GMO je, že EFSA (*Evropský úřad pro bezpečnost potravin, European Food Safety Authority*) dosud neposoudila biologickou bezpečnost těchto GM rostlin a od nich odvozených potravin a krmiv (Fraiture et al., 2017).

První nálezy GM rýže na evropském trhu byly zaznamenány v roce 2006, které byly nahlášený do systému RASFF (*Systém rychlého varování pro potraviny a krmiva, Rapid Alert System for Food and Feed*). Nejčastěji se jednalo o GM rýži linií LLRICE601, LLRICE06, LLRICE62, které jsou tolerantní k herbicidu fosfinitricinu a rýži Bt63, která má do svého genomu vnesené geny pro produkci Bt toxinu. Záchyt neautorizované GM rýže pocházel ze zemí mimo EU. EU na záchyt GM rýže reagovala zavedením mimořádných opatření (Rozhodnutí komise 2006/578/ES, a 2008/289/ES) a zavedla povinnost jednotlivých členských států provádět monitoring výskytu GM rýže (LLRICE601, Bt63) v produktech uvedených na trh EU.

Ve světě jsou povoleny k použití jako potravinu, krmivo nebo k pěstování nejčastěji GM rýže odolné vůči hmyzu (např. Bt63, Huahui-1, Tarom molaii), GM rýže tolerantní vůči herbicidům (např. LL rýže) a GM zlatá rýže I. a II. Dále jsou ve světě v současné době dostupné i linie GM rýže s vícenásobnou rezistencí na biotický stres, GM rýže s abiotickou stresovou odolností, GM rýže odolná proti patogenním houbám, které však nejsou povoleny k použití jako potravinu či krmivo. Tabulka 1 uvádí přehled povolených GM rýží na světě (ISAA, 2025).

Sledování výskytu neschválené GM rýže na trhu ČR je součástí studie „HYGIMON“, která je řešena jako součást subsystému 4 „*Monitoringu dietární expozice člověka*“ v rámci „*Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí*“. Studie je zaměřená na monitoring „zdravotně a hygienicky závadných“ potravin s využitím molekulárně-biologických metod (PCR) (SZÚ, 2024).

Schopnost detekovat GMO v potravinách a potravinářských surovinách je důležitou součástí jejich označování a sledovatelnosti. Nejčastěji se využívají metody polymerázové řetězové reakce (PCR), což umožňuje provést analýzu DNA.

Tabulka 1: Přehled povolených GM rýží ve světě

GM rýže	Země	Potravina k přímému použití nebo zpracování	Krmivo k přímému použití nebo zpracování	Pěstování
GM Shanyou 63 Obchodní název: <i>BT Shanyou 63</i>	Čína	2009	2009	2009
Huahui-1/TT51-1 Obchodní název: <i>Huahui-1</i>	Čína			2009
	USA	2018	2018	
LLRICE06 Obchodní název: <i>Liberty Link™ rice</i>	USA	2000	2000	1999
LLRICE601 Obchodní název: <i>Liberty Link™ rice</i>	Kolumbie	2008		
	USA			2006
	Austrálie	2008		
	Kanada	2006	2006	
	Kolumbie	2008		
LLRICE62 Obchodní název: <i>Liberty Link™ rice</i>	Honduras	2011		
	Mexico	2007		
	Nový Zéland	2008		
	Filipíny	2012	2012	
	Rusko	2007	2011	
	Jižní Afrika	2011	2011	
	USA	2000	2000	1999
GR2E Obchodní název: <i>Golden Rice</i>	Austrálie	2017		
	Kanada	2018		
	Nový Zéland	2017		
	Filipíny			2021
	USA	2018	2018	
RTA1	Kanada		2021	
RTC1	Kanada	2019		
Tarom molaii + cry1Ab	Irán	2004	2004	2004

MATERIÁL A METODIKA

Odběr vzorků

V průběhu let 2008–2023 bylo odebráno celkem 816 vzorků rýže, 240 vzorků na bázi rýže (např. rýžová mouka, rýžové nudle, mléčná rýže) a 192 vzorků pokrmů obsahujících rýži (např. vařená rýže, rýžové závitky, rýžové nudle). Vzorky byly odebrány ve čtyřech termínech (únor, květen, září, listopad) na několika místech v České republice. Přehled odebraných vzorků je uveden v tabulce 2.

Tabulka 2: Přehled odebraných vzorků v letech 2008-2023

Potravina	Počet vzorků
Rýže	816
Rýžové výrobky	240
Rýžové pokrmů	192
Celkem	1248

Jako negativní a pozitivní kontroly byly použity certifikované referenční materiály (CRM) vyrobené IRMM (Geel, Belgie) v rozmezí 0–2 % GMO (RRS, IRMM 410; Bt176, IRMM 411).

Extrakce genomické DNA

Vzorky (250 g) byly homogenizovány pomocí elektrického mlýnku. DNA byla ze vzorku (200 mg) extrahována za použití komerčního kitu DNeasy[®]mericon[®]Food Kit (Qiagen, Německo). Jedná se o modifikovanou metodu s využitím cetyltrimethylammonium bromid (CTAB) pufru v kombinaci s proteinasou K. Inhibiční látky při centrifugaci precipitují, zatímco extrahovaná DNA zůstává v roztoku. DNA je přečištěna a smíchána s vázacím pufrem a poté je zachycena na membráně QIAquick Spin Columns, ze které je eluována do vhodné zkumavky a připravena pro další použití.

DNA z referenčních materiálů byla extrahována z 50 mg použitím stejné metody. Čistota a kvantita DNA byla stanovena měřením absorbancí při 260 nm a 280 nm na spektrofotometru Helios Gamma (Thermo Spectronic, Velká Británie).

Polymerázová řetězová reakce

Metody pro detekci specifické DNA sekvence jsou založeny na polymerázové řetězové reakci (PCR). Kvalitativní metody použité v této studii byly validovány a verifikovány.

Amplifikace byla prováděna ve finálním objemu 25 µl reakční směsi na přístroji 7900HT Fast- Real Time PCR System (Applied Biosystems, USA). Oligonukleotidy a proby byly syntetizovány firmou IDT (USA).

Druhově specifická PCR – Metoda je založena na detekci DNA sekvence phospholipase D (PLD) genu, který je používán jako rýžový endogen a je typický pro rýži. Ze získaných výsledků lze určit, zda je extrahovaná DNA přítomna v dostatečné kvalitě a kvantitě pro následnou PCR. (EURL GMFF, 2006).

Screeningová PCR reakce – Vzhledem k tomu, že GM rýže není dosud v EU povolena k uvádění na trh, byla detekce GMO cíleně zaměřena na přítomnost GM rýže. Vzorky rýže a výrobků z rýže byly vyšetřeny pomocí screeningové PCR, zaměřené na obecně se vyskytující geny ve více typech GMO (35S promotor, NOS terminátor, bar gen). Tento analytický postup umožňuje záchyt i nepovolených GMO. Screeningová metoda byla provedena podle ČSN ISO 21569.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Studie byla zaměřena na detekci a identifikaci nepovolené GM rýže ve vybraných potravinách. Celkem bylo během let 2008–2023 odebráno a analyzováno 1248 vzorků rýže, rýžových výrobků a pokrmů z rýže. Použitá

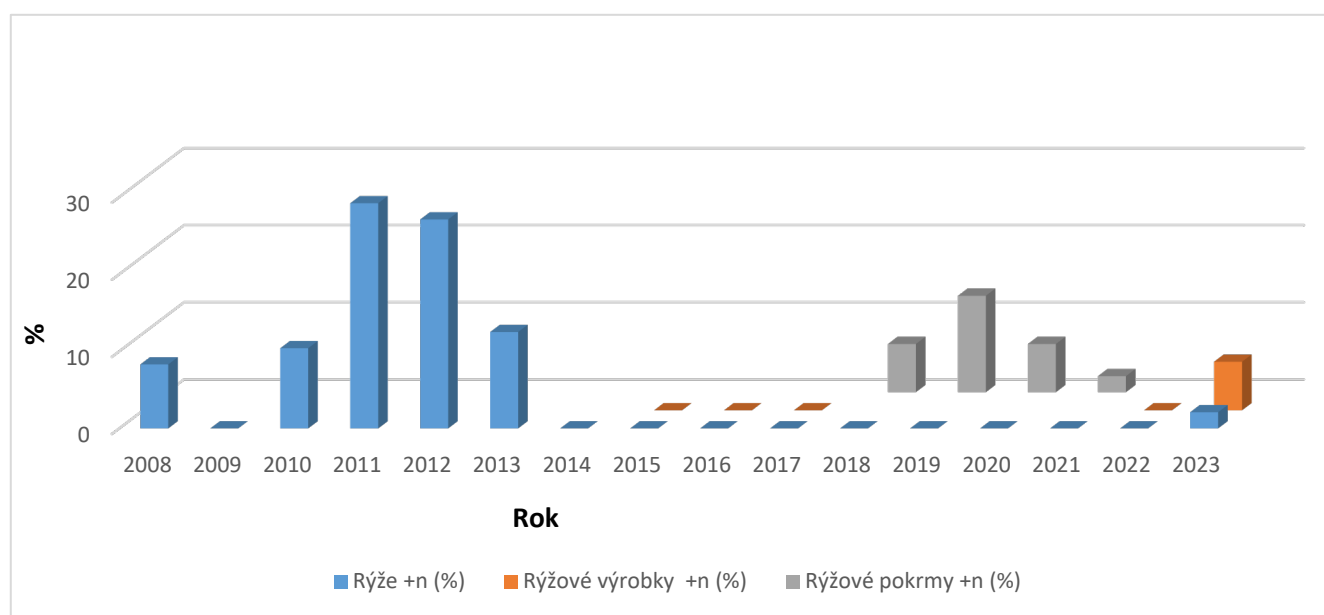
metoda extrakce a izolace DNA byla vhodná pro všechny typy vzorků. Byla získána DNA v dostatečné kvalitě a čistotě. Vhodná extrakce DNA tvoří základ pro další analýzu (CHAOUACHI et al., 2013).

Druhově specifická PCR reakce: Amplifikovatelnost DNA byla ověřena pozitivní reakcí druhově specifické PCR (PLD gen).

Screeningová PCR reakce: Podle obecných analytických postupů se nejprve provede screeningový test zaměřený na detekci nejčastěji se vyskytujících sekvencí *CaMV 35S* promotoru, *nos* terminátoru a *bar* genu, které jsou běžně používány u GM rostlin. Limit detekce screeningové reakce byl 0,1 % GM. Celkem 54 vzorků (4,5 %) obsahovalo screeningový element. Počet pozitivních vzorků jednotlivých druhů potravin ve screeningové reakci je uveden v tabulce 3 a v obrázku 1, kde je uvedeno procentuální množství pozitivních vzorků v jednotlivých letech (SZÚ, 2024).

Tabulka 3: Počet pozitivních vzorků v letech 2008–2023

Matrice	Počet vyšetřených vzorků (n)	Počet pozitivních vzorků (n+)
Rýže	816	40
Rýžové výrobky	240	13
Rýžové pokrmy	192	3
Celkem	1248	56



Obrázek 3: Počet pozitivních vzorků v letech 2008-2023

V indické pilotní studii zaměřené na sledování výskytu GM rýže na trhu ve 30 vzorcích byla použita také pouze screeningová reakce (*P-35S*, *T-nos*, *pat* a *cryIac*). Žádný z těchto vzorků neobsahoval tyto screeningové elementy (Bharti et al., 2024). Stejně výsledky uvádí také studie provedené v Singapuru (Wang et al., 2025) a Turecku (Avsar et al., 2020).

ZÁVĚR

Získané výsledky potvrzují, že v tržní síti v ČR dochází k záchytům nepovolené GM rýže v potravinách stejně jako v jiných zemích světa. Z hlediska záchytu screeningových elementů, lze uvažovat o přítomnosti GM rýže v rýži a v rýžových výrobcích, protože není dostupná specifická metoda pro následující identifikační krok. Obdobné výsledky přítomnosti pouze screeningových elementů 35S promotor a *nos* terminátor byly zjištěny i u případů hlášených v systému RASFF. I v těchto případech také nebylo specifikováno, o kterou genetickou modifikaci se jedná.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl zpracován s podporou MZ ČR – RVO („Státní zdravotní ústav – SZÚ, IČ 75010330).

LITERATURA

Avsar, B., Sadeghi, S., Turkec, A., Lucas, S. J. (2020): Identification and quantitation of genetically modified (GM) ingredients in maize, rice, soybean and wheat-containing retail foods and feeds in Turkey. [online]. *Journal of Food Science and Technology*, , 57, 787–793. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04080-2>.

Bharti, U., Gaur, P, Kaur, K, Singh, M. (2024): Tracking genetically modified (GM) rice ingredients in samples of packed rice and food products from the marketplace in India: a pilot study for regulatory compliance. [online]. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 22, 263–269. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s40201-024-00892-3>

ČSN EN ISO 21569:2005/Změna A1:2013 – Potraviny – metody pro detekci geneticky modifikovaných organismů a odvozených produktů – Metody založené na kvalitativním stanovení kyseliny nukleové

EU (2025): Food and Feed Information Portal Database. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/gmo/search> , (citováno dne 4. 2. 2025).

EURL GMFF (2006): Qualitative PCR method for detection of rice Phospholipase D alpha 2 gene (pld). [online] Dostupné z: <https://gmo-crl.jrc.ec.europa.eu/gmomethods/show/QL-TAX-OS-002/>

FAOSTAT (2025): Dostupné z: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>, (citováno dne 3. 2. 2025)

Fraiture, M.-A., Roosens, N., Taverniers, I., De Loose, M., Deforce, D., Herman, P. (2016): Biotech rice: current developments and future detection challenges in food and feed chain. [online]. *Trends in Food Science & Technology* 52, 66 –79. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.011>

Fraiture, M.-A., Herman, P., De Loose, M., Debode, F., Roosens, N. H. (2017): How can we better detect unauthorized GMOs in food and feed chains. [online]. *Trends in Biotechnology*, 35 (6). Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2017.03.002>

Chaouachi, M., Nabi, N., Hafsa, B.A., Zellama, M.S., Skhiri, F., Said, K (2013): Monitoring of genetically modified food and feed in the Tunisian market using qualitative and quantitative real-time pcr [online]. *Food Sci. Biotechnol*, 22(4), 1–10. Dostupné z: doi: 10.1007/s10068-013-

ISAA (2025): GM Approval Database. Rice (*Oryza sativa* L.) [Internet] 2024 [citováno 52. 2. 2025] Dostupné z: <https://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/crop/default.asp?CropID=17&Crop=Rice>

ROZHODNUTÍ KOMISE 2006/578/ES ze dne 23. srpna 2006 o mimořádných opatřeních týkajících se nepovoleného geneticky modifikovaného organismu LL RICE 601 v produktech z rýže.

ROZHODNUTÍ KOMISE 2008/289/ES ze dne 3. dubna 2008 o mimořádných opatřeních týkajících se nepovoleného geneticky modifikovaného organismu „Bt 63“ v produktech z rýže.

SZÚ (2024): Výsledky systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí 2023, subsystém 4 „Zdravotní důsledky zátěže lidského organismu cizorodými látkami z potravinových řetězců, Dietární expozice“. SZÚ Praha [online]. Dostupné z: https://szu.gov.cz/wp-content/uploads/2024/11/Vysledky_systemu_-2023.pdf

Wang, Y., Lin, J. K., Teo, E. H. S., Tan, Y.Q., Wu, Y., Chng, K. R., Chan, J. S. H., Tan, L. K. (2025): Monitoring of genetically modified crops in food products in Singapore [online]. *Food control* 171. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.111092>

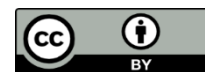
Kontaktní adresa: Ing. Veronika Kýrová, Ph. D., Státní zdravotní ústav, Centrum zdraví, výživy a potravin, Palackého 3a, 612 00 Brno, e-mail: kyrova@chpr.szu.cz

IMPACT OF UV-C LIGHT TREATMENT ON *LISTERIA MONOCYTOGENES* IN HYDROPONIC LETTUCE AND QUALITY ASSESSMENT

Ivannova Lituma¹ – Achyut Adhikari¹

¹School of Nutrition and Food Sciences, LSU AgCenter, Baton Rouge, LA

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0183>



ABSTRACT

Controlled agriculture environments, such as hydroponic systems, are a rapidly expanding industry. However, research indicates that these systems can foster microbial growth, highlighting the importance of effective decontamination methods to mitigate the risk of foodborne illnesses. This study evaluated the effect of UV-C light against *Listeria monocytogenes* on hydroponically grown lettuce and seeds. Lettuce leaves were spot inoculated (100 μ L) with *Listeria monocytogenes* cocktail and exposed to UV-C light (0.28mW/cm²) for 10 to 50 seconds in 10-second increments and 1 to 5 minutes in 1-minute increments. UV- treated leaves were stored at 4C° and visually inspected for 5 days. Additionally, the smooth and rough surfaces of lettuce leaves were inoculated and exposed to UV-C light. Lettuce plants growing in a hydroponic system were spot inoculated with *Listeria* 15 days after germination and treated with UV-C light for 50s every day between days 16-25. Lettuce seeds (n=40) were inoculated with *Listeria* and exposed to UV-C light (0.28mW/cm²) prior to germination for 0–40 min and the rate of germination (%) was measured. Seeds treated with UV-C did not present significant impact on germination percentage ($P<0.05$). Significant reductions in *Listeria* levels in seeds were observed after 20- and 40-min treatment (0.94 ± 0.32 log CFU/g). UV-C light significantly reduced *Listeria* levels on lettuce leaves within 40 and 50s 0.92 ± 0.22 and 1.14 ± 0.22 log CFU/g respectively and remained similar up to four min treatment. *Listeria* reduction was significantly different ($P<0.05$) between the smooth and rough surfaces of lettuce leaves. No significant ($P>0.05$) effect was found on the color, and the weight, irrespective of the UV-C time exposure. UV-C treatment decreased *Listeria* levels in the hydroponic system after two days of treatment (3.85 ± 1.09 log CFU/g). UV-C could be a potential intervention strategy to minimize the food safety risk of fresh produce in a hydroponic system.

Keywords: UV-C light treatment, hydroponic systems, lettuce

Contact Information: Ivannova Lituma, School of Nutrition and Food Sciences, LSU AgCenter, Baton Rouge, LA.

ZARUČENÉ TRADIČNÍ SPECIALITY

TRADITIONAL SPECIALITIES GUARANTEED

Petra Mačáková¹ – Kamila Novotná Kružíková¹

¹Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství,
Fakulta veterinární hygieny a ekologie, VETUNI, Palackého tř. 1, 612 42 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0184>



ABSTRAKT

Zaručené tradiční speciality se řídí nově nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/1143. V tomto jakostním režimu mohou být produkty a potraviny se specifickými vlastnostmi označovány jako zaručení tradiční specialita. Cílem tohoto systému je zachovat tradiční metody produkce a tradiční receptury, chránit potraviny s tradičním charakterem a propagovat jejich jedinečný profil na trhu. V České republice pak tuto problematiku zároveň reguluje zákon č. 452/2001 Sb. Potraviny registrované jako zaručená tradiční specialita jsou veřejně přístupné v databázi eAmbrosia. Postup pro zápis do tohoto seznamu má dvě fáze, a to vnitrostátní a unijní. V České republice je v režimu zaručené tradiční speciality registrována „Pražská šunka“ a společně se Slovenskou republikou jsou registrovány čtyři potraviny a to „Špekáčky“, „Liptovský salám“, „Spišské párky“ a „Lovecký salám“.

Klíčová slova: nařízení, zákon, eAmbrosia, zápis

ABSTRACT

Traditional specialties guaranteed are now governed by Regulation (EU) 2024/1143 of the European Parliament and of the Council. Under this quality regime, products and foodstuffs with specific characteristics may be referred to as a traditional specialty guaranteed. The aim of this system is to preserve traditional production methods and recipes, to protect food with a traditional character and to promote its unique profile on the market. In the Czech Republic, this issue is also regulated by Act No. 452/2001 Coll. List of registered as a guaranteed traditional specialty are publicly available in the eAmbrosia database. The procedure for inclusion in this list has two stages, national and EU. In the Czech Republic, "Prague ham" is registered under the regime of the protected guaranteed traditional specialty and together with the Slovak Republic, four foodstuffs are registered, namely "Špekáčky", "Liptovský salám", "Spišské párky" and "Lovecký salám".

Keywords: regulation, act, eAmbrosia, notation

ÚVOD

Občané a spotřebitelé v Evropské unii stále více požadují jakostní, tradiční a dostupné produkty mající jedinečné vlastnosti a charakteristiky, které lze přičíst jejich původu a způsobu produkce. Režimy jakosti v Evropské unii zahrnují systémy na podporu a ochranu potravin s tradičními postupy výroby, specifickými vlastnostmi a dlouhodobou tradicí. Jedním z těchto režimů je zaručená tradiční specialita (dále také „ZTS“), která má za cíl zachovat tradiční metody produkce a tradiční receptury, chránit potraviny s tradičním

charakterem a propagovat jejich jedinečný profil na trhu. Produkty s označením ZTS nemusejí být spjaty s konkrétní geografickou oblastí, avšak jejich receptura, složení či postup přípravy musí být tradiční a významně se odlišující od obdobných produktů na trhu.

Zvláštním cílem režimu zaručených tradičních specialit je pomáhat producentům tradičních produktů informovat spotřebitele o charakteristikách jejich produktů, které představují přidanou hodnotu. Aby se zabránilo vytváření nerovných podmínek hospodářské soutěže, každý producent, včetně producenta ze třetí země, má možnost používat název zaručené tradiční speciality zapsaný do rejstříku za předpokladu, že dotčený produkt splňuje požadavky příslušné specifikace a producent podléhá systému kontrol.

Produkty nesoucí chráněné názvy jsou pro spotřebitele zárukou určité kvality a tradice. Než jsou chráněné názvy zapsány do rejstříku těchto chráněných názvů, jsou podrobeny důkladnému přezkumu oprávněnosti žádosti o zápis ze strany členského státu, následně Komise a v průběhu schvalování žádosti i všech hospodářských subjektů z EU, případně i zemí mimo EU. Zapsané názvy jsou chráněny, to znamená, že nesmí být použity na produktech, které nesplňují specifikaci pro zapsaný název. Na produktech nesmí být používány ani jiné názvy, které by mohli připomínat zapsaný název, aby nebyl spotřebitel uváděn v omyl. Nelze chránit názvy – druhové názvy nebo názvy, které jsou v rozporu s registrovaným označením, ochrannou známkou, odrůdou rostliny anebo plemenem zvířat. Produkty vyrobené v souladu s příslušnou specifikací produktu se na etiketě mohou označit slovy „zaručená tradiční specialita“, zkratkou „ZTS“ a symbolem Unie odkazujícím na zaručenou tradiční specialitu (Obrázek 1). Symbol Unie musí být ve stejném zorném poli jako zapsaný název. Požadavky na označování zapsané tradiční speciality musí být v souladu s nařízením (EU) č. 1169/2011 stanovené v článku 13, pokud jde o způsob uvádění povinných údajů na potravinách.



Obrázek 4: Symbol Unie ZTS

Legislativa

Zaručená tradiční specialita je označení, které identifikuje produkt s tradičními vlastnostmi, které odpovídají normám stanoveným v legislativě Evropské unie. Tento režim je definován nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 2024/1143 o zeměpisných označeních pro víno, lihoviny a zemědělské produkty, jakož i zaručené tradiční speciality, a o nepovinných údajích o jakosti pro zemědělské produkty, kterým se mění nařízení (EU) č. 1308/2013, (EU) 2019/787 a (EU) 2019/1753 a zrušuje nařízení (EU) č. 1151/2012, které stanoví podmínky ochrany, registrace a použití označení.

Prováděcími nařízeními jsou:

- Prováděcí nařízení Komise (EU) 2025/26, kterým se stanoví prováděcí pravidla k nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/1143, pokud jde o zápisy, změny, rušení, prosazování ochrany, označování a oznamování souvislosti se zeměpisnými označeními a zaručenými tradičními specialitami, a kterým se mění prováděcí nařízení (EU) 2019/34, pokud jde o zeměpisná označení v odvětví vína, a zrušují prováděcí nařízení (EU) č. 668/2014 a (EU) 2021/1236
- Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) 2025/27, kterým se doplňuje nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/1143 o pravidla týkající se zápisu a ochrany zeměpisných označení, zaručených tradičních specialit a nepovinných údajů o jakosti a kterým se zrušuje nařízení v přenesené pravomoci (EU) č. 664/2014

Z národní legislativy tuto problematiku upravuje zákon č. 452/2001 Sb., o ochraně označení původu a zeměpisných označení a o změně zákona o ochraně spotřebitele, ve znění pozdějších předpisů.

Požadavky na zápis zaručené tradiční speciality

Aby mohl být zapsán název jako zaručená tradiční specialita, tak musí popisovat produkt, který je výsledkem způsobu produkce, zpracování nebo složení, které odpovídá tradičním postupům pro daný produkt anebo je vyroben ze surovin nebo složek, které jsou tradičně používány. Název se zapíše jako zaručená tradiční specialita, pokud je tradičně používán jako název produktu nebo označuje tradiční povahu produktu. Název se nezapíše, pokud se vztahuje pouze k údajům obecné povahy používaným pro skupinu produktů nebo k údajům stanoveným zvláštními právními předpisy Unie.

Zápis zaručené tradiční speciality

Postup pro zápis výrobku nebo potraviny do seznamu ZTS je uveden v nařízení (EU) 2024/1143 a jeho prováděcích nařízeních. Pro zápis musí být podána žádost o zápis do seznamu vedeného Evropskou komisí, kterým je databáze eAmbrosia. Žadatelem může být pouze seskupení producentů, kterým je sdružení složené z producentů stejného produktu, jehož název je navržen k zápisu, bez ohledu na jeho právní formu. Může jím být i jediný producent, pokud prokáže, že splňuje stanovené podmínky, a to že je jediným producentem, který je ochoten žádost o zápis podat. Společnou žádost o zápis může podat několik seskupení producentů z různých členských států nebo třetích zemí. Zápis zaručené tradiční speciality probíhá ve dvou fázích, a to na vnitrostátní a unijní úrovni.

Vnitrostátní fáze postupu o zápis: žádost o zápis názvu jako zaručené tradiční speciality musí obsahovat název a adresu žádajícího seskupení producentů a specifikaci produktu (článek 54) uvedené v nařízení (EU) 2024/1143. Specifikace produktu zahrnuje název produktu, popis produktu, popis metody produkce a hlavní prvky vytvářejících tradiční povahu produktu. Specifikace produktu může také obsahovat požadavky na označování. Žádost se podává příslušným orgánům členského státu, v České republice je to Ministerstvo zemědělství Sekce potravinářství. Ministerstvo zemědělství (dále také „MZe“) žádost přezkoumá

a zkontroluje, zda splňuje podmínky pro zápis. V rámci přezkumu umožní, aby se k žádosti mohly vyjádřit oprávněné osoby z ČR zveřejněním žádosti o zápis, a stanoví se lhůta, podle nařízení (EU) 2024/1143 nejméně jednoho měsíce ode dne zveřejnění. Zákon č. 452/2001 Sb. stanoví tříměsíční lhůtu a povinnost zveřejnit žádost ve Věstníku vydávaném Úřadem pro průmyslové vlastnictví. Námitku proti žádosti o zápis může podat jakákoli fyzická nebo právnická osoba, která má oprávněný zájem a je usazena nebo má bydliště v České republice. Podmínky námitkového řízení jsou popsány v § 21 zákona č. 452/2001 Sb. Pokud se MZe po přezkoumání a posouzení domnívá, že jsou splněny požadavky nařízení (EU) 2024/1143, přijme kladné rozhodnutí a podá žádost o zápis v unijní fázi. Ministerstvo zemědělství zajistí, aby kladné rozhodnutí a odpovídající specifikace produktu byly zveřejněny, a přístup ke specifikaci produktu poskytne elektronickou cestou.

Unijní fáze postupu o zápis: žádost o zápis zaručené tradiční speciality obsahuje specifikaci produktu, prohlášení Ministerstva zemědělství potvrzující, že žádost splňuje podmínky pro zápis a informace o veškerých přípustných námitkách na vnitrostátní úrovni. Žádost se předá Evropské komisi elektronicky prostřednictvím digitálního systému. Evropská komise žádost přezkoumá, ověří zda obsahuje požadované informace a přihlédně k výsledku vnitrostátního přezkumu a námitkového řízení v dotčeném členském státě. Doba přezkumu nesmí být delší než šest měsíců ode dne přijetí žádosti. Evropská komise si může od žadatele vyžádat jakékoli nezbytné další informace nebo změny žádosti, v tomto případě nepřekročí doba přezkumu pět měsíců ode dne, kdy Evropská komise obdržela odpověď žadatele. Pokud Evropská komise rozhodne, že jsou splněny všechny podmínky stanovené v nařízení (EU) 2024/1143, zveřejní v Úředním věstníku Evropské unie specifikaci produktu. Od tohoto dne po dobu tří měsíců běží námitkové řízení na úrovni Unie, kdy mohou být podávány námitky. V případě podání námitek Komise posoudí přípustnost námitek a pokud posoudí jako námitky přípustné, vyzve do pěti měsíců namítajícího a žadatele, aby přiměřenou dobu (maximálně 3 měsíce) vedli náležité konzultace, kde si vzájemně poskytnou relevantní informace. Žadatel do jednoho měsíce od ukončení konzultací oznámí Komisi výsledek konzultací a dosažení dohody, případně oznámí změnu žádosti. V závěrečné fázi Evropská komise dokončí posouzení žádosti o zápis v unijní fázi, pokud se na základě jí dostupných informací a vyplývajících z přezkumu domnívá, že nejsou splněny všechny podmínky, žádost o zápis zamítne prostřednictvím prováděcích aktů. Naopak pokud bylo vše v souladu s nařízením (EU) 2024/1143, tak Evropská komise prostřednictvím prováděcích aktů zapíše zaručenou tradiční specialitu do rejstříku. Unijní rejstřík zaručených tradičních specialit (eAmbrosia) je veřejně přístupný, majitelem je Evropská komise.

Zapsané zaručené tradiční speciality

V současné době je v rejstříku eAmbrosia zapsáno celkem 84 zaručených tradičních specialit, z toho devět jich je ze třetích zemí a 75 z členských států Evropské unie. Česká republika má v rejstříku zapsaných pět produktů živočišného původu. Spolu se Slovenskou republikou má zapsané „Špekáčky“, „Liptovský salám“, „Spišské párky“ a „Lovecký salám“, Česká republika samotná má pak zapsán jeden masný výrobek

a to „Pražská šunka“. Slovenská republika má zapsané další tři potraviny a to „Ovčí salašnícky údený syr“, „Bratislavský rožok/Pozsonyi kifli“ a „Ovčí hrudkový syr – salašnícky“.

Zatím poslední zapsanou zaručenou tradiční specialitou je „Arroz de Sarrabulho à moda de Ponte de Lima“, hotové jídlo, které si nechalo zapsat Portugalsko, postup zápisu byl ale ještě v souladu s předchozí legislativou (nařízením (EU) č. 1151/2012, které bylo zrušeno a nahrazeno nařízením (EU) 2024/1143 s účinností od 13. května 2024).

Kontrolu nad uváděním potravin s ZTS na trh má v České republice Státní zemědělská a potravinářská inspekce a Státní veterinární správa.

ZÁVĚR

Označení potravin kulatou známkou zaručená tradiční specialita má svá pravidla, která se řídí jak evropským, tak národním právem. Řízení o zápisu se vede v ČR u Ministerstva zemědělství, rozhodnutí pak vydává Evropská Komise, která zapisuje specifikaci produktu do veřejné databáze eAmbrosia. V současné době má Česká republika registrovanou jednu zaručenou tradiční specialitu – „Pražskou šunku“, společně se Slovenskou republikou pak další čtyři potraviny ze skupiny masných výrobků.

LITERATURA

Evropská komise (2024): eAmbrosia rejstřík zeměpisných označení EU. [on-line]. [cit.3.2.2024]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/agriculture/eambrosia/geographical-indications-register/tsg>.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/1143 ze dne 11. dubna 2024 o zeměpisných označeních pro víno, lihoviny a zemědělské produkty, jakož i zaručené tradiční speciality, a o nepovinných údajích o jakosti pro zemědělské produkty, kterým se mění nařízení (EU) č. 1308/2013, (EU) 2019/787 a (EU) 2019/1753 a zrušuje nařízení (EU) č. 1151/2012. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské Unie [vid 21-01-2025]. Dostupné z <https://eur-lex.europa.eu/>.

Nařízení Komise (EU) 2025/27 ze dne 30. října 2024, kterým se doplňuje nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/1143 o pravidla týkající se zápisu a ochrany zeměpisných označení, zaručených tradičních specialit a nepovinných údajů o jakosti a kterým se zrušuje nařízení v přenesené pravomoci (EU) č. 664/2014. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské Unie [vid 21-01-2025]. Dostupné z <https://eur-lex.europa.eu/>.

Prováděcí nařízení Komise (EU) 2025/26 ze dne 30. října, kterým se stanoví prováděcí pravidla k nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/1143, pokud jde o zápisy, změny, rušení, prosazování ochrany, označování a oznamování v souvislosti se zeměpisnými označeními a zaručenými tradičními specialitami, a kterým se mění prováděcí nařízení (EU) 2019/34, pokud jde o zeměpisná označení v odvětví vína, a zrušují prováděcí nařízení (EU) č. 668/2014 a (EU) 2021/1236. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské Unie [vid 21-01-2025]. Dostupné z <https://eur-lex.europa.eu/>.

Zákon č. 452/2001 Sb., o ochraně označení původu a zeměpisných označení a o změně zákona o ochraně spotřebitele. In: e-Sbírka [online]. Ministerstvo vnitra České republiky [vid 21-01-2025]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz>.

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

NUTRIČNÍ HODNOCENÍ KULINÁRNĚ UPRAVENÝCH RYB

NUTRITIONAL EVALUATION OF CULINARY PREPARED FISH

Zuzana Měřinská¹ – Klára Horáková¹ – Dagmar Ostrovská¹ – Irena Řehůřková¹ – Jiří Ruprich¹

¹Centrum zdraví, výživy a potravin, SZÚ, Palackého tř. 3a, 612 42 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0190>



ABSTRAKT

V dnešní době roste povědomí o nutričních výhodách konzumace ryb a i jejich dostupnost pro běžného spotřebitele. Znalost nutričního obsahu kulinárně upravených ryb napomáhá spotřebiteli lépe se orientovat v nabízeném sortimentu ryb. Doporučeno je jíst rybí pokrmy alespoň dvakrát týdně. Nejlepší variantou je konzumace tučnějších ryb, jako je například losos, makrela, pstruh nebo kapr. Nejčastěji je u ryb sledován obsah vlhkosti, bílkovin, tuku a komplexní profil mastných kyselin. Množství bílkovin a omega-3 mastných kyselin, obsažených v rybách a v produktech z nich, je sledován z důvodu jejich pozitivního účinku při prevenci a léčbě kardiovaskulárních, zánětlivých a neurologických onemocnění.

Klíčová slova: ryby, nutriční složení, tuk, omega-3 mastné kyseliny

ABSTRACT

Awareness of the nutritional benefits of eating fish and its availability for the average consumer is growing nowadays. Knowing the nutritional content of cooked fish helps the consumer to make a better decision according to his requirements and needs. It is recommended to eat fish dishes at least twice a week. The best option is to eat fattier fish, such as salmon, mackerel, trout or carp. The moisture content, protein, fat and complex profile of fatty acids are most often monitored in fish. The amount of protein and omega-3 fatty acids contained in fish and fish products is monitored for their positive effect in the prevention and treatment of cardiovascular, inflammatory and neurological diseases.

Keywords: fish, nutritional composition, fat, omega-3 fatty acid

ÚVOD

Ryby jsou považovány za nutričně hodnotnou součást lidské stravy, protože obsahují jak makroživiny, bílkoviny a tuky, tak mikroživiny, vitamíny a minerály. Ryby tedy hrají zásadní roli jako součást lidské stravy pro zdraví a imunitu (Chew, 2024). Z nutričního hlediska jsou nejzajímavější složkami rybího masa bílkoviny 15–25 % (aminokyseliny) a tuk 0,2–35 % (mastné kyseliny). Voda tvoří 50–80 % celkového složení ryb, minerální soli (obvykle označované jako popel) a vitamíny obsahují 0,8–1,5 %. Sacharidy a vláknina jsou v rybách prakticky nulové (přibližně < 0,5 %). Kalorická hodnota ryb úzce souvisí s obsahem tuku a liší se podle druhu, velikosti, stravy a ročního období.

Obsah bílkovin v rybím mase je na rozdíl od tuku vysoce konstantní, nezávislý na sezónních změnách souvisejících s krmným a reprodukčním cyklem a vykazuje pouze malé rozdíly mezi druhy (Ullah, 2022).

Rybí maso je z výživového hlediska považováno za velmi kvalitní zdroj všech esenciálních aminokyselin a je velmi dobře stravitelné. Rybí proteiny jsou zdrojem bioaktivních peptidů, o kterých je známo, že mají několik prospěšných fyziologických funkcí, včetně antihypertenzních, antioxidačních, imunomodulačních, antimikrobiálních, prebiotických, antitrombotických a hypocholesterolemických účinků (Ryan, 2011).

Ryby jsou také významným zdrojem biologicky aktivních mastných kyselin (MK), kyseliny dokosaheptaenové (DHA) a kyseliny eikosapentaenové (EPA), které si v našem těle nedokážeme syntetizovat. DHA hraje důležitou roli ve vývoji mozku plodu a rozvoji motoriky a zrakové ostrosti u kojenců. Je obecně známo, že zvýšený příjem omega-3 MK snižuje riziko kardiovaskulárních onemocnění a hladinu cholesterolu v krvi (Vráblík, 2007). Mezi další prospěšné funkce DHA a EPA patří omezení vzniku chronického zánětu v těle a tím působí preventivně proti ateroskleróze, demenci, revmatoidní artritidě a Alzheimerově chorobě (Mohanty, 2016). Největší obsah omega-3 MK je v tučných rybách z chladných vod (losos, makrela apod.). Podle výživových doporučení bychom měli jíst ryby nebo rybí výrobky dvakrát až třikrát týdně (Měřínská, 2024) se snahou docílit příjem minimálně 250 mg EPA + DHA za den (EFSA, 2010).

Kulinární úprava je důležitým procesem pro eliminaci patogenních mikroorganismů v rybách, ale současně však může docházet ke snížení obsahu benefičních látek, zejména vlivem tepelné oxidace např. omega-3 MK nebo přidáním nevhodných olejů, který změní původní příznivý profil MK (Biandolino, 2023). Doporučenou kulinární úpravou ryb je dušení, vaření v páře, pečení a případně šetrné smažení na řepkovém oleji (Tan, 2023). Vaření také zlepšuje stravitelnost a biologickou dostupnost živin i senzorické vlastnosti, jako je chuť a textura masa (Chew, 2024).

V laboratořích SZÚ CZVP Brno byla zpracována studie s cílem vyhodnotit možnosti z pohledu spotřebitele, zmapovat rozšiřující se sortiment mořských i sladkovodních ryb na trhu v ČR a objektivně posoudit přínosy a rizika konzumace ryb populací ČR (Měřínská, 2024, Řeháková, 2024, Šmoldas 2024), a tím usnadnit spotřebiteli navýšení konzumace ryb.

MATERIÁL A METODIKA

Odběr vzorků byl proveden formou nákupu 13 běžně dostupných druhů čerstvých ryb, vždy po třech vzorcích od jednotlivého druhu v několika běžných obchodních řetězcích a prodejně ryb. Výběr obsahoval ryby o různých tučnostech sladkovodní i mořské, ryby chované na farmách i lovené v různých oblastech. Při odběru vzorků byla uplatněna metodologie využívaná v rámci monitorování dietární expozice (MDE), která je součástí projektu Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí (SZÚ, 2023), který v loňském roce oslavil 30. výročí založení. Vzorky ryb a rybích výrobků jsou v tomto projektu sledovány od počátku.

Při evidenci nakoupeného zboží byly z etikety podchyceny všechny dostupné informace např. název zboží, datum spotřeby, místo chovu nebo odlovu – FAO, výrobce nebo dovozce, množství, charakter vzorku (kuchaná, celá, půlka ryby, filet, přítomnost kůže, apod.).

Vzorky zakoupených ryb byly tepelně upraveny pečením, které odpovídá zvyklostem spotřebitele v České republice, tj. standardní kulinární úpravou používanou v projektu MDE za využití multifunkční technologie (konvektomat). Vypečený tuk a kůže byla přidána ke vzorku (případné kosti a jiné nejdle části byly odstraněny), vše homogenizováno a distribuováno do jednotlivých laboratoří ke specializovaným analýzám. Všechny použité analytické metody jsou akreditovány ČIA podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018. Celkový obsah bílkovin byl stanoven metodou dle Khejdala. Popel, sušina a celkový tuk byly stanoveny gravimetricky. Hodnota sacharidů a energetická hodnota byly stanoveny dopočtem z naměřených hodnot. Po gravimetrickém stanovení celkového tuku extrakcí organickými rozpouštědly následovala analýza mastných kyselin plynovou chromatografií s plamenově ionizační detekcí GC/FID.

VÝSLEDKY A DISKUZE

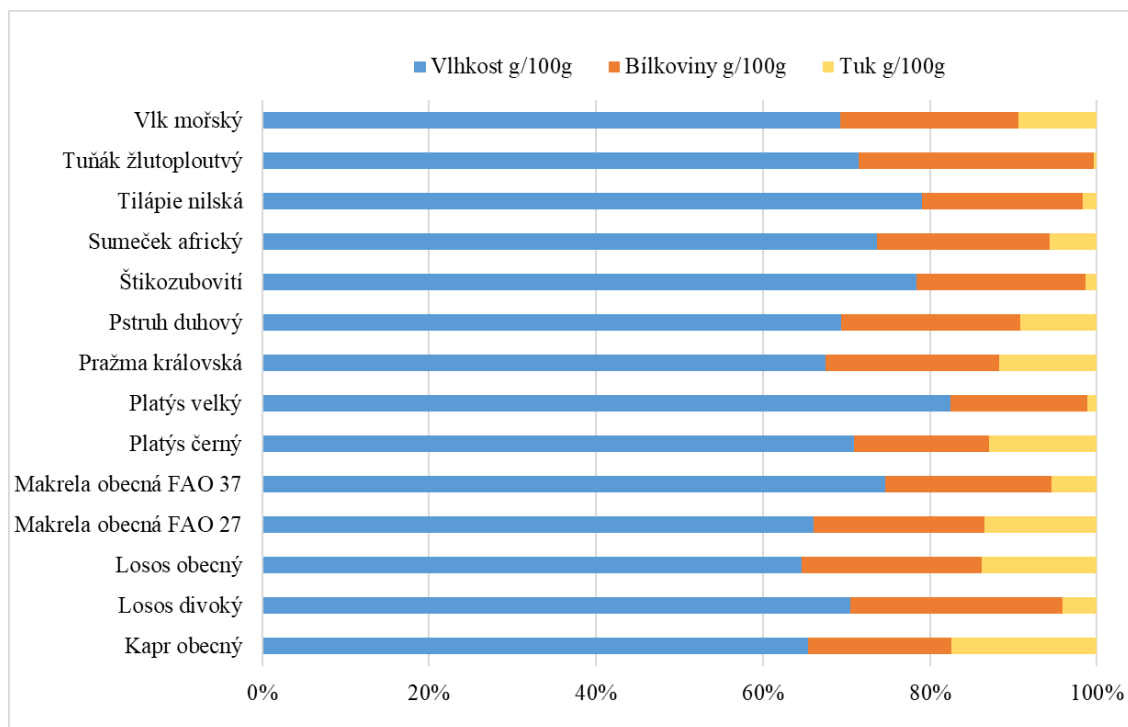
Stručný přehled a výběr informací o nakoupených vzorcích ryb je uvedený v tabulce 1. Při nákupu a evidenci bylo zachyceno několik odlišností. Například variabilita v označení a skutečném názvu skupiny štikozubovitých ryb, jako je štika mořská nebo hejk. Vždy se jednalo o dravé ryby s málo tučným bílým masem (okolo 1 %) a velmi málo rozdílným nutričním složením. Jinak tomu bylo v případě rozdílů ryb platýsovitých. Platýs černý (halibut grónský), prodáváný často ve formě filetu bez kůže, je chutná výživná mořská ryba s větším množstvím tuku (12,6 %), naopak platýs velký (platýs evropský) prodáváný jako celá ryba poskytuje velmi libové maso s nízkým obsahem tuku (1,1 %), viz obrázek 1.

Tabulka 1: Přehled a stručný popis nakoupených ryb

Název zboží	Nakoupeno ve stavu	Země původu/FAO
Kapr obecný	Celá ryba s kůží, kuchaná	Česká republika
<i>Losos divoký</i>	Filet s kůží	Severovýchodní Tichý oceán/ 67
<i>Losos obecný</i>	Filet s kůží	Norsko/ 27
Makrela obecná	Celá ryba s kůží, kuchaná	Severovýchodní Atlantik/ 27
Makrela obecná	Celá ryba s kůží, kuchaná	Středoziemní moře/ 37
<i>Platýs černý - halibut</i>	Filet bez kůže	Severozápadní Atlantik/ 21
<i>Platýs velký</i>	Celá ryba s kůží, kuchaná	Severovýchodní Atlantik/ 27
Pražma královská	Celá ryba s kůží, kuchaná	Chov Řecko
Pstruh duhový	Celá ryba s kůží, kuchaná	Francie, Polsko/ 05
<i>Štika mořská, Hejk</i>	Filet s kůží	JAR/ 47
Sumeček africký	Filet bez kůže	Nizozemí, Slovensko/ 05
Tilápie nilská	Filet bez kůže	Chov Čína/ 04
Tuňák žlutoploutvý	Filet bez kůže	Středoziemní Tichý oceán/ 71
Vlk mořský	Celá ryba s kůží, kuchaná	Chov Řecko a Turecko

Odlišnou hodnotu tuku jsme zaznamenali i u vzorků lososa a makrely. Oranžové maso lososa má jemně aromatickou chuť a vyšší obsah tuku. Běžně dostupný losos obecný je úspěšně chován v akvakulturách (např. v Norsku) a má třikrát vyšší obsah tuku (13,2 %) oproti sezóně lovenému lososu divokému (pobřeží Aljašky). Maso makrely obecné má jemnou konzistenci, nahnědlou barvu a výraznou chuť. Makrela má vysoký obsah tuku závislého na ročním období a oblasti lovu. Vzorky makrely obecné pocházející ze středoziemního moře (FAO 37) obsahují poloviční množství tuku (5,3 %) a o 10 % více vody. Vliv lovné oblasti i rozdílnost v druhu

ryby je patrný z výsledků nutričního složení kulinárně upravených ryb v tabulce 2 i grafickém zpracování na obrázku 1.



Obrázek 1: Zastoupení významných nutričních složek v kulinárně upravených rybách

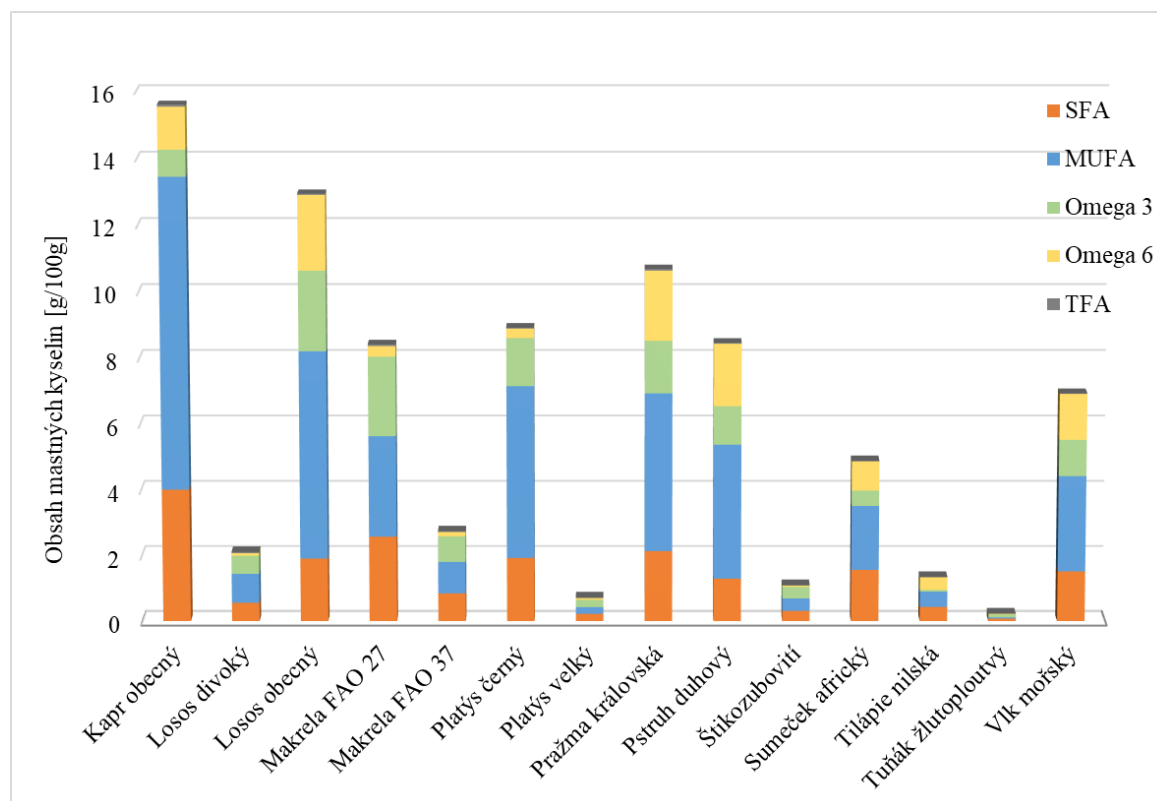
Tabulka 2: Nutriční složení kulinárně upravených ryb

	Vlhkost		Bílkoviny		Tuk		Popel		Energie	
	g/100 g	RSD	g/100 g	RSD	g/100 g	RSD	g/100 g	RSD	kcal/100 g	RSD
Kapr obecný	63.88	3.02	16.75	1.51	16.96	1.90	1.07	0.40	225	18
Losos divoký	69.02	0.60	24.90	1.28	4.04	0.89	1.59	0.17	138	3
Losos obecný	62.18	0.84	20.69	1.80	13.24	2.11	1.44	0.22	212	8
Makrela obecná FAO 27	62.37	0.68	19.43	1.24	12.66	1.17	1.53	0.44	208	10
Makrela obecná FAO 37	73.00	0.65	19.42	0.80	5.32	1.20	1.34	0.05	129	8
Platýs černý	69.27	0.48	15.71	0.26	12.64	1.14	0.81	0.11	183	8
Platýs velký	81.07	2.75	16.18	3.48	1.11	0.15	0.99	0.24	77	12
Pražma královská	64.70	2.53	19.98	0.27	11.19	1.30	1.39	0.08	192	15
Pstruh duhový	68.17	3.04	21.01	1.71	9.04	0.75	1.35	0.09	167	15
Štikozubovití	77.29	0.47	20.07	0.32	1.29	0.34	1.18	0.20	93	3
Sumeček africký	72.25	0.66	20.40	0.05	5.50	0.54	1.02	0.10	134	6
Tilápie nilská	78.13	0.65	18.97	0.93	1.69	0.35	0.95	0.20	92	4
Tuňák žlutoploutvý	70.36	1.22	27.72	1.06	0.33	0.05	1.48	0.11	114	4
Vlk mořský	67.81	1.83	20.88	1.20	9.22	2.54	1.41	0.19	169	20

Kulinárně upravené vzorky platýse velkého, tilápie nilské a ryb z čeledě štikozobovitých (mořská štika) měly největší obsah vody cca 80 %, nižší obsah tuku 1–1,5 % a celkově nejnížší energetickou hodnotu do 100 kcal/ 100 g. Maso z tuňáka žlutoploutvého obsahovalo velmi malé množství tuku do 0,5 %, naproti tomu největší obsah bílkovin ze všech vzorků ryb (27,7 %). Vzorky ryb s obsahem tuku větším než 10 % a tím i největší energetickou hodnotou byly kapr obecný, losos obecný, makrela obecná (FAO 27), platýs

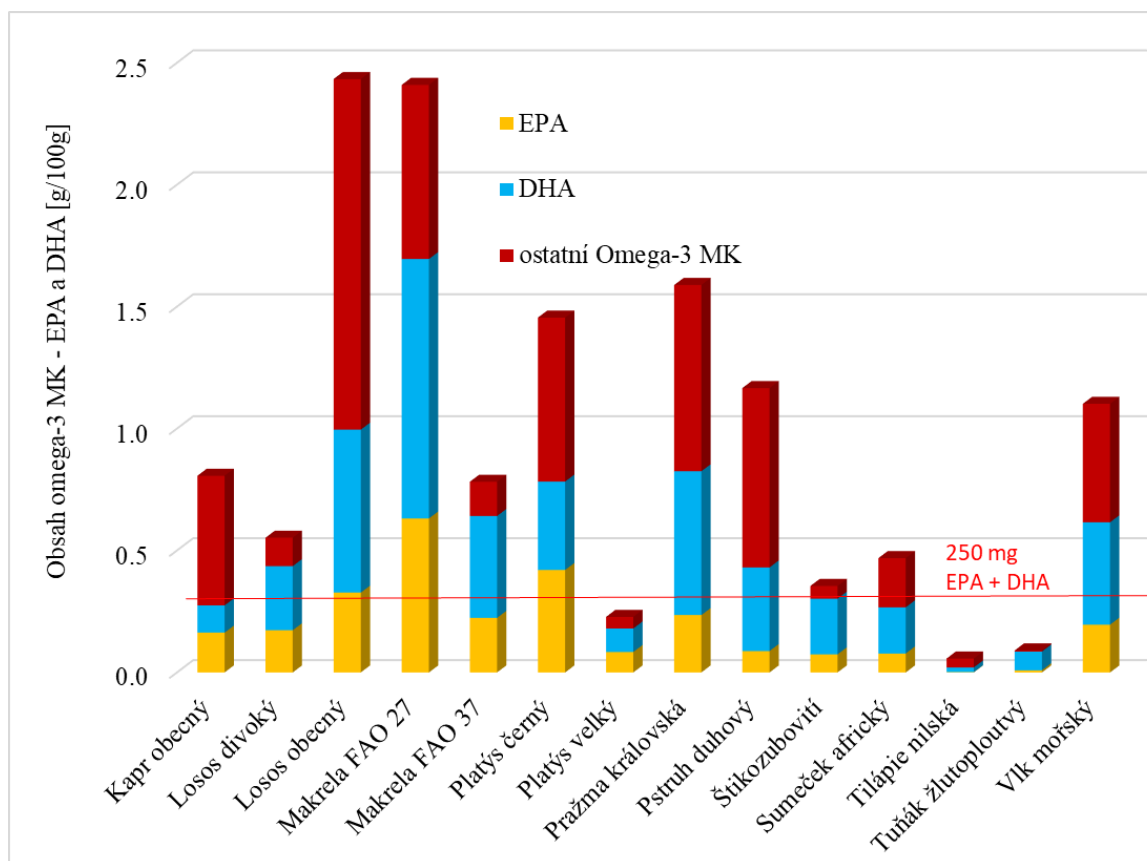
černý a pražma královská (183–225 kcal/ 100 g). Nejvyšší hodnotu popela (okolo 1,5 %), představující obsah minerálních látek byl největší u vzorků ryb s vyšším obsahem bílkovin, např. losos a tuňák.

Zastoupení mastných kyselin v tuku kulinárně upravených ryb je zpracováno na obrázku 2. Průměrná hodnota tuku extrahovaná z ryb obsahovala 20–35 % nasycených, 35–45 % mononenasycených, 30–45 % polynenasycených mastných kyselin. Výjimkou je tuk z kapra obecného, který obsahoval okolo 60 % mononenasycených a 15 % polynenasycených mastných kyselin. Mezi tučnější ryby s vysokým obsahem omega-3 MK patří losos obecný, makrela obecná, platýs černý (halibut), pražma královská, pstruh duhový a vlk mořský.



Obrázek 2: Zastoupení mastných kyselin v kulinárně upravených rybách

Množství omega-3 MK bylo podstatně nižší u vzorků nízkotučných ryb tuňáka žlutoploutvého, tilápie nilské a platýse velkého než u ostatních ryb, jak je zřejmé z obrázku 2. Maso z tuňáka obsahovalo velmi nízké procento tuku oproti ostatním tepelně upravovaným rybám, a to okolo 0,5 %. Proto k dosažení doporučeného denního příjmu EPA + DHA (> 250 mg/den) je nutno několikanásobně navýšit porci pokrmů z tuňáka i tilápie. Dostatečný příjem kyselin EPA a DHA z platýse velkého je při porci o velikosti 200 g. U ostatních ryb není potřeba zkonzumovat porci větší než 100 g k pokrytí doporučeného denního příjmu EPA + DHA (obrázek 3).



Obrázek 3: Zastoupení omega 3 mastných kyselin v kulinárně upravených rybách

ZÁVĚR

Nutriční profilování pomáhá spotřebiteli v lepší orientaci a výběru druhu ryby vhodné pro jeho požadavky a potřeby. Hlavními složkami kulinárně upraveného rybího masa byla voda (62–81 %), bílkoviny (16–28 %) a tuky (0,3–17 %). Obsah minerálních látek stanovený jako hodnota popela byl v rozmezí 0,8–1,6 % a je největší u vzorků ryb s vyšším obsahem bílkovin, např. losos a tuňák. Obecně lze říci, že sacharidy jsou zanedbatelné, protože jsou přítomny v malém procentu vlhké hmoty (přibližně 0,1–1,5 %). Ryby s nižším obsahem vlhkosti mají vyšší obsah tuku a bílkovin a také vyšší kalorickou hodnotu. Doporučením je konzumace ryb s vyšším obsahem tuku (alespoň 6 %), např. makrela, halibut nebo losos, které jsou velmi vhodné zejména z pohledu nutričně optimálního poměru mastných kyselin. Množství jednotlivých nutričních složek je závislé na druhu, stáří, pohlaví, krmení a na prostředí, ve kterém žije.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl zpracován s podporou MZ ČR – RVO (SZÚ, 75010330).

LITERATURA

Biandolino, F., Prato, E., Grattagliano, A., Parlapiano, I. (2023): Effect of Different Cooking Methods on Lipid Content and Fatty Acid Profile of Red Mullet (*Mullus barbatus*). Polish Journal of Food and Nutrition Science. [online] 73. Dostupné z: <https://doi.org/10.31883/pjfn/159651>

Chew, S., Ch., Jak, Y., H., Tan, Ch., H., Chuo, K., M., J., Wong, S., Y., W., Degraeve, P., Nyam, L., K. (2024): The impact of cooking methods on the physical, sensory, and nutritional quality of fish. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. [online] 38. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2024.101061>

EFSA (2010): Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFSA J.* [online]. 8(3): 1461, [online]. Dostupné z: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2010.1461>

Měřinská, Z., Horáková, K., Ostrovská, D., Řehůřková, I., Ruprich, J. (2024): Stanovení vybraných polychlorovaných bifenylů a organochlorovaných pesticidů v rybách po kulinární úpravě. *Sborník přednášek a posterů Hygiena a technologie potravin. LIII. Lenfeldovy a Höklovy dny, VETUNI Brno*, 210–215, ISBN 978-80-7305-970-5.

Ryan, J., T., Ross, R., P., Bolton, D., Fitzgerald, G., F., Stanton, C. (2011): Bioactive Peptides from Muscle Sources: Meat and Fish. *Nutrients*. [online]; 31; 3(9)765–791. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu3090765>

Řeháková, J., Hornová, J., Holubová, Z., Matulová, D., Řehůřková, I., Ruprich, J. (2024): Stanovení vybraných těžkých kovů v rybách po kulinární úpravě. *Sborník přednášek a posterů Hygiena a technologie potravin. LIII. Lenfeldovy a Höklovy dny, VETUNI Brno*, 252–259, ISBN 978-80-7305-970-5.

SZÚ, (2023): Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí – subsystém IV, Zdravotní důsledky zátěže lidského organismu cizorodými látkami z potravinových řetězců, dietární expozice – Odborná každoroční zpráva za rok 2022. SZÚ, Praha. [online]. Dostupné z: https://szu.cz/wp-content/uploads/2023/11/Souhrnna_zprava_2022.pdf

Šmoldas, J., Palátová Nežiková, B., Kilbergová, M., Koblasová, D., Řehůřková, I., Ruprich, J. (2024): Stanovení vybraných biogenních aminů v rybách po kulinární úpravě. *Sborník přednášek a posterů Hygiena a technologie potravin. LIII. Lenfeldovy a Höklovy dny, VETUNI*, 266–270, ISBN 978-80-7305-970-5.

Tan, K., Huang, L., Tan K., Lim, L., Peng, Y., Cheong, K. (2023): Effects of culinary treatments on the lipid nutritional quality of fish and shellfish. *Food Chemistry*. [online]; 19.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100856>

Ullah, M. R., Rahman, M. A., Haque, M. N., Sharker, M. R., Alam, M. A. (2022): Nutritional profiling of some selected commercially important freshwater and marine water fishes of Bangladesh. *Heliyon*. [online] 8(10). Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10825>

Vrablík M. (2007): Omega-3 mastné kyseliny a kardiovaskulární onemocnění. *Interní medicína pro praxi* [online]. 9(6): 262–264, [online]. Dostupné z: <https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2007/06/02.pdf>

Kontaktní adresa: Ing. Zuzana Měřinská, Ph.D., Centrum zdraví, výživy a potravin, Státní zdravotní ústav, Palackého třída 3a, 612 00 Brno, zuzana.merinska@szu.cz.

**EXTRAKCE TUKU Z VEDLEJŠÍCH ŽIVOČIŠNÝCH PRODUKTŮ
SUMEČKA AFRICKÉHO (*CLARIAS GARIEPINUS*)**

**EXTRACTION OF FAT FROM ANIMAL BY-PRODUCTS
OF THE AFRICAN CATFISH (*CLARIAS GARIEPINUS*)**

**Tereza Novotná¹ – Lukáš Harabiš² – Orsolya Bystricky-Berezvai³
Pavel Mokrejš³ – Robert Gál¹ – Jana Pavlačková⁴**

**¹Ústav technologie potravin, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,
Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín**

**²Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství, Agronomická fakulta,
MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno**

**³Ústav inženýrství polymerů, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,
Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín**

**⁴Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati
ve Zlíně, Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín**

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0197>



ABSTRAKT

Sumeček africký je sladkovodní ryba, jejíž světová produkce roste, což vede k nárůstu množství vedlejších živočišných produktů. Správnou úpravou této suroviny a následnou extrakcí je možné získat cenné produkty, jako jsou rybí tuk a kolagen. Obsah tuku v této surovině se pohybuje kolem 10 %, což představuje přibližně 29 % sušiny. Po opracování a přesušení suroviny lze pomocí různých rozpouštědel extrahovat až 27 % tuku. Zbývající materiál je vhodný pro výrobu želatiny.

Klíčová slova: sumeček africký, vedlejší živočišné produkty, extrakce tuku, rybí tuk, složení, aplikace

ABSTRACT

The African catfish is a freshwater fish whose global production is increasing, leading to a rise in the amount of by-products. Proper processing of this raw material and subsequent extraction can yield valuable products, such as fish oil and collagen. The fat content in this raw material is around 10%, which represents approximately 29% of the dry matter. After processing and drying the raw material, up to 27% of fat can be extracted using various solvents. The remaining material is suitable for gelatin production.

Keywords: african catfish, animal by-products, fat extraction, fish oil, composition, application

ÚVOD

Recirkulační akvakulturní systémy (RAS) umožňují kombinovat vysokou produkci ryb z jednotky plochy a zároveň minimalizovat dopad této produkce na životní prostředí (Badiola et al., 2018). Velkou předností je také kontrola veškerých vstupů do systému, zejména pak krmiva. Tento přístup umožňuje optimalizovat kvalitu produkovaného rybího masa a zajistit standardizovanou surovinu pro následné potravinářské zpracování. (Teodósio et al., 2022). Jedním z chovatelsky oblíbených druhů v RAS je keříčkovec červenolemý

(*Clarias gariepinus*), v České republice známý především pod obchodním názvem sumeček africký (Hamáčková et al., 2007). Mezi hlavní přednosti patří vysoká rychlost růstu, odolnost, a především kvalitní svalovina s širokým spektrem využití (Gebremichael et al., 2023).

Produkce tohoto druhu ryb je na vzestupu, kdy od počátku 21. století vzrostla světová farmová produkce tohoto druhu z 6 tisíc tun na současných 248 tisíc tun (FAO, 2025). Se zvyšující se produkcí roste i množství vedlejších živočišných produktů (hlavy, kostry, ploutve, kůže a vnitřnosti). Většina těchto vedlejších živočišných produktů z ryb se nyní zpracovávají především na výrobu krmiva pro zvířata nebo končí v asanačních ústavech (Zhang et al., 2023). Dalším zpracováním lze získat produkty s přidanou hodnotou mezi, které patří rybí tuk či želatina.

Cílem studie bylo:

- a) charakterizovat vedlejší živočišné produkty pocházející ze sumečka afrického,
- b) stanovit vhodné rozpouštědlo pro extrakci tuku.

MATERIÁL A METODIKA

Vzorky vedlejších živočišných produktů ze sumečka afrického (*Clarias gariepinus*) byly získány z firmy Tilapia s.r.o., Radenín-Hroby. Mezi tyto vedlejší živočišné produkty patřily zejména kostry z těchto ryb. Surovina byla podrobena vstupním analýzám zahrnující množství sušiny, popelovin, dusíkatých látek a tuku. Stanovení sušiny bylo zjištěno gravimetrickou metodou (EN ISO 8534). Obsah popelovin byl určen gravimetricky po spálení vzorku (ISO 6884). Množství tuku bylo stanoveno pomocí Soxhletovy extrakce (ISO 1443) a pro stanovení obsahu dusíku byla použita standardní Kjeldahlova metoda (ISO 5983-1).

Opracování vstupní suroviny

Kostry sumečka afrického byly rozemlety v řezačce na maso Braher P22/82 (Braher, Španělsko) pomocí soustavy řezných desek (ledvinová řezná deska, řezná deska s otvory o průměru 13 mm) a oboustranného nože. Rozemletá surovina byla zavakuována a zamrzena šokovým způsobem při -85 ± 1 °C po dobu 12 h. Surovina byla skladována při teplotě -18 ± 1 °C. Před zpracováním byla surovina rozmrzena a následně byla důkladně promyta pomocí studené vody na sítku, aby došlo k odstranění albuminů. Pro odstranění části globulinů byla surovina vložena do nádoby s 0,2 M roztokem NaCl v poměru 1:6. Máčení probíhalo 1,5 hodiny a po uplynutí doby byla směs přefiltrována a promyta vodou. Pro odstranění druhé části globulinů byla surovina namáčena v 0,03 M roztoku NaOH v poměru 1:6 po dobu 45 minut, roztok byl vyměněn 4x a při každé výměně byla surovina důkladně promyta na sítu vodou. Následně byla rozprostřena na plech a sušena při 35 ± 1 °C.

Extrakce tuku za použití různých druhů rozpouštědel

Extrakce tuku byla provedena u přesušené suroviny pomocí 4 druhů rozpouštědel: hexan, isopropanol + hexan, petrolether + ethanol, diethylether. Extrakce byla provedena při laboratorní teplotě (21 ± 1 °C). Surovina byla smísena s rozpouštědlem v poměru 1:6 a po 12 hodinách bylo rozpouštědlo slito a vyměněno za čisté, kdy

rozpouštědlo se měnilo 3x. Rozpouštědlo bylo od tuku odděleno pomocí vakuové odparky a množství získaného tuku ze suroviny bylo vypočteno gravimetricky.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Složení vstupní suroviny

Výsledky složení vedlejších živočišných produktů ze sumečka afrického jsou zaznamenány v tabulce 1.

Tabulka 7: Chemické složení vstupní suroviny

Chemické složení	Obsah [%]
Sušina	34,4 ± 1,4
Popeloviny	5,2 ± 1,7
Bílkoviny	15,4 ± 1,2
Tuky	10,0 ± 1,1

Snaha o další využití vedlejších živočišných produktů z ryb je i v zahraničí. Ve studii Zhang et al. (2023) bylo publikováno složení vedlejších živočišných produktů z tolstolobika bílého (*Hypophthalmichthys molitrix*). Obsah sušiny v této surovině byl 66,59 %, bílkovin 11,83 %, tuk 9,53 %, popelovin 7,40 % a sacharidů 4,65 %. Obsah bílkovin v této surovině dosahoval až 30 %. Obsah jednotlivých složek v porovnání s touto studií jsou si podobné. Složení suroviny záleží na druhu ryby, ze které surovina pochází a také na způsobu opracování ryb. Při filetování může množství vedlejších živočišných produktů dosáhnout až 60 % původní hmotnosti ryby.

Extrakce tuku pomocí rozpouštědla

Množství tuku získaného pomocí různých rozpouštědel je zaznamenáno v tabulce 2.

Tabulka 8: Extrakce tuku

Rozpouštědlo	Obsah získaného tuku [%]
Hexan	27,75
Isopropanol + hexan	27,25
Petrolether + ethanol	14,68
Diethylether	27,00

Dle výsledků je zřejmé, že nejméně účinná byla extrakce pomocí petroletheru s ethanolem v poměru 1:1, kde se množství získaného tuku pohybovalo kolem 14,68 %, zatímco u ostatních vzorků se množství tuku získaného za pomoci extrakce kolem 27 %. Je patrné, že pro tento druh suroviny se nejedná o vhodné rozpouštědlo. Hexan se běžně využívá při extrakci tuků v potravinářství (Sirisompong et al., 2011). Nízká teplota varu v kombinaci s vakuovou odparkou umožňuje snadné oddělení rozpouštědla od tuku. Jedná se o vhodné rozpouštědlo pro extrakci tohoto tuku.

ZÁVĚR

Vedlejší živočišné produkty ze sumečka afrického obsahují značné množství tuku a bílkovin. Tyto cenné suroviny lze získat vhodnými technologickými postupy. Pro extrakci tuku je možné využít různé druhy rozpouštědel, kdy jako nejméně vhodné se ukázala kombinace petroletheru s ethanolem, zatímco ostatní

rozpouštědla měla velmi podobné výsledky. Zvýšením hodnoty málo využívaných vedlejších produktů a tím získání i cenných surovin, které lze dále využít v potravinářském, kosmetickém či farmaceutickém průmyslu.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl zpracován s podporou IGA/FT/2025/007.

LITERATURA

Badiola, M., Basurko, O. C., Piedrahita, R., Hundley, P., Mendiola, D. (2018): Energy use in recirculating aquaculture systems (RAS): a review. *Aquacultural engineering*, 81, 57–70.

EN ISO 8534:2017: *Animal and vegetable fats and oils - Determination of water content - Karl Fischer method (pyridine free)*. Brusel 2017.

FAO. (2025): *Clarias gariepinus* Burchell, 1822. In: Fisheries and Aquaculture. [Cited Monday, February 3rd 2025]. <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/2982/en>

Gebremichael, A., Szabó, A., Sándor, Z. J., Nagy, Z., Ali, O., Kucska, B. (2023): Chemical and Physical Properties of African Catfish (*Clarias gariepinus*) Fillet Following Prolonged Feeding with Insect Meal-Based Diets. *Aquaculture Nutrition*, 2023(1), 6080387.

ISO 1443:1973: Meat and meat products — Determination of total fat content

ISO 5983-1:2005: Animal feeding stuffs – Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content – Part 1: Kjeldahl method.

ISO 6884:2008: Animal and vegetable fats and oils – Determination of ash. Brusel 2008.

Sirisompong, W., Jirapakkul, W., Klinkesorn, U. (2011): Response surface optimization and characteristics of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) kernel fat by hexane extraction. *LWT - Food Science and Technology*, 44(9), 1946–1951. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.04.011>

Teodósio, R., Engrola, S., Cabano, M., Colen, R., Masagounder, K., Aragão, C. (2022): Metabolic and nutritional responses of Nile tilapia juveniles to dietary methionine sources. *British Journal of Nutrition*, 127(2), 202–213.

Zhang, H., Huang, X., Zhang, Y., Zou, X., Tian, L., Hong, H., Luo, Y., Tan, Y. (2023): Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) by-product hydrolysates: A new nitrogen source for *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* BB-12. *Food Chemistry* [online]. 404.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134630>

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

HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ VETERINÁRNÍHO DOZORU NA FARMÁŘSKÝCH TRZÍCH V PRAZE V OBDOBÍ LET 2017–2022

EVALUATION OF RESULTS OF VETERINARY SUPERVISION AT THE FARMERS MARKETS IN PRAGUE FROM 2017 TO 2022

Kamila Novotná Kružíková¹ – Veronika Žídková²

¹Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, VETUNI, Palackého třída 1946/1, 612 42 Brno

²Městská veterinární správa Státní veterinární správy v Praze, Na Kozačce 870/3, 120 00 Vinohrady

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0201>



ABSTRAKT

Prodej potravin na farmářských trzích se řídí platnými právními předpisy. Příspěvek se zaměřuje na počty kontrol provedených Městskou veterinární správou Státní veterinární správy, jež dozoruje také prodej potravin živočišného původu na farmářských trzích konané v hlavním městě Praze. Za období le 2017–2022 bylo provedeno celkem 372 kontrol, z čehož bylo v průměru u 27 % kontrol za rok zjištěno nějaké porušení právních předpisů (závada); v jednotlivých letech se závadovost kontrol pohybovala od 18 do 40 %, což je vyšší než závadovost u hygienického dozoru ve výrobě a při uvádění živočišných produktů na trh, kde je průměrná roční závadovost v rozmezí 5–10 %. Nejvíce závad bylo v oblasti nedostatečné sledovatelnosti, nedodržení chladírenského řetězce a nezajištění potravin před kontaminací z vnějšího prostředí. Nejméně závad vykazovala vejce a med, naproti tomu nejvíce porušení bylo zjištěno u masných výrobků a mléčných výrobků. Nebyl zjištěn ani klesající ani stoupající trend závad na farmářských trzích v Praze.

Klíčová slova: kontrola, závada (porušení legislativy), zdravotní nezávadnost, označování

ABSTRACT

The sale of food at farmers' markets is governed by applicable legislation. The paper focuses on the number of inspections carried out by the Municipal Veterinary Administration in Prague of the State Veterinary Administration, which also supervises the sale of food of animal origin at farmers' markets held in the capital city of Prague. In the period 2017–2022, a total of 372 inspections were carried out, of which an average of 27% of inspections per year found some kind of violation of legislation (defect); in individual years, the defect rate of inspections ranged from 18 to 40%, which is higher than the defect rate of hygienic supervision in production and during sale of food of animal origin, where the average annual defect rate is in the range of 5–10%. Most of the defects were in the area of insufficient traceability, non-compliance with the cold chain and failure to secure food from contamination from the external environment. The fewest defects were reported by eggs and honey, while the highest number of infringements was found, meat products and dairy products. Neither a decreasing nor an upward trend in defects at farmers' markets in Prague was found.

Keywords: inspection, defect (violation of legislation), health safety, labelling

ÚVOD

Farmářské trhy jsou místem, kde se lidé setkávají při prodeji a koupi potravin. Podle veřejného mínění se jedná o prostor, který spotřebitelé vnímají jako místo nákupu kvalitních a zdravých potravin pocházejících od lokálních producentů. V hlavním městě Praha se farmářské trhy těší velké oblibě, což je dáno jednak zvýšeným zájmem o zdravý životní styl, ekologii a udržitelnost. Obyvatelé větších měst většinou nemají k dispozici vlastní pozemek, takže hledají možné alternativy koupě kvalitních a zdravých základních surovin.

Požadavky pro prodej potravin živočišného původu na farmářských trzích jsou stanoveny právními předpisy evropské i národní legislativy. Platné právní předpisy dávají provozovateli prodejního stánku za povinnost uvádět na trh pouze bezpečnou potravinu s doložitelným původem, vyrobenou za dodržení hygienických podmínek a postupů založených na základě rizika. Provozovatel prodejního stánku by měl prodávané potraviny a produkty označit tak, aby byl spotřebiteli umožněn informovaný výběr potraviny. Dozor nad dodržováním legislativy při prodeji potravin živočišného původu na tržnicích a tržistištích provádí podle zákona č. 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů (zákon o potravinách) Státní veterinární správa. Prodej živočišných produktů v tržnicích a na tržistištích upravuje § 27a zákona č. 166/1999 Sb. o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon) a prováděcí vyhláška č. 289/2007 Sb. o veterinárních a hygienických požadavcích na živočišné produkty, které nejsou upraveny přímo použitelnými předpisy Evropské Unie. Cílem práce bylo zhodnotit počty kontrol se závadami, určit charakter závad a zjistit zda ve sledovaných letech počet kontrol se závadami klesá nebo stoupá.

MATERIÁL A METODIKA

K hodnocení kontrol na farmářských trzích v městě Praha byla použita data z datového skladu Státní veterinární správy, a které jsou součástí atestační práce MVDr. Veroniky Žídkové (Žídková, 2024). Na základě provedených kontrol byly hodnoceny počty a charakter závad zjištěných během úředních kontrol Městské veterinární správy (MěVS) na farmářských trzích od roku 2017 do roku 2022. Jsou zde hodnoceny pouze kontroly na farmářských trzích, klasický hygienický dozor zde není hodnocen. Byly posuzovány kontroly se závadami, tedy ty kontroly, u nichž byla zjištěna nějaká závada nebo porušení povinností provozovatele potravinářského podniku z pohledu platných právních předpisů. Závady byly rozděleny do pěti skupin podle charakteru závad, kdy bylo za závadu považováno uchovávání potravin při nevyhovujících teplotách (sk. 1), nedostatečně vybavený stánek a kontaminace potravin (sk. 2), nedostatečně doložená sledovatelnost potravin (sk. 3), nevyhovující označování (sk. 4) a ostatní závady výše nezařazené (sk.5).

Pro zjištění trendů zjištěných závad byl použit Spearmanův korelační koeficient ve statistickém programu Unistat for Excel 6.5.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Počty kontrol a počty kontrol se zjištěnou závadou provedených MěVS za období let 2017–2022 jsou uvedeny v tabulce č. 1. Počty závadových kontrol se pohybují ročně od 18 do 40 %. Průměrný počet kontrol se závadou za sledované období je 27 % kontrol za rok v rámci dozoru na farmářských trzích. Naproti tomu hygienické kontroly vykazují průměrně závadovost 5–10 %, což je ve srovnání se závadovostí na farmářských trzích menší (Žídková, 2024). Tedy rizikovost farmářských trhů je vyšší. Ve sledovaném období nebyl zjištěn ani klesající ani stoupající trend ($p>0,05$) v počtu zjištěných závad.

Tabulka 1: Počty kontrol provedených MěVS v Praze a počty kontrol se závadou a jejich procentuální zastoupení v jednotlivých letech

	počet kontrol	počet kontrol se závadou	% kontrol se závadou
2017	49	15	30
2018	70	17	24
2019	57	17	29
2020	77	14	18
2021	59	13	22
2022	60	24	40
celkem 2017–2022	372	100	27

Počty závadových kontrol podle charakteru závad rozdělených do skupin 1–5 a jejich procentuální vyjádření jsou uvedeny v tab. č. 2. Součet procentuálního rozložení závad netvoří dohromady 100 %, důvodem je zjištění více závad během jedné kontroly. Zřídka se stává, že zjištěný nedostatek u daného provozovatele je jediný, naopak častější je nalezení více nedostatků u jednoho provozovatele stánku. V letech 2019–2022 bylo nejvíce závad zjištěno v oblasti sledovatelnosti potravin vyplývající z nařízení č. 178/2002 o bezpečnosti potravin. Toto bude zřejmě způsobeno vyšší fluktuací prodejců na pražských trzích, neboť v Praze mohou uvádět na trh prodejci z celého území Čech (kraj Praha, středočeský kraj a všechny sousední kraje). Není tedy možné provést opakované kontroly všech prodejců a upozornit je opakovaně na legislativní požadavky na prodej na farmářských trzích. Dalším faktem je vysoký počet překupníků a se skutečným výrobcem se setkávají inspektoři jen zřídka. V roce 2018 bylo nejvíce závad v oblasti nevybavených stánků a kontaminace potravin z vnějšího prostředí. Na trzích v Praze není dostatečně zajištěna ochrana živočišných produktů před kontaminací před vlivem vnějšího prostředí a vnikem škůdců (především létavého hmyzu) ze strany provozovatele trhů. Provozovatel prodejního stánku musí zabezpečit ochranu před kontaminací prodáváných potravin sám. V roce 2017 inspektoři řešili nejčastěji nevyhovující teploty. Zde je důvodem v teplých měsících nedostatečný výkon chladících zařízení nebo netěsnost chladících boxů, kdy se skladovací teplota zvyšuje i s dopadem slunečních prostředků na sklo chladicí vitríny. Spotřebitel předpokládá vyhovující teploty skladování během nabízení na farmářském trhu a dodržet v celém dodavatelském řetězci by je měli všichni ti, co uvádí potraviny na trh. Po nákupu se spotřebitelé v domácnosti řídí datem použitelnosti uvedeným na etiketě. Následně může být spotřebitel nepříjemně překvapen, že je potravina nepoživatelná před uplynutím stanovené doby použitelnosti. Necidová et al (2024) zjistili, že celkový počet mikroorganismů vzorků

drůbežího masa se v důsledku porušení chlazení zvyšuje s vyšší teplotou a delší dobou expozice této vyšší teplotě v balení s modifikovanou atmosférou.

Tabulka 2: Závadové kontroly podle charakteru závad (skupiny závad 1–5)

	sk. 1		sk. 2		sk. 3		sk. 4		sk. 5	
	počet	%	počet	podíl	počet	podíl	počet	podíl	počet	podíl
2017	9	60	6	40	6	40	5	33	8	53
2018	7	41	10	59	5	29	7	41	8	47
2019	9	53	12	71	10	59	9	53	3	18
2020	5	36	7	50	10	71	8	57	5	36
2021	1	8	8	62	8	62	8	62	2	15
2022	11	46	7	29	20	83	14	58	9	38

1–nevyhovující teploty; 2–nevybavený stánek a kontaminace potravin; 3–sledovatelnost potravin; 4–nevyhovující označení; 5–ostatní.

Dozorová činnost SVS se zaměřuje na potraviny živočišného původu. Nejproblémovější komoditou se zjištěnou závadou na farmářských trzích jsou masné výrobky, z nich nejčastěji drůbeží maso, následované mléčnými výrobky, kdy je nejvíce problémové nedostatečný chladírenský řetězec. Zřídka jsou zjišťovány závady u medu a vajec, v případě vajec se jedná o nedostatečné označení.

ZÁVĚR

Za sledované období let 2017–2022 provedla MěVS celkem 372 kontrol, z čehož bylo průměrně 27 % závadových. Kontroly na farmářských trzích vykazují v porovnání s hygienickými kontrolami ve výrobě vyšší procento závad. Nejčastější závadou je nedoložení sledovatelnosti a porušení chladírenského řetězce u masných výrobků a mléčných výrobků. Z dozorové činnosti a farmářských trzích vyplývá, že by bylo vhodné zvýšit vzdělanost provozovatelů prodejních stánků i provozovatelů trhů v otázkách bezpečnosti prodáváných potravin a dodržování legislativy. Vyšší míru vzdělanosti by bylo možné dosáhnout častějšími kontrolami problémových provozovatelů, to je však vzhledem k pracovní vytíženosti veterinárních inspektorů problematické. Jako vhodnější řešení se jeví zvýšení povědomí o legislativě u provozovatelů trhů a následná aktivní spolupráce na kontrolách a vzdělávání prodejců.

LITERATURA

Necidová, L., Bursová, Š., Haruštiaková, D., Zouharová, A., Bartáková, K., Klimešová, M. (2023): Sledování celkového počtu mikroorganismů u vzorků chlazených drůbežích stehen s ohledem na porušení teploty při transportu. In: Sborník přednášek a posterů. Hygiena a technologie potravin LII. Lenfeldovy a Höklovy dny, pp 235–240.

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. On-line [vid 20-01-2025].

Dostupné z: <http://data.europa.eu/eli/reg/2002/178/oj>

Vyhláška č. 289/2007 Sb., o veterinárních a hygienických požadavcích na živočišné produkty, které nejsou upraveny přímo použitelnými předpisy Evropských společenství ve znění vyhlášky č. 61/2009 Sb., vyhlášky č. 11/2015 Sb., vyhlášky č. 65/2019 Sb., vyhlášky č. 181/2020 Sb. a vyhlášky č. 145/2023 Sb. On-line [vid 20-01-2025]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2007/289>

Zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů. On-line [vid 20-01-2025]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/1997/110>

Zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon) ve znění zákona č. 29/2000 Sb., zákona č. 154/2000 Sb., zákona č. 102/2001 Sb., zákona č. 76/2002 Sb., zákona č. 120/2002 Sb., zákona č. 320/2002 Sb., zákona č. 131/2003 Sb., zákona č. 316/2004 Sb., zákona č. 444/2005 Sb., zákona č. 48/2006 Sb., zákona č. 186/2006 Sb., zákona č. 124/2008 Sb., zákona č. 182/2008 Sb., zákona č. 223/2009 Sb., zákona č. 227/2009 Sb., zákona č. 281/2009 Sb., zákona č. 291/2009 Sb., zákona č. 298/2009 Sb., zákona č. 308/2011 Sb., zákona č. 18/2012 Sb., zákona č. 359/2012 Sb., zákona č. 279/2013 Sb., zákona č. 64/2014 Sb., zákona č. 139/2014 Sb., zákona č. 250/2014 Sb., zákona č. 264/2014 Sb., zákona č. 126/2016 Sb., zákona č. 243/2016 Sb., zákona č. 183/2017 Sb., zákona č. 225/2017 Sb., zákona č. 302/2017 Sb., zákona č. 368/2019 Sb., zákona č. 238/2020 Sb., zákona č. 543/2020 Sb., zákona č. 36/2021 Sb., zákona č. 261/2021 Sb., zákona č. 284/2021 Sb. a zákona č. 246/2022 Sb. On-line [vid 20-01-2025]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/1999/166>

Žídková, V. (2024): Hodnocení veterinárního dozoru na farmářských trzích v České republice v letech 2017–2022. Brno, Veterinární univerzita Brno. Atestační práce. Dostupné z: <https://stagweb.vfu.cz/>. Školitel práce Ing. Kamila Novotná Kružiková, Ph.D.

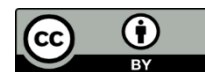
Kontaktní adresa: Ing. Kamila Novotná Kružiková, Ph.D. Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Palackého třída 1946/1, 612 42 Brno, Česká republika, e-mail: novotnak@vfu.cz

TOXIC EFFECTS OF PESTICIDE RESIDUES ON WARM-BLOODED ANIMALS INCLUDING HUMANS, IN KENYA

Jasmine Ongidi¹

¹Department of Food Technology, Faculty of AgriSciences, Mendel University in Brno, Brno, Czechia

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0206>



ABSTRACT

The celebration of the World Food Safety Day every 7th of June has been held seven times on a global level since its establishment by the United Nations General Assembly on 20th December 2018. Kenya has celebrated this day since its set-up, and it has gained momentum in 2023 and 2024. The nationwide campaign introduced in the past two years through media house engagement, collaboration with development partners, government agencies, trade blocks, the academia, research and private institutions to discuss and promote food safety, raise awareness and influence policy and practice in addressing food safety issues, is a clear indication that Kenya is on the right path to addressing food quality and safety issues. Conversely, the year that the World Food Safety Day was set up, just under ten years, is an indicator of how long overdue the subject of addressing food safety at a global scale is, albeit at national levels.

The widespread use of pesticides has led to concerns about potential risks posed by their residue in food products. This review focuses on the effects of pesticide residues on warm-blooded animals, including humans in Kenya, emphasizing the importance of monitoring pesticide residue in the food chain to establish safe levels for better health and nutrition.

INTRODUCTION

Food quality and safety in Kenya is a topic that the government has gone to great lengths to address over several years through reviewing existing regulatory frameworks. A new Bill proposed in 2023, The Food and Feed Safety Control Co-ordination Act, lists ten competent authorities that provide for the *coordination of the public institutions in the control of food and feed safety; to establish the Office of the Food Safety Controller; to provide for the role of County Governments in food and feed safety; and for connected purposes*. The authorities include the ministry responsible for public health and medical services, the ministry responsible for veterinary services, crop development and livestock development, the ministry responsible for fisheries, the Agriculture and Food Authority, The Kenya Dairy Board, The Kenya Plant Health Inspectorate Service, The Pest Control Products Board, The Fertilizer and Animal Foodstuff, Board The National Biosafety Authority and The Kenya Bureau of Standards.

In Kenya, food safety has notable challenges for public health and economic development with significant factors such as limited human and technical capacity in regulatory enforcement and the ever-present informal markets hindering government efforts to improve the status quo. More specifically, the issue of maximum residue limits of pesticides and veterinary drug residues in food and feed products remains a big challenge.

PESTICIDE RESIDUES IN FOOD AND FEED PRODUCTS

The agriculture sector in Kenya accounts to 27% of the GDP and 80% of the rural population depend on subsistence farming as source of food, employment and income (Marete et, al., 2021). Kenya's agricultural use of pesticides has been on a steady increase in the past decade. This is driven by the demand for more food supply for a growing population of over fifty-five million people (World Bank Group Open Data, 2023). Most of the food produced in a conventional farming system in Kenya rely heavily on pesticides to control various pests, weeds and fungal disease with leading food products being maize, wheat, coffee, potatoes and tomatoes in western, the Rift and central areas (Pesticide Atlas, 2022).

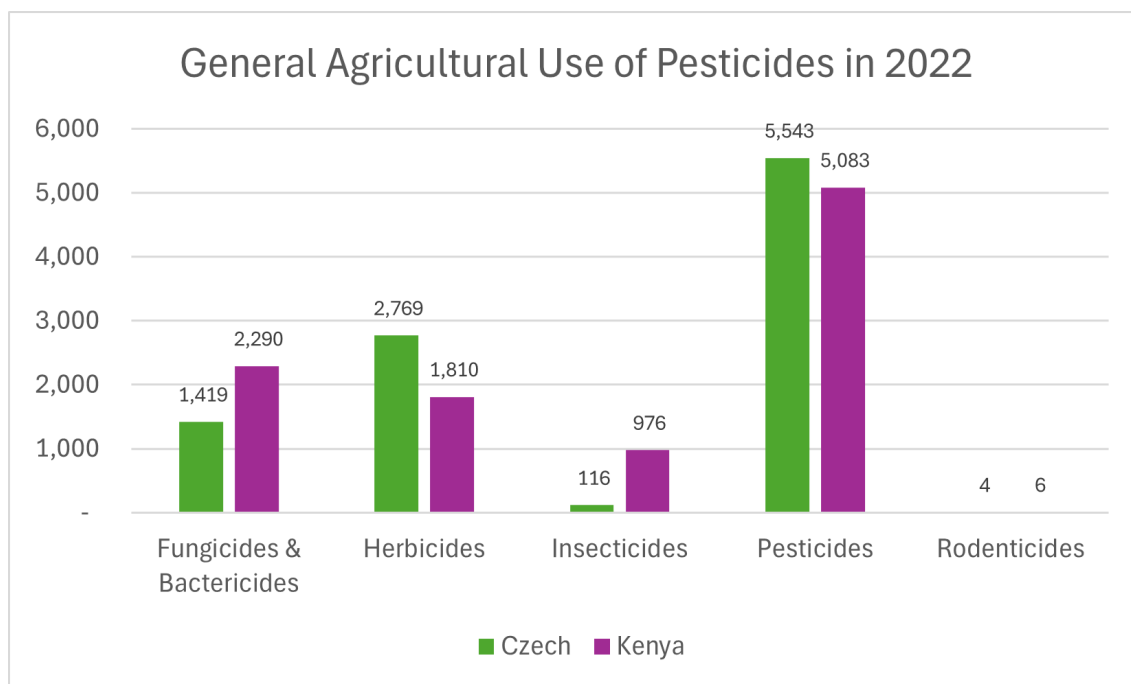


Figure 1: Agricultural use of pesticides in 2022 between Czechia and Kenya in metric tons (FAO, 2022).

Pesticides are a key agricultural input needed to protect seeds and safeguard crops from unwanted plants, insects, bacteria, fungi and rodents. At the same time, pesticides can have negative health and environmental impacts through contamination of soil, water and non-target plants and animals, which can decrease biodiversity and harm living organisms including humans (FAO, 2021). Pesticide residues can enter the food chain in various ways even though they are directly applied to soils where they meet with non-target organisms and accumulate in the body tissues of organisms to cause more health problems (Kumar et al., 2021).

The Pest Control Product Board in Kenya (PCPB), is mandated to control the exportation and importation, manufacture, distribution and use of pest control products. PCPB has accredited over 70 institutions in the country. Between 2021 and 2023, PCPB deregistered 84 Pest Control Products (PCBs) including fungicides, rodenticides, herbicides, insecticides, miticides, fumigants, manufactured in Germany, Netherlands, China, USA and France. These PCs had active ingredients above the required standards. In one selective post-emergence herbicide product for the control of broadleaf weeds in wheat and barley manufactured in France, it was found to have bromoxynil 120g/L + Ioxynil 120g/L + pecoprop-P 360g/L.

In contrast, the European Union maximum residue levels (MRLs) for the components are, Bromoxynil- 0.05mg/kg ; Ioxynil- 0.01mg/kg and Mecoprop-P- 0.05mg/kg with the restricted entry interval (REI) at 24hours for wheat and World Health Organization pre-harvest interval (PHI) at 75days and classed as Moderately hazardous (Class II) on the Yellow Colour Band.

Due to governance, legal and control setbacks that Kenya faces, the amount of toxic pesticide products entering the market and used across the food chain can be challenging to trace and account for. In 2020, The Expert Committee on Pesticide Residues in Food (PRiF) Report on the pesticide residues monitoring programme, Quarter 1 2020, shows that export of fine beans from Kenya was rejected for having high levels of acephate, hexaconazole and methamidophos.

Effects of Pesticide Residues in Warm Blooded Animals including Humans

Acute Pesticide Poisoning (APP) is an ongoing major global public health challenge. Study results point to a heavy burden on non-fatal Unintentional Acute Pesticide Poisoning (UAPP), particularly for farmers and farm workers, with about 385 million cases and 11,000 deaths per year. (BMC Public Health 2020). Poisoning from pesticide residue happens across the agri-food chain from planting, harvesting, processing, packaging and selling in an intended and unintended manner.

Residues can enter the body of animals and humans orally by ingesting the pesticides or through contaminated water or food like fresh fruits and vegetables that have not adhered to the PHI window. Pesticides sprayed on to fields and used to fumigate soil can give off volatile organic compounds, which can react with other chemicals and form a pollutant toxic in the ozone layer and absorbed through the nose by inhalation of toxins in the air. Pesticide use accounts for about 6 per cent of total tropospheric ozone levels. Volatilization may lead to the inhalation exposure of toxic chemicals which lead to many health problems (Kariuki, 2017). Pesticide residues can also enter the human and animal body by absorption through the eyes and dermal by absorption through the skin. Poisoning in humans can last hours to days in the short-term and can cause stinging eyes, rashes, blisters, blindness, nausea, dizziness and diarrhea. Long-term and chronic effects can cause cancers, birth defects, reproductive harm, immunotoxicity, neurological and developmental toxicity, and disruption of the endocrine system (Agot, et al., 2021). If patients don't respond to treatment, death happens (Hashimi et al., 2020).

Animals can gather pesticide residues from contaminated feed and water which in turn affects the meat, eggs and milk produced. In females, poor reproductive behavior, infertility, pregnancy loss, growth retardation, intra-uterine fetal demise and ovarian failure can occur (Choudhary et.al, 2018). Wildlife and other animals may face loss of critical food sources, leading them to migrate, alter their diet, or face the risk of starvation and death. While veterinary medicines are important in improving animal welfare and controlling animal health risks, issues like Anti-Microbial Resistance (AMR) can lead to deaths of animals and humans (WOAH, 2025).

Preventive Measures

The food safety management practices used when growing and preparing foods for sale are based upon scientific principles and increased awareness must be considered. The goal of these practices is to decrease the likelihood of food contamination with harmful foodborne pathogens, or to inhibit bacterial food borne pathogens from growing on the food prior to consumption (Harrison, 2017).

The government of Kenya should have an innovative, integrated and coordinated approach pest control program (Newslow, 2014). Workers in the food processing sector in Kenya should be trained on standards, policies and practices of food safety and the same be communicated to the management system requirements throughout all levels. For example, the Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) program. Suppliers or vendors in the food chain should apply compliance requirements to critical food safety and quality by providing ingredients, packaging material, product contact/processing aids and incorporate traceability documentation to help create awareness to consumers so they know what products are in their food and how it ends up safely at the point of purchase.

Kenyans also have an individual responsibility to contribute to food safety by raising questions and commenting about the appropriateness of food control standards. It is important that all affected industry members know their obligations so that they can comply. It is also important that consumers know what steps are being taken on their behalf to prevent misconceptions (FAO 2024). In a study conducted on consumer pesticides concerns in 5 countries, Kenya included, almost 60% of the consumers in the sample from Kenya had pesticide-related food safety concerns (Justice et al., 2024).

The Government of Kenya needs to continuously audit industry performance to ensure compliance and uniform application of set standards. This involves regular training of inspection personnel so that they have a good understanding of the technologies and processes involved, as well as conducting inspections in an even-handed and fair manner.

CONCLUSION

The widespread use of pesticides has led to concerns about potential risks posed by their residue in food products. The establishment of MRLs by the government is essential to ensure the safety of consumers (Asamba, 2023). This review focused on the effects of pesticide residues, emphasizing the importance of monitoring pesticide residue in food to establish safe levels and attain the Food and Agriculture Organization of the United Nations' four betters; better production, better nutrition, better environment and better life.

REFERENCES

- Kariuki, E. N, Ng'ang'a, Z. W, Wanzala, P. (2017): Food-Handling Practices and Environmental Factors Associated with Food Contamination Among Street Food Vendors in Nairobi County, Kenya: A Cross-Sectional Study. *East Afr Health Res J.* 2017;1(1):62–71. Dostupné z: 10.24248/EAHRJ-D-16-00382
- Boedeker, W., Watts, M., Clausing, P. et al. (2020): The global distribution of acute unintentional pesticide poisoning: estimations based on a systematic review. *BMC Public Health*, 20, 1875 (2020). Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09939-0>
- Harrison, J. A. (ed.). (2017): *Food Safety for Farmers Markets: A Guide to Enhancing Safety of Local Foods*. Online. Food Microbiology and Food Safety. Cham: Springer International Publishing, 2017. ISBN 9783319666891. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-66689-1>
- Newslow, D. L. (2014): *Food safety management programs: applications, best practices, and compliance*. Online. Boca Raton: CRC Press, 2014. ISBN 978-1-4398-2680-5. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1201/b16231>
- Marete, G. M, Lalah, J. O, Mpuhia, J, Wekesa, V. W. (2021): Pesticide usage practices as sources of occupational exposure and health impacts on horticultural farmers in Meru county, Kenya. *Heliyon*. 2021; 7:1–13. Dostupné z: 10.1016/j.heliyon. 2021.e06118
- Kumar Sathish, J. K., Monica, S.S., Vinothkumar, B., Suganthi, A., Paramasivam, M. (2024): Impact of Pesticide Exposure on Environment and Biodiversity: A Review. *Agricultural Reviews*. 45(1): 01–12. Dostupné z: 10.18805/ag.R-2325
- Justice, A. T., Kansime, M. K., Alaganthiran, J. R., Danish, M., Duah, S. A., Faisal, S., Khonje, M. G., Mbugua, F., Rajendran, G. (2024): Consumer pesticide concerns and the choice of fruit and vegetable markets in five low- and middle-income countries, *Global Food Security*, Volume 42, 2024,100801, ISSN 2211-9124, <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2024.100801>
- Hashimi, M. H., Hashimi, R., Qasimullah, R. (2020): Toxic Effects of Pesticides on Humans, Plants, Animals, Pollinators and Beneficial Organisms. *Asian Plant Research Journal*. 5. 37-47. 10.9734/APRJ/2020/v5i430114
- Agot, G. N, Mweu, M. M, Wang'ombe, J. K. (2021): Risk factors for major external structural birth defects among children in Kiambu County, Kenya: a case-control study [version 2; peer review: 2 approved, 1 approved with reservations]. *F1000Research* 2021, 10:59 (<https://doi.org/10.12688/f1000research.50738.2>)
- Pesticides use and trade 1990–2021 FAOSTAT Analytical Brief 70
- Food and Feed Safety Control Co-ordination Act, 2023. Kenya.
- <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RP>

<https://worldfoodsafetyday.com/history-of-wfsd/>

https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=KE&most_recent_year_desc=false

<https://www.gov.uk/government/groups/expert-committee-on-pesticide-residues-in-food-prif>

Contact Information: Jasmine Ongidi, Department of Food Technology, Faculty of AgriSciences, Mendel University in Brno, Czechia, e-mail: xongidi@mendelu.cz

VPLYV RÔZNYCH SPÔSOBOV LÚHOVANIA ŽALUĐOV (*QUERCUS ROBUR*) NA OBSAH POLYFENOLOV

EFFECT OF DIFFERENT LEACHING METHODS ON POLYPHENOL CONTENT IN ACORNS (*QUERCUS ROBUR*)

Tomáš Pencák¹ – Dominika Kotianová¹ – Dani Dordević¹ – Bohuslava Tremlová¹

¹Ústav hygieny a technologic potravín rastlinného pôvodu, Fakulta veterinární hygieny a ekologie,
VETUNI, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0212>



ABSTRAKT

Cieľom tejto práce je porovnať vplyv dvoch spôsobov lúhovania žaluďov – teplou a studenou cestou – na obsah polyfenolických látok, medzi ktoré patria aj látky spôsobujúce horkosť. Žalude (*Quercus* spp.) predstavujú surovinu, ktorá bola v minulosti využívaná na prípravu rôznych pokrmov a nápojov. Postupne sa však z jedálňička vytratili a dnes je ich využitie v potravinárskom priemysle minimálne. Snahy o udržateľnosť a využitie málo využívaných surovín v posledných rokoch ich však vrátili do pozornosti. Kvôli vysokej horkosti a obsahu látok s antinutričnými vlastnosťami je však pred použitím v potravinárstve potrebná ich úprava. Výsledky preukázali pokles celkového obsahu polyfenolov a flavonoidov ($p < 0,05$) v porovnaní s kontrolnou vzorkou, kde sa ako efektívnejší spôsob zníženia týchto látok preukázalo lúhovanie horúcou cestou.

Kľúčové slová: horká chuť, antinutričné látky, dub, žalud'

ABSTRACT

The aim of this study is to compare the effect of two acorn leaching methods – hot and cold – on the content of polyphenolic compounds, which include bitterness-causing substances. Acorns (*Quercus* spp.) have historically been used as an ingredient in various dishes and beverages. However, over time, they have largely disappeared from the human diet, and their use in the food industry today is minimal. In recent years, efforts toward sustainability and the utilization of underused raw materials have brought them back into the spotlight. Due to their high bitterness and the presence of substances with antinutritional properties, processing is necessary before their use in food production. The results demonstrated a decrease in the total polyphenol and flavonoid content ($p < 0.05$) compared to the control sample, with hot-water leaching proving to be the more effective method for reducing these compounds.

Keywords: bitter taste, anti-nutritional substances, oak, acorn

ÚVOD

Horkosť predstavuje jeden z hlavných atribútov niektorých potravín a nápojov, ktoré sú bohaté na polyfenolické zlúčeniny. Polyfenoly môžu prispievať k chuti rastlinných potravín horkosťou a trpkosťou, týmto látkam je však taktiež pripisovaný pozitívny vplyv na ľudské zdravie (Soares et al., 2013; Soares et al.,

2018). Fenolové zlúčeniny a flavonoidy predstavujú významné rastlinné fytochemikálie z hľadiska ich zdraviu prospešných vlastností, ktorým sú pripisované protizápalové, antimutagénne či kardioprotektívne vlastnosti (Kumari a Jain, 2012). Horká a trpká chuť však taktiež predstavuje kľúčový faktor pri výbere potraviny a v prípade vysokej koncentrácie trieslovín je horkosť a trpkosť vnímaná vo vysokej intenzite, čím môže dôjsť k zhoršeniu konzumácie danej potraviny. Vnímaním horkej chuti dochádza k zabráneniu príjmu určitých potenciálne škodlivých látok, pretože mnohé toxické rastlinné metabolity chutia horko a slúžia ako varovné senzory (Soares et al., 2020). Štúdie v posledných rokoch však poukazujú na to, že horké potraviny majú významný vplyv na reguláciu hladiny cukru v krvi, zníženie cholesterolu ako aj zníženie krvného tlaku. Dlhodobý príjem nadmerného množstva horkých zlúčenín však môže ovplyvniť normálnu funkciu tráviaceho systému, znížiť chuť do jedla a spôsobiť ďalšie symptómy (Qiao et al., 2024). Niektoré horké polyfenolické látky, ako napríklad taníny na seba viažu proteíny, čím znižujú ich stráviteľnosť a rovnako narušujú absorpciu železa. Predstavujú teda látky s antinutričnými vlastnosťami, ktorých účinok závisí od ich chemickej štruktúry a prijatej dávky (Thakur et al., 2019).

Napriek tomu, že sú v dnešnej dobe žalude vnímané predovšetkým ako krmivo pre zvieratá, v minulosti predstavovali dôležitú súčasť gastronómie a liečiteľstva niektorých regiónov, a to predovšetkým v časoch potravinovej nedostatočnosti – najčastejšie v mletej forme ako náhrada múky pri výrobe chleba či koláčov (Silva et al., 2016). Uprednostňovaným druhom duba bol dub cezmínový (*Quercus ilex*), ktorého úrodu tvorili prevažne sladké žalude Väčšina druhov žalud'ov sa však vyznačuje svojou horkou chuťou. Z tohto dôvodu boli pri spracovaní žalud'ov typické operácie ako sušenie, praženie alebo varenie. Väčšinu odrôd žalud'ov je kvôli vysokej horkosti potrebné lúhovať, podobne ako mnohé obilniny a strukoviny. Úpravou horkosti žalud'ov bolo následne možné pripraviť sladké a slané jedlá (García-Gómez et al., 2017; Papoti et al., 2018). V minulosti patrili žalude medzi základné potraviny Ameriky, Ázie, či Európy. V súčasnosti však z jedálňička pre ľudskú spotrebu takmer vymizli. Nedávny záujem o hľadanie nových potravín by však mohol z tejto zabudnutej suroviny vytvoriť vhodnú potravinovú ingredienciu pre budúcnosť (Hoeche et al., 2014).

Cieľom tohto príspevku je stanovenie vplyvu lúhovania žalud'ov na obsah polyfenolických látok k zníženiu obsahu antinutričných látok a horkosti, ako aj k zvýšeniu atraktivity tejto prírodnej suroviny v potravinárskom priemysle.

MATERIÁL A METODIKA

Príprava vzoriek

Žalude boli zakúpené od predajcu F.H.U. TRANSWOOD KRZYSZTOF KOWALCZUK z internetovej stránky allegro.cz. Zber žalud'ov bol vykonaný v meste Siemiatycze, Poľsko, v mesiacoch September–Október 2024. Vzorky žalud'ov (*Q. robur*) boli zbavené škrupiny (*pericarp*), semenného obalu (*testa*) a následne boli rozdelené na štvrtiny. Takto upravené žalude boli podrobené dvom spôsobom lúhovania k zníženiu horkosti, ktorá je spôsobená vysokým obsahom polyfenolických látok. Pri lúhovaní horúcou cestou boli žalude ošetrované varom v pomere 1:10 (žalud':voda) po dobu 20, 40, 60, 80 a 100 minút pričom po každých

dvadsiatich minútach varu boli žalude scedené a vložené do novej a čistej vriacej vody. V procese lúhovania studenou cestou boli žalude ponorené v studenej vode v uzatvorenej nádobe v pomere 1:10 (žalud':voda) po dobu 24, 48, 72, 96 a 120 hodín pričom po každých dvadsiatich-štyroch hodinách boli žalude scedené a vložené do novej studenej vody. Ako kontrola bola použitá vzorka surového žalud'a bez úpravy.

Stanovenie celkových polyfenolov

Do tmavých skúmaviek bolo odvážených 0,1 g vzorky, ku ktorej bolo pridaných 20 ml zmesi etanolu a vody v pomere 1:1. Zmes sa následne extrahovala 30 minút v ultrazvukovom vodnom kúpeli, po ktorom nasledovala filtrácia. K samotnému stanoveniu bol zmiešaný 1 ml extraktu s 5 ml 10% roztoku Folin-Ciocalteu a 4 ml 7,5% roztoku Na_2CO_3 . Vzorka sa následne inkubovala 30 minút v 25 ml odmernej banke v tmavom prostredí. Po inkubácii sa do banky pridala destilovaná voda po rysku. Pripravená vzorka bola analyzovaná pri vlnovej dĺžke 765 nm. K príprave slepej vzorky sa namiesto extraktu pridal 1 ml destilovanej vody.

Stanovenie flavonoidov

K stanoveniu flavonoidov boli použité extrakty pripravené z predchádzajúceho stanovenia celkových polyfenolov. Do skúmaviek bolo napipetovaných 0,5 ml extraktu, 1,5 ml destilovanej vody a 0,2 ml 5% roztoku NaNO_2 . Obsah skúmavky sa premiešal a inkuboval po dobu 5 minút. Do skúmavky bolo následne pridaných 0,2 ml 10% roztoku AlCl_3 s následným premiešaním a inkubáciou 5 minút. Do skúmavky bolo pridaných 1,5 ml 1M roztoku NaOH a 1 ml destilovanej vody. Obsah skúmavky sa premiešal a nechal inkubovať po dobu 15 minút. Absorbancia vzoriek bola meraná pri 510 nm oproti slepej vzorke (Namiesto vzorky bolo použité rozpúšťadlo, ktorým sa extrahovala vzorka).

Štatistické spracovanie

Výsledné hodnoty boli štatisticky vyhodnotené pomocou softvéru SPSS (23.0, SPSS, Chicago, IL, USA) metódou one way ANOVA. Na základe výsledkov LEVENE testu bola zisťovaná homogenita rozptylov, pomocou ktorej bol následne zvolený parametrický Tukey test pri hodnote $p > 0,05$ alebo neparametrický Gamel - Howell test pri hodnote $p < 0,05$.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Z dôvodu rozpustnosti tanínov vo vode (Rakić et al., 2004) boli žalude podrobené dvom ošetreniam lúhovania – v horúcej a studenej vode. Vplyvy týchto procesov na obsah polyfenolov a flavonoidov sú zobrazené v tabuľkách č. 1 a 2.

Tabuľka 9: celkový obsah polyfenolov

Lúhovanie varom	(mg GAE/g)	Lúhovanie studenou vodou	(mg GAE/g)
20 min.	18,75 ± 1,20 ^a	24 hod.	13,09 ± 0,10 ^a
40 min.	9,85 ± 0,08 ^b	48 hod.	17,67 ± 0,13 ^b
60 min.	8,93 ± 0,06 ^c	72 hod.	14,28 ± 0,09 ^c
80 min.	13,77 ± 0,13 ^d	96 hod.	14,13 ± 0,00 ^c
100 min.	13,36 ± 0,03 ^e	120 hod.	22,24 ± 0,02 ^d
Kontrola	15,11 ^f ± 0,01 ^f	Kontrola	15,11 ^e ± 0,01 ^e

Legenda: rozdielne horné indexy znázorňujú štatisticky významné rozdiely ($p < 0,05$) v rámci jedného stĺpca.

K najväčšiemu zníženiu obsahu polyfenolov oproti kontrolnej vzorke (15,11 mg GAE/g) neošetrených žalud'ov došlo pri lúhovaní varom s dĺžkou varu 40 a 60 minút, s hodnotami 9,85 a 9,83 mg GAE/g. Pri vzorke s najkratším časom varu sme však zaznamenali nárast oproti kontrole. Naopak, u vzoriek ošetrených studenou cestou bola zaznamenaná hodnota s najkratším časom lúhovania najnižšia (13,09 mg GAE/g) v porovnaní so vzorkami ktoré boli lúhované v studenej vode po dobu viac dní. U všetkých týchto zmien bol zaznamenaný štatisticky významný rozdiel ($p < 0,05$) v porovnaní s neupravenou vzorkou žalud'ov. Lúhovanie preukázalo vplyv na pokles polyfenolických látok vo väčšine vzoriek, pričom účinnejšie bolo lúhovanie varom. Tento spôsob zároveň predstavuje rýchlejšiu cestu k zníženiu polyfenolov v žalud'och. Zníženie obsahu celkových polyfenolov pri lúhovaní potvrdzujú aj ďalšie štúdie (Papoti et al., 2018), v ktorých boli zistené podobné hodnoty po procese lúhovania (11,6 mg GAE/g) ako pri našich vzorkách.

Tabuľka 2: obsah flavonoidov

Lúhovanie varom	(mg/g)	Lúhovanie studenou vodou	(mg/g)
20 min.	2,30 ± 0,03 ^a	24 hod.	2,18 ± 0,12 ^a
40 min.	1,59 ± 0,10 ^b	48 hod.	3,21 ± 0,01 ^b
60 min.	1,31 ± 0,04 ^c	72 hod.	2,43 ± 0,07 ^c
80 min.	2,00 ± 0,02 ^d	96 hod.	1,86 ± 0,02 ^d
100 min.	1,06 ± 0,06 ^e	120 hod.	4,58 ± 0,10 ^e
Kontrola	2,82 ± 0,05 ^f	Kontrola	2,82 ± 0,05 ^f

Legenda: rozdielne horné indexy znázorňujú štatisticky významné rozdiely ($p < 0,05$) v rámci jedného stĺpca.

Podobne ako v prípade celkových polyfenolov, bol pokles zaznamenaný aj pri obsahu flavonoidov ($p < 0,05$) s výnimkou dvoch vzoriek, ktoré boli ošetrené lúhovaním studenou vodou pri izbovej teplote. V prípade lúhovania varom bol však pokles obsahu flavonoidov zaznamenaný u všetkých vzoriek ($p < 0,05$) s najnižšou hodnotou 1,06 mg/g u vzorky, ktorá bola ošetrená najdlhšie (100 min.). Pokles v obsahu flavonoidov v procese varenia potvrdzujú aj ďalšie štúdie (Arrosyid et al., 2021), ktoré uvádzajú, že k väčšiemu poklesu dochádza so zvyšujúcou sa dĺžkou varenia.

ZÁVER

Lúhovanie žalud'ov predstavuje spôsob, ktorým je možné znížiť obsah polyfenolických látok, medzi ktoré patria aj látky zodpovedné za horkú chuť žalud'ov. U väčšiny vzoriek sa ako efektívnejšie preukázalo lúhovanie varom, ktoré zároveň predstavuje rýchlejší spôsob zníženia obsahu látok spôsobujúcich horkosť. Touto technologickou úpravou – lúhovaním – je možné zvýšiť senzorickú prijateľnosť a zároveň znížiť obsah látok s antinutričným účinkom v žalud'och.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok bol spracovaný s podporou projektu FVHE/Tremlová/ITA2024, Veterinárni univerzita Brno, Česká republika.

LITERATÚRA

Arrosyid, M., Mustofa, Ch. H., Sutaryono, Rohmah, A. P. (2021): Effect of Boiling Time on Content of The Total Flavonoid of Kitolod (*Isotoma longiflora* (L.) C. Presl.). Journal of Physics: Conference Series [online]. 1764 (2021). Dostupné z: doi.org/10.1088/1742-6596/1764/1/012023

García-Gómez, E., Pérez-Badia, R., Pereira, J., Puri, R. K. (2017): The Consumption of Acorns (from *Quercus* spp.) in the Central West of the Iberian Peninsula in the 20th Century. Economic Botany [online]. 71(3), 256–268. Dostupné z: doi.org/10.1007/s12231-017-9391-1

Hoeche, U., Kelly, A., Noci, F. (2014): Acorn: Staple Food from the Past or Novel Food for the Future? an Investigation into the Desirability and Acceptability of Acorn Flour Products. Dublin Gastronomy Symposium; Dublin, Írsko [online].

Dostupné z: <https://arrow.tudublin.ie/cgi/viewcontent.cgi?article=1035&context=dgs>

Kumari, M., Jain, S. (2012): Tannins: An Antinutrient with Positive Effect to Manage Diabetes. Research Journal of Recent Sciences [online]. 1(12), 70–73. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/236143118_Tannin_An_Antinutrient_with_Positive_Effect_to_Manage_Diabetes

Papoti, V. T., Kizaki, N., Skaltsi, A., Karayannakidis, P. D., Papageorgiou, M. (2018): The phytochemical rich potential of acorn (*Quercus aegilops*) products and by products. Food Science and Biotechnology [online]. 27(3), 819–828. Dostupné z: doi.org/10.1007/s10068-017-0293-x

Qiao, K., Zhao, M., Huang, Y., Liang, L., Zhang, Y. (2024): Bitter Perception and Effects of Foods Rich in Bitter Compounds on Human Health: A Comprehensive Review. Foods [online]. 13, 3747. Dostupné z: doi.org/10.3390/foods13233747

Rakić, S., Maletić, R., Perunović, M., Svrzić, G. S. (2004): Influence of thermal treatment on tannin content and antioxidation effect of oak acorn *quercus cerris* extract. Journal of Agricultural Sciences [online]. 49(1), 97–107. Dostupné z:

https://www.researchgate.net/publication/47657877_Influence_of_thermal_treatment_on_tannin_content_and_antioxidation_effect_of_oak_acorn_Quercus_cerris_extract

Silva, S., Costa, E. M., Borges, A., Carvalho, A. P., Monteiro, M. J., Pintado, M. M. E. (2016): Nutritional characterization of acorn flour (a traditional component of the Mediterranean gastronomic folklore). *Food Measure* [online]. 10, 584–588. Dostupné z: doi.org/10.1007/s11694-016-9340-1

Soares, S., Brandão, E., Guerreiro, C., Soares, S., Mateus, N., de Freitas, V. (2020): Tannins in Food: Insights into the Molecular Perception of Astringency and Bitter Taste. *Molecules* [online]. 25, 2590. Dostupné z: doi.org/10.3390/molecules25112590

Soares, S., Kohl, S., Thalmann, S., Mateus, N., Meyerhof, W., De Freitas, V. (2013): Different Phenolic Compounds Activate Distinct Human Bitter Taste Receptors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 61(7), 1525–1533. Dostupné z doi.org/10.1021/jf304198k

Soares, S., Silva M. S., García-Estevez, I., Großmann, P., Brás, N., Brandão, E., Mateus, N., de Freitas, V., Behrens, M., Meyerhof, W. (2018): Human Bitter Taste Receptors Are Activated by Different Classes of Polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 66(33), 8814–8823. Dostupné z doi.org/10.1021/acs.jafc.8b03569

Thakur, A., Sharma, V., Thakur, A. (2019): An overview of anti-nutritional factors in food. *International Journal of Chemical Studies* [online]. 7(1), 2472–2479. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/336983167_An_overview_of_anti-nutritional_factors_in_food

Kontaktná adresa: Mgr. Tomáš Pencák, Ústav hygieny a technologie potravin rostlinného původu, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, VETUNI, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, pencakt@vfu.cz

**CHITOSANOVÉ NANOČÁSTICE S ENKAPSULOVANÝM ESENCIÁLNÍM OLEJEM
Z TYMIÁNU (*THYMUS VULGARIS*) PRO PRODLOUŽENÍ TRVANLIVOSTI MANDARINEK**
**CHITOSAN NANOPARTICLES WITH ENCAPSULATED THYME (*THYMUS VULGARIS*)
ESSENTIAL OIL FOR EXTENDING SHELF-LIFE OF MANDARINS**

Štěpánka Penčáková¹ – Zuzana Bytešníková² – Hoang-Anh Cao³ – Jana Pekárková²

¹Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

²Ústav chemie a biochemie, Agronomická fakulta, MENDELU,
třída Generála Píky 1999/5, 613 00 Brno

³CEITEC VUT, Purkyňova 656/123, 612 00, Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0218>



ABSTRAKT

Nanomateriály představují moderní prostředky s širokým potenciálem pro aplikaci v potravinářství. Chitosanové nanočástice s enkapsulovaným esenciální olejem z tymiánu (*Thymus vulgaris*), kterými se zabývá tato práce, byly aplikovány na mandarinky jako ochranný prostředek s cílem prodloužení trvanlivosti a zajištění antimikrobiální odolnosti. Nanočástice byly syntetizovány metodou iontové gelace, velikost byla charakterizována metodami DLS a AFM, stabilita pomocí Zeta potenciálu. Na mandarinky byly nanočástice aplikovány ve formě ochranného postřiku. V průběhu skladování bylo pozorováno úspěšné prodloužení trvanlivosti a zvýšení antimikrobiální odolnosti ošetřených mandarinek ve srovnání s kontrolní skupinou.

Klíčová slova: nanočástice, chitosan, enkapsulace, esenciální olej, prodloužení trvanlivosti

ABSTRACT

Nanomaterials represent modern tools with a wide potential for application in the food industry. Chitosan nanoparticles encapsulating thyme essential oil (*Thymus vulgaris*), which is the focus of this study, were applied to mandarins as a protective agent to extend shelf life and ensure antimicrobial resistance. The nanoparticles were synthesized using the ionic gelation method, with size characterized by DLS and AFM techniques, and stability assessed by Zeta potential. The nanoparticles were applied to mandarins as a protective spray. During storage, successful shelf life extension and enhanced antimicrobial resistance of treated mandarins were observed compared to the control group.

Keywords: bitter taste, anti-nutritional substances, oak, acorn

ÚVOD

Nanomateriály je možné definovat jako látky, jejichž rozměry se pohybují v rozmezí 1–100 nm alespoň v jedné dimenzi (Mulvaney, 2015). Představují moderní prostředky s potenciálem pro zlepšování kvality potravin, prodloužení jejich trvanlivosti a zvýšení udržitelnosti. Polymerní nanočástice z biopolymerů se díky schopnostem tvořit kapsle, sférické nanočástice a nanofilmy používají pro syntézu enkapsulovaných a nosičových systémů (Pulingam et al., 2022). Biopolymery sacharidového nebo proteinového charakteru,

kteřé jsou netoxické a biodegradovatelné mohou sloužit jako potenciální náhrada běžně používaných obalových materiálů ze syntetických plastů (Xing et al., 2019). Pro posílení antimikrobiálních a konzervačních účinků se výzkum zaměřuje na syntézu a vývoj aktivních obalů s inkorporovanými biologicky aktivními látkami (Mihindukulasuriya, Lim, 2014). Biologicky aktivní látky působí jako přírodní antioxidanty a mají antimikrobiální vlastnosti (Wei, Huang, 2019). Kvůli jejich nízké stabilitě a špatné rozpustnosti je nelze v potravinářství používat přímo. Enkapsulace citlivých složek přispívá k jejich ochraně proti nepříznivým vnějším vlivům a umožňuje jejich řízené uvolňování pro požadovaný antimikrobiální účinek. (Gómez-Mascaraque et al., 2017).

Chitosan je polysacharid, který se získává částečnou deacetylací chitinu přítomného ve schránkách korýšů, krabů a hmyzu. Jedná se o biomateriál z obnovitelných zdrojů, který je díky svému původu netoxický, biodegradovatelný a biokompatibilní (Haghighi et al., 2020). Díky schopnostem vytvářet filmy, kulovité částice a vysoké enkapsulační kapacitě je chitosan atraktivní materiál pro využití v nanotechnologii (Mohammadi, Hashemi, Hosseini, 2016).

Esenciální olej z tymiánu (*Thymus vulgaris*) disponuje antimikrobiálními vlastnostmi zejména díky přítomnosti fenolických sloučenin thymol a karvakrol (Amiri, 2012).

MATERIÁL A METODIKA

Chemikálie

Chitosan s nízkou molekulovou hmotností (LMW), tripolyfosfát sodný (TPP) čistoty 85% a Tween 20 byly zakoupeny u společnosti Sigma Aldrich. Kyselina octová 99% byla zakoupena u společnosti Penta. Esenciální olej z tymiánu (TEO) byl zakoupen u české firmy Nobilis Tilia. BIO mandarinky odrůdy Clemenules byly zakoupeny v obchodním řetězci Lidl, země původu Španělsko.

Syntéza nanočástic

Nanočástice s enkapsulovaným esenciálním olejem z tymiánu byly připraveny dvoukrokovou syntézou. Prvním krokem bylo vytvoření emulze TEO ve vodném roztoku chitosanu. Zásobní roztok chitosanu o koncentraci 0,5% byl vytvořen rozpuštěním LMW chitosanu v 1% roztoku kyseliny octové. Pro vytvoření emulze bylo nejprve smícháno 25 mg TEO a 60 mg Tween 20, který sloužil jako surfaktant, ve vhodné kádince. Poté bylo pomalu přikapáváno 20 ml roztoku chitosanu za stálého míchání rychlostí 600 otáček za minutu. Pro zlepšení stability vytvořené emulze byl poté použit homogenizátor po dobu 5 minut a rychlostí 13 000 otáček za minutu. Dalších 30 minut byla směs míchána rychlostí 600 otáček za minutu.

Ve druhém kroku byla iniciována tvorba nanočástic procesem iontové gelace chitosanu a TPP, došlo k zesíťování a tvorbě nanokapslí reakcí kladně nabitých NH_3^+ skupin chitosanu se záporně nabitými fosfátovými skupinami TPP. 0,1% zásobní roztok TPP byl vytvořen rozpuštěním TPP ve vodě. K tvorbě nanočástic došlo samovolně v průběhu pomalého přikapávání roztoku TPP do vytvořené emulze za stálého míchání, jehož rychlost byla postupně zvyšována v závislosti na odkapaném objemu. Hydrofobní TEO byl

uzavřen do vzniklých nanokapslí. Objemový poměr roztoku TPP a emulze TEO v roztoku chitosanu byl 1:1. Pro zvýšení stability byly vzniklé nanočástice míchány rychlostí 650 otáček za minutu do dalšího dne.

Charakterizace nanočástic

Velikost nanočástic byla měřena pomocí dynamického rozptylu světla (DLS) a fotografie byly pořízeny pomocí mikroskopie atomárních sil (AFM). Stability nanočástic byla charakterizována pomocí Zeta potenciálu. DLS a Zeta potenciál byly měřeny pomocí přístroje ZetaSizer Nano ZS firmy Malvern.

Měření velikosti metodou DLS je založeno na náhodném Brownovu pohybu nanočástic za ozáření laserovým paprskem a sledování změny intenzity rozptýleného světla v závislosti na rychlosti pohybu částic. Změřená intenzita je poté vyhodnocena přístrojem a převedena na hydrodynamický poloměr částic. Tato metoda je vhodná výhradně pro částice kulovitého tvaru (de Kanter et al., 2016). Zeta potenciál je indikátorem stability systému. Pokud mají všechny přítomné částice vyšší kladný nebo záporný Zeta potenciál, mají tendenci se vzájemně odpuzovat a nebude docházet ke shlukování a agregaci. Jako stabilní jsou považovány systémy s hodnotami nižšími než -30 mV a vyššími než 30 mV (Malvern Panalytical, 2024).

Pro účely měření DLS a Zeta potenciálu nebyly nanočástice nijak upravovány. Pro účely pořízení snímků pomocí AFM byly nanočástice pročištěny týdenní dialýzou, byly použity dialyzační trubice z regenerované celulózy o propustnosti 35kDa. Pořízení snímků AFM proběhlo na CEITEC MUNI.

Aplikace ochranného postřiku

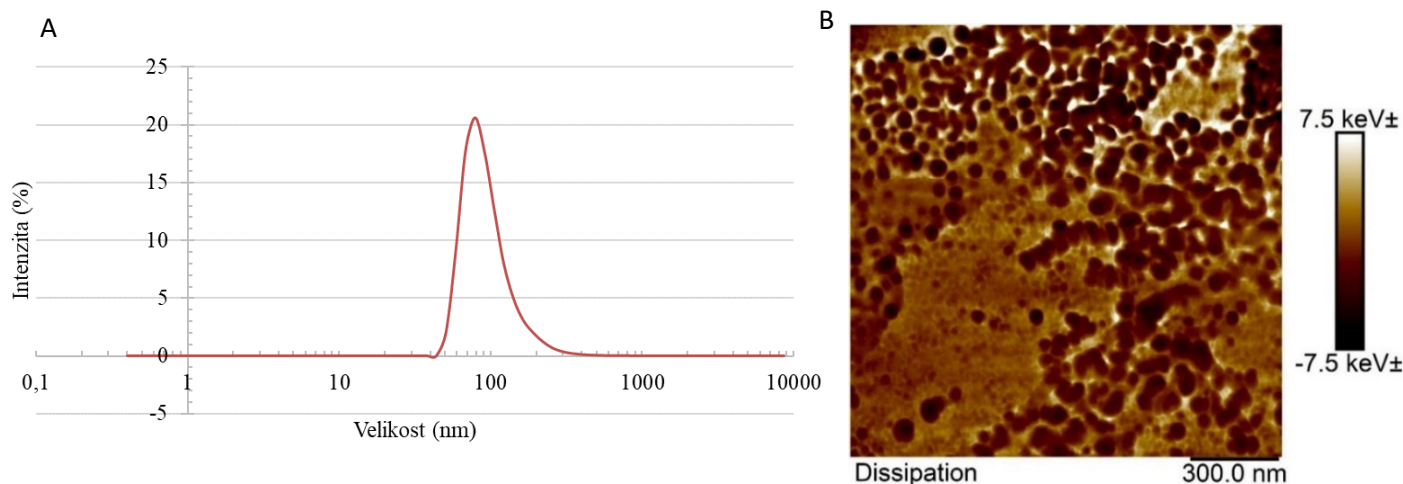
Syntetizované nanočástice byly aplikovány jako ochranný postřik na 20 BIO mandarinek, které byly náhodně rozděleny do čtyř skupin po pěti kusech. Před aplikací postřiku nevykazovala žádná z mandarinek známky mikrobiální kontaminace nebo mechanického poškození. První skupina pěti mandarinek byla skupina kontrolní (K), bez postřiku. Druhá skupina byla ošetřena jednou vrstvou nanočástic s enkapsulovaným TEO (T:1V), třetí skupina dvěma vrstvami nanočástic s enkapsulovaným TEO (T:2V) a čtvrtá skupina třemi vrstvami nanočástic s enkapsulovaným TEO (T:3V). Mandarinky byly naskládány do plastové nádoby v dostatečných rozestupech, aby nedošlo ke křížové kontaminaci a umístěny do místnosti se stálou teplotou a relativní vlhkostí vzduchu, hodnoty byly zaznamenávány digitálním teploměrem Sencor. Experiment probíhal celkem 24 dní.

Pozorováno bylo primárně kažení mandarinek a rozvoj plísně. Dále pak jiné, zrakem, hmatem či čichem zjištěné změny, které se projeví v průběhu experimentu.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Velikost nanočástic

Dle měření metodou DLS byla velikost nanočástic 92 ± 41 nm. Obrázek 1 A zobrazuje velikostní rozdělení „number“, kdy je hodnota získána přepočtem přes nejmenší naměřenou velikost. Nanočástice jsou definovány jako látky s rozměry do 100 nm, lze tedy konstatovat, že syntetizované nanočástice tento velikostní limit splňují.



Obrázek 5: Velikost nanočástic s enkapsulovaným TEO dle DLS (A), AFM snímek nanočástic s enkapsulovaným TEO (B)

Snímek pořízený pomocí AFM, Obrázek 5 B zřetelně zobrazují, že syntetizované nanočástice mají kulovitý tvar. Oproti výsledkům získaných metodou DLS lze vidět, že velikost nanočástic na pořízeném snímku je menší. Nepřesnosti při měření metodou DLS mohla způsobit vysoká koncentrace nanočástic a případná přítomnost drobných nečistot a prachových částic ve vzorku. Fotografie nanočástic vždy představují nejvíce přesný výsledek a předávají pravdivé informace o velikosti a tvaru.

Stabilita nanočástic

Naměřená hodnota Zeta potenciálu nanočástic s enkapsulovaným TEO byla 42 mV. Hodnota je kladná v důsledku převažujícího kladného náboje chitosanu. Jedná se o hodnotu vyšší než 30 mV, vzniklý systém je tedy možné označit za vysoce stabilní.

Průběh mikrobiálního kažení mandarinek

Pozorování postupu mikrobiálního kažení a dalších změn na nanopostřikem ošetřených mandarinkách probíhalo celkem čtyři týdny, záznam byl prováděn denně, kromě víkendů. Průměrná teplota ve skladovací místnosti byla 17,7 °C a průměrná relativní vlhkost byla 32,2 %.

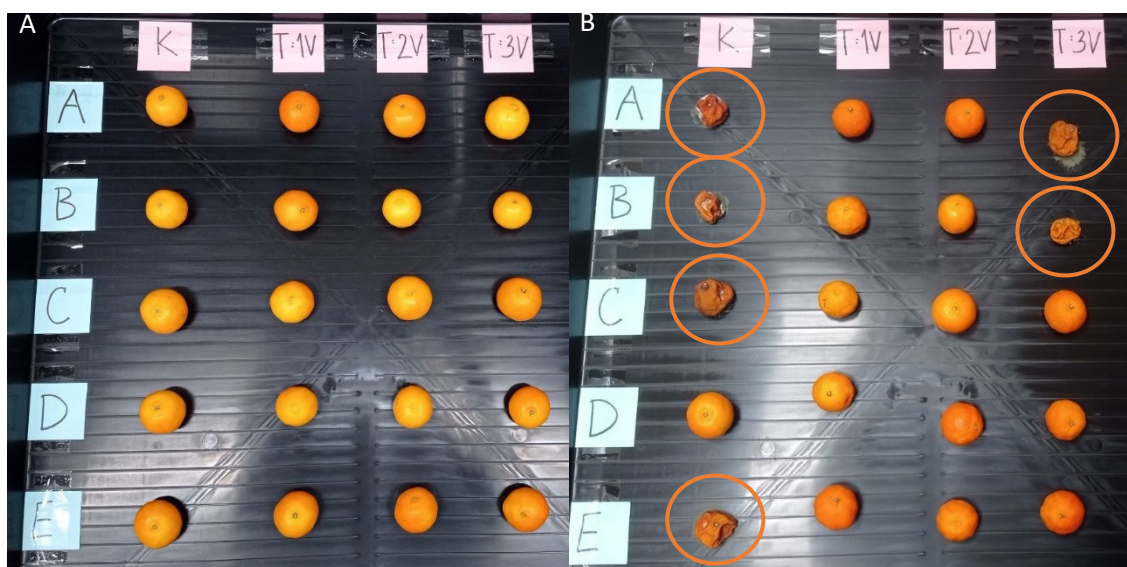
V prvním týdnu se objevily první známky kažení mandarinek. Proces vždy začínal od kontaktní plochy mandarinky s podložkou, první fází bylo změknutí slupky, poté se projevila bílá plíseň. Koncem prvního pozorovacího týdne se bílá plíseň objevila na jedné mandarince z řady K a na jedné mandarince T:3V. Na ostatních mandarinkách nebyly pozorovány žádné změny.

V průběhu druhého týdne postupovalo kažení nejrychleji. Plíseň se objevila na dalších třech mandarinkách z řady K. Kromě bílé plísně se objevila i plíseň zelená a byly pozorovány první známky scvrkávání a změny barvy mandarinek. V řadě T:3V se objevila plíseň na jedné další mandarince a objevily se známky scvrkávání a změny barvy v okolí stopky. Na ostatních mandarinkách nebyly pozorovány žádné změny.

V průběhu třetího týdne se na již zkažených mandarinkách výrazněji projeví znaky mikrobiálního rozkladu. Docházelo k výraznému scvrkávání, hnědnutí a porůstání plísňe i na horní stranu mandarinek. Došlo také

k výraznému rozšíření mikrobiálního zápachu. Na nezkažených mandarinkách se začaly projevovat známky vysychání – srašštění slupek, ztvrdnutí a scvrkávání.

V průběhu čtvrtého týdne již nebyly pozorovány žádné výrazné změny, nejvíce se projevilo vysychání a tvrdnutí nezkažených mandarinek. Obrázek 6 zobrazuje stav mandarinek první (A) a poslední (B) den experimentu, oranžově jsou označeny plesnivé mandarinky. Obrázek 7 pak zobrazuje detail některých plesnivých mandarinek.



Obrázek 6: Stav mandarinek první a poslední den experimentu



Obrázek 7: Detailní fotografie některých plesnivých mandarinek

ZÁVĚR

Syntéza chitosanových nanočástic s enkapsulovaným TEO proběhla úspěšně. Charakterizace metodami DLS, Zeta potenciálu a AFM prokázala, že syntetizované nanočástice měly požadovanou velikost, kulovitý tvar a dostatečnou stabilitu. Jejich aplikace jako ochranný postřik na mandarinky prokázala schopnost ochrany proti nepříznivým mikrobiálním vlivům a tím prodloužení jejich trvanlivosti. Nejlepších výsledků dosáhly jedna a dvě vrstvy nanopostřiku, ze skupin T:1V a T:2V nezplesnivěla žádná mandarinka. Ze skupiny T:3V se plíseň objevila na dvou mandarinkách, tři vrstvy postřiku tedy nedosáhly tak dobrých výsledků. To mohlo být způsobeno vysokým obsahem vody ve třech vrstvách nanopostřiku. Výše uvedené skladovací podmínky způsobily postupné vysychání a scvrkávání mandarinek. Syntetizovaný nanopostřik nedisponoval žádnými bariérovými vlastnostmi, které by mohly vysychání zabránit.

LITERATURA

Amiri, H. (2012): Essential Oils Composition and Antioxidant Properties of Three Thymus Species. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2012, 1–8. ISSN 1741-427X. <https://doi.org/10.1155/2012/728065>

de Kanter, M. et al. (2016): Enabling the measurement of particle sizes in stirred colloidal suspensions by embedding dynamic light scattering into an automated probe head. *Measurement*. 80. ISSN 02632241. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2015.11.024>

Electrophoretic Light Scattering (ELS). (2024): Malvern Panalytical. [cit. 2024-04 26]. <https://www.malvernpanalytical.com/en/products/technology/light-scattering/electrophoretic-light-scattering>

Gómez-Mascaraque, L. G. et al. (2017): Impact of microencapsulation within electrosprayed proteins on the formulation of green tea extract-enriched biscuits. *LWT - Food Science and Technology*. 81. ISSN 00236438. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.041>

Haghighi, H. et al. (2020): Recent advances on chitosan-based films for sustainable food packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*. 26. ISSN 22142894. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100551>

Mihindukulasuriya, S. D. F.; Lim, L.-T. (2014): Nanotechnology development in food packaging: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 40(2), 149–167. ISSN 09242244. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.09.009>

Mohammadi, A.; Hashemi, M.; Hosseini, S. M. (2016): Postharvest treatment of nanochitosan-based coating loaded with Zataria multiflora essential oil improves antioxidant activity and extends shelf-life of cucumber. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 33. ISSN 14668564. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.10.015>

Mulvaney, P. (2015): Nanoscience vs Nanotechnology—Defining the Field. *ACS Nano*. 9(3), 2215–2217. ISSN 1936-0851. <https://doi.org/10.1021/acsnano.5b01418>

Pulingam, T. et al. (2022): Exploring Various Techniques for the Chemical and Biological Synthesis of Polymeric Nanoparticles. *Nanomaterials*. 12. ISSN 2079-4991. <https://doi.org/10.3390/nano12030576>

Wei, Z.; Huang, Q. (2019): Assembly of Protein–Polysaccharide Complexes for Delivery of Bioactive Ingredients: A Perspective Paper. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 67. ISSN 0021-8561. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b06063>

Xing, Y. et al. (2019): Antimicrobial Nanoparticles Incorporated in Edible Coatings and Films for the Preservation of Fruits and Vegetables. *Molecules*. 24(9). ISSN 1420-3049. <https://doi.org/10.3390/molecules24091695>

Kontaktní adresa: Bc. Štěpánka Penčáková, Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: xpencako@mendelu.cz

CUSTOM-BUILT STEAM CONDITIONING AS A PROCESSING INTERVENTION FOR *SALMONELLA ENTERICA* REDUCTION ON IN-SHELL PECANS

Dikshya Shilpakar¹ – Cameron Bardsley² – Achyut Adhikari¹ – Karuna Kharel¹

¹School of Nutrition and Food Sciences, LSU AgCenter, Baton Rouge, LA

²US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Southeastern Fruit and Tree Nut Research Station, Byron, GA 31008, United States

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0224>



ABSTRACT

Pecan harvesting practice such as mechanically shaking the nuts to stay on the ground for several days until collected can pose food safety risk. Several agricultural practices such as cattle grazing, irrigation or rain events and unhygienic farm practices can lead to foodborne pathogen contamination of the in-shell nuts while on the farm. While steam treatment of in-shell pecans is a potential conditioning method that growers can use to facilitate shelling, it also holds potential as a decontamination strategy.

This study evaluated the efficacy of steam treatments on *Salmonella enterica* inactivation on in-shell pecans. In-shell pecans were inoculated with a five strain cocktail of nalidixic acid-resistant mutant of *Salmonella enterica* (Anatum, Tennessee, PT9c, Oranienberg, Enteritidis PT30) to ~8 log CFU/g. The samples were steam-treated at 70, 80 and 90°C for 0–300 s using a custom-designed batch setup system after a come-up time of 20s. After treatment, the pecans were massaged in 100 mL of 0.1% sterile peptone water, and plated on Xylose Lysine Deoxycholate agar with nalidixic acid (50µg/mL) and enumerated after incubation at 37°C for 24 and 48 h. The water activity of the samples before and after treatment was measured. The data was analyzed using mixed model with post-hoc Tukey test at $P < 0.05$. At 70°C, *Salmonella* was significantly reduced ($P < 0.05$) by 4.65 ± 0.01 log CFU/g within 120 s, whereas a 5-log reduction required 150 s of exposure. When the temperature was increased to 80°C, a 10 s exposure led to 2.10 log CFU/g reduction which increased ($P < 0.05$) to a 5.30 log CFU/g reduction at 90 s. Increasing the temperature to 90°C showed similar reduction trend as that of 80°C. A 5-log reduction was achieved within 90 s when in-shell pecans were treated at 90°C. Steam treating the pecans for up to 5 mins at all tested temperatures increased water activity of the kernel (0.608 ± 0.002 for 70°C, 0.615 ± 0.002 for 80°C and 0.608 ± 0.004 for 90°C vs 0.58 ± 0.006 for control).

Steam treatment of in-shell pecans holds potential to be an effective processing technology for enhancing their microbiological safety.

Keywords: in-shell pekans, steam treatments, Salmonella enterica

Contact Information: Dikshya Shilpaka, ¹School of Nutrition and Food Sciences, LSU AgCenter, Baton Rouge, LA.

SUSTAINABLE FABRICATION OF CELLULOSE-BASED ANTIBACTERIAL NANOCOMPOSITE FILMS FOR ACTIVE PACKAGING TO PREVENT *LISTERIA* AND *SALMONELLA* CONTAMINATION

Pratiksha Shrestha¹ – Qinglin Wu² – Abouzeid, Ragab Esmail Mahmoud²
Witoon Prinyawiwatukul¹ – Karuna Kharel¹

¹School of Nutrition and Food Sciences, Louisiana State University AgCenter,
Baton Rouge, Louisiana, USA,

²School of Renewable Natural Resources, Louisiana State University AgCenter,
Baton Rouge, Louisiana, USA

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0225>



ABSTRACT

Packaged low moisture foods are prone to contamination by *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* spp. indicating a need for post-process intervention. Sustainable antimicrobial packaging using cellulose-based biomaterials incorporated with natural antimicrobials offers a promising solution for controlled antimicrobial release and effective pathogen mitigation. This study aimed to develop an antimicrobial nanocomposite by incorporating natural antimicrobials into lignocellulose nanofibers derived from plant-based waste.

Nisin (0.33%) and oregano essential oil (OEO) at three different concentrations (0.5%, 1%, 1.5%) were used to prepare 3 different formulations of lignocellulose nanofiber (LCNF) based nanocomposite films by solution casting on Teflon plates. The films were eventually punched into 9 mm disks for antimicrobial tests. *In vitro* antimicrobial activity was tested using disk diffusion method against four *Salmonella enterica* strains (PT 30, PT 9c, Oranienberg, Anatum), four *Listeria monocytogenes* strains (Scott A, V7, LCDC, 101M) and control on Mueller-Hinton agar. Film color was evaluated using L*, a*, b* colorimetric system. Differences in mean values were analyzed using ANOVA with *post-hoc* Tukey's test at $P < 0.05$ in JMP® Pro 18.0.1. The antimicrobial film demonstrated broad-spectrum efficacy, with zone of inhibition ranging from 13.4–25.5 mm. It was significantly more effective ($P < 0.05$) against Gram-positive bacteria, as evidenced by greater susceptibility of *L. monocytogenes* (19.11 ± 0.26 mm) compared to *S. enterica* (15.97 ± 0.26 mm). Among the tested strains, the most resistant were *Salmonella* PT 30 and Oranienberg (14.5–16.0 mm), while the most susceptible were *L. monocytogenes* Scott A and V7 (20.57–21.24 mm). For both organisms, the 15% OEO concentration showed the highest efficacy ($P < 0.05$), though films at this concentration had a slightly darker color, as indicated by a significantly lower L* value (70.27 ± 0.28).

Plant-based nanocomposite antimicrobial films offer a promising sustainable solution for enhancing food safety in packaged ready to eat low moisture foods, highlighting the need for further research.

Keywords: food packaging, antimicrobial properties, nanocomposite films

Contact Information: Pratiksha Shrestha, School of Renewable Natural Resources, Louisiana State University AgCenter, Baton Rouge, Louisiana, USA.

MODERNÍ TRENDY V POTRAVINÁŘSTVÍ – ZAMĚŘENÍ NA CEREÁLNÍ CHEMII, TECHNOLOGII A VÝŽIVU LIDÍ

MODERN TRENDS IN FOOD INDUSTRY – FOCUS ON CEREAL CHEMISTRY, TECHNOLOGY AND HUMAN NUTRITION

Marcela Sluková¹ – Pavel Skřivan¹ – Ivan Švec¹

¹Ústav sacharidů a cereálií, Fakulta potravinářské a biochemické technologie, VŠCHT Praha,
Technická 5, 166 28 Praha 6 – Dejvice

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0226>



ABSTRAKT

Obiloviny (cereálie) stále představují pro většinu lidské populace základní složku výživy. Obiloviny a výrobky z nich jsou zdrojem sacharidů a bílkovin. Převažujícím polysacharidem obilného zrna je škrob sloužící ve výživě lidí jako zdroj pohotové energie, což se v dnešní době s nevyváženou energetickou bilancí může zdát jako nevýhoda. Vedle škrobu jsou přítomny sice nestravitelné, ale nutričně a fyziologicky významné sacharidy, označované jako vláknina. V souvislosti s výživou a zdravím je často diskutován pojem glykemický index potravin, výhody a rizika konzumace celozrnných cereálních výrobků, je porovnáván výživový význam světlého (bílého), celozrnného a vícezrnného chleba a pečiva, jsou navrhovány reformulace receptur pekařských výrobků s ohledem na obsah cukrů, tuků a energie ve vybraných druzích pečiva apod. Pro bezlepkovou výživu se naopak využívají tradiční i méně známé bezlepkové obiloviny a pseudoobiloviny. Na uvedené podněty reaguje i pekárenský průmysl. Při výrobě chleba a pečiva se využívají produkty hydrotermické úpravy zrn (nejen obilných) ve formě zápars nebo závařky, ve větším měřítku se uplatňují fermentační technologie (příprava a využití zákvasky, kvasů a kvasných stupňů), využívají se speciální celozrnné mouky a rozšiřuje se sortiment pekařských výrobků s vyšším podílem vlákniny a bílkovin.

Klíčová slova: pečivo, glykemický index, vláknina, cereální kvasy

ABSTRACT

Cereals are still the staple food for most of the human population. Cereals and cereal products are a source of carbohydrates and proteins. The predominant polysaccharide in cereal grains is starch, which serves as a source of ready energy in the human diet, which may seem like a disadvantage in today's energy-balanced world. In addition to starch, there are also indigestible but nutritionally and physiologically important carbohydrates, known as dietary fibre. In the context of nutrition and health, the concept of the glycaemic index of a food, the benefits and risks of consuming wholemeal cereal products, the nutritional importance of light (white), wholemeal and multigrain breads and pastries are often discussed. Reformulations of bakery recipes are proposed with regard to the sugar, fat and energy content of selected types of the products. In contrast, traditional and lesser-known gluten-free cereals and pseudocereals are used for gluten-free nutrition. The bakery industry is also responding to these stimuli. The products of hydrothermal treatment of seeds and grains (not only cereal grains) in the form of mash or the similar products are being used

in the production of bread and bakery products, Fermentation technologies (preparation and use of mash, preferment, sourdough and different fermentation stages) are being applied on a larger scale. Special wholemeal (mainly finely granulated) flours are being used and the range of bakery products with a higher fibre and protein content is being extended.

Keywords: pastries, glycaemic index, dietary fibre, cereal sourdoughs

NÁSTIN A MOŽNOSTI ŘEŠENÍ TECHNOLOGICKÝCH VÝZEV

Moderní biotechnologické postupy se v posledních desetiletích uplatňují i v natolik tradičním oboru, jakým je cereální technologie. Výroba chleba stojí do značné míry na fermentačních procesech již od pradávna a stejně tak i další významné biochemické děje primárního a sekundárního zpracování obilovin, které tam pronikly již v dávných dobách. To podstatné, co charakterizuje vývoj v posledních desetiletích a promítá se do naší technologie stále významněji, je znalost podstaty mikrobiologických, biochemických a fyzikálně chemických procesů, které se zde uplatňují, a schopnost je směřovat a řídit. Cereální technologie se v poslední době velmi často vrací k postupům, které již upadaly či upadly v zapomnění, stejně jako k surovinám – obilovinám, pseudoobilovinám, luštěninám i dalším plodinám, které se historicky využívaly pro výrobu chleba, pečiva i dalších cereálních produktů a globalizuje se v tom smyslu, že se rozšiřuje spektrum plodin i postupů o takové, které mívaly pouze lokální význam. K technologickým postupům uplatňovaným v historii se však navracíme na nové úrovni jejich poznání a chápání a snažíme se v maximální míře využít jejich potenciál (Delcour a Hoskeney, 2010). Totéž ve stejném duchu platí i o surovinách.

Hovoříme-li o potenciálu zrna/nažky/semena, pak máme na mysli především potenciál výživový, tj. maximálně efektivní využití těch složek surovin, které představují nebo mohou představovat nutriční přínos. Obiloviny sloužily po tisíciletí především jako zdroj dostupné energie uložené v molekulách škrobu a jako významný zdroj bílkovin (byť neplnohodnotných). V současné době však ve vyspělých částech světa řešíme problém přebytku energie v sortimentu potravin dostupném naprosté většině populace. Přebytková energetická bilance je dána nejen zbohatnutím společnosti, ale zejména také radikální změnou životního stylu, který vedl k podstatně menší energetické náročnosti naší každodenní činnosti. Klesla potřeba fyzické práce a pohybu. Z toho důvodu se historická přednost obilovin stala diskutabilní, a proto v nich hledáme (a často také nacházíme) další nutričně významné benefity a jejich energetickou vydatnost se naopak snažíme redukovat (Sobotka, 2011; Kendall et al., 2010). Proto také návrat k zapomenutým plodinám a rozšiřování sortimentu surovin. Hlavní chlebová obilovina – pšenice – která postupně ovládla i ty části světa, kde se využívala pouze okrajově, s sebou sice přinesla oblíbené typy produktů (chleba, pečiva, těstovin), které mají jedinečné a jen velmi těžko napodobitelné senzorické vlastnosti, ale představují právě především energeticky bohaté potraviny navíc s vysokým glykemickým indexem (Skřivan et al., 2024).

Základní cíle, které z dnešního pohledu v dalším rozvoji cereální technologie vidíme, jsou následující: (1) Zvýšení rozmanitosti produktů tradičního typu (chleba, pečiva, těstovin) i dalších cereálních výrobků včetně netradičních. (2) Zvýšení podílu vlákniny a případně také bílkovin oproti škrobu a snížení glykemického

indexu cereálních výrobků. (3) Další rozšíření sortimentu bezlepkových cereálních produktů v rámci speciální výživy pro osoby trpící celiakií či jinou formou intolerance lepku. (4) Zefektivnění využití přirozeného nutričního potenciálu zpracovávaných plodin (uchování maxima přínosných biologicky aktivních látek, zvýšení jejich biologické dostupnosti a využitelnosti). (5) Řízené modifikace nutriční hodnoty cereálních výrobků snížením obsahu nežádoucích složek a zvýšením obsahu nutričně přínosných složek. (6) Zvýšení sensorické atraktivity cereálních produktů s vysokým obsahem vlákniny.

V praxi to znamená zejména vývoj moderních typů dezintegrace (mletí) obilovin, pseudoobilovin, luštěnin a dalších plodin, které povedou k žádoucímu zjemnění granulace částic obalových a podobalových vrstev zrna bohatých na vlákninu a doprovodné biologicky aktivní látky (Rakha a Aman, 2013; Sluimer, 2007). Toho je ovšem třeba dosahovat při maximální šetrnosti k ostatním složkám.

Enzymové procesy se uplatňují zejména během postupů takzvané hydrotermické úpravy zrn, šrotů nebo mouk (Abhilasha et al., 2022). Aby byl jejich průběh dostatečně účinný, musejí být správně nastaveny tři základní parametry – vlhkost, teplota a čas. Historicky se vyvinula celá škála takových postupů založených na čistě empirické bázi. Dnes již známe podrobně podstatu těchto změn. Ve vodném prostředí (např. při nakrápění nebo máčení obilného zrna) dochází k sorpci a navázání vody do struktury biopolymerů, tj. škrobu (rychlejší sorpce vody probíhá v případě škrobu poškozeného zejména během dezintegrace), složek rozpustné (bobtnavé, ve vodě extrahovatelné) vlákniny a bílkovin. Dochází k aktivaci enzymů a k jejich hydrolytickému působení (štěpení škrobu, degradaci bílkovin i částečné hydrolýze některých složek vlákniny). Všechny tyto děje probíhají rychleji a intenzivněji při vyšší teplotě, a to včetně enzymové hydrolýzy. Amylasy a do jisté míry i proteasy jsou relativně termostabilní a jejich teplotní optima jsou vysoká. Spolupůsobení vlhkosti a teploty v čase nazýváme souhrnně hydrotermickou úpravou. Zrno je možné podrobit hydrotermické úpravě vcelku, nebo po (částečné) dezintegraci, tj. v podobě loupané (či jinak povrchově opracované), vloček, krup, lámanky, trhanky, šrotu, stejně jako krupic a mouk.

Řízené postupy hydrotermické úpravy, máčení a klíčení obilných zrn a jejich částí vedou ke změně obsahu a struktury oligosacharidů, škrobu a neškových polysacharidů (Delcour a Hoskeney, 2010). Vedle biochemických procesů (aktivace a působení enzymů, tvorba nízkomolekulárních fermentovatelných látek a jejich zapojení do dalších reakcí, uvolnění substrátů pro vznik sensoricky významných látek, vznik exopolysacharidů a oligosacharidů) hrají roli i fyzikální projevy (hydratace, bobtnání a mazovatění, tvorba nízkomolekulárních ve vodě rozpustných látek). Produkty enzymové hydrolýzy polysacharidů jsou v konečné fázi jednoduché cukry (maltosa, glukosa a další), jejichž přítomnost se projevuje příjemně nasládlou chutí produktů. Reakce neenzymového hnědnutí vedou k produktům přispívajícím charakteristickou mírně nahořklou chutí a zejména širokým spektrem vonných látek.

Vedle významných modifikací fyzikálně-chemických a sensorických vlastností dochází také v procesech hydrotermické úpravy k významným změnám nutričních vlastností zpracovávané suroviny. Vlivem bobtnání a částečné hydrolýzy dochází k rozvolnění struktur obalových a podobalových vrstev zrna a tím k uvolnění

složek vlákniny a doprovodných látek s často významnou biologickou aktivitou. Správně vedený proces hydrotermické úpravy má tak za následek zvýšení biologické dostupnosti těchto látek a přispívá tak ke zvýšení nutriční hodnoty produktu.

Příkladem stále častěji používaných typů hydrotermické úpravy jsou příprava zápary či závařky, které jsou sice tradičními postupy, nicméně v současné době prováděnými nikoli na základě empirických poznatků, jak tomu bylo dříve, ale na základě současných znalostí jejich fyzikálně-chemické, biochemické a mikrobiologické podstaty. V dnešní době se tyto procesy vedené řízeným způsobem na speciálních zařízeních také označují jako aromatechnologie (Hanus et al., 2021).

Při kontrolovaném máčení obilných zrn ve vodě o teplotě 20–30°C po dobu 12–24 h difunduje voda mikropóry dovnitř zrna a tím je zahájen proces bobtnání škrobu a bílkovin. Vláknina, enzymy a bioaktivní látky zůstávají v této fázi beze změny. Intenzivním ohřevem zrna ve vodě po dobu několika hodin se získá produkt označovaný jako zápara (ohřev při teplotě cca 50°C) nebo závařka (ohřev při teplotě nad 60°C).

V případě zápary je po smíchání vody a většinou celých zrn směs zahřívána na teplotu kolem 50°C a poté ponechána cca 2–3 h stát. Díky vyšší teplotě v porovnání s máčením dochází k rychlejšímu pohybu a příjmu vody do struktury zrna a ke zvětšení objemu zrna. Při zahřívání a během stání směsi dochází k intenzivnímu bobtnání škrobu (nastává rozpad škrobových zrn) a bobtnání bílkovin, k částečnému bobtnání složek rozpustné vlákniny, nepatrnému výluhu vitaminů (vitaminů skupiny B) a rozpustných solí minerálních látek.

Při přípravě závařky se jedná o smíchání vody a zrn (nebo šrotu či jemnějších produktů – mouk), zahřátí směsi na teplotu 60–65°C (i výše) po dobu několika hodin. Produkt pak chladne a dozrává. Většinou jsou do směsi přidávány i amylolytické enzymy, nejčastěji ve formě enzymově aktivní sladové mouky. Nastává intenzivní enzymové odbourávání zmazovatělého škrobu na dextriny nebo až na cukry (maltosa, glukosa). Jednoduché sacharidy způsobují nasládlou chuť produktu a během tepelné úpravy se podílí na barvě kůrky a vůni a chuti pekařského výrobku se závařkou. Vedle aktivace původních amylolytických enzymů jsou aktivovány i proteolytické enzymy. Probíhá hydrolýza bílkovin za vzniku různých peptidů a aminokyselin, které mohou přispívat k profilu aromatických látek závařky a finálního pekařského produktu. Aminokyseliny se navíc při procesu pečení spolu s cukry zapojují do reakcí neenzymového hnědnutí (Mailardova reakce, vybarvení kůrky pečiva a charakteristické vonné a chuťové látky pečiva). S delší dobou stání směsi dochází k intenzivnějšímu bobtnání části rozpustné vlákniny a k výluhu některých nízkomolekulárních, ve vodě rozpustných látek. Po sensorické stránce jsou obilná zrna ve formě závařky snadnou žvýkatelná, s měkkou konzistencí a velmi příjemnou vůní a chutí. Delší doba a vyšší teplota úpravy zrna vede ke zvýšení využitelnosti některých bioaktivních látek.

Fermentační procesy provázejí zpracování obilovin od jeho počátků v dávné historii. Základními procesy, které se v cereální technologii uplatňují, jsou etanolové a mléčné kvašení. Zatímco první z nich se využívá především díky tvorbě oxidu uhličitého (kvasného plynu) sloužícího k nakypření těsta, mléčné kvašení jak

homo- tak heterofermentativního typu má zásadní vliv na senzorické vlastnosti výrobku. Ale jak se ukázalo, také na výživové vlastnosti, a to jak tvorbou některých nutričně významných a biologicky aktivních látek (například exopolysacharidů), tak také zvýšením biologické dostupnosti a využitelnosti látek přítomných v zrnech a primárních produktech (Wang a Wang, 2024). Hlavní produkty mléčného kvašení, především sama kyselina mléčná, slouží také díky své antifungální aktivitě jako přirozený konzervant a stabilizátor výrobků. Příprava (výroba) kvasů a jejich aplikace při výrobě chleba a pečiva je součástí a v jistém smyslu i fundamentem sekundárního zpracování obilovin již od jeho počátků. Kvasy se připravovaly především z primárních produktů (šrotů a mouk) základních chlebových obilovin (pšenice, ječmene a posléze žita) a jejich nositelem byly jak etanolové tak mléčné kvašení. Žitné kvasy, v nichž se kombinují oba typy kvašení, jsou typické pro střední, severní a východní Evropu (Skřivan et al., 2023).

Kvasy se obecně připravují buďto spontánní iniciací z přirozené mikroflóry obilovin, nebo pomocí startovacích kultur rozmanitého složení. Vedou se v jednom nebo více stupních a některé z nich jsou opakovatelné čili větší část finálního kvasu se používá pro tvorbu těsta a menší část se vrací jako základ pro další kvasný cyklus. V současné době však existuje mnoho technologických postupů výroby vitálních (živých) kvasů, které využívají moderní poznatky mikrobiologie, biochemie a nauk o výživě, a které představují skutečně propracované biotechnologické procesy. Z důvodů uvedených výše se kvasům věnuje v moderní cereální technologii značná pozornost a vyvíjejí se postupy modifikace a optimalizace fermentačních procesů s ohledem na kvantitativní i kvalitativní skladbu produktů, zejména na obsah a zvýšení dostupnosti biologicky aktivních a nutričně přínosných látek. Kvasy také díky své stabilizační schopnosti snižují nebo eliminují potřebu přísad některých přídatných látek sloužících k prodloužení čerstvosti a trvanlivosti chleba a pečiva. Jako substrát slouží primární produkty žita i pšenice, ale v poslední době se pozornost stále více zaměřuje také na méně tradiční obiloviny (např. čirok), ale také na pseudoobiloviny i luštěniny (Di Cairano et al., 2020; Wolter et al., 2013).

Již v blízké budoucnosti můžeme očekávat, že se možnosti regulace enzymových a fermentačních procesů přestanou omezovat pouze na metody, které se v praktické cereální technologii uplatňují dosud zcela převážně, totiž na úpravy fyzikálních a fyzikálně-chemických podmínek, za nichž tyto procesy probíhají, nebo na přidávky enzymů či inokulací mikroorganismy. Používat se začnou hlubší a sofistikovanější zásahy do jejich molekulárně biologické podstaty. Takové zásahy, které povedou k účinnějšímu ovlivnění složení cereálních produktů, ať již ve smyslu obohacení o biologicky aktivní látky, nebo naopak eliminace některých nežádoucích složek (např. lepku) jsou již předmětem výzkumu a jejich aplikace je pouze otázkou času.

ZÁVĚR

Pohled na obiloviny a pekařské výrobky se sice mění, ale jejich role ve výživě lidí je stále velmi významná. Obiloviny a pseudoobiloviny jsou zdrojem nutričně cenných látek (zejména vlákniny a jejich složek, přidružených bioaktivních látek, některých vitaminů apod.). Je třeba se zaměřit na takové zpracovatelské postupy, abychom maximálně využili nutriční potenciál celého obilného zrna, zařadit modifikované

technologické postupy (fermentační procesy, úpravy teplotních režimů zrání a kynutí těst apod.), racionálně optimalizovat podíl zdravotně zatěžujících složek (sůl, cukr, tuky) v receptuře pečiva, minimalizovat nebo eliminovat použití přídatných a pomocných látek, vyrobit a spotřebiteli nabídnout atraktivní a zajímavé pekařské výrobky s přidanou výživovou hodnotou i v bezlepkové variantě.

LITERATURA

Abhilasha, A., Kaur, L., Monro, J., Hardacre, A., Singh, J. (2022): Effects of hydrothermal treatment and low-temperature storage of whole wheat grains on in vitro starch hydrolysis and flour properties. *Food Chemistry*. 395, 133516. Online ISSN 1873-7072. Dostupné z: doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133516

Delcour, J. A., Hoskeney, R. C. (2010): *Principles of Cereal Science and Technology*. 3rd ed., AACC Inc.: St. Paul, MN, USA. 1–52.

Di Cairano, M., Condelli, N., Caruso, M. C., Marti, A., Cela, N., Galgano, F. (2020): Functional properties and predicted glycemic index of gluten free cereal, pseudocereal and legume flours. *LWT*. 133, 109860. Online ISSN: 1096-1127. Dostupné z: doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109860

Hanus, M., Řehák Nováková, E., Skřivan, P., Šedivý, P. (2021): Pekařská technologie V. Moderní trendy v pekárenství. Pekař a cukrář. 85–89, 89–96.

Kendall, C. W., Esfahani, A., Jenkins, D. J. (2010): The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocolloids*. 24, 42–48. Online ISSN 1873-7137. Dostupné z: doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.08.002

Rakha, A., Åman, P. (2013): Fibre-enriched and wholegrain breads. In *Fibre-Rich and Wholegrain Foods: Improving Quality*; Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK. 211–235.

Skřivan, P., Sluková, M., Sinica, A., Bleha, R., Švec, I., Šárka, E., Pourová, V. (2024): Glycaemic Index of Bakery Products and Possibilities of Its Optimization. *Applied Sciences*. 14, 6070. Dostupné z: doi.org/10.3390/app14146070

Skřivan, P., Sluková, M., Švec, I., Čížková, H., Horsáková, I., Rezková, E. (2023): The use of modern fermentation techniques in the production of traditional wheat bread. *Czech Journal Food Sciences*. 41, 173–181. On-line ISSN 1805-9317. Dostupné z: [doi: 10.17221/39/2023-CJFS](https://doi.org/10.17221/39/2023-CJFS)

Sluimer, P. (2007): *Principles of Breadmaking*. 2nd ed., AACC Inc.: St. Paul, MN, USA. 4-6, 113-138, 139-164, 183–202.

Sobotka, L. (2011): *Basics in Clinical Nutrition*. 5th ed., Galén, Prague, Czech Republic. 445–448.

Wang, Z., Wang, L. (2024): Impact of sourdough fermentation on nutrient transformations in cereal-based foods: Mechanisms, practical applications, and health implications. *GOST*. 7, 124-132. E-ISSN 2590-2598. Dostupné z: doi.org/10.1016/j.gaost.2024.03.001

Wolter, A., Hager, A. S., Zannini, E., Arendt, E. K. (2013): In vitro starch digestibility and predicted glycaemic indexes of buckwheat, oat, quinoa, sorghum, teff and commercial gluten-free bread. *Journal of Cereal Science*. 58, 431–436. Online ISSN 1095-9963. Dostupné z: doi.org/10.1016/j.jcs.2013.09.003

Kontaktní adresa: doc. Ing. Marcela Sluková, Ph.D., Ústav sacharidů a cereálií, Fakulta potravinářské a biochemické technologie, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6 – Dejvice, e-mail: marcela.slukova@vscht.cz

VLIV NÁPLNĚ NA SENZORICKOU HODNOTU PLNĚNÝCH ČOKOLÁDOVÝCH CUKROVINEK

EFFECT OF FILLING ON THE SENSORY VALUE OF FILLED CHOCOLATE CONFECTIONERY

Veronika Šafránková¹ – Renáta Dufková¹ – Luděk Hřivna¹
Tomáš Gregor¹ – Kateřina Týblová¹

¹Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0233>



ABSTRAKT

Byl zkoumán vliv různých náplní na senzorickou hodnotu plněných čokoládových cukrovinek. Byly vyrobeny pralinky s pěti variantami náplní. Byl hodnocen jejich vzhled, textura, chuť a celkový dojem. Bylo potvrzeno, že přídavek chia semínek, mangového pyré, chilli a lyofilizovaného manga neměl významný negativní vliv na senzorickou přijatelnost výrobků. Náplň se zeleným čajem a matcha byla hodnocena jako méně přijatelná kvůli výskytu cizích chutí. Celkově byly všechny varianty hodnoceny jako dobré až vynikající, což potvrzuje význam správného výběru ingrediencí a technologických postupů při výrobě plněných čokoládových cukrovinek.

Klíčová slova: pralinky, ganache, senzorická analýza

ABSTRACT

An investigation was conducted into the effect of different fillings on the sensory value of filled chocolate confectionery. Five filling variants were produced and subsequently evaluated in terms of appearance, texture, taste and overall impression. The results showed that the addition of chia seeds, mango puree with chilli and freeze-dried mango did not have a significant negative effect on the sensory acceptability of the products. Conversely, the green tea and matcha filling was found to be less palatable due to the presence of extraneous flavours. The study concluded that the selection of appropriate ingredients and the implementation of effective technological processes are crucial in ensuring the quality and sensory appeal of filled chocolate confectionery.

Keywords: pralines, ganache, sensory analysis

ÚVOD

Plněné čokoládové cukrovinky též pralinky nebo čokoládové bonbony jsou legislativně definovány jako: „potravina o velikosti jednoho sousta, vyrobená z jednoho druhu nebo kombinace čokolád ve směsi a jiných jedlých složek, přičemž celkový obsah čokolády musí být minimálně 25 % celkové hmotnosti výrobku“ (Nařízení 2000/36/EC, Vyhláška č. 76/2003 Sb.). První čokoládové pralinky byly oříšky v karamelu. Nyní je lze všeobecně definovat jako různé druhy náplní obalené čokoládovou vrstvou, tedy jako výrobek, sestávající se z pevné čokoládové skořápky s měkkou (občas tekutou) náplní (Marvig et al., 2014).

Náplně se mohou lišit nejen svým složením a chutí, ale i strukturou. Strukturu ovlivňují zejména technologické postupy při jejich výrobě a složení (McGill, Hartel, 2018). Jak uvádí Miquelin, Alcantra a Lannes (2011), existuje mnoho příchutí a variací v konzistenci náplní do plněných čokoládových výrobků. Na chuť má rozhodující vliv především ochucující složka, např. chilli, kokos, ovocné pasty a prášky z lyofilizovaného ovoce, ořechy a ořechová másla, káva, koření aj. Druh náplně má významný vliv i na jejich přijatelnost (Popov-Raljić et al., 2010). Typickou náplní pro pralinky je ganache, která je jednou z hlavních součástí pro plněné čokoládové výrobky (Secuk, Secim, 2022). Všeobecně se jedná o jednu z nejznámějších a nejoblíbenější náplní na bázi čokolády. Jedná se o směs čokolády a vysokotučné smetany (min. 35 % tuku), která může být nahrazena jinou tekutou složkou, jako je např. ovocné pyré (Maršálek, 2023). Cílem při sestavování receptur je, aby byla výsledná ganache snadno rozpustná v ústech a homogenní. Existuje velká variabilita receptur a mnoho variant příchutí náplní (McGill, Hartel, 2018), což je jeden z faktorů, díky němuž je ganache velmi oblíbená v cukrářství jako náplň do dortů, zákusků a právě čokoládových bonbonů, tj. pralinek (Maršálek, 2023).

Pro senzorické hodnocení pralinek má rozhodující vliv výběr ingrediencí pro náplně a samotný výrobní proces plněných čokoládových výrobků (De Pelsmaecker et al., 2013). Rozhodující vliv na senzorické hodnocení čokoládových výrobků má zejména vzhled, textura a chuť (Neumann, Molnár, Arnold, 1990; Savitri et al., 2022). Z pohledu spotřebitele musí mít čokoládové výrobky atraktivní vzhled, konkrétně barvu, lesk a tvar, odpovídající pevnost při okolní teplotě, jedinečnou chuť a vůni a uspokojivou trvanlivost během skladování a distribuce (Popov-Raljić et al., 2010), které se mohou v průběhu skladování měnit (De Pelsmaecker et al., 2013). V případě hodnocení vzhledu plněných čokoládových výrobků hraje významnou roli výskyt výkvětů, a to jak cukerného, tak i tukového. Jejich přítomnost má značně negativní vliv na hodnocení celkového dojmu výrobků (Bui, Coad, 2014). U čerstvých pralinek se očekává vysoký lesk, perfektní křupnutí a při vložení čokoládové pralinky do úst pozvolné uvolňování čokoládové složky (Marvig et al., 2014).

MATERIÁL A METODIKA

Suroviny

Pro výrobu čokoládových cukrovinek, včetně jejich náplně byla použita bílá čokoládová hmota Belcolade X605/M ve formě pecek od firmy Puratos, která obsahovala 28 % kakaové sušiny ve formě kakaového másla, cukr, sušené plnotučné mléko, sójový lecitin a přírodní vanilkové aroma. Základ náplně tvořila bílá čokoláda a trvanlivá smetana 35% od firmy Bohemilk a. s. Pro obohacení základu byly použity následující suroviny: **čaj Matcha ceremony mesh 2000** ve formě prášku (Aficco s. r. o.); **zelený čaj Japonsko sencha fukujyu** (Aficco s. r. o.); **chia semínka** (BILLA s. r. o.); **100% bio mangové pyré** (Salvest); **lyofilizované mango** (Farmland); **chilli mleté** (Vitana, Orkla Foods Česko a Slovensko).

Výroba ganache

Celkem bylo vyrobeno pět variant náplní (viz tabulka 1).

Tabulka 10: Přehled variant čokoládových cukrovinek

Varianta	Obohacující složka	Množství složky
1	-	-
2	zelený čaj čaj matcha	6 % na hmotnost smetany 2 % na hmotnost náplně
3	chia semínka	3 % na hmotnost náplně
4	mangové pyré lyofilizované mango	poměr 1 : 1 ke smetaně 3 % na hmotnost náplně
5	mangové pyré mleté chilli	poměr 1 : 1 ke smetaně 0,75 % na hmotnost náplně

Dle dostupné literatury byl zvolen poměr čokolády ku smetaně pro výrobu klasických ganache 2,5 : 1 (McGill, Hartel, 2018). Rozpuštěná čokoládová hmota (40 °C) byla smíchána se 40°C smetanou (var. 1) a obohacující složkou (var. 2–5). Takto vzniklou směs bylo nutné vymíchat v hladkou ganache bez výskytu hrudek. Při výrobě náplně s přídavkem zeleného čaje a matcha (var. 2) byl nejprve zelený čaj louhován v adekvátním množství smetany. Po 20 minutách louhování byl čaj odejmut a smetana z čajových lístků vymačkána. Hmotnostní úbytek smetany, kterou pojaly čajové lístky, byl dovážen smetanou na původní hodnotu. Ovocné ganache (varianta 4 a 5) byly vyrobeny nahrazením poloviny množství smetany (Notter, 2011). Smetana a mangové pyré byly naváženy v poměru 1 : 1, promíseny a zahřáty na teplotu 40 °C. Vzniklá směs byla promíchána s tekutou čokoládovou hmotou (40 °C). Lyofilizované mango (var. 4) bylo nutno předem nadrtit ve třetí misce na granulaci <1 mm². Hotové náplně (<30 °C) byly pomocí cukrářského sáčku naplněny do připravených čokoládových dutinek.

Výroba čokoládových cukrovinek

Čokoládová hmota byla navážena (1 kg) a rozpuštěna v mikrovlnné troubě na teplotu 40–42 °C. Po dosažení této teploty byla čokoládová hmota ručně temperována na žulových deskách na teplotu 25–26 °C. Následovně byla převedena do misky a opět zahřáta v mikrovlnné troubě na pracovní teplotu 28–29 °C. Pomocí cukrářských sáčků byla čokoládová hmota naplněna do forem. Na vibračních deskách pak byla zbavena vzduchových bublin a následně z nich byla hmota vylita přetočením formy a zchlazena při teplotě 15–16 °C. Po ztuhnutí čokoládových dutinek bylo provedeno plnění náplněmi a druhý den zavíčkování ručně temperovanou čokoládovou hmotou. Po důkladném vychlazení byly pralinky z forem vyklepnuty a podrobeny senzorickému hodnocení.

Senzorické hodnocení

Senzorická analýza byla provedena v senzorické laboratoři Mendelovy univerzity v Brně, která splňuje normu ISO 8589. Vzorky byly hodnoceny na základě přijatelnosti pomocí pětibodové stupnice (5 – vynikající, 4 – velmi dobrý, 3 – dobrý, 2 – uspokojivý, 1 – špatný). Sledované deskriptory se zaměřovaly na vzhled (tukový výkvět, barva, lesk), texturu (křupnutí, tvrdost), chuť (chuť celkově, cizí chuť), vůni a celkový dojem. Hodnocení bylo provedeno 13 proškolenými hodnotiteli. Jako neutralizátor chuti byla mezi jednotlivými vzorky použita voda.

Statistické vyhodnocení

Získaná data byla hodnocena za využití programu MS Excel. Ke statistické analýze byla použita STATISTICA 14.0 a data byla vyhodnocena pomocí neparametrického testu (Kruskal-Wallisův) na hladině významnosti $p < 0,05$.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Tabulka 2 prezentuje celkové vyhodnocení deskriptorů senzorické analýzy pralinek s různými variantami náplní. V případě hodnocení vzhledu plněných čokoládových výrobků hraje významnou roli výskyt výkvětů, a to jak cukerného, tak i tukového. Jejich výskyt má značně negativní vliv na hodnocení celkového dojmu výrobků (Bui, Coad, 2014). Tukový výkvět v našem případě nebyl zaznamenán, výrobky byly hodnoceny jako vynikající, což svědčí o jeho absenci. Z pohledu hodnocení barvy a lesku se jednotlivé varianty navzájem od sebe nelišily a dosahovaly dobrého až vynikajícího hodnocení.

Při hodnocení texturních deskriptorů, konkrétně u křupnutí a tvrdosti výrobků byly sice zaznamenány statistické rozdíly ($p < 0,05$), ale podstatné je, že tento rozdíl nebyl zaznamenán od kontrolní varianty. Náplň čokoládových cukrovinek by měla být homogenní a hladká (McGill, Hartel, 2018). V případě, že je náplň zrnitá nebo nesourodé konzistence, tak se již jedná o vadu a dochází tak k poklesu senzorické přijatelnosti výrobků (Saglio et al., 2018). Nejméně přijatelná homogenita náplně, avšak stále hodnocena jako velmi dobrá, byla u náplně s přídavkem chia semínek. Tento mírný nedostatek by bylo možné eliminovat pomletím semínek před přimísením do náplně. Statisticky se však rozdíl neprojevil.

U hodnocení chuti se od kontrolní varianty lišila pouze náplň se zeleným čajem ($p < 0,05$), kde byla zároveň i detekována cizí chuť, a to po řasách, trávě nebo špenátu. Výskyt těchto cizích chutí s největší pravděpodobností způsobil přídavek práškového matcha čaje, což potvrzuje i Gültekin-Özgüven et al. (2020). Ostatní náplně se od kontrolní varianty nelišily a byly hodnoceny jako velmi dobré až vynikající. Co se týče hodnocení vůně, tak mezi jednotlivými variantami výrobků nebyly zaznamenány statistické rozdíly a všechny varianty byly hodnoceny jako vynikající.

Z pohledu celkového dojmu se od kontrolní varianty lišila pouze varianta s přídavkem zeleného čaje ($p < 0,05$) a tato varianta byla hodnocena pouze jako dobrá. U ostatních ochucujících a obohacujících složek v náplních lze konstatovat, že tento přídavek nemá významný vliv na senzorickou přijatelnost výrobků. Jako nejlepší volbou ochucení náplní byl přídavek chia semínek, mangového pyré společně s chilli, mangové pyré s lyofilizovaným mangem a jako nejhorší s přídavkem zeleného čaje a matcha, avšak i nejhorší vzorek byl stále hodnocen jako dobrý. Z pohledu spotřebitele musí mít čokoládové výrobky atraktivní vzhled, konkrétně barvu, lesk a tvar, odpovídající pevnost při okolní teplotě, jedinečnou chuť a vůni (Popov-Raljić et al., 2010), což varianty splňovaly.

Tabulka 11: Vyhodnocení senzorické analýzy čokoládových cukrovinek

	Var. 1	Var. 2	Var. 3 ($\bar{x} \pm SD$)	Var. 4	Var. 5
Tukový výkvět	5,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00	4,92 ± 0,28	4,92 ± 0,28	4,92 ± 0,28
Barva	4,54 ± 1,13	4,00 ± 1,08	4,23 ± 1,09	4,46 ± 1,13	4,69 ± 0,48
Lesk	4,46 ± 0,88	3,23 ± 1,24	4,31 ± 1,18	3,85 ± 1,14	4,54 ± 0,78
Křupnutí	4,54 ± 0,78 ^{ab}	3,92 ± 0,95 ^a	4,92 ± 0,28 ^b	4,69 ± 0,63 ^{ab}	4,85 ± 0,38 ^{ab}
Tvrdost	4,46 ± 0,78 ^{ab}	3,31 ± 1,32 ^a	4,77 ± 0,44 ^b	4,69 ± 0,48 ^{ab}	4,85 ± 0,38 ^b
Homogenita náplně	4,92 ± 0,28	4,62 ± 0,65	3,92 ± 1,04	4,77 ± 0,44	4,77 ± 0,44
Chuť	4,85 ± 0,38 ^a	3,08 ± 1,26 ^b	4,62 ± 0,51 ^a	4,08 ± 1,04 ^{ab}	4,46 ± 0,88 ^{ab}
Cizí chuť	5,00 ± 0,00	3,85 ± 1,46	5,00 ± 0,00	4,54 ± 0,66	4,69 ± 0,48
Vůně	4,77 ± 0,44	4,54 ± 0,66	4,62 ± 0,87	4,85 ± 0,38	4,77 ± 0,44
Celkový dojem	4,85 ± 0,38 ^a	3,00 ± 1,15 ^b	4,38 ± 0,65 ^a	3,92 ± 0,76 ^{ab}	4,31 ± 0,85 ^{ab}

Legenda: Rozdílné horní indexy ve stejném řádku ukazují statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$). Var. 1 – kontrola; var. 2 – matcha + zelený čaj; var. 3 – chia; var. 4 – mango pyré + mango lyofilizované; var. 5 – mango pyré + chilli

ZÁVĚR

Na základě provedeného experimentu bylo zjištěno, že přídavek chia semínek, mangového pyré s chilli a lyofilizovaného manga nemá významný negativní vliv na senzorickou přijatelnost plněných čokoládových cukrovinek. Tyto varianty byly hodnoceny jako velmi dobré až vynikající. Naopak, náplň se zeleným čajem a matcha byla hodnocena jako méně přijatelná kvůli cizím chutím, které byly detekovány jako chuť řas, trávy nebo špenátu. Celkově výsledky ukazují, že správný výběr ingrediencí a technologických postupů je klíčový pro dosažení vysoké senzorické kvality plněných čokoládových cukrovinek. Vzhledem k obrovskému množství možných náplní je důležité neustále hledat nové a zajímavé chutě, které mohou obohatit nabídku a uspokojit různé preference spotřebitelů.

LITERATURA

ČSN EN ISO 8589 Senzorická analýza – Obecné pokyny pro uspořádání senzorického pracoviště, 5600 - Metody zkoušení a společná ustanovení

Bui, L. T. T., Coad, R. (2014): Military ration chocolate: The effect of simulated tropical storage on sensory quality, structure and bloom formation. *Food Chemistry*, 2014, vol. 160, p. 365–370. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.084>

De Pelsmaeker, S., Gellynck, X., Delbaere, C., Declercq, N., Januszewska, R., Hegyi, A., Küti, T., Depypere, F., Dewettinck, K. (2013): The influence of different storage conditions and fat bloom on sensory characteristics of pralines. *Food Science & Law*, 2013, vol. 2, p. 45–51.

Gültekin-Özgülven, M., Berktaş, I., Gönül, Ö., Özçelik, B. (2020): Development of the dark chocolate enriched with matcha green tea (*Camellia sinensis*). *Gida the Journal of Food*, 2020, vol. 45, no. 5, p. 850–860. DOI: <http://dx.doi.org/10.15237/gida.gd20034>.

Marvig, C. L., Kristiansen, R. M., Madsen, M. G., Nielsen, D. S. (2014): Identification and characterisation of organisms associated with chocolate pralines and sugar syrups used for their production. *International Journal of Food Microbiology*, 2014, vol. 185, p. 167–176.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.05.017>.

Maršálek, J. (2023): *Čokoláda*. 1st ed. Dubné: Maršálkovo, s.r.o., 2023. 450 p. ISBN 978-80-11-03381-1.

Mcgill, J., Hartel, R. W. (2018): Investigation into the Microstructure, Texture and Rheological Properties of Chocolate Ganache. *Journal of Food Science*, 2018, vol. 83, no. 3, p. 689–699. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/1750-3841.14053>.

Miquelim, J. N., Alcantara, M. R., Lannes, S. C. S. (2011): Stability of fruit bases and chocolate fillings. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 2011, vol. 31, no. 1, p. 270–276. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612011000100041>.

Neumann, R., Molnár, P., Arnold, S. Senzorické skúmanie potravín. Bratislava, 352 p. ISBN: 80-05-00612-8

Notter, E. (2011): *The Art of the Chocolatier: From Claccis Confections to Sensational Showpieces*. 1st ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc. 2011. ISBN 978-0470398845.

Popov-Raljić, J. V., Laličić-Petronijević, J. G., Georgijev, A. S., Popov, V. S., Mladenović, M. A. (2010): Sensory Evaluation of Pralines Containing Different Honey Products. *Sensors*, 2010, vol. 10, no. 9, p. 7913–7933. DOI: <https://doi.org/10.3390/s100907913>

Saglio, A., Bourgeay, J., Socrate, R., Canette, A., Cuvelier, G. (2018): Understanding the structure of ganache: Link between composition and texture. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2018, vol. 13, p. 29–37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2018.05.003>.

Savitri, D. A., Setiyono, Subroto, G., Suud, H. M., Haliza, N., Novijanto, N. (2022): Cocoa and Chocolate Products: The Sensory Characteristics That Affect Consumers' Acceptance. *Journal La Lifesci*, 2022, vol. 3, no. 3, p. 119 – 127. DOI: <https://doi.org/10.37899/journallalifesci.v3i3.723>

Secuk, B., Secim, Y. (2022): Development of chili pepper filled chocolate in artisan chocolate production, determination of sensory and physicochemical characteristics. *Food Science and Technology*, 2022, vol. 42, p. 1–9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/fst.01721>.

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.

Kontaktní adresa: Ing. Veronika Šafránková, Ph.D., Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: veronika.safrankova@mendelu.cz

BIOGENNÍ AMINY V RŮZNÝCH TYPECH POTRAVIN Z TRŽNÍ SÍTĚ V ČESKÉ REPUBLICE

BIOGENIC AMINES IN DIFFERENT TYPES OF FOOD FROM CZECH MARKET NETWORK

Jan Šmoldas¹ – Barbora Palátová Nežiková¹ – Irena Řehůřková¹ – Jiří Ruprich¹

¹Centrum zdraví, výživy a potravin, SZÚ, Palackého tř. 3a, 612 42 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0239>



ABSTRAKT

Biogenní aminy jsou organické látky odvozené od aminokyselin. Nacházejí se přirozeně v potravinách, ale ve vysokých koncentracích jsou známkou kažení potravin. Následná konzumace takových potravin může vést k otravám. Legislativa však stanovuje pouze limit pro histamin v některých druzích ryb a produktech rybolovu (Nařízení komise (ES) č. 2073/2005 o mikrobiologických kritériích pro potraviny).

V rámci této studie bylo stanoveno osm vybraných biogenních aminů (konkrétně kadaverin, histamin, fenyletylamin, putrescin, spermidin, spermin, tryptamin a tyramin) ve vzorcích potravin. Vzorky potravin byly získány v tržní síti v České republice v rámci monitoringu dietární expozice probíhajícího na Centru zdraví, výživy a potravin, SZÚ.

Získané výsledky jsou ve shodě s jinými studiemi zabývající se obdobnou problematikou. Námi zjištěné koncentrace by neměly pro běžného zdravého spotřebitele představovat riziko.

Klíčová slova: biogenní aminy, potraviny, Česká republika

ABSTRACT

Biogenic amines are organic compounds derived from amino acids. They are naturally occurring in foods, however, in high concentrations, they are a sign of food spoilage. The consumption of such foods can lead to poisoning. Legislation sets limits only for histamine in certain types of fish and fishery products (Commission Regulation (EC) No. 2073/2005 on microbiological criteria for food).

This study determined the levels of eight selected biogenic amines (specifically cadaverine, histamine, phenylethylamine, putrescine, spermidine, spermine, tryptamine, and tyramine) in food samples. The food samples were obtained from the market network in the Czech Republic as part of ongoing monitoring of dietary exposure conducted at the Centre for Health, Nutrition, and Food, National Institute of Public Health.

Our results are in agreement with other studies dealing with the same topic. Our measured concentrations should not pose a risk to the average healthy consumer.

Keywords: biogenic amines, food, Czech Republic

ÚVOD

Biogenní aminy jsou pestrá skupina dusíkatých organických sloučenin, které vznikají dekarboxylací aminokyselin, nebo transaminací aldehydů a ketonů (Wójcik et al., 2021). Tyto látky se přirozeně vyskytují v širokém spektru potravin, zejména v těch, které jsou bohaté na proteiny (maso, ryby, sýry) nebo podléhají fermentaci (Durak-Dados et al., 2020). Zatímco nízké koncentrace v potravinách jsou běžné a neškodné, jejich zvýšená koncentrace může mít negativní dopad na lidské zdraví (Erdag et al., 2019). V některých případech mohou biogenní aminy působit jako ukazatel kvality a čerstvosti potravin, protože jejich koncentrace obvykle stoupají při mikrobiálním rozkladu (Naila et al., 2010).

Mezi nejznámější biogenní aminy patří kadaverin, histamin, fenyletylamin, putrescin, spermidin, spermin, tryptamin a tyramin (Önal 2007). Každý z těchto aminů má specifické vlastnosti, které mohou ovlivnit chuť, vůni, ale i bezpečnost potravin (Erdag et al., 2019). Stanovit bezpečnou koncentraci v potravinách je ale problematické, protože jejich efekt je ovlivněn přítomností jiných sloučenin a fyziologickým stavem daného jedince (Feddern et al., 2019).

Kadaverin a putrescin jsou běžně přítomné látky v masných výrobcích. Negativně ovlivňují organoleptické vlastnosti potravin a jsou spojovány s kažením masa. Putrescin je pak i často přítomen ve fermentovaných potravinách jako jsou sýry a uzeniny (Pircher et al., 2007). Ve vysokých koncentracích pak tyto biogenní aminy mohou podporovat vznik karcinogenních nitrosaminů (Bulushi et al., 2009).

Histamin je jeden z nejznámějších a zdravotně významných biogenních aminů. Vyskytuje se především v rybách a jeho koncentrace roste při nesprávné manipulaci a skladování těchto ryb. Vysoké koncentrace histaminu mohou způsobit histaminovou otravu, která se projevuje bolestí hlavy, kožní vyrážkou, trávicími potížemi a v extrémních případech i kardiovaskulárními problémy (Wójcik et al., 2021). Mezi širokou veřejností je pak známá histaminová intolerance, což je stav, kdy tělo není schopné efektivně odbourávat histamin. Projevuje se podobně jako alergická reakce a pro ovlivněné jedince je nutné sledovat koncentrace histaminu v potravinách (Comas-Basté et al., 2020).

Tyramin je další amin, který může způsobovat vážné zdravotní problémy, zvláště u pacientů používající léky obsahující inhibitor monoaminoxidázy (např. antidepressiva). Tato kombinace vede ke kardiovaskulárním obtížím, které mohou skončit i smrtí. Mezi další toxikologické efekty tyraminu patří například nevolnosti a trávicí problémy (Ozogul and Ozogul, 2019).

Fenyletylamin se nachází například v čokoládě nebo sýrech. Má stimulační účinky na nervovou soustavu, vedoucí například ke změně nálad nebo pozornosti. Obvykle bývá v potravinách přítomen v nízkých koncentracích, ve vyšších koncentracích pak může způsobovat bolesti hlavy nebo závratě (Marcobal et al., 2012) a stejně jako tyramin může způsobovat vysoký tlak u pacientů užívajících léky obsahující inhibitor monoaminoxidázy (del Rio et al., 2020).

Tryptamin se akumuluje především v rybách a rybích výrobcích, sýrech a fermentovaných potravinách. Má vliv na nervový systém a může způsobovat vysoký tlak, nevolnosti a bolesti hlavy (del Rio et al., 2020).

Spermidin a spermin jsou polyaminy, které se vyskytují zejména ve fermentovaných a rostlinných potravinách (například sója a pšeničné klíčky). Zatímco v minulosti byly vnímány jako toxické látky společně s ostatními biogenními aminy, poslední studie naznačují, že problematika jejich účinků na jedince je komplexnější. Nicméně i nejvyšší reportované koncentrace v potravinách by měly být pro zdravé jedince bezpečné (del Rio et al., 2018; Zou et al., 2022).

Včasné zjištění přítomnosti a pravidelné sledování hladin těchto látek v potravinách je proto nezbytné pro zajištění bezpečnosti a kvality potravin a ochranu zdraví spotřebitelů (Ruiz-Capillas a Herrero, 2019). Legislativa v Evropské unii však stanovuje pouze limit na obsah histaminu v rybách a rybích výrobcích (Nařízení komise (ES) č. 2073/2005). Celkové hodnocení rizik plynoucích z obsahu biogenních aminů v potravinách je tak stále aktuálním tématem (Tiris et al., 2023).

MATERIÁL A METODIKA

Vzorkování

Vzorky potravin byly zakoupeny v obchodech v tržní síti České republiky (ČR) v rámci monitoringu dietární expozice člověka v ČR vedeného Centrem zdraví, výživy a potravin (CZVP) SZÚ. Tento program byl popsán podrobně například zde (Ruprich et al., 2006; Státní zdravotní ústav, 2024a; Státní zdravotní ústav, 2024b). Ve zkratce, obchody byly vybrány podle své velikosti tak, aby odpovídaly preferencím spotřebitelů. Pro potřeby monitoringu byla ČR rozdělena do čtyř kvadrantů v závislosti na počtu obyvatel. Každé čtvrtletí probíhá jeden nákup v každém kvadrantu. Při každém nákupu jsou pořízeny 3 výrobky od každého druhu vybraných potravin. Tyto výrobky jsou následně zpracovány jako jeden vzorek reprezentující daný kvadrant ČR. Celkově tedy v rámci čtyř nákupů dojde k pořízení 12 kusů jednotlivých výrobků vybraných potravin, které se zpracují jako 4 vzorky. Pro potřeby vyhodnocení výsledků pak byly jednotlivé potraviny rozděleny do následujících skupin: ovoce a zelenina, maso a masné výrobky, mléčné výrobky, ryby a rybí výrobky, trvanlivé potraviny, nápoje a mražené potraviny.

Po výše popsaném zakoupení byly vzorky v chladu transportovány do CZVP, kde byly kulinárně zpracovány, homogenizovány a v mrazu (-20 °C) uschovány do analýzy.

Příprava vzorků

Každý vzorek byl připravován souběžně minimálně ze dvou navážek. Následovala ultrazvuková extrakce v prostředí kyseliny 5-sulfosalicylové. Ze vzorků byl poté odebrán supernatant, který byl derivatizován za pomoci benzoyl-chloridu v prostředí borátového pufru. Následně byla odebrána část supernatantu pro stanovení metodou LC-MS (kapalinová chromatografie s hmotnostní spektrometrií).

V rámci analýzy vzorků byly také vždy připraveny blanky (slepé vzorky) a referenční materiál stejným způsobem jako reálné vzorky. Jako blank byla použita filtrovaná deionizovaná (DI) voda. Pro kontrolu šumu

při analýze bylo analyzováno také čisté rozpouštědlo. Blanky ani čisté rozpouštědlo nevykazovaly kontaminaci.

Analýza vzorků

V rámci této studie bylo analyzováno 8 biogenních aminů. Konkrétně se jednalo o kadaverin (CAD), histamin (HIS), fenyletylamin (PEA), putrescin (PUT), spermidin (SPD), spermin (SPE), tryptamin (TRY) a tyramin (TYR). Vzorky byly analyzovány pomocí systému kapalinového chromatografu (Agilent 1290 Infinity II) s hmotnostním spektrometrem (Agilent 6470B QQQ). Jako počáteční mobilní fáze byla použita směs DI vody s přídavkem 0,1% kyseliny mravenčí a acetonitrilu v poměru 70:30 (v/v). Eluce pak probíhala gradientově až do poměru 20:80 (v/v). K analýze byla použita analytická kolona Luna Omega PS C18 100 x 2,1 mm s velikostí částic 1,6 µm s příslušnou předkolonou (Phenomenex). Byla využívána ionizace pomocí elektrospreje (ESI) v pozitivním módu a měření probíhalo v režimu MRM (multiple reaction monitoring).

Zpracování dat

Data byla vyhodnocena v programu Microsoft Excel 2013 (Microsoft). Hodnoty slepých vzorků (blanků) se obecně pohybovaly pod limitem kvantifikace a nebyly tedy odečítány od reportovaných koncentrací. Reportované koncentrace rovněž nebyly korigovány na výtěžnost.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Histamin

Koncentrace histaminu se pohybovaly v intervalu od limitu kvantifikace (LOQ) do 77,3 mg/kg pro všechny vzorky všech typů potravin. V kategorii mléčných výrobků a nápojů, s výjimkou sýrů s plísní uvnitř hmoty (průměr = 21,7 mg/kg), byly naměřeny koncentrace histaminu pod LOQ. Vysoký obsah histaminu bývá především u široké veřejnosti spojován s vínem, ačkoli se jedná o již překonaný poznatek (Kanny et al., 2001). Tento jev jsme potvrdili i v naší studii, kdy se všechny naměřené koncentrace vína se pohybovaly pod LOQ (1,67 mg/kg). Hodnota námi stanovené LOQ však odpovídá reportovaným koncentracím v jiných studiích (Bartowsky & Stockley, 2011; Esposito et al., 2019) a lze proto usoudit, že naše výsledky jsou ve shodě. Ostatní koncentrace se také obecně pohybují v obdobných hladinách jako u jiných studií (San Mauro Martin et al., 2016; Sánchez-Pérez et al., 2021).

Kadaverin

Koncentrace kadaverinu se pohybovaly v intervalu od LOQ do 88,6 mg/kg pro všechny jednotlivé vzorky ve všech skupinách potravin. V souladu s literaturou byly jeho nejvyšší koncentrace naměřeny v mase a masných výrobcích (průměr = 8,6 mg/kg; medián = 1,7 mg/kg). V kategorii ovoce a zelenina nebyla s výjimkou kysaného zelí (průměr = 43,5 mg/kg) koncentrace kadaverinu pozorována v žádném vzorku nad LOQ. V některých souborech vzorků konkrétní potraviny (např. speciality drůbeží, losos, tavený sýr, játrový salám,...) se pak vyskytovaly odlehle hodnoty. Tato pozorování může naznačovat zhoršenou kvalitu dané potraviny způsobenou například špatným skladováním nebo stářím vzorku. Naše naměřené koncentrace jsou však obecně nižší než v obdobných studiích (Durak-Dados et al., 2020; Rauscher-Gabernig et al., 2012).

Fenyletylamin

Koncentrace PEA vyšší než LOQ byly pozorovány v 21,5 % vzorků. Pozorován byl například v čokoládě, tvrdých sýrech, vínu, fermentovaných salámech a kysaném zelí. S výjimkou jednoho vzorku (sýr tvrdý uzený, $c = 28,9$ mg/kg) byly všechny naměřené koncentrace nižší než 10 mg/kg. Při srovnání s obdobnými studiemi jsou námi zjištěné koncentrace obdobné nebo nižší (Buňková et al., 2013; Doeun et al., 2017).

Putrescin

Koncentrace PUT se pohybovaly v intervalu od LOQ do 199 mg/kg pro všechny jednotlivé vzorky. Potraviny s nejvyšší koncentrací byly zelí kysané (průměr = 175 mg/kg), pomeranče (průměr = 95,1 mg/kg) a banány (průměr = 62,2 mg/kg). Kategorie ovoce a zelenina obecně vykazovala nejvyšší hladiny. Ve skupinách masa a masných výrobků, mléčných výrobků a trvanlivých potravin se koncentrace s výjimkou odlehklých hodnot pohybovaly do 10 mg/kg. Naše pozorované koncentrace jsou pak obecně stejné jako v obdobných studiích (Doeun et al., 2017; Kalač a Krausová, 2005; Rauscher-Gabernig et al., 2012).

Spermidin

Koncentrace SPD se pohybovaly v intervalu od LOQ do 74,8 mg/kg pro všechny jednotlivé vzorky. S výjimkou sýrů s plísní uvnitř hmoty byly ve skupině mléčných výrobků pozorovány koncentrace pod LOQ (1,48 mg/kg). Nejvyšší koncentrace pak byly naměřeny v drobích drůbežích (průměr = 60,5 mg/kg) a zmrazené zelenině (průměr = 31,6 mg/kg), dále pak v bramborových lupíncích, játrovém salámu, špenátu a hořčici. Jednotlivé celé kategorie se tak nedají jednoznačně charakterizovat a je nutné vždy sledovat individuální potraviny. Naše reportované koncentrace pak odpovídají obdobným studiím (Kalač a Krausová, 2005; Muñoz-Esparza et al., 2019).

Spermin

Koncentrace sperminu se pohybovaly v intervalu od LOQ do 198 mg/kg pro všechny jednotlivé vzorky. Naměřené koncentrace v masě a masných výrobcích byly statisticky vyšší ($p < 0,05$) oproti všem dalším kategoriím. Konkrétní výrobky s nejvyšší koncentrací pak byly drůbeží droby (průměr = 170 mg/kg) a játrový salám (průměr = 77 mg/kg). Naše pozorované koncentrace jsou pak obecně stejné jako v obdobných studiích (Kalač a Krausová, 2005; Rauscher-Gabernig et al., 2012).

Tryptamin

Koncentrace TRY vyšší než LOQ byly pozorovány v 30,5 % vzorků a v 9 % vzorků byla koncentrace vyšší než 1 mg/kg. Mezi potraviny s nejvyšší koncentrací patřilo kiwi (průměr = 9,9 mg/kg) a kysané zelí (průměr = 6,0 mg/kg). Námi pozorovaná četnost detekce i koncentrace jsou pak ve shodě s obdobnými studiemi (Ozogul and Ozogul, 2019; Wüst et al., 2016).

Tyramin

Koncentrace TYR se pohybovaly v intervalu od LOQ do 116 mg/kg pro všechny jednotlivé vzorky. S výjimkou kysaného zelí byly nejvyšší koncentrace naměřeny ve vzorcích živočišného původu (masné

a mléčné výrobky). Mezi konkrétní potraviny s nejvyšším průměrem pak patřily trvanlivé fermentované salámy, tvrdé sýry a játrový salám. Námi pozorované koncentrace jsou pak ve shodě s obdobnými studiemi (Andersen et al., 2019).

ZÁVĚR

Biogenní aminy v potravinách jsou komplexní problematikou, která je stále aktuální. Je náročné zjistit bezpečné koncentrace v potravinách pro jednotlivé sloučeniny a následně je aplikovat pro širokou veřejnost. Naše studie se zaměřila na reportování koncentrací osmi vybraných biogenních aminů napříč různými skupinami potravin běžně konzumovanými v České republice. Námi zjištěné koncentrace jsou pak srovnatelné nebo nižší než reportované v jiných obdobných studiích. V některých případech jsme pozorovali odlehle hodnoty v koncentracích, které mohou indikovat špatné skladování nebo stáří dané potraviny. Obecně tak lze říci, že potraviny zakoupené v české tržní síti by neměly pro zdravé spotřebitele představovat riziko. Tento závěr by však měl být podpořen dalším měřením většího počtu vzorků nebo dalších druhů potravin.

PODĚKOVÁNÍ

Autoři by rádi poděkovali laboratoři preanalytické přípravy vzorků, která zajistila nákup a kulinární zpracování vzorků. Autoři by také rádi poděkovali Daně Koblasové a Marii Kilbergrové z laboratoře kapalinové chromatografie za zpracování vzorků.

Tato práce byla podpořena MZ ČR – RVO (Státní zdravotní ústav – SZÚ, 75010330).

LITERATURA

- Andersen, G., Marcinek, P., Sulzinger, N., Schieberle, P., Krautwurst, D. (2019): Food sources and biomolecular targets of tyramine, *Nutrition Reviews*, 77(2), 107–115. Dostupné z: doi/10.1093/nutrit/nuy036
- Bartowsky, E. J., Stockley, C. S. (2011): Histamine in Australian wines—a survey between 1982 and 2009. *Ann Microbiol* 61, 167–172. Dostupné z: doi/10.1007/s13213-010-0070-z
- Bulushi, I. A., Poole, S., Deeth, H. C., Dykes, G. A. (2009): Biogenic Amines in Fish: Roles in Intoxication, Spoilage, and Nitrosamine Formation—A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(4), 369–377. Dostupné z: doi/10.1080/10408390802067514
- Buňková, L., Adamcová, G., Hudcová, K., Velichová, H., Pachlová, V., Lorencová, E., Buňka, F. (2013): Monitoring of biogenic amines in cheeses manufactured at small-scale farms and in fermented dairy products in the Czech Republic. *Food Chem.* 141:548–551. Dostupné z: doi/10.1016/j.foodchem.2013.03.036
- Comas-Basté, O., Sánchez-Pérez, S., Veciana-Nogués, M. T., Latorre-Moratalla, M., Vidal-Carou, M. d. C. (2020). Histamine Intolerance: The Current State of the Art. *Biomolecules*, 10(8), 1181. Dostupné z: doi/10.3390/biom10081181

- del Rio, B., Redruello, B., Linares, D. M., Ladero, V., Ruas-Madiedo, P., Fernandez, M., Cruz, M. M., Alvarez, M. A. (2018): Spermine and spermidine are cytotoxic towards intestinal cell cultures, but are they a health hazard at concentrations found in foods? *Food Chemistry*, Volume 269, Pages 321–326, Dostupné z: doi/10.1016/j.foodchem.2018.06.148
- del Rio, B., Redruello, B., Fernandez, M., Cruz, M. M., Ladero, V., Alvarez M. A. (2020): The biogenic amine tryptamine, unlike β -phenylethylamine, shows in vitro cytotoxicity at concentrations that have been found in foods. *Food Chemistry*, Volume 331, Dostupné z: doi/10.1016/j.foodchem.2020.127303
- Doeun, D., Davaatseren, M., Chung, MS. (2017): Biogenic amines in foods. *Food Sci Biotechnol* 26, 1463–1474. Dostupné z: doi/10.1007/s10068-017-0239-3
- Durak-Dados, A., Michalski, M., Osek, J. (2020): Histamine and other biogenic amines in food. *Journal of Veterinary Research*, 64(2) 281–288. Dostupné z: doi/10.2478/jvetres-2020-0029
- Erdag, D., Merhan, O., Yildiz, B. (2019): Biochemical and Pharmacological Properties of Biogenic Amines. *IntechOpen*. Dostupné z: doi/10.5772/intechopen.81569
- Esposito, F., Montuori, P., Schettino, M., Velotto, S., Stasi, T., Romano, R., Cirillo, T. (2019): Level of Biogenic Amines in Red and White Wines, Dietary Exposure, and Histamine-Mediated Symptoms upon Wine Ingestion. *Molecules*, 24(19), 3629. Dostupné z: doi/10.3390/molecules24193629
- Feddern V., Mazzuco H., Fonseca F. N., de Lima G. J. M. M. (2019): A review on biogenic amines in food and feed: toxicological aspects, impact on health and control measures. *Animal Production Science* 59, 608–618. Dostupné z: doi/10.1071/AN18076
- Kalač, P., Krausová, P. (2005): A review of dietary polyamines: Formation, implications for growth and health and occurrence in foods. *Food Chemistry* 90, 219–230. Dostupné z: doi/10.1016/j.foodchem.2004.03.044
- Kanny, G., Gerbaux, V., Olszewski, A., Frémont, S., Empereur, F., Nabet, F., Cabanis, J.C., Moneret-Vautrin, D.A. (2001): No correlation between wine intolerance and histamine content of wine. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 107, 375–378. Dostupné z: doi/10.1067/mai.2001.112122
- Marcobal, A., De Las Rivas, B., Landete, J. M., Tabera, L., Muñoz, R. (2012): Tyramine and Phenylethylamine Biosynthesis by Food Bacteria. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(5), 448–467. Dostupné z: doi/10.1080/10408398.2010.500545
- Muñoz-Esparza NC, Latorre-Moratalla ML, Comas-Basté O, Toro-Funes N, Veciana-Nogués MT, Vidal-Carou MC (2019): Polyamines in Food. *Front. Nutr.* 6:108. Dostupné z: doi: 10.3389/fnut.2019.00108
- Naila, A., Flint, S., Fletcher, G., Bremer, P. and Meerdink, G. (2010): Control of Biogenic Amines in Food—Existing and Emerging Approaches. *Journal of Food Science*, 75: R139-R150. Dostupné z: doi/10.1111/j.1750-3841.2010.01774.x

- Nařízení Komise (ES) č. 2073/2005 ze dne 15. listopadu 2005 o mikrobiologických kritériích pro potraviny ve znění pozdějších předpisů. Dostupné na <http://data.europa.eu/eli/reg/2005/2073/2020-03-08>
- Önal, A. (2007): A review: Current analytical methods for the determination of biogenic amines in foods. *Food Chemistry*. Dostupné z: [doi/10.1016/j.foodchem.2006.08.028](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.028)
- Ozogul, Y., Ozogul, F. (2019): Biogenic amines formation, toxicity, regulations in food. *Biogenic amines in food: Analysis, occurrence and toxicity*. Dostupné z: [doi/10.1039/9781788015813](https://doi.org/10.1039/9781788015813)
- Paulsen, P., Grossgut, R., Bauer, F., Rauscher-Gabernig, E. (2012): Estimates of maximum tolerable levels of tyramine content in foods in Austria. *Journal of food and nutrition research*. 51. 52-59. Dostupné z:
- Pircher, A., Bauer, F. & Paulsen, P (2007): Formation of cadaverine, histamine, putrescine and tyramine by bacteria isolated from meat, fermented sausages and cheeses. *Eur Food Res Technol* 226, 225–231. Dostupné z: [doi/10.1007/s00217-006-0530-7](https://doi.org/10.1007/s00217-006-0530-7)
- Rauscher-Gabernig, E., Gabernig, R., Brueller, W. et al. (2012): Dietary exposure assessment of putrescine and cadaverine and derivation of tolerable levels in selected foods consumed in Austria. *Eur Food Res Technol* 235, 209–220. Dostupné z: [doi/10.1007/s00217-012-1748-1](https://doi.org/10.1007/s00217-012-1748-1)
- Ruiz-Capillas, C., Herrero, A. M. (2019): Impact of Biogenic Amines on Food Quality and Safety. *Foods* (Basel, Switzerland), 8(2), 62. Dostupné z: [doi/10.3390/foods8020062](https://doi.org/10.3390/foods8020062)
- Ruprich, J., Dofková, M., Řehůřková, I., Slaměníková, E., Resová, D. (2006): Individuální spotřeba potravin – národní studie SISP04. SZÚ. Dostupné z: <https://czvp.szu.cz/spotrebapotravin.htm>
- San Mauro Martin, I., Brachero, S., Garicano Vilar, E., (2016): Histamine intolerance and dietary management: A complete review. *Allergologia et Immunopathologia*. Dostupné z: [doi:10.1016/j.aller.2016.04.015](https://doi.org/10.1016/j.aller.2016.04.015)
- Sánchez-Pérez, S., Comas-Basté, O., Veciana-Nogués, M. T., Latorre-Moratalla, M. L., Vidal-Carou, M. C. (2021): Low-Histamine Diets: Is the Exclusion of Foods Justified by Their Histamine Content? *Nutrients*, 13(5), 1395. Dostupné z: [doi/10.3390/nu13051395](https://doi.org/10.3390/nu13051395)
- Státní zdravotní ústav (2024) a: Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky ve vztahu k životnímu prostředí, Souhrnná zpráva za rok 2023. ISBN 978-80-7071-452-2. Dostupné online z: https://szu.gov.cz/wp-content/uploads/2024/09/SZU_Monitoring_24_web.pdf
- Státní zdravotní ústav (2024) b: Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí, Odborná zpráva za rok 2023. ISBN 978-80-7071-453-9 (online). Dostupné z: https://szu.gov.cz/wp-content/uploads/2024/11/Vysledky_systemu_-2023.pdf

Tırıs, G., Sare Yanıkoğlu, R., Ceylan, B., Egeli, D., Kepekci Tekkeli, E., Önal, A. (2023): A review of the currently developed analytical methods for the determination of biogenic amines in food products. Food Chemistry. Elsevier Ltd. Dostupné z :doi/10.1016/j.foodchem.2022.133919

Wójcik, W., Łukasiewicz, M. Puppel, K. (2021): Biogenic amines: formation, action and toxicity – a review. J Sci Food Agric, 101: 2634-2640. Dostupné z: doi/10.1002/jsfa.10928

Wüst, N., Rauscher-Gabernig, E., Steinwider, J., Bauer, F., Paulsen, P. (2016): Risk assessment of dietary exposure to tryptamine for the Austrian population. Food Additives & Contaminants: Part A, 34(3), 404–420. Dostupné z: doi/10.1080/19440049.2016.1269207

Zou, D., Zhao, Z., Li, L., Min, Y., Zhang, D., Ji, A., Jiang, C., Wei, X., Wu, X. (2022): A comprehensive review of spermidine: Safety, health effects, absorption and metabolism, food materials evaluation, physical and chemical processing, and bioprocessing. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 21, 2820–2842. Dostupné z: doi/10.1111/1541-4337.12963

Kontaktní adresa: Mgr. Jan Šmoldas, Centrum zdraví, výživy a potravin, Státní zdravotní ústav, Palackého třída 2952/3a, 612 00 Brno, e-mail: jan.smoldas@szu.cz

PREDIKCE TECHNOLOGICKÉ KVALITY LEPKU PŠENIČNO-ŽITNÝCH A ŽITNO-PŠENIČNÝCH SMĚSÍ

PREDICTION OF THE TECHNOLOGICAL QUALITY OF GLUTEN OF WHEAT-RYE AND RYE-WHEAT MIXTURES

Ivan Švec¹ – Petra Smrčková¹

¹Ústav sacharidů a cereálií, Fakulta potravinářské a biochemické technologie,
VŠCHT v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6 – Dejvice

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0248>



ABSTRAKT

Technologická kvalita lepku v binárních směsích z pšeničné mouky hladké světlé (Pš) a žitné hladké chlebové (ŽCh), resp. žitné hladké celozrnné (ŽCz) byla stanovena pomocí vlastní modifikace testu *Gluten Index* (GI; metoda AACC 38-12.02). Při standardním vymývání lepku z vodných suspenzí 90Pš : 10ŽCh a 90Pš : 10ŽCz na přístroji Glutomatic Perten došlo k ucpání síta nabobtnanými žitnými arabinoxylany. Alternativní postup extrakce byl vytvořen na základě mezinárodně zavedené metody *Profil retenčních kapacit* (SRC, AACC 56-11). Kvalita kontrolního vzorku pšeničné mouky odpovídala kategorii „silný lepek“, jelikož hodnoty standardního i modifikovaného GI byly vyšší než 80 (GI 90,07 ± 4,24; GI_{modif} 82,20 ± 0,01). Jak se očekávalo, vyšší podíl žitné mouky v binární směsi znamenal nižší hodnoty GI_{modif}. Pro směs 50Pš : 50ŽCh a samotnou ŽCh byly hodnoty GI_{modif} 47,33 ± 0,02 a 17,60 ± 0,02, zatímco pro celozrnné protějšky 48,05 ± 0,02 a 28,22 ± 0,02. Zvýšená kvalita žitné mouky celozrnné a jejích směsí je jen zdánlivá – vyšší hodnoty GI_{modif} lze přičíst absorpční schopnosti lineárních arabinoxylanů, přítomných ve vyšším podílu. Přesnost predikce lineární regrese analýzou pro 2 samostatné sady 11 vzorků byla uspokojivá ($R^2 = 0,963$ a 0,971).

Klíčová slova: pšeničná mouka; žitná mouka; mouka chlebová; mouka celozrnná; binární směs; kvalita lepku; Gluten Index; korelace; regrese

ABSTRACT

The technological quality of gluten in binary blends from wheat white flour (Pš) and rye bread flour (ŽCh), or rye wholemeal one (ŽCz) was determined using our own modification of the *Gluten Index* (GI; method AACC 38-12.02). During standard washing of gluten from aqueous suspensions 90Pš : 10ŽCh and 90Pš : 10ŽCz on the Perten's Glutomatic device, the sieve was clogged with swollen rye arabinoxylans. An alternative extraction procedure was created based on the internationally established method *Retention Capacity Profile* (SRC, AACC 56-11.01). The quality of the control wheat flour sample corresponded to the "strong gluten" category, since the values of both the standard and modified GI were higher than 80% (GI 90.07 ± 4.24; GI_{modif} 82.20 ± 0.01). As expected, the higher proportion of rye flour in the binary mixture, the lower GI_{modif} value. For the 50Pš:50ŽCh mixture and ŽCh alone, the GI_{modif} values were 47.33 ± 0.02 and 17.60 ± 0.02, respectively; for the wholegrain counterparts, these values were 48.05 ± 0.02

and 28.22 ± 0.02 . The increased quality of rye wholegrain flour and its blends is apparent only – the higher GI_{modif} values can be attributed to the absorption capacity of linear arabinoxylans, present in a higher portion. The accuracy of the prediction by a linear regression analysis was satisfactory for both 2 separate sets of 11 samples ($R^2 = 0.963$ and 0.971).

Keywords: wheat flour; rye flour; bread flour; wholegrain flour; binary mixture; gluten quality; Gluten Index; correlation; regression

ÚVOD

Znalost technologické kvality lepku v pšeničných moukách je rozhodující pro výrobu konkrétního typu cereálního výrobku. Z analytického pohledu je nejsnazší stanovení tzv. *mokrého lepku* ručním vypíráním z mouky pod proudem studené vody; tento postup je však zatížen značnou chybou a vyžaduje delší praxi. Lepkové bílkoviny jsou schopny navázat vodu v přibližně trojnásobném množství k vlastní hmotnosti. V mlýnsko-pekárenské praxi jsou v posledních 30 letech běžně využívány infračervené spektrometry, jejichž kalibrace v základu zahrnují obsahy vlhkosti, popela, bílkovin a mokrého lepku, případně vaznost mouky.

Za nejstarší metodu odhadu pekařské kvality pšeničného lepku v mouce lze považovat *Zelenyho sedimentační test* v prostředí kyseliny mléčné a isopropylakoholu, vyvinutý koncem první poloviny 20. století (Zeleny, 1947). O třicet let později byla představena varianta *SDS-test* pro celozrnný šrot s činidly laurylsíran sodný a kyselina octová (Axford et al., 1978). V obou případech však dochází pouze k vysrážení lepkových bílkovin (částečně i jiných biopolymerů) a odečtu objemu sedimentu. Dosud poslední analytickou možnost predikce kvality lepku v pšeničných moukách a směsích s jinými surovinami vypracovali Slade a Levine, původně pro pekařsky slabé (sušenkové) mouky. Postup nazvaný *Profil retenčních kapacit* (*Solvent Retention Capacity profile*) byl publikován v roce 1994 (Slade a Levine, 1994) a revidován 2011 (Kweon et al., 2011). Karas (2019) ve své práci doložil použitelnost této metody jak pro celozrnné šroty, tak pro 18 frakcí získaných mletím pšenice v průmyslovém mlýně (ze šrotování, luštění, vymílání, z třídiče a vytloukačky). Vzorek mouky se hydratuje 50% kyselinou mléčnou, suspenze je odstředěna a konečná hodnota *Retenční kapacita kyseliny mléčné* vyjadřuje relativní míru absorpce činidla lepkotvornými bílkovinami. V případě této trojice metod izolovatelný lepek nevzniká, jelikož chybí vklad mechanické energie k jeho vytvoření.

V tomto směru byly v šedesátých letech 20. stol. vytvořeny zařízení a instrumentální metoda *Gluten Index* (GI), kdy je lepek vypírán na kovovém sítku 2% roztokem NaCl jak z pšeničné mouky hladké světlé, tak hladké celozrnné. Izolovaný lepek je standardně odstředěn a hodnota GI odpovídá hmotnostnímu poměru přepad/propad (silný lepek $GI > 80$, středně silný lepek $80 > GI > 60$, slabý lepek $GI < 30$). Uvedené metody byly postupně standardizovány a mezinárodně uznány jak evropskou organizací International Association for Cereal Science and Technology (Viedeň, AUT), tak Americkou asociací cereálních chemiků (dnes Cereals & Grain Association, Saint Paul, Minnesota, USA).

Výše uvedené metody byly vytvořeny především pro pšeničnou mouku hladkou – ve střední Evropě se jedná o typy hladká světlá T530 a případně polosvětlá T650, v zámoří pak *plain wheat flour* (alternativně *white*

wheat flour, all-purpose wheat flour). V případě výše vymletých typů chlebové a celozrnné jsou výsledky zkesleny vyššími podíly rozpustné a nerozpustné vlákniny – neškrobových hemicelulóz, arabinoxylanů atp., pocházejících z obalových vrstev zrna (otrub). Otruby v hladké mouce vytváří frakci charakteristickou střední velikostí částic větší než pšeničný endosperm a zároveň lepší schopností bobtnat. Tyto vlastnosti urychlují sedimentaci, stejně jako omezují vývin lepku při jeho vypírání či hnětení těsta. Zmíněné jevy nastávají při zpracování kombinací nejběžnějších pekařských mouk pšeničné hladké světlé / chlebové a žitné chlebové – pro konzumní chléb kmínový je typický směsný poměr 60 : 40. Proto bylo cílem této studie na základě zavedených laboratorních postupů navrhnout vlastní metodu odhadu kvality lepku v pšenično-žitných a žitno-pšeničných směsích jak pro mouku žitnou chlebovou, tak žitnou celozrnnou. Důvodem bylo ucpání promývacích sítí přístroje Glutomatic při zpracování obou binárních vzorků obsahujících 10 % žitné mouky.

MATERIÁL A METODIKA

Mouky a chemikálie

Pro laboratorní zkoušky byly vybrány běžné komerční mouky pšeničná hladká světlá, žitná chlebová a žitná celozrnná (Pš, ŽCh, ŽCz) z produkce firmy Mlýn Perner (Svijany, ČR). Uvedená trojice mouk byla využita k přípravě dvou paralelních souborů 9 binárních směsí, odstupňovaných po 10 hmot. %. V souladu s Vyhláškou Ministerstva zemědělství ČR č. 18/2020 Sb. lze čtveřici směsí 90Pš : 10ŽCh / ŽCz až 60Pš : 40ŽCh / ŽCz klasifikovat jako pšenično-žitné, zatímco ostatní čtyři (40Pš : 60 ŽCh / ŽCz až 10Pš : 90ŽCh / ŽCz) jako žitno-pšeničné. V souladu s označením směsí jsou tři základní mouky dále kódovány jako 100Pš : 0Ž, 0Pš : 100ŽCh a 0Pš : 100ŽCz.

Pro zkoušku Gluten Index jsou nezbytnými chemikáliemi pouze destilovaná voda a chlorid sodný o čistotě *p.a.* V tomto případě byla deionizovaná voda vyrobena na přístroji *DEMIWA 5roi* (WATEK s.r.o., Ledec nad Sázavou) s vodivostí 0,20 μS. Chlorid sodný *p.a.* byl zakoupen od firmy Ing. Petr Švec – PENTA s.r.o. (Praha).

Základní chemické složení mouky a směsí

Základní chemické složení tří kontrolních mouk bylo stanoveno ve dvou opakováních podle příslušných mezinárodních norem (vlhkost, bílkoviny, celková vláknina, tuk a popel), obsah škrobu byl určen dopočtem. Chemické rozborů zahrnují i reprezentativní směsi 50Pš : 50ŽCh / ŽCz.

Měření Gluten Indexu standardním a modifikovaným postupem

Podle metodiky normy AACC 38-12.02, tj. pro normované 10g navážky mouky, byl rovněž ve dvou opakováních proveden test Gluten Index s pšeničnou moukou (100Pš : 0Ž) plus směsmi 90Pš : 10ŽCh a 90Pš : 10ŽCz (; Obrázek 1a). Byly použity přístroj Glutomatic a odstředivka CF 2015 s příslušenstvím (Perten Instruments, SWE; součást PerkinElmer, USA). S výjimkou pšeničné mouky byl test neúspěšný – během vypírání hydratované žitné arabinoxylany sítko téměř okamžitě ucpaly, kdy ani vyšší podíl větších částic žitných otrub ve směsi s celozrnnou neusnadnil vymývání.

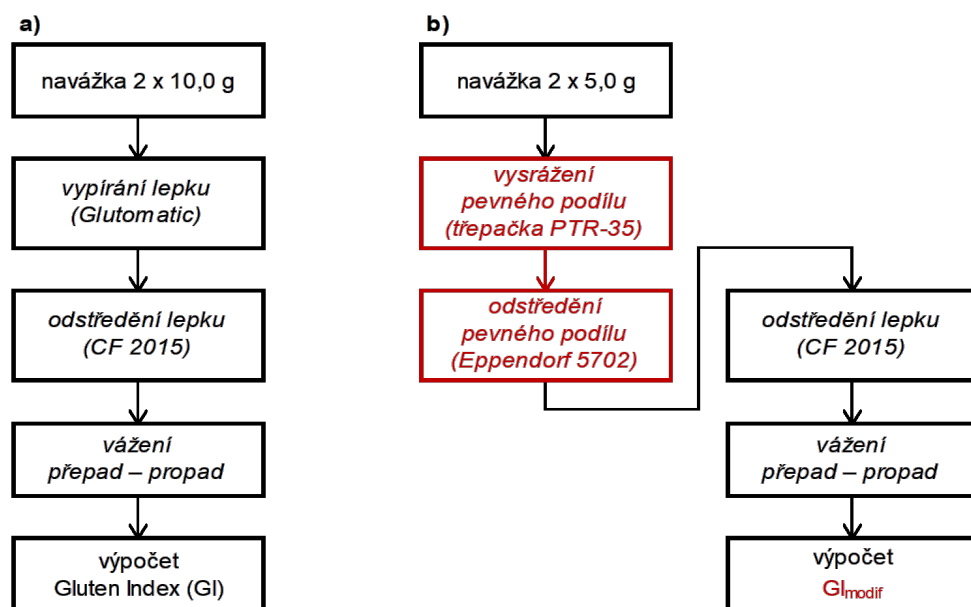
Proto byl na základě znalosti metody *Profil retenčních kapacit (SRC profile, AACC 56-61.01; Švec a Hrušková, 2014)* vytvořen vlastní postup, kdy srážecím činidlem je původní standardní 2% vodný roztok NaCl (Obrázek 1b). Je patrné, že modifikace spočívá ve vysrážení pevného podílu a jeho odstředění v plastových 50ml zkumavkách Falcon. Další vhodné změny vyplynuly z prvotních pokusů:

1. snížení navážek mouky $2 \times 10,0$ g na poloviční množství pro přímé přenesení sedimentu z prvního odstředění (viz bod 4.) do kyvet pro druhé odstředění, umožňující účinnější odstředění lepku (průkaznější kvalitativní rozlišení jednotlivých vzorků s menší odchylkou párových měření),
2. zvýšení objemu činidla z 25 na 40 ml, aby byla umožněna kompletní hydratace celozrnné mouky,
3. zkrácení doby protřepávání vzorků na rotační třepačce PTR-35 (Grant Bio, GBR) z 20 na 10 min (při zachování původní rychlosti 30 ot/min),
4. odstředění na centrifuze Eppendorf 5702 (Eppendorf SE, GER), nastavené na 10,0 min a rychlost 3.500 ot/min.

Po slití supernatantu byly zkumavky Falcon postaveny šikmo na list filtračního papíru a 10 min ponechány odkapat jako v případě měření profilu retenčních kapacit (AACC 56-11.01). Díky kónickému dnu se na sedimentech vytvořila špička, která byla prokazatelně sušší než protější plochá strana. Poté byly zkumavky seříznuty na výšku 35 mm a sedimenty kvantitativně přeneseny pinzetou do kazet centrifugy Perten „špičkou vzhůru“. Odstředění na zařízení Perten CF2015 proběhlo již v souladu s původním postupem (1,0 min při 6.000 ot/min.). Závěrečná fáze testu, tj. vážení přepadu i propadu a výpočet výsledků, je v obou postupech stejná. Výsledné parametry jsou dále uváděny pod zkratkami GI a GI_{modif} .

Statistické hodnocení

Získaná data byla porovnána v programu Statistica 13.1 (Dell, USA) pomocí 2f-ANOVA pro faktory $F1$ – *Typ žitné mouky* a $F2$ – *Výše přídatku žitné mouky* ($p < 95\%$). Linearita dat byla posouzena jednoduchou regresí zvlášť pro soubory s moukou žitnou chlebovou, resp. celozrnnou. Získané koeficienty determinace R^2 vypovídají o těsnosti korelací mezi podílem pšeničné či žitné mouky a hodnotou GI_{modif} .

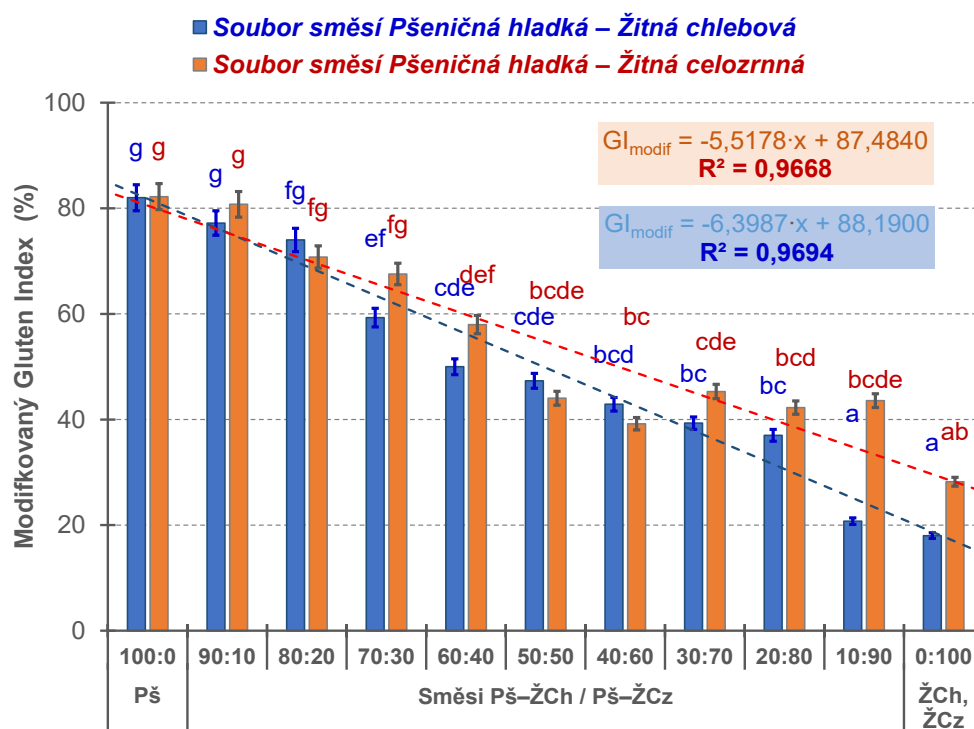


Obrázek 1: Schémata a) standardního a b) vlastního modifikovaného postupu testu Gluten Index

VÝSLEDKY A DISKUZE

Základní chemické složení mouky a směsí

Podrobné výsledky chemické nutriční analýzy jsou shrnuty v článku Švec et al. (2024); obsah jednotlivých složek v trojici základních vzorků Pš, ŽCh a ŽCz odpovídal mlynářskému typu mouky. Obsahy bílkovin byly tedy 11,76 % 7,08 % a 9,15 %, vlákniny 4,06 %, 10,40 % a 15,47 %, resp. škrobu 71,45 %, 70,01 % a 60,94 %. Lze shrnout, že obsah škrobu logicky průkazně klesal ve prospěch podílů bílkovin, vlákniny a také minerálních látek (popela; $p < 0,05$); jako nutričně bohatší byly potvrzeny celozrnné směsi.



Obrázek 2: Porovnání vlivu typu žitné mouky a výše náhrady pšeničné pro jakostní znakmodifikovaný Gluten Index. (Označení sloupců odlišným písmenem ukazuje statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$)).

Standardní Gluten Index test

Výhradně pro vzorek pšeničné mouky bylo možno standardním postupem stanovit hodnotu GI, 10 % obou žitných mouk ve směsích znamenalo ucpání sítěk Glutomaticu hydratovanými arabinoxylany. Kvalita komerční pšeničné mouky odpovídala kategorii „silný lepek“ ($GI\ 90 \pm 4$). Naproti tomu je hodnota $GI_{\text{modif}}\ 82 \pm 1$ prakticky srovnatelná, i když statisticky průkazně mírně nižší. Pro 25 odrůd pšenice typu *Western Canadian* ze sklizně 2016 Tozzati et al. (2020) zaznamenali hodnoty GI v rozmezí 60–99 ($GI_{\text{prům}}\ 89 \pm 9$).

Modifikovaný Gluten Index test

Při stanovení GI_{modif} bylo prvním odstředěním směsí obsahujících ŽCh / ŽCz získáno 4,04 až 4,59 g, resp. 4,01 až 4,91 g hydratované pevné fáze. Pro všechny testované mouky a binární směsi došlo k maximálnímu vytěžení pevné fáze, jelikož nebyl v těchto hmotnostech pozorován žádný trend. Po druhém odstředění na sítku se světlostí ok 80 μm již nastal předpokládaný pokles v hmotnostech přepadu (3,21 až 0,88 g, resp. 3,81 až 1,36 g) a opačně v podílech propadu (0,59 až 3,32 g, resp. 0,70 g až 3,48 g). Pro kontrolní pšeničnou mouku, směs 50:50 a žitnou mouku tomu odpovídají vypočtené hodnoty $GI_{\text{modif}}\ 82$, 47 a 18 pro chlebové, resp. 82, 48 a 28 celozrnné varianty (Obrázek 2). Hodnotu GI_{modif} kontrolního vzorku ŽCz o 10 procentních bodů vyšší než pro ŽCh lze vysvětlit interakcí více zastoupené vlákniny s žitnými bílkovinami a větší absorpční schopností.

V jednotlivých souborech Pš : ŽCh a Pš : ŽCz lze statisticky odlišit skupiny s průměry $GI_{\text{modif}}\ 78$, 52, 40 a 20 v prvním a 78, 63, 44 a 34 ve druhém případě (Tabulka 1). Je patrné, že mezi vzorky Pš : ŽCz z neznámého důvodu vybočuje směs 40:60 i přes opakované měření. V souhrnu však toto statistické rozdělení do skupin naznačuje podobnou zpracovatelnost kynutých těst z pšeničné chlebové a žitné chlebové mouky, běžných v pekárenském provozu. Řádově do 20% žitné mouky převládá pšeničný charakter těsta, na opačném konci mají těsta 20:80 a 10:90 statistiky blíže k celožitnému – konstatování vychází z farinografického hodnocení těchto směsí (Švec et al., 2024). Typický poměr pšeničné chlebové a žitné chlebové v klasickém střeoevropském konzumním chlebu je 60:40, kdy veškerá použitá žitná mouka má podobu kvasu.

Tabulka 1: Statisticky rozdílné (homogenní) skupiny binárních moučných směsí podle znaku kvality lepkových bílkovin GI_{modif}

Binární směsi hladkých mouk	a) Soubor Pš : ŽCh	b) Soubor Pš : ŽCz
Statisticky homogenní skupina	aa) 100:0 90:10 a 80:20 ^{f–g}	ba) 100:0 90:10 a 80:20 ^{f–g}
	ab) 70:30 60:40 a 50:50 ^{e–c}	bb) 70:30 60:40 ^{e–f}
	ac) 40:60 30:70 20:80 ^{b–c}	bc) 50:50 30:70 20:80 10:90 ^{b–e}
	ad) 10:90 0:100 ^a	bd) 40:60 0:100 ^{a–b}

Legenda: Pš, ŽCh, ŽCz: mouky pšeničná hladká světlá, žitná hladká chlebová a žitná hladká celozrnná.

GI_{modif} : Gluten Index test, provedený podle vlastní modifikace metody AACC 38-12.02.

Rozdílné horní indexy ukazují statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$).

Regresní analýza a korelace

Data vynesena sloupcového grafu (Obrázek 2) jednoznačně dokládají předpokládané trendy ve smyslu těsného lineárního proložení pro oba soubory Pš : ŽCh a Pš : ŽCz a současně vyšší hodnoty pro celozrnné

směsi. Koeficienty determinace R^2 dosáhly vysoké úrovně (0,969 a 0,967), odpovídající korelační hodnoty GI_{modif} k podílu žitné mouky chlebové, resp. celozrnné $r = 0,985$ a $0,983$ jsou průkazné na hladině $p < 0,001$.

Korelační analýza mezi hmotnostmi meziproduktů a výslednými hodnotami GI_{modif} v souhrnu potvrzuje výše diskutované (Tabulka 2). Lze postřehnout, že úspěšnost srážení pevného podílu protřepáváním lze považovat za náhodnou veličinu, nezávislou na obou sledovaných faktorech proměnlivosti dat ($F1$ – Typ žitné mouky, $F2$ – Výše přídatku žitné mouky). Korelace pro hmotnost pevného podílu s ostatními parametry byly totiž nejslabší, průkazné pouze na hladině $p < 0,05$ ($r \in <-0,46; 0,56>$). V ostatních případech byla určena hladina významnosti $p < 0,001$, což potvrzuje správnost zvoleného metodického přístupu. Hodnoty parametru GI_{modif} mezi oběma soubory binárních směsí mouk závisely na podílu žitné mouky podobnou měrou – vzájemná korelace je velmi těsná ($N = 18$, $r = 0,92$; $p < 0,001$; Tabulka 2).

Tabulka 2: Korelační analýza hmotností meziproduktů modifikovaného postupu Gluten Index testu a GI_{modif}

Proměnná	Var1 Podíl žitné mouky	Var2 Hmotnost pevného podílu ¹	Var3 Hmotnost propadu ²	Var4 Hmotnost přepadu ²	Var5 GI_{modif} Pš-ŽCh	Var6 GI_{modif} Pš-ŽCz
Var1	–	0,53 **	0,98 ***	-0,98 ***	-0,98 ***	-0,93 ***
Var2	0,53 *	–	0,56 **	-0,51 *	-0,53 *	-0,46 **
Var3	0,98 ***	0,56 **	–	-0,99 ***	-1,00 ***	-0,92 ***
Var4	-0,98 ***	-0,51 *	-0,99 ***	–	1,00 ***	0,91 ***
Var5	-0,98 ***	-0,53 *	-1,00 ***	1,00 ***	–	0,92 ***
Var6	-0,93 ***	-0,46 **	-0,92 ***	0,91 ***	0,92 ***	–
N = 18		* $p < 0,05$	** $p < 0,01$	*** $p < 0,001$		
r_{krit}		0,423	0,537	0,652		

Legenda: Pš, ŽCh, ŽCz: mouky pšeničná hladká světlá, žitná hladká chlebová a žitná hladká celozrnná.

GI_{modif} : Gluten Index test, provedený podle vlastní modifikace metody AACC 38-12.02.

¹ po srážení 5,0 g mouky 2% roztokem NaCl a prvním odstředění na centrifuze Eppendorf 5702.

² po druhém odstředění na centrifuze CF2015 a frakcionaci lepku na sítku se světlostí ok 80 μm .

ZÁVĚR

Kombinací běžných laboratorních metod a přístrojového vybavení byl vytvořen vlastní postup Gluten Index (GI) testu, modifikovaný pro odhad technologické kvality lepkových bílkovin v 11 pšenično-žitných a žitno-pšeničných směsích hladkých mouk jak s chlebovou, tak celozrnnou moukou. Vypírání lepku pomocí přístroje Glutomatic bylo znemožněno tvorbou arabinoxylanových gelů; došlo k ucpání vymývacích sítí. Proto byl pevný obsah ze suspenze odstředěn jako při stanovení profilu retenčních kapacit a získaný sediment odstředěn podruhé již na standardním zařízení CF2015. Výsledky ukázaly statisticky průkaznou shodu mezi rostoucím podílem žitné mouky ve směsi a snižující se hodnotou GI_{modif} jak pro vzorky s žitnou chlebovou moukou, tak žitnou celozrnnou. Jako principiálně kvalitativně odlišné lze ve shodě s pekařskou praxí označit binární směsi pšeničné a žitné mouky v poměrech 90:10, 80:20, 70:30 proti dvojici 20:80 a 10:90. V prvním případě bude mít kynuté těsto charakter pšeničného s dominancí vlastností lepku (pružnost a tažnost), ve druhém žitného s charakterem vysoce viskózní tekutiny vlivem neomezené bobtnací schopnosti arabinoxylanů.

Inovativní postup bude nutno dále prověřit s jinými typy pšeničné (případně i špaldové) mouky a k žitu alternativními obilovinami ječmen a oves. Celkově je vhodné predikovanou kvalitu ověřit laboratorním pekařským pokusem.

LITERATURA

Axford, D. W. E., McDermott, E. E., Redman, D. G. (1978): Small-scale tests of breadmaking quality. *Milling Feed and Fertilizer*. 161, 8–20. ISSN 0140-4059

Karas, J. (2011): *Jakostní profil komerční potravinářské pšenice*. Diplomová práce, VŠCHT Praha. 1. vydání, 2011, 111 s.

Kweon, M., Slade, L., Levine, H. (2011): Solvent Retention Capacity (SRC): Testing of wheat flour: Principles and value in predicting flour functionality in different wheat-based food processes and in wheat breeding – A review. *Cereal Chemistry* [online]. 88, 537–552. ISSN 0009-0352 (print), ISSN 1943-3638 (online). Dostupné z: doi:10.1094/CCHEM-07-11-0092

Slade, L., Levine, H. (1994): *Structure-function relationships of cookie and cracker ingredients*. In: Faridi H. (ed.): *The Science of Cookie and Cracker Production*. Chapman & Hall: New York, 1994, 1. vydání. ISBN 978-0442004606. p. 23–141, 516 pp. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Harry-Levine/publication/301701534_Structure-Function_Relationships_of_Cookie_and_Cracker_Ingredients/links/574b411108ae5c51e29ea724/Structure-Function-Relationships-of-Cookie-and-Cracker-Ingredients.pdf

Švec, I., Hrušková, M. (2014): Evaluation of model wheat/hemp composites. *Potravinárstvo – Slovak Journal of Food Sciences* [online]. 8, 8–14. Dostupné z: doi:10.5219/317

Švec, I., Petříková, E., Klitschová, B., Skřivan, P., Sluková, M., Polednová, P. (2024): Bakery quality of wheat-rye blends – Part I. *Cereal Technology*. 2, 2–12. ISSN 1869-2303. Dostupné z: doi:10.23789/1869-2303-2024-2-54

Tozatti, P., Güldiken, B., Fleitas, M. C., Chibbar, R. N., Hucl, P., Nickerson, M. T. (2020): The interrelationships between wheat quality, composition, and dough rheology for a range of Western Canadian wheat cultivars. *Cereal Chemistry* [online]. 97(5), 1010–1025. ISSN 0009-0352 (print), ISSN 1943-3638 (online). Dostupné z: doi:10.1002/cche.10324

Zeleny, L. (1947): A simple sedimentation test for estimating the bread-baking and gluten qualities of wheat flour. *Cereal Chemistry* [online]. 24, 465–475. ISSN 0009-0352 (print), ISSN 1943-3638 (online). Dostupné z: <https://archive.org/details/dli.ernet.26105/page/465/mode/2up>

Kontaktní adresa: Ing. Ivan Švec, Ph.D., Ústav sacharidů a cereálií, Fakulta potravinářské a biochemické technologie, Vysoká škola chemické-technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha, e-mail: ivan.svec@vscht.cz

**ENVIRONMENTAL AND STRAIN-SPECIFIC INFLUENCES
ON *LISTERIA MONOCYTOGENES* BIOFILM FORMATION
AND THE EFFICACY OF SANITIZATION ON FOOD CONTACT SURFACES**

Manish Thapaliya¹ – Achyut Adhikari¹

¹School of Nutrition and Food Sciences, Louisiana State University AgCenter, Baton Rouge, LA

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0256>



ABSTRACT

Food-contact surfaces have been identified as a principal source of *Listeria monocytogenes* contamination in fresh produce, including caramel apples and cantaloupes, emphasizing the importance of effective disinfection and sanitization. *L. monocytogenes* can firmly attach to these surfaces and form biofilms—complex bacterial matrices protected by extracellular polymeric substances (EPS). This study evaluates the microbiological risks associated with *L. monocytogenes* on food-contact surfaces in food processing environments.

The first phase examined environmental and strain-specific influences on *L. monocytogenes* biofilm formation across different food chain surface materials. Regression modeling revealed significant biofilm formation over time (estimate = 0.3358, $p < 0.001$) with a clear surface-specific effect. New stainless steel and PVC surfaces exhibited high biofilm formation, while silicon rubber surfaces were significantly less conducive. Temperature also played a role, with significantly lower biofilm formation at 4°C (estimate = −0.1044, $p < 0.001$). Additionally, medium composition influenced biofilm formation, with apple juice supporting higher levels than water. Untargeted metabolomics analysis indicated strain-specific variations, showing that strain V7 exhibited superior biofilm formation with upregulated purine metabolism compared to strain LCDC.

The second phase assessed the effectiveness of sanitizers—including chlorine, quaternary ammonium compounds (QAC), and UV-C light—on biofilms formed on common food contact surfaces (stainless steel, PVC, and silicon rubber) in an apple-processing plant. The efficiency of each sanitizer varied based on surface material and biofilm age. Chlorine and UV-C light were significantly effective ($p < 0.05$) against 1-day-old biofilms on stainless steel, reducing bacterial load by 2.84 log CFU/coupon and 2.71 log CFU/coupon, respectively. QAC was effective against 1-day-old biofilms across all surface materials ($p < 0.05$). However, no significant reduction was observed in 7-day-old biofilms ($p > 0.05$), highlighting the importance of early intervention.

These findings underscore the critical role of surface type, environmental conditions, and strain-specific differences in *L. monocytogenes* biofilm formation. They provide valuable insights into effective sanitization strategies to mitigate contamination risks in food processing facilities, emphasizing the significance and relevance of this research to the food safety industry.

Keywords: microbiological risks, food processing environments, Listeria monocytogenes, biofilms

*Contact Information: Manish Thapaliya, School of Nutrition and Food Sciences, Louisiana State University
AgCenter, Baton Rouge, LA*

VETERINÁRNÍ ZÁKON A ZÁKON NA OCHRANU ZVÍŘAT PROTI TÝRÁNÍ

VETERINARY ACT, ANIMAL CRUELTY PROTECTION ACT

Jan Váňa¹ – Zbyněk Semerád¹

¹Státní veterinární správa, Slezská 100/7, 120 56 Praha 2

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0258>



ABSTRAKT

Senát Parlamentu ČR aktuálně projednává novelu zákona č. 166/1999 Sb., veterinární zákon. K této novele bylo Ministerstvem zemědělství připojeno několik novel jiných zákonů. Tento balíček legislativy řeší zejména porážku hospodářských zvířat v místě chovu, domácí porážku skotu, definici nebezpečné nákazy pro potřeby veterinárního zákona, tak zvané rituální porážky, kamery na jatkách a zrušení průvodních listů skotu.

Mimo novel výše uvedených předpisů je součástí článku i aktuální nálezová situace u hospodářských zvířat.

Klíčová slova: Veterinární zákon, zákon na ochranu zvířat proti týrání, plemenářský zákon.

ABSTRACT

The Senate of the Parliament of the Czech Republic is currently debating an amendment to Act No. 166/1999 Coll., the Veterinary Act. Several amendments to other laws have been added to this amendment by the Ministry of Agriculture. This package of legislation deals in particular with the slaughter of livestock at the holding of origin, the domestic slaughter of cattle, the definition of dangerous diseases for the purposes of the Veterinary Act, so-called ritual slaughter, cameras in slaughterhouses and the abolition of cattle passports.

In addition to the amendments to the above-mentioned legislation, the article also includes the current disease situation in livestock.

Keywords: Veterinary Act, Animal Cruelty Protection Act, Breeders Act.

OBSAH SDĚLENÍ

Novelizace předpisů v oblasti veterinární péče a zemědělství reaguje na aktuální situaci, potřeby potravinářské a zejména chovatelské veřejnosti a změny předpisů EU.

Prezentované změny jsou pouze výběrem cíleným na účastníky konference. Vybrané změny jsou zejména:

PRAVIDLA PRO PORÁŽKU ZVÍŘAT V HOSPODÁŘSTVÍ PŮVODU

Legislativa EU již od roku 2021 umožňuje porazit skot, prasata a lichokopytníky a od roku 2024 i ovce a kozy v omezeném množství přímo v hospodářství původu a jejich těla poté přepravit na jatka k dalšímu zpracování. Novela veterinárního zákona na tuto změnu reaguje a stanovuje postupy, které musí chovatelé a jatka dodržet, pokud chtějí takovou porážku uskutečňovat. Novela navíc umožňuje porazit skot v hospodářství i střelnou zbraní s volným projektillem.

PRAVIDLA PRO DOMÁCÍ PORÁŽKU SKOTU

Počet kusů skotu mladšího 72 měsíců, který může být ročně poražen v režimu tzv. domácí porážky, neboli pro vlastní spotřebu chovatele se mění. V současné době je možné v tomto režimu ročně porazit maximálně tři kusy skotu. Nově by se mělo počítat s takzvanými velkými dobytčími jednotkami (VDJ), kdy bude limit činit 2 VDJ ročně. Přepočet kusů na VDJ bude záviset na věku zvířete. Nově tak bude možno porazit například dva kusy skotu ve věku nad 24 měsíců nebo tři kusy mezi šesti a 24 měsíci věku nebo až deset telat ve stáří do půl roku. Jednotlivé kategorie bude možno kombinovat, bude však nutné dodržet limit nejvýše 2 VDJ za rok. Nová úprava reaguje na požadavky chovatelů.

NOVĚ ZAŘAZENÉ NEBEZPEČNÉ NÁKAZY

Za nebezpečnou nákazu se pro účely veterinárního zákona nově považují i organismy rezistentní vůči antimikrobiálním látkám

- Gram-negativní bakterie produkující karbapenemázy,
- Gram-negativní bakterie produkující širokospektré beta-laktamázy (ESBL),
- Methicilin-rezistentní *Staphylococcus aureus*.

RITUÁLNÍ PORÁŽKY

Změna zákona na ochranu zvířat proti týrání umožní Ministerstvu zemědělství povolit tzv. rituální porážky i jiným subjektům než církvím a náboženským společnostem. Pokud porážku zvířat zvláštními metodami stanovenými náboženskými obřady provádí provozovatel podniku, nikoli církve nebo náboženská společnost, zajistí, aby při této porážce bylo provedeno prosté omráčení zvířete elektrickým proudem, které nezpůsobí bezprostřední smrt zvířete.

KAMERY NA JATKÁCH

Provozovatel jatek bude nově povinen vybavit jatky kamerovým monitorovacím systémem pro sledování řádného zacházení se zvířaty. Od účinnosti této změny budou muset být kamerovým systémem vybavena všechna nově vznikající jatka. Stávající jatka budou mít na splnění této povinnosti 1 rok přechodné období, počínaje datem účinnosti novely.

Kamery musí pokrývat prostor pro vykládku zvířat a přehánění zvířat, ve kterém se nacházejí živá zvířata.

ZRUŠENÍ TIŠTĚNÝCH PRŮVODNÍCH LISTŮ SKOTU

Novela plemenářského zákona ruší povinnost chovatele přemísťovat zvířata s fyzicky vytištěným průvodním listem skotu, kromě případů přemístění skotu do jiného členského státu Evropské unie nebo vývozu do třetí země.

AKTUÁLNÍ NÁKAZOVÁ SITUACE U HOSPODÁŘSKÝCH ZVÍŘAT

Informace bude podána pouze ústně na konferenci, neboť se dynamicky vyvíjí a zde uvedená informace by se mohla výrazně lišit od toho, co bude prezentováno.

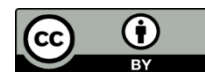
Kontaktní adresa: Semerád Zbyněk, MVDr., SVS, Slezská 100/7, 120 56 Praha 2, e-mail: z.semerad@svscr.cz

FROM TRADITION TO INNOVATION: GOAT'S MILK IN MODERN DAIRY

Ivan Vnučec¹ – Ivica Kos¹ – Darija Bendelja Ljoljić¹

¹Division of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zagreb, Svetošimunska 25,
10 000 Zagreb, Croatia

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0261>



ABSTRACT

Goat's milk has long been used for human consumption and is now recognised as a food with high nutritional and functional properties and a low environmental footprint. It is rich in important nutrients such as protein, calcium, vitamins (especially A and B) and minerals such as phosphorus and potassium and offers a healthy alternative to conventional cow's milk. Goat's milk is known to be easier to digest, making it a favoured choice for people with lactose intolerance or a sensitive digestive system. Compared to cow's milk, it contains higher levels of certain favourable fatty acids, including medium-chain triglycerides, which are associated with various health benefits. Due to its nutritional richness and unique composition, goat's milk is increasingly recognised as a key ingredient in the production of innovative dairy products that meet the changing needs and dietary habits of consumers. In addition, goats are known to efficiently convert their feed into milk and require less land and resources compared to cows. Their adaptability to different climates and terrains makes goat farming a sustainable and environmentally friendly option for milk production. By combining the versatility and nutritional benefits of goat's milk, the dairy industry can appeal to health-conscious consumers looking for new flavours, functional ingredients and high-quality dairy products (artisanal cheese, yoghurt, butter, rich ice cream and other dairy desserts).

Keywords: goats, milk, health benefits, innovative dairy products

INTRODUCTION

Goat's milk is known for its nutritional richness and unique composition and has been consumed for centuries (Kumar et al., 2016; Tarola et al., 2019). Although goats account for only a small proportion of the global milk supply, their impact on human well-being is significant, especially in tropical and developing countries (Nayik et al., 2022). Goat's milk is not only used to feed poor and rural populations, but also as a "super" dairy product with exceptional health, immunological and biological properties (AL Kaisy et al., 2023). The importance of caprine milk for human consumption is gaining acceptance worldwide, as evidenced by the rapidly growing goat milk market in most countries around the world (Hammam et al. 2022). The global demand for caprine milk has increased over the last decade (FAO, 2023), especially during the COVID-19 period when people were more concerned about their well-being and health.

Goat's milk is used for human consumption in many places in Asia, Africa, the Mediterranean countries and the Middle East (Banjare et al., 2017). All these regions have something in common: their economies are

developing rapidly and need to feed a fast-growing population. Goat's milk is usually produced on smaller farms.

The aim of this study is to investigate the nutritional benefits, digestibility and growing global importance of goat milk, especially in developing regions, considering its environmental impact and its role in the future dairy industry.

NUTRITIONAL VALUE AND THERAPEUTIC POTENTIAL OF GOAT'S MILK

Goat's milk is very nutritious because it contains valuable nutrients such as carbohydrates, proteins, fats, micro and macro elements, vitamins and much more (Kondyli et al., 2012). Compared to cow's milk, the fat globules in goat's milk are much smaller and therefore easier to digest (Attaie a Richter, 2000). The beneficial effects of goat's milk have been shown in various health conditions such as anaemia, asthma, intestinal diseases, insomnia and neurotic digestive disorders (Lund a Ahmad, 2021). Goat's milk has more short- and medium-chain fatty acids than cow's milk, which gives it a special ability to provide energy, especially for growing children (Sepe a Argüello, 2019). The protein in goat's milk is more digestible and at the same time less allergenic (Sanz Ceballos et al., 2009; Benjamin-van Aalst et al., 2024). The higher casein content in goat's milk facilitates lactose digestion and reduces the risk of lactose intolerance by accelerating the absorption of sugar through the large intestine. Fresh goat milk and goat milk products (e.g. yogurt and kefir) have various potential health benefits, such as anti-inflammatory effects, prevention of cardiovascular diseases, antidiabetic and antihypertensive, strengthening bones, boosting the immune system and improving metabolism (Paszczyk et al., 2023). Due to their nutritional value and physiologically bioactive components, with probiotic bacterial strains commonly found in these products, goat milk products have gained attention especially in nutritional disorders (Moises et al., 2024).

CONSUMER TRENDS AND MARKET POTENTIAL

The market for goat's milk products has grown strongly in recent years. The growing population is expected to increase the demand for food globally, thereby fuelling the growth of the goat milk products market in the future (Zulkifli et al., 2023). The growth during the forecast period can be attributed to awareness campaigns and marketing, global market expansion, innovations in product development, sustainability and ethical consumption, premium and specialty products (Ribeiro a Ribeiro, 2021).

Goat cheeses and fermented milk beverages are rich sources of fatty acids, protein and minerals, but many consumers do not accept them because of its typical flavour, which comes from the capric, caprylic and caproic acids contained in this milk and dairy products. The negative perception of "goaty flavour" by the public and seasonal milk production are the two major barriers to the commercialisation of goat milk (Zulkifli et al., 2023), but fermentation reduces the "goat flavour" due to yogurt starter cultures (Serdyukova et al., 2021).

Today, goat milk belongs to a new category of functional dairy products in many industrialised countries (Hammam et al., 2022) where dairy goat farming provides smallholder farmers with a sustainable source of

income and wealth in the form of healthy milk products and helps them to lead a more independent lifestyle (Lund a Ahmad, 2021). The fact that the global market for goat milk is estimated at USD 12.45 billion in 2022, with an expected annual growth rate of 4.7% to USD 17.95 billion in 2030 (Research and Markets, 2025), offers interesting opportunities for all players in the food sector.

SUSTAINABILITY AND ENVIRONMENTAL BENEFITS

Goats are able to efficiently convert poor weeds and crop residues into traditional products of high nutritional quality and show great resilience to different climatic and environmental conditions (Nayik et al., 2022). In developing countries, but also in many marginal regions with scarce pasture resources, goat production appears to be a good solution to problems related to food security (FAO, 2018), as it makes an important contribution to the rural economy (Nelson Navamniraj et al., 2023). According to the United Nations, goat milk can be an important tool to achieve the 2030 Agenda for Sustainable Development adopted in 2016 (UN, 2015).

To accelerate the adoption of new strategies and technologies in goat milk production in countries where people are financially constrained, cost-effective measures for goat farming and production need to be considered. From an environmental perspective, dairy goats can be environmentally friendly if managed properly, with increased milk and forage production being the best practical solution to reduce environmental impact (Zucali et al., 2020). With adequate help and support from all stakeholders such as governments, research institutes and international support groups, improved interventions and the introduction of innovative goat milk production have the potential to meaningfully and sustainably increase milk production for food and income generation (Sepe a Argüello, 2019).

GOAT'S MILK AS A BASIS FOR PRODUCT INNOVATION

Goat's milk, known for its nutritional richness and unique composition, is increasingly recognised as an important ingredient in innovative dairy products. It is processed into various dairy products, including fortified and flavoured milk, UHT milk, fermented products (cheese, buttermilk, yogurt), ice cream, frozen yogurt, condensed milk, dried whole milk, sweets and candies (Ribeiro and Ribeiro, 2010) and can also be used as a base for infant formula (Prosser, 2021).

Dairy products made from cow's milk make up the majority of the probiotics market, while there are relatively few studies investigating functional probiotic goat's milk products. However, due to its numerous health benefits, goat milk is considered a potential functional food in an emerging area for the development of goat milk products with prebiotics and probiotics (Lund a Ahmad, 2021). Goat milk fermented with a combination of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*, making a yoghurt having high folate content and favorable sensory qualities (Kumar, 2016).

Further research could also investigate the potential use of goat milk proteins in the treatment of inflammatory and immune-mediated diseases and as a source of bioactive peptides with potential health benefits (AlKaisy et al., 2023).

CONCLUSIONS

Goat's milk is characterised by its better digestibility, which makes it a preferred option for people with lactose intolerance or a sensitive gastrointestinal system. The composition of goat's milk contains high levels of certain beneficial fatty acids, particularly medium-chain triglycerides (MCTs), which are associated with a number of health benefits. As a result, goat's milk is increasingly recognised as a versatile and valuable ingredient in the production of various dairy products, including artisan cheese, yoghurt, butter and rich ice creams, where its high protein concentration, low lactose content and unique sensory properties are particularly beneficial. Goat's milk also has therapeutic properties for various diseases and digestive disorders. Clinical studies have confirmed the nutritional adequacy and safety of infant formulas made from whole goat's milk proteins and fats. Research into goat's milk as a basis for novel dairy products not only encourages culinary innovation, but also meets the growing consumer demand for nutritious, sustainable and ethically produced foods. In addition, goat's milk has successfully catered to the gastronomic preferences of foodies, an emerging market segment in many industrialised countries. This emphasises the potential of goat's milk to influence the future development of the dairy industry and encourage innovation in the development of dairy products.

REFERENCES

- AL Kaisy, Q. H., J. S. Al-Saadi, A. K. J. AL-Rikabi, A. B. Altemimi, M. A. Hesarinejad, T. G. Abdelmaksoud (2023): Exploring the health benefits and functional properties of goat milk proteins. *Food Science & Nutrition*, 11, 5641–1. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3531>
- Attaie, R., R. L. Richter (2000): Size distribution of fat globules in goat milk. *Journal of Dairy Science*, 83, (5): 940–944. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74957-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74957-5)
- Banjare, K., M. Kumar, R. Kumar, S. Kartikyen, B. K. Goel, S. Uprit (2017): Perspective role of goat milk and products: a review. *International Journal of Chemical Studies*, 5 (4): 1328–1338. <https://www.chemijournal.com/archives/?year=2017&vol=5&issue=4&ArticleId=813&si=false>
- Benjamin-van Aalst, O., C. Dupont, L. van der Zee, J. Garssen, K. Knipping (2024): Goat milk allergy and a potential role for goat milk in cow's milk allergy. *Nutrients*, 16 (15): 2402. <https://doi.org/10.3390/nu16152402>
- FAO (2018): Transforming the livestock sector through the Sustainable Development Goals. Food And Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/CA1201EN/ca1201en.pdf>
- FAO (2023): FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

- Hammam, A. R. A., S. M. Salman, M. S. Elfaruk, K. A. Alsaleem (2022): Goat Milk: compositional, technological, nutritional and therapeutic aspects: a review. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 41 (4): 367–376. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DRF-261>.
- Kondyli, E., C. Svarnas, J. Samelis, M. C. Katsiari (2012): Chemical composition and microbiological quality of ewe and goat milk of native Greek breeds, *Small Ruminant Research*, 103 (2–3): 194–199. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.043>
- Kumar, H., D. Yadav, N. Kumar, R. Seth, A. K. Goyal (2016): Nutritional and nutraceutical properties of goat milk - a review. *Indian Journal of Dairy Science* 69 (5): 513–518. <https://doi.org/10.33785/IJDS.2022.v75i01.001>
- Lund, A. K., Ahmad, M. (2021): Production potential, nutritive value and nutraceutical effects of goat milk. *Journal of Animal Health and Production*, 9 (1): 65–71. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.jahp/2021>
- Moises, R. M. M., C. C. M. Salgueiro, M. S. P. Leitão, J. F. Nunes (2024): Exploring goat's milk cheese: A systematic review of production techniques and innovations (2013–2023). *Brazilian Journal of Food Technology*, 27, e2023152. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.15223>
- Nayik, G. A., Y. D. Jagdale, S. A. Gaikwad, A. N. Devkatte, A. H. Dar, M. J. Ansari (2023): Nutritional profile, processing and potential products: a comparative review of goat milk. *Dairy*, 3, 622–647. <https://doi.org/10.3390/dairy3030044>
- Nelson Navamniraj, K., K. Sivasabari, J. Ankitha Indu, D. Krishnan, M. R. Anjali, P. R. Akhil, M. Pran, F. Nainu, S. V. Praveen, P. Singh, H. Chopra, C. Chakraborty, A. Dey, K. Dhama, D. Chandran (2023): Beneficial impacts of goat milk on the nutritional status and general well-being of human beings: Anecdotal evidence. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 11 (1): 1–15. [https://doi.org/10.18006/2023.11\(1\).1.15](https://doi.org/10.18006/2023.11(1).1.15)
- Paszczyk, B., M. Czarnowska-Kujawska, J. Klepacka, E. Tońska (2023): Health-promoting ingredients in goat's milk and fermented goat's milk drinks. *Animals*, 13, 907. <https://doi.org/10.3390/ani13050907>
- Prosser, C. G. (2021): Compositional and functional characteristics of goat milk and relevance as a base for infant formula. *Journal of Food Science*, 86 (2): 257-265. DOI: 10.1111/1750-3841.15574
- Research and Markets (2025): Goat milk products market 2023. Available at: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5561862/goat-milk-products-market-size-share-and-trends> Accessed 07/02/2025
- Ribeiro, A. C., S. D. A. Ribeiro (2010): Specialty products made from goat milk. *Small Ruminant Research*, 89, 225-233. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.048>

Sanz Ceballos, L., E. Ramos Morales, G. de la Torre Adarve, J. Díaz Castro, L. Pérez Martínez, M. Remedios Sanz Sampelayo (2009): Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22 (4): 322–329. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.020>

Sepe L, A. Argüello (2019): Recent advances in dairy goat products. *Animal Bioscience*, 32 (8): 1306–1320. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0487>

Serdyukova, Y. P., I. G. Kazarova, A. A. Zakurdaeva, I. F. Gorlov, E. Y. Anisimova, N.I. Mosolova (2021): Fermented goat milk product: Improvement of the production technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 677 – 0320893. DOI: 10.1088/1755-1315/677/3/032083

Tarola, A. M., R. Preti, A. M. Girelli, P. Campana (2019): Recent advances in the valorization of goat milk: nutritional properties and production sustainability. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Nutrition and Food Engineering*, 13 (6): 183–188.

https://iris.uniroma1.it/retrieve/e3835322-6452-15e8-e053-a505fe0a3de9/Tarola_Goat-milk_2019.pdf

UN (2015): Transforming our world: the 2030 Agenda for sustainable development. United Nations. <https://sdgs.un.org/publications/transforming-our-world-2030-agenda-sustainable-development-17981>

Zulkifli, T. I. N. T. M., S. Syahlan, A. R. Saili, J. T. Pahang, N. A. Ruslan, A. Suyanto (2023): Consumer preferences towards goat milk and goat milk products: a mini review. *Food Research*, 7, (Suppl. 2): 57–69. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.7\(S2\).15](https://doi.org/10.26656/fr.2017.7(S2).15)

Contact Information: Prof. Ivan Vnučec, PhD, University of Zagreb Faculty of Agriculture, Division of Animal Science, Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb, Croatia, e-mail: ivnucec@agr.hr

KVALITA DOPLŇKŮ VÝŽIVY S OMEGA-3 MASTNÝMI KYSELINAMI

QUALITY OF DIETARY SUPPLEMENTS WITH OMEGA-3 FATTY ACIDS

Milan Vývoda¹ – Karolína Beranová¹ – Milena Matejovičová¹ – Tomáš Komprda¹

¹Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0267>



ABSTRAKT

Většina populace nedosahuje doporučeného příjmu ω -3 polynenasycených mastných kyselin (ω -3 PUFA) ve stravě, což přispívá k nedostatku ω -3 PUFA v organismu s nepříznivými zdravotními dopady. Omega-3 index (O3i) je parametr, který měří podíl ω -3 mastných kyselin, konkrétně eikosapentaenové (EPA), dokosaheptaenové (DHA) a dokosapentaenové (DPA) v celkovém množství mastných kyselin v membránách erytrocytů (červených krvinek), přičemž O3i ≥ 8 % je spojen s nižším rizikem chronických onemocnění, zejména kardiovaskulárních. Z důvodu jejich nedostatečného příjmu ve stravě jsou často doporučovány doplňky stravy s obsahem těchto mastných kyselin. Problémem však může být kvalita běžně dostupných doplňků. Tento článek shrnuje informace o metodách sledování dostatečného příjmu ω -3 FA a možnostech hodnocení kvality doplňků stravy s obsahem ω -3 FA dostupných na českém trhu.

Klíčová slova: ω -3 mastné kyseliny, PUFA, doplňky stravy, kvalita

ABSTRACT

The majority of the population does not reach the recommended intake of polyunsaturated ω -3 fatty acids (ω -3 PUFA) in the diet, which contributes to the deficiency of ω -3 PUFA in the body with adverse health effects. The omega-3 index (O3i) is a parameter that measures the proportion of ω -3 fatty acids, specifically eicosapentaenoic (EPA), docosahexaenoic (DHA) and docosapentaenoic acid (DPA) in the total amount of fatty acids in the membranes of erythrocytes (red blood cells), with O3i $\geq 8\%$ being associated with a lower risk of chronic diseases, especially cardiovascular diseases. Due to their insufficient intake in the diet, nutritional supplements containing these fatty acids are often recommended. However, the quality of commonly available supplements can be a problem. This article summarizes information on methods for monitoring sufficient ω -3 FA intake and options for assessing the quality of nutritional supplements containing ω -3 FA available on the Czech market.

Keywords: ω -3 fatty acids, dietary supplements, quality

ÚVOD

Nedostatečný příjem polynenasycených ω -3 mastných kyselin (ω -3 PUFA) je celosvětový problém, což vyvolává vědecký i komerční zájem. Dostatečná konzumace ω -3 PUFA je spojována se zlepšením kardiovaskulárního zdraví, snížením úzkosti a deprese, jakož i s nižší prevalencí rakoviny, Alzheimerovy choroby, diabetu 1. typu, roztroušené sklerózy a celkové úmrtnosti (McDonnell et al., 2019). Hlavními

dietárními ω -3 PUFA jsou α -linolenová kyselina (ALA; C18:3 ω -3), eikosapentaenová kyselina (EPA; C20:5 ω -3) a dokosaheptaenová kyselina (DHA; C22:6 ω -3). Polynenasycené mastné kyseliny z řady n -3 se vyznačují tím, že obsahují v molekule dvě nebo více izolovaných dvojných vazeb, přičemž první dvojná vazba se vychází ze třetího uhlíku od methylového konce molekuly. Základní esenciální ω -3 PUFA je ALA, která sestává z 18 atomů uhlíku a tří dvojných vazeb v pozicích 9,12,15 od karboxylového konce. Pro její tvorbu je nezbytný enzym Δ 15-desaturáza. Tento enzym však u živočichů chybí, a proto u člověka musí být ALA získávána s potravou. ALA může být v lidském organismu konvertována na n -3 PUFA s delším řetězcem. Míra této přeměny není zcela objasněna a je obecně považována za velmi omezenou. Odhaduje se, že pouze 1–10 % ALA je přeměněno na EPA a 0,5–5 % na DHA (Goyens et al. 2005; Plourde a Cunnane, 2007). Většina ω -3 PUFA s dlouhým řetězcem (více než 20 uhlíků) by tedy měla být taktéž přijímána ze stravy. Mezi tyto důležité PUFA patří zejména EPA a DHA. Metabolismus ω -3 a ω -6 mastných kyselin je vzájemně propojený, jelikož jejich dráhy „soutěží“ o stejné enzymy: desaturázy a elongázy (Soukup, 2023). Navíc, PUFA s dlouhým řetězcem ovlivňují nejen složení membrán a lipoproteinů v krvi, čímž ovlivňují interakce mezi cévní stěnou a lipoproteiny i erytrocyty, ale jsou z nich syntetizovány také eikosanoidy, regulující funkce imunitního systému, srážlivost krve a vasokonstriktci a vasodilataci (změny velikosti cévního průřezu). Na poměru, ve kterém jsou PUFA ω -6 a ω -3 přijímány závisí, které účinky eikosanoidů se projeví: prozánětlivé nebo protizánětlivé, vasodilatační nebo vasokonstrikční, protrombotické nebo antitrombotické.

ADEKVÁTNÍ PŘÍJEM ω -3 PUFA

Zdroje ALA zahrnují rostlinné oleje, ořechy a semena a také některé řasy. EPA a DHA se nacházejí v tučných rybách, jako jsou losos, tuňák, sled' a makrela a v mořských řasách. Vzhledem k nedostatečné syntéze EPA a DHA z ALA doporučují organizace, zabývající se tvorbou výživových standardů, pravidelnou konzumaci ryb. Pokyny pro výživu Američanů z roku 2015 (DGA) a Americká kardiologická asociace doporučují konzumovat dvě porce ryb týdně, aby se dosáhlo příjmu 250 mg/d EPA a DHA. Data z NHANES odhadují průměrný příjem ryb mezi dospělými na 1/2 doporučeného množství týdně a 1/4 týdně, pokud jde o ryby s vysokým obsahem ω -3 PUFA. Proto je nezbytné vytvořit nová doporučení a přístupy k doplňování ω -3 PUFA založené na důkazech, které umožní zahrnout více ω -3 PUFA do diety s cílem zajistit dlouhodobé zdraví (Dempsey et al., 2023).

Výzkum naznačuje, že ani jedinci, kteří pravidelně konzumují ryby, nedosahují doporučeného omega-3 indexu (O3i) (McDonnell et al., 2019), který je definován jako poměr EPA, DHA a DPA k celkovým mastným kyselinám v membránách erytrocytů a odráží celkový obsah ω -3 PUFA v organismu. Bylo prokázáno, že O3i odráží distribuci ω -3 PUFA ve tkáních a je reprezentativnějším parametrem pro sledování dlouhodobého dietárního příjmu ω -3 PUFA, než jiné metody hodnocení. O3i se běžně měří v klinických a výzkumných podmínkách rychlou a neinvazivní analýzou krevních skvrn. Nicméně výpočet O3i se může v různých laboratořích lišit. V roce 2004 zahájili Harris a Schacky (Harris a Schacky, 2004) výzkum O3i poté, co ukázali, že jedinci s O3i >8 % měli nižší riziko kardiovaskulárních onemocnění než jedinci s hodnotami <4 %. Další

důkazy podporují zdravotní přínosy udržování O3i >8 % (McDonnell et al., 2019). Současná doporučení pro příjem ALA a konzumaci ryb jsou pro většinu jedinců nedostatečná k udržení zdravého O3i. Podle průřezové studie mělo 83 % těch, kteří konzumovali alespoň dvě porce tučných ryb týdně, O3i <8 %, a pouze ti, kteří pravidelně konzumovali ryby a doplňovali >1 000 mg/d EPA a DHA, udržovali optimální O3i (McDonnell et al., 2019). Celosvětově jsou příjem ω -3 PUFA a jejich koncentrace v krvi výrazně pod doporučovanými hodnotami, což poukazuje na zvýšená zdravotní rizika u velké části populace (Stark et al., 2016). Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) uvádí doporučení pro denní příjem dospělých osob 0,25–0,5 g EPA a DHA (EFSA, 2012). Světová zdravotnická organizace (WHO) navrhuje pro širší populaci denní příjem 0,3–0,5 g EPA a DHA (Kris-Etherton et al. 2002).

Možným řešením pro zvýšení konzumace ω -3 PUFA s dlouhým řetězcem je obohacování potravin, například přídavky rybího oleje (Komprda et al., 2020), což však může narážet na senzorickou přijatelnost u konzumentů, nebo užívání speciálně vyrobených doplňků.

DOPLŇKY STRAVY A JEJICH KVALITA

Doplňky stravy, obsahující EPA a DHA, jsou vyráběny z ryb jako sardinky, tuňák a tresčí játra, ale také z alternativních zdrojů jako jsou kril a speciálně pěstované mikrořasy. Doplnky obsahující EPA a DHA se vyrábějí v různých chemických formách, například jako triacylglyceroly, ethylestery a fosfolipidy. Konzumace těchto doplňků je výhodná pro přesnou regulaci příjmu EPA a DHA díky informacím o dávkování na obalu, což je bezpečný a kontrolovaný způsob jejich konzumace. Vzhledem k široké nabídce na trhu může být však obtížné vybrat vhodný produkt, ne všechny doplňky jsou srovnatelné a kvalita nemusí odpovídat ceně. Správné dávkování EPA a DHA je klíčové, zejména pokud se jejich suplementace využívá k řešení zdravotních problémů (Ritter et al. 2013).

Kvalita jedlých olejů včetně rybího oleje se běžně posuzuje prostřednictvím analýzy složení mastných kyselin, obsahu těžkých kovů, čísla kyselosti (peroxidového čísla) a měřením produktů oxidace lipidů (Galuch et al., 2017).

Kvalita výrobku, co se týče obsahu ω -3 PUFA uvedeného na etiketě musí odpovídat aktuálním předpisům platným v oblasti distribučního trhu. Klíčový je nejen celkový obsah EPA a DHA, ale také jejich vzájemný poměr, protože tyto kyseliny fungují odlišně a mají různé biologické role v těle. Některé biologické procesy proto vyžadují specifický poměr EPA k DHA.

PUFA jsou náchylné k oxidačním reakcím za vzniku produktů, které negativně ovlivňují kvalitu, senzorickou přijatelnost, funkčnost, nutriční hodnotu a bezpečnost doplňků. Produkty oxidace PUFA jsou reaktivní sloučeniny, které přispívají ke vzniku mutací, poškození DNA, zánětů, srdečně-cévních chorob a také jsou zapojeny do procesů stárnutí. Sekundární produkty oxidace PUFA, které mají cytotoxické a genotoxické účinky, mohou po vstupu do krevního oběhu ovlivnit metabolismus lipoproteinů a funkci krevních destiček. Podmínky skladování umožňující kontakt se vzdušným kyslíkem, působení světla a UV záření i vysoká teplota

urychlují oxidaci lipidů a snižují stabilitu a trvanlivost produktů obsahujících rybí olej. Nízká oxidační stabilita ω -3 PUFA vyžaduje účinnou antioxidační ochranu, aby se zabránilo oxidačnímu poškození a rozvoji pachuti u potravin, které byly obohaceny rybím olejem (Jacobsen et al. 2001).

MATERIÁL A METODIKA

Z tržní sítě v České republice bylo vybráno pět doplňků stravy od známých i méně známých výrobců a dodavatelů. Výrobky byly pořízeny v první polovině roku 2024 a doba minimální trvanlivosti byla u všech výrobků, kromě doplňku 3, delší, než trvání experimentu. U výrobku 3 skončila doba minimální trvanlivosti těsně před začátkem experimentu. Tři výrobky byly želatinové tobolky obsahující EPA a DHA v deklarovaném množství (doplňky označené 1–3), jeden výrobek byl kapalný doplněk ve formě ochuceného rybího oleje (doplněk 4) a jeden z těchto doplňků deklaroval veganské složení a jako zdroj směsi ω -3, ω -6 a ω -9 PUFA uváděl prášek ze lněných semen ve formě mikrokapsulí, dávkovaný ve veganských tobolkách, přičemž součástí názvu bylo označení omega 3 (doplněk 5). Vzorky byly skladovány po dobu 2 měsíců v různých podmínkách. Kontrolní podmínky představovaly skladování v původních uzavřených obalech při pokojové teplotě 24 °C (tobolky) a při chladírenské teplotě 4°C (olej) ve tmě. Pokusné podmínky představovaly skladování na denním světle v průhledných uzavřených nádobách při pokojové teplotě 24°C (vzorky PZ) a v průhledných otevřených nádobách v místnosti s neregulovanou teplotou, kde v průběhu experimentu teploty dosahovaly 27–33 °C s průměrnou hodnotou 31°C (vzorky PO). Na začátku a na konci experimentu byly změřeny profily mastných kyselin (MK) metodou stanovení methylesterů MK pomocí plynové chromatografie s FID detekcí. Dále byly na začátku, po jednom a dvou měsících skladování ve vodných extraktech doplňků analyzovány sloučeniny reagující s kyselinou thiobarbiturovou (TBARS) jako měřítko oxidačních procesů ve skladovaných doplncích. Extrakce oxidačních produktů z doplňků byla prováděna do vodného prostředí dle metodiky autorů Papastergiadis et al. (2012). Produkty reakce s kyselinou thiobarbiturovou byly měřeny spektrofotometricky při vlnové délce 532 nm..

VÝSLEDKY A DISKUZE

NUTRIČNÍ HODNOTA VYBRANÝCH DOPLŇKŮ

Výsledky analýzy mastných kyselin v doplncích skladovaných v optimálních podmínkách v porovnání s deklarovanými hodnotami na obalech doplňků, případně na webových stránkách prodejce jsou uvedeny v tabulce 1. S mírnými odchylkami jsme u doplňků 1–4 zjistili, že naše analýzy odpovídají deklarovaným hodnotám. Doplněk 5 však podle našich analýz vykazoval výrazné odchylky naměřených hodnot. Dle informace na stránkách prodejce měl obsahovat 85,2 % kyseliny olejové, 5,54 % kyseliny linolové a pouze 0,95 % kyseliny linolenové (bez bližšího určení, při porovnávání naměřených a deklarovaných hodnot jsme z logiky věci předpokládali, že jde o kyselinu α -linolenovou). V čase ani při různých metodách skladování jsme nepozorovali signifikantní změny v obsahu jednotlivých PUFA, i když ve všech vzorcích kromě vzorku 1 jsme pozorovali nižší hodnoty obsahu EPA a DHA po dvouměsíčním skladování v pokusných podmínkách

při vystavení vzorků kyslíku, světlu a vyšším teplotám (skupina vzorků PO) oproti hodnotám naměřených ve vzorcích skladovaných v kontrolních podmínkách.

Analýzy profilu mastných kyselin u doplňků stravy suplementujících ω -3 PUFA s dlouhým řetězcem na českém trhu prováděli i další výzkumníci. Například v disertační práci Josefa Soukupa (Soukup, 2023) bylo zkoumáno také pět různých doplňků stravy obsahujících ω -3 PUFA z českého trhu. Mezi analyzovanými produkty byl doplněk čistých Omega 3 od Reflex Nutrition, krilový olej také od Reflex Nutrition, rybí olej s tokoferoly Opti Omega-3 orange od společnosti Health Institute, směs rybích olejů a extra panenského olivového oleje Zinzino BalanceOil+, a rybí olej Möller's získaný z tresčích jater s obsahem vitamínu E a extraktu tokoferolů. Všechny tyto výrobky byly pořízeny v červnu 2021. Obsah nasycených mastných kyselin (SFA) ve vzorcích se pohyboval od 7,28 % do 38,70 %, obsah mononenasycených mastných kyselin (MUFA) v rozmezí od 18,27 % do 44,54 % a obsah polynenasycených mastných kyselin (PUFA) od 20,71 % do 54,71 % (Soukup, 2023). My jsme pozorovali obdobné hodnoty v našich vzorcích (kromě vzorku 5). Ve vzorcích 1–4 se obsah SFA pohyboval v rozmezí 5,6 % do 28,7 %, MUFA od 5 % do 34 % a obsah PUFA ω -3 od 32,3 % do 81,9 % a PUFA ω -6 od 3,9 % do 15 % z celkového množství mastných kyselin. Vzorek 5 se však vymykal úplně, protože podle našich analýz obsahoval pouze 0,4% PUFA ω -3 ale 54,4 % PUFA ω -6. Zastoupení MUFA podle naší analýzy (23,8 %) bylo ale také podstatně nižší, než bylo na stránkách prodejce deklarováno (85,2 %). Problémem při stanovení profilu mastných kyselin může být u vzorku 5 i komplexní matrice, ze které byly mastné kyseliny extrahovány. Narozdíl od ostatních čtyř vzorků jsme zde dosáhli výtěžnosti 266 mg FA /g výrobku oproti očekávaným hodnotám při extrakci z čistého tuku 800 mg FA/g. Zavádějící je pak název a pořadí ω -3, ω -6 a ω -9 mastných kyselin na obalu, které neodpovídá zastoupení jednotlivých mastných kyselin (ani podle obsahu, který deklaruje výrobce). Užívání tohoto doplňku nebude mít zdravotní přínos, který od doplňků tohoto typu očekáváme a bylo by vhodné prověřit, zda se v tomto konkrétním případě nejedná o klamání spotřebitele.

Tabulka 1: Obsah mastných kyselin v mg na g doplňku v porovnání s deklarovanými hodnotami na obalech doplňků. (nd. - nedetekováno)

	1		2		3		4		5 (Vegan)	
	tobolky		tobolky		tobolky		olej		lněný prášek	
	naměřen		naměřen		naměřen		naměřen		naměřen	
Mastná kyselina	(mg/ml)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	uveden
										(%)
myristová	4,43		2,20		12,97		50,78		4,90	1,84
palmitová	4,17		17,30		49,76		106,20		25,46	9,55
palmitoolejová	2,74		7,25		16,86		88,87		3,68	1,38
heptadekanová	1,94		3,72		3,27		8,91		0,28	0,11
stearová	31,84		39,73		28,98		24,96		19,94	7,48
olejová	35,47		54,92		251,82		137,68		63,51	23,83
linolová	5,44		10,33		79,64		13,08		34,95	13,11
alfa linolenová	3,25		3,16		1,19		1,62		1,02	0,38
gamma linolenová	7,69		5,87		31,18		6,33		107,65	40,39
eikosadienová	3,00		3,77		5,60		2,43		1,75	0,66
gamma homolinolenová	2,36		3,65		2,12		1,80		2,33	0,87
arachidonová	18,86		22,86		8,73		4,65		nd.	
Eikosa-pentaenová	350,67	420	319,98	330	146,68	152*	87,78	75*	nd.	
Dokosa-tetraenová	19,99		12,17		6,88		4,77		1,08	0,40
Dokosa-pentaenová	40,09		32,31		25,57	9,5*	15,10		nd.	
Dokosa-hexaenová	228,71	280	170,58	220	109,58	110*	110,88	100*	nd.	

* Přepočítáno z hodnot uvedených na dávku

OXIDAČNÍ STABILITA DOPLŇKŮ VÝŽIVY

Při sledování obsahu sloučenin reagujících s kyselinou thiobarbiturovou (TBARS) jsme zjistili, že míra oxidace je závislá na způsobu skladování ale i na formě doplňku. Nejvyšší obsah TBARS byl podle očekávání nalezen ve vzorcích skladovaných 2 měsíce na denním světle při vyšší teplotě (průměrně 31 °C v rozsahu 27–33 °C) za přístupu kyslíku (v otevřené průhledné nádobě bez víka). Koncentrace oxidačních produktů se zvyšovala v čase také ve vzorcích skladovaných na světle v uzavřených nádobách při pokojové teplotě 24 °C, i když nárůst byl pomalejší a koncentrace po dvou měsících byla nižší než v otevřených vzorcích. Ve vzorcích 2, 3 a 4 byly po dvou měsících naměřeny signifikantně vyšší hodnoty koncentrací oxidačních produktů oproti vzorkům skladovaným v kontrolních podmínkách při skladování jak v uzavřených, tak i v otevřených nádobách na světle. Ve vzorku 1, kterým byl doplněk v tobolkách, byly naměřeny dvojnásobné počáteční hodnoty v porovnání s doplňky 2 (tobolky) a 4 (olej), stejně jako v doplňku 3 (tobolky), který byl ale již po datu minimální trvanlivosti. Nicméně ve vzorku 1 jsme v čase nepozorovali signifikantní nárůst nezávisle na způsobu skladování. U doplňku 5 stanovení TBARS bránila pravděpodobně komplexní matrice obsahující všechny složky lněných semen včetně bílkovin, vlákniny a dalších nutrientů, které po inkubaci s kyselinou thiobarbiturovou interferovaly a absorbance v extraktech byla více než desetinásobně

vyšší, než jsme očekávali. TBARS tedy nebyly ve vzorku 5 stanovovány. Výsledky měření jsou shrnuty v tabulce 2. Ukazuje se, že vyšší stabilitu při dlouhodobém skladování v nepříznivých podmínkách vykazují doplňky v kapslích v porovnání s olejem, i když v oleji je deklarován obsah antioxidantů ve formě tokoferolů, rozmarýnového extraktu a askorbylpalmitátu. V disertační práci Josefa Soukupa (2023) bylo zjištěno, že rybí oleje s vyšším obsahem ω -3 PUFA měly kratší indukční periodu a podléhaly oxidačnímu žluknutí mnohem rychleji. PUFA, které měly přidané antioxidanty, vykazaly prodloužení indukční periody a zpomalení oxidačního procesu. Množství ω -3 PUFA v konečném produktu přitom záviselo na typu, původu a způsobu zpracování výchozí suroviny (Soukup, 2023). Pozitivní korelaci nárůstu oxidačních produktů s obsahem PUFA jsme v našich podmínkách nepozorovali, nejvyšší obsah PUFA s dlouhým řetězcem měl vzorek 1, a i když na začátku experimentu patřil mezi dvojici vzorků s vyšší koncentrací oxidačních produktů, k výraznému zvýšení v průběhu skladování nedošlo ani při dvouměsíčním skladování v nepříznivých podmínkách. Zato v oleji (vzorek 4) došlo téměř k 20násobnému zvýšení koncentrace oxidačních produktů i za přítomnosti antioxidantů. V ostatních dvou vzorcích ve formě kapslí ke zvýšení produktů oxidace po dvouměsíčním skladování na světle za přístupu kyslíku sice došlo, ale nárůst oxidačních produktů byl oproti oleji poloviční.

Tabulka 2: Obsah TBARS ve vybraných doplňcích na začátku experimentu v kontrolních podmínkách - tobolky při teplotě 24 °C, olej při 4 °C v temnu bez přístupu kyslíku v původních obalech (kontrola), v uzavřených průhledných nádobách na světle při 24°C (PZ) a v otevřených průhledných nádobách na světle při 31°C (PO). Indexy 0,1,2 znamenají časový úsek 0 - začátek experimentu, 1 – jeden měsíc skladování a 2 - dva měsíce skladování.

Skladování	1 tobolky ($\mu\text{g MDA/g tuku}$)	2 tobolky ($\mu\text{g MDA/g tuku}$)	3 tobolky ($\mu\text{g MDA/g tuku}$)	4 olej ($\mu\text{g MDA/g tuku}$)
Kontrola -0	4,8	2,3	5,2	2,8
Kontrola -1	4,4	4,6	6,8	3,9
Kontrola -2	8,8	4,6	4,6	8,3
PZ -1	5,7	5,5	4,1	4,4
PZ -2	6,1	12,7	12,1	12,6
PO -1	8,8	10,5	19,9	26,4
PO -2	7,0	23,8	16,5	49,1

ZÁVĚR

Z údajů v literatuře a doporučení odborných společností vyplývá, že velká část populace nedosahuje cílových hodnot O3i 8 %, a zdá se, že běžně konzumovanou stravou nelze těchto hodnot plošně docílit. Proto lze užívání doplňků stravy ve formě olejů či kapslí doporučit. Kvalita těchto doplňků je však závislá nejen na způsobu výroby a výchozích surovinách, ale kvůli nízké stabilitě PUFA s dlouhým řetězcem jsou velmi důležité také podmínky při transportu, skladování u prodejců a také to, jak se zakoupenými doplňky zacházejí samotní konzumenti v domácích podmínkách. Při vyšším příjmu ω -3 PUFA se také doporučuje zvýšit ve stravě příjem vitamínu E (0,6 mg α -tokoferolu /g PUFA).

LITERATURA

Dempsey, M. et al. (2023): The influence of dietary and supplemental omega-3 fatty acids on the omega-3 index: A scoping review. Online. *Frontiers in Nutrition*. 2023.

Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36742439/>. [cit. 2025-02-04].

EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA); Scientific Opinion related to the Tolerable Upper Intake Level of eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA) and docosapentaenoic acid (DPA). *EFSA Journal* 2012; 10(7):2815. [48 pp.] doi:10.2903/j.efsa.2012.2815. [cit. 2025-02-07]

Galuch, M. B. et al. (2018): Quality Assessment of Omega-3 Supplements Available in the Brazilian Market. Online. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 2018. Dostupné z: <https://www.scienceopen.com/document?vid=073ff8bc-e989-4c35-b312-218790f7c3e8>. [cit. 2025-02-04].

Harris, W. S., Schacky, C. (2004): The Omega-3 Index: a new risk factor for death from coronary heart disease? Online. *Preventive Medicine*. 2004. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0091743504000878?via%3Dihub>. [cit. 2025-02-04].

Jacobsen, C. et al. (2001): Lipid oxidation in fish oil enriched mayonnaise: calcium disodium ethylenediaminetetraacetate, but not gallic acid, strongly inhibited oxidative deterioration. Online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2001. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11262064/>. [cit. 2025-02-04].

Komprda, Tomáš et al. (2020): Effect of High Dietary Level (8%) of Fish Oil on Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acid n-3 Content in Pig Tissues and Plasma Biochemical Parameters. *Animals* 2020. 10, no. 9: 1657. <https://doi.org/10.3390/ani10091657> Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/9/1657>. [cit. 2025-02-08].

Kris-Etherton, P. M. et al. (2002): Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. Online. *American Heart Association. Nutrition Committee*. 2002. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12438303/>. [cit. 2025-02-04].

Mcdonnell, S. L. et al. (2019): Cross-sectional study of the combined associations of dietary and supplemental eicosapentaenoic acid + docosahexaenoic acid on Omega-3 Index. Online. *Nutrition Research*. 2019. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0271531719305950?via%3Dihub>. [cit. 2025-02-04].

Papastergiadis, A. et al. (2012): Malondialdehyde Measurement in Oxidized Foods: Evaluation of the Spectrophotometric Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) Test in Various Foods. Online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2012 60 (38), 9589–9594
DOI: 10.1021/jf302451c. Dostupné z <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf302451c> [cit. 2025-02-08].

Ritter, J. C. S. et al. (2013): Quality analysis of commercial fish oil preparations. Online. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2013. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23255124/>. [cit. 2025-02-04].

Stark, K. D. et al. (2016): Global survey of the omega-3 fatty acids, docosahexaenoic acid and eicosapentaenoic acid in the blood stream of healthy adults. Online. Progress in Lipid Research. 2016. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0163782715300333?via%3Dihub>. [cit. 2025-02-04].

Soukup, J. (2023): Změny lipidů při zpracování a skladování potravin z hlediska jejich nutriční a senzorické jakosti: Disertační práce. Online. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. 2023. Dostupné z: <https://theses.cz/id/li30zd/>. [cit. 2025-02-04].

Kontaktní adresa: Ing. Milan Vývoda, Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: mvyvoda@gmail.com

PROCESNÉ ZMENY PRI FRITOVANÍ ZEMIAKOVÝCH HRANOLČEKOV: VPLYV NA SENZORICKÉ A TEXTURÁLNE VLASTNOSTI

PROCESS CHANGES DURING DEEP-FRYING OF POTATO FRIES: IMPACT ON SENSORY AND TEXTURAL PROPERTIES

Lucia Zeleňáková¹ – Michaela Gabašová¹ – Martina Fikselová¹ – Andrea Mendelová¹

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

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0276>



ABSTRAKT

Cieľom práce bolo skúmať zmeny senzorických a texturálnych vlastností zemiakových hranolčiekov fritovaných pri 175 °C/4 min a 200 °C/3 min. Surové (K) a hlbokozmrazené predsmažené hranolčky (A) boli analyzované texturometricky pred a po fritovaní, senzoricky len po fritovaní. Pomocou prístroja Texturometer TA.XT Plus sa hodnotili parametre tvrdosť, pevnosť, sila zlomu a krehkosť. Po fritovaní pri vyšších teplotách a kratších časoch došlo k zvýšeniu krehkosti u oboch vzoriek. Vzorka K mala vo všeobecnosti vyššiu pevnosť aj krehkosť pred fritovaním. Vysoká teplota a krátky čas fritovania (200 °C/3 min) mal najväčší vplyv na zmenu týchto vlastností. Fritovanie znížilo silu zlomu a tvrdosť u oboch vzoriek, pričom pri nižších teplotách (175 °C) bol rozdiel medzi vzorkami väčší. Vyššia teplota (200 °C) a kratší čas fritovania ovplyvnili tvrdosť výraznejšie než silu zlomu. Senzorické hodnotenie ukázalo, že vzorka A dosiahla vyššiu akceptáciu oproti K.

Kľúčové slová: zemiakové hranolčky, fritovanie, senzorické vlastnosti, texturálne vlastnosti

ABSTRACT

The aim of the study was to examine changes in the sensory and textural properties of potato fries deep-fried at 175 °C/4 min and 200 °C/3 min. Raw potato fries (K) and frozen pre-fried French fries (A) were analyzed texturometrically before and after frying, and sensorically only after frying. Using the Texture Analyzer TA.XT Plus, parameters such as hardness, strength, breaking force, and crispness were measured. After deep-frying at higher temperatures and shorter times, crispness increased for both samples. Sample K generally had higher strength and crispness before deep-frying. High temperature and short frying time (200°C/3 min) had the greatest impact on the change in these properties. Deep-frying reduced the breaking force and hardness for both samples, with the difference between the samples being larger at lower temperatures (175°C). Higher temperature (200°C) and shorter frying time affected hardness more than breaking force. Sensory evaluation showed that sample A achieved higher acceptability compared to sample K.

Keywords: potato fries, deep-frying, sensory properties, textural properties

ÚVOD

Zemiaky patria medzi najdôležitejšie plodiny na svete a s ročnou produkciou približne 300 mil. ton (Waglay a Karboune, 2016) sa radia na štvrté miesto po pšenici, ryži a kukurici. Na Slovensku dosahuje priemerná úroda zemiakov 18 t/ha (Houba, 2007).

Použitie zemiakov sa rôzni v závislosti od krajín a regiónov, no medzi najrozšírenejšie priemyselne spracované výrobky patria zemiakové lupienky, predsmažené mrazené zemiaky a dehydrované vločky a granule (USDA, 2020).

Nutričná hodnota zemiakov je ovplyvnená rôznymi faktormi, ako sú odroda, stupeň zrelosti, podmienky rastu, čas zberu a spôsob skladovania. Procesy spracovania a tepelnej úpravy majú značný vplyv na ich nutričnú hodnotu, pričom smažené výrobky majú najvyššiu energetickú hodnotu (Calliope et al., 2018).

Textúra hranolčiekov patrí medzi kľúčové kvalitatívne faktory, ktoré sa posudzujú podľa ich mechanických, geometrických a senzorických vlastností, ako sú obsah oleja, vlhkosť, farba a chuť (Ngadi et al., 2009). Textúra bola dlho definovaná ako zmyslové vnemové vlastnosti výrobku, ktoré sú vnímané zrakom, sluchom a hmatom (Szczeniak, 2002). Hodnotenie textúry sa vykonáva senzorickými (subjektívne) a inštrumentálnymi (objektívne) metódami (Paula a Conti-Silva, 2014).

Hoci senzorická analýza je štandardom pri hodnotení textúry potravín, jej realizácia je časovo aj finančne náročná a vyžaduje si kalibráciu pomocou referenčných štandardov (Joyner, 2018). Preto sa venuje veľká pozornosť vývoju inštrumentálnych metód, ktoré umožňujú vytvorenie prediktívnych modelov medzi senzorickými atribútmi a fyzikálnymi parametrami (Jha et al., 2013). Napríklad Li et al. (2020) analyzovali vzťah medzi rôznymi metódami texturálnej analýzy pri hodnotení desiatich typov zemiakových hranolčiekov.

Viacere štúdie sa zamerali na hodnotenie textúry hranoliek pomocou inštrumentálnych testov, ako sú vpichový test (Teruel Mdel et al., 2015), kompresný test (Millin et al., 2016), trojbodový ohybový test (Quan et al., 2016) a rezný test (Amaral et al., 2015).

V kontexte s uvedeným bolo cieľom práce skúmať zmeny senzorických a texturálnych vlastností zemiakových hranolčiekov, ktoré boli fritované pri dvoch rôznych kombináciách teploty a času (175 °C/4 min a 200 °C/3 min).

MATERIÁL A METODIKA

Vzorky zemiakových hranolčiekov (čerstvé – K a hlbokozmrazené predsmažené – A) boli fritované za vopred definovaných podmienok (teplota a čas fritovania: 175 °C/4 min a 200 °C/3 min) a následne analyzované. Zemiakové hranolčiky boli texturometricky analyzované v surovom stave pri teplote 4 °C a následne po fritovaní, senzorické ukazovatele boli hodnotené iba vo fritovaných vzorkách. S cieľom objektivizovať všetky merania, boli všetky zemiakové hranolčiky rovnakej dĺžky a hrúbky a stanovenia boli uskutočnené za rovnakých laboratórnych podmienok.

Texturometrické hodnotenie

Pre každý parameter bola vzorka hranolčiek meraná 10x. Texturálne vlastnosti boli merané na prístroji Texturometer TA.XT Plus (Stable Micro Systems, UK), pričom sa sledovali tieto parametre:

- tvrdosť (g), sila zlomu (mm) – guľová sonda (spherical-probe)
- pevnosť (N/mm) a krehkosť (N/mm.s) – Warner-Bratzler nôž

Všetky analýzy boli uskutočnené v laboratóriu Katedry Hygieny a bezpečnosti potravín na Ústave potravinárstva FBP SPU v Nitre.

Namerané údaje z texturometrického stanovenia boli podľa jednotlivých ukazovateľov štatisticky vyhodnotené, pričom boli použité základné metódy opisnej štatistiky, a to aritmetický priemer ($\bar{x}$), smerodajná odchýlka (s), variačný koeficient (v). Štatistická analýza bola vykonaná v programe Excel (Microsoft Office 365, Washington, USA) a pomocou štatistického softvéru XL STAT (vs. 2021.1.1). Na spracovanie výsledkov bol použitý párový t – test na hladine významnosti 0,05.

Senzorické hodnotenie

Hodnotenia sa zúčastnil panel tzv. vybraných posudzovateľov, tvorený zamestnancami a študentmi Fakulty biotechnológie a potravinárstva. Panel tvorilo 15 hodnotiteľov vo veku od 18 do 65 rokov. Hodnotitelia boli aj ženy aj muži. Hodnotenie sa vykonávalo pomocou vopred pripraveného formuláru, resp. dotazníka. Dotazník bol jednoduchý a ľahko zrozumiteľný pre našich hodnotiteľov, obsahoval pohlavie, vek, a dátum hodnotenia. Hodnotitelia vyplňali dotazník sami podľa seba, na základe vlastného uváženia.

Skúmané senzorické vlastnosti: farba, dochuť, vôňa, chrumkavosť, žuteľnosť, množstvo oleja a celkový dojem. V rámci senzorického hodnotenia sa využil spotrebiteľský hedonický preferenčný test založený na 9 bodovej stupnici. Hedonické hodnotenie v senzorickej analýze je bežné a nezastupiteľné inou inštrumentárnou metódou. Hodnota 1 na stupnici znamenala, že kvalita posudzovaného hranolčeka hodnotiteľovi nevyhovuje. Naopak, hodnota 9 bola najvyššia a reprezentovala najvyššiu kvalitu posudzovanej hranolky. Hodnotenie sa uskutočnilo v senzorickom laboratóriu, pri teplote 20 °C a relatívnej vlhkosti 45 %.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Vyprášané výrobky vo všeobecnosti lákajú spotrebiteľov vďaka lepšej chuti, sladkosti a vzhľadu. Pod senzorické vlastnosti zemiakových hranolčiek patria predovšetkým ich konzumné vlastnosti a spôsob ich spracovania. Určuje sa vonkajšia a vnútorná štruktúra spracovania, ako aj veľkosť, hrúbka a mechanické poškodenie. Pod vnútornú štruktúru hranolčiek, patrí predovšetkým ich chuť a vôňa. Na vnútornú štruktúru negatívne vplýva nesprávnosť ochladzovania a nesprávne skladovanie. Senzorické vlastnosti sú významným faktorom posúdenia kvality zemiakových hranolčiek a pre majiteľov gastronomických prevádzok predstavujú istý zdroj zákazníkov a teda aj finančného príjmu (Paula a Conti-Silva, 2014).

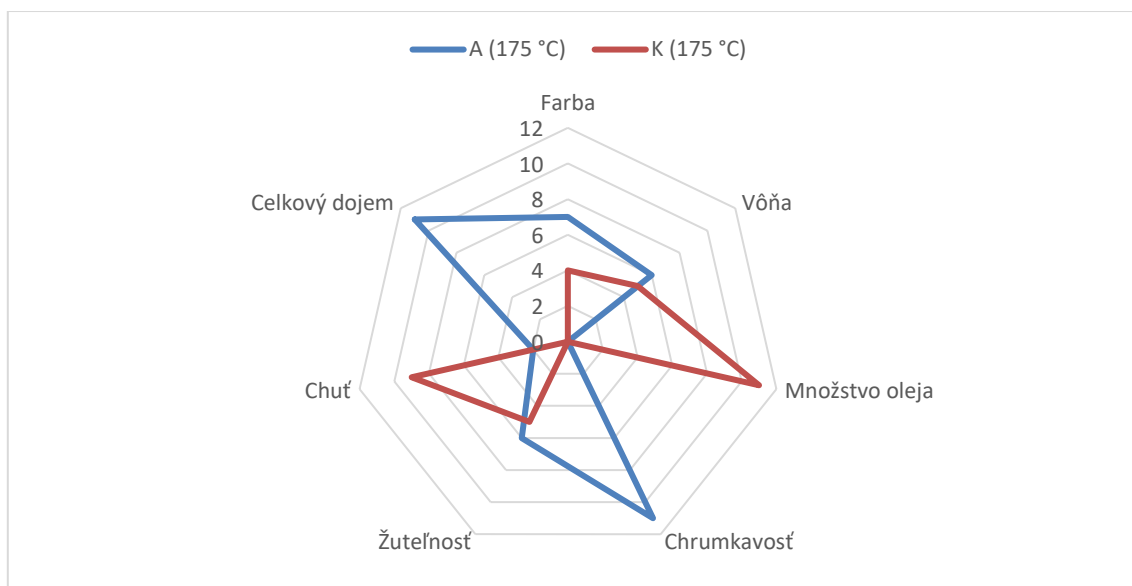
Senzorickú kvalitu zemiakových hranolčiekov fritovaných za vopred stanovených podmienok hodnotilo v rámci výskumu 15 posudzovateľov. Zamerali sa na farbu, vôňu, množstvo oleja, chrumkavosť, žutelosť, chuť a celkový dojem. Výsledky sú uvedené na obrázkoch 1 a 2.

Na základe výsledkov senzorického hodnotenia bolo zistené, že predsmažené zemiakové hranolčieky (vzorka A), ktoré boli fritované pri teplotách 175 °C a 200 °C, dosiahli vyššiu úroveň akceptácie zo strany hodnotiteľov v porovnaní s hranolčiekmi pripravenými zo surových zemiakov (vzorka K). Celkové senzorické parametre, ako sú farba, vôňa a chuť, boli pri vzorke A hodnotené signifikantne priaznivejšie. Získané výsledky naznačujú, že proces predsmaženia výrazne ovplyvnil farebné charakteristiky hranolčiekov po následnom fritovaní. Konzumenti preferovali zlatistú farbu predsmažených hranolčiekov v porovnaní s tmavším, hnedastým odtieňom hranolčiekov vyrobených zo surových zemiakov, čo poukazuje na pozitívny vplyv predsmaženia na vizuálnu akceptovateľnosť produktu.

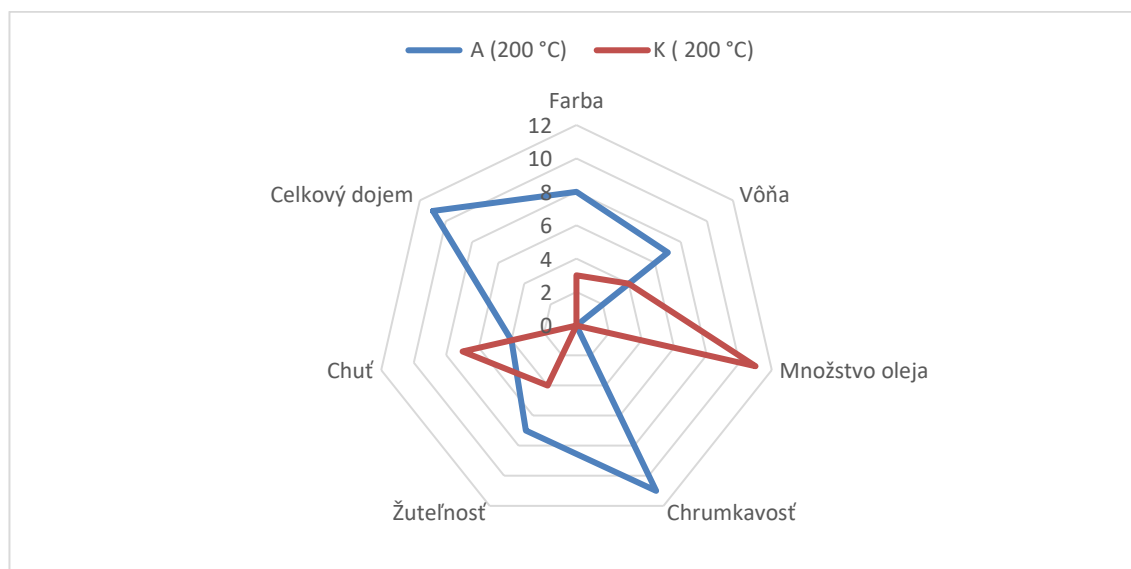
Výsledky senzorického hodnotenia preukázali, že predsmažené zemiakové hranolčieky (vzorka A) vykazovali vyššie hodnoty ukazovateľov chrumkavosti a obsahu oleja po prvom fritovaní v porovnaní s hranolčiekmi pripravenými zo surových zemiakov (vzorka K). Fritovanie pri teplote 200 °C po dobu 3 minút významne prispelo k zlepšeniu senzorických vlastností, ako sú farba, vôňa a chuť, pričom táto kombinácia podmienok viedla k intenzívnejšiemu vnímaniu pozitívnych senzorických atribútov.

Vyššia absorpcia oleja bola pozorovaná pri fritovaní hranolčiekov pri nižšej teplote (napr. 175 °C) počas dlhšieho časového intervalu, čo je dôsledkom dlhšej doby kontaktu s olejom a pomalšieho vytvárania ochrannej kôry na povrchu produktu. Naopak, pri vyššej teplote fritovania (200 °C) sa rýchlejšie vytvára povrchová kôrka, ktorá obmedzuje ďalší prienik oleja do vnútornej štruktúry hranolčiekov, čím sa znižuje celkový obsah absorbovaného oleja.

Z hľadiska textúry vyššia teplota fritovania podporuje tvorbu chrumkavejšieho povrchu v dôsledku rýchlejšej dehydratácie vonkajších vrstiev hranolčiekov a následnej karamelizácie povrchových sacharidov. Predsmaženie hranolčiekov taktiež zlepšuje rozloženie vlhkosti v štruktúre produktu, čo napomáha dosiahnuť jednotnejšiu textúru a chrumkavosť po konečnom fritovaní.



Obrázok 1: Senzorické hodnotenie zemiakových hranolčekov fritovaných pri 175 °C/4 min



Obrázok 2: Senzorické hodnotenie zemiakových hranolčekov fritovaných pri 200 °C/3 min.

Botero et al. (2017) uvádzajú, že zemiakové hranolčky by mali mať z hľadiska kvality hrúbku 1–2 mm. Zároveň zistili, že hranolčky s upraveným povrchom a väčšou hrúbkou 1–2 mm, budú mať chrumkavosť menšiu. Fritované zemiakové hranolčky sa musia pritom podávať hneď po ukončení tepelnej úpravy.

Liu a Scanlon (2007) dodávajú, že chrumkavosť kôrky zemiakového hranolčeka môže byť ovplyvnená aj mazovatením škrobu a karamelizáciou cukrov počas fritovania. Podľa Pedreschiho et al. (2016) je pre konzumenta atraktívnejší zlatistý vzhľad, pričom farebný rozdiel sa postupne znižuje s predĺženou dobou smaženia/fritovania.

Ngadi et al. (2009) uvádza, že senzorická kvalita zemiakových hranolčekov je charakterizovaná aj textúrou, obsahom oleja a vlhkosti, farbou a samozrejme chuťou. Peiyan (2020) vo svojom výskume sa zameria na 10 druhov zemiakových hranolčekov, ktoré pochádzali z rôznych reštaurácií, hodnotilo ich osem

vyškolených panelistov. Na výpočet výsledkov použil ANOVA test. V tomto teste hodnotil osem znakov. Hodnotil olejnatosť, žuteľnosť, drsnosť, tvrdosť, jemnosť, priľnavosť, súdržnosť, chrumkavosť. Výsledok bol štatisticky preukazný ($p < 0,05$), čo bolo vysvetlené individuálnymi fyziologickými rozdielmi medzi hodnotiteľmi.

Navas et al. (2015) hodnotili senzorické vlastnosti zemiakových hranolčiek, ktoré fritovali v rôznych druhoch olejov. Použili kukuričný olej, ktorý bol neokorenený, no následne aj ochutený cesnakom, koriandrom a čili. Ich výsledky ukázali rozdiely vo vnímaní chuti medzi hranolčkami fritovanými v ochutenom oleji a tými, ktoré boli pripravené v neochutenom oleji. Najrelevantnejšie atribúty senzorického profilu boli ostrá chuť, štiplavosť a farba hranolčiek. Chuť a vôňa môžu byť ovplyvnené tiež tepelným účinkom. Tento atribút sme zaznamenali aj v našom výskume, keďže vo viacerých parametroch boli lepšie hodnotené hranolčky fritované pri teplote 200 °C/3 min v porovnaní s 175 °C/4 min.

Na základe vyhodnotenia pomocou párového t – testu sme zistili, že existuje štatisticky preukazný rozdiel medzi vzorkou K a A v parametroch práca noža/krehkosť aj pevnosť v stave surovom aj po rôznych spôsoboch fritovania (tab. 1). Tab. 1 a 2 uvádzajú pri jednotlivých vzorkách priemer nameraných hodnôt aj s príslušnou smerodajnou odchýlkou a variačným koeficientom.

Tabuľka 1: Texturometrické hodnotenie pevnosti a krehkosti zemiakových hranolčiek pred a po fritovaní

Vzorka	Pevnosť (N/mm)			Krehkosť (N/mm.s)		
	$\overline{x}$	SD	CV	$\overline{x}$	SD	CV
Zemiaková hranolka pred fritovaním						
Vzorka K	0,22	0,03	12,8	1,44	0,34	23,29
Vzorka A	0,03	0,00	13,89	0,13	0,03	19,17
p<0,05			p<0,05			
Zemiaková hranolka po fritovaní pri 175 °C/4 min						
Vzorka K	0,03	0,01	32,66	0,18	0,05	29,21
Vzorka A	0,08	0,02	22,72	0,39	0,11	29,23
p<0,05			p<0,05			
Zemiaková hranolka po fritovaní 200 °C/3 min						
Vzorka K	0,03	0,01	25,79	0,19	0,03	13,40
Vzorka A	0,08	0,01	10,92	0,36	0,03	8,35
p<0,05			p<0,05			

Surové hranolky majú prirodzene pevnejšiu bunkovú štruktúru. Surové zemiaky majú intaktné bunkové steny, ktoré poskytujú vyššiu pevnosť materiálu. Preto môže byť na ich zlomenie potrebná väčšia sila (vyššia pevnosť v N/mm). Hlbokozmrazené predsmažené hranolky majú oslabenú štruktúru. Počas procesu mrazenia sa v zemiakovej hmote vytvárajú ľadové kryštály, ktoré môžu poškodiť bunkové steny. Počas predsmaženia sa z nich odparuje časť vody a tuk sa dostáva do pórov, čo môže zmeniť ich mechanické vlastnosti a znížiť ich pevnosť. Krehkosť surových hranoliek môže byť vyššia kvôli elasticite materiálu. Krehkosť (N/mm.s) vyjadruje schopnosť materiálu rýchlo prasknúť pri zaťažení. Surové zemiaky môžu byť tuhšie a pružnejšie,

takže pri namáhaní vykazujú vyššiu rázovú krehkosť než mrazené, ktoré sa môžu skôr deformovať ako praskať.

V prípade parametrov tvrdosť ($p = 0,6843$) a sila zlomu ($p = 0,9659$) bol pri oboch vzorkách hranoliek v surovom stave štatisticky nevýznamný rozdiel. Pri fritovaní hranoliek pri teplote $175\text{ °C}/4\text{ min}$ bol medzi vzorkami K a A zaznamenaný štatisticky preukazný rozdiel v oboch parametroch. Hranolky, ktoré boli fritované pri teplote $200\text{ °C}/3\text{ min}$ mali v parametre tvrdosť štatisticky preukazný rozdiel, naopak v parametri sila zlomu preukazný rozdiel zaznamenaný nebol ($p = 0,4326$).

Tabuľka 2: Texturometrické hodnotenie tvrdosti a sily zlomu zemiakových hranolčiekov pred a po fritovaní

Vzorka	Sila zlomu (mm)			Tvrdosť (g)		
	$\overline{x}$	SD	CV	$\overline{x}$	SD	CV
Zemiaková hranolka pred fritovaním						
Vzorka K	4,66	0,53	11,42	446,86	89,22	19,97
Vzorka A	4,65	0,50	10,78	429,26	100,86	23,49
p>0,05			p>0,05			
Zemiaková hranolka po fritovaní pri 175 °C/4 min						
Vzorka K	3,17	1,32	41,62	266,56	78,88	29,59
Vzorka A	3,55	0,89	25,02	421,91	146,84	34,80
p<0,05			p<0,05			
Zemiaková hranolka po fritovaní 200 °C/3 min						
Vzorka K	3,82	2,75	71,92	272,06	84,35	31,00
Vzorka A	3,11	0,51	16,29	404,11	144,81	35,83
p>0,05			p<0,05			

Li et al. (2020) analyzovali vo svojej práci použitie senzorických a inštrumentálnych techník na hodnotenie textúry hranolčiekov z reštaurácie rýchleho občerstvenia. Pri parametri tvrdosť sa hodnoty u našich vzoriek pohybovali v rozmedzí 266,56–446,86 g, čo bolo menej ako uvádzajú v práci Dong et al. (2022). Získané nižšie hodnoty pravdepodobne poukazujú na rozdiel v spôsobe vyprážania, t.j. v predchádzajúcej práci boli hranolčekom vyprážané v teplovzdušnej fritéze, zatiaľ čo naše vzorky boli vyprážané v oleji. Pri meraní pevnosti Warner-Bratzler nožom boli hodnoty v rozsahu 0,03–0,22 N/mm, čo bolo menej ako uvádza v práci Quan et al. (2016). Dôvodom mohlo byť to, že v ich práci boli hranolčekom vyprážané v teplovzdušnej fritéze. Pri skúške sila zlomu sa hodnoty pohybovali od 3,11 do 4,66 mm, čo bolo porovnateľné s tvrdosťou zvyčajne uvádzanou pre hranolky po 3–5 minútach vyprážania (Heredia et al., 2014). V parametri práca noža/krehkosť sa hodnoty vzoriek pohybovali v rozmedzí 0,13–1,44 N/mm.s. Tieto hodnoty sú nižšie ako hodnoty uvádzané v práci Li et al. (2020), nakoľko bol v našej práci použitý dlhší čas vyprážania.

ZÁVER

Preskúmanie texturometrických a senzorických vlastností hranolčiekov je nevyhnutné na lepšie pochopenie ich kvality a prijateľnosti zo strany spotrebiteľov. Texturometrické analýzy poskytujú objektívne merania týkajúce sa fyzikálnych charakteristík, ako sú tvrdosť, pevnosť a krehkosť, ktoré ovplyvňujú textúru a štruktúru produktu. Senzorické hodnotenie, na druhej strane, umožňuje hodnotenie vnemov, ako sú chuť,

vôňa a vzhľad, ktoré sú subjektívne a priamo ovplyvňujú spotrebiteľskú akceptáciu. Kombinácia týchto metód poskytuje komplexný obraz o kvalite hranolčiek, ktorý je dôležitý pre optimalizáciu výrobných procesov a zlepšenie koncového produktu.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-22-0402.

LITERATÚRA

Amaral, R. D. A., Benedetti, B. C., Pujola, M., Achaerandio, I., Bachelli, M. L. B. (2015): Effect of ultrasound on quality of fresh-cut potatoes during refrigerated storage. Food Engineering Reviews [online]. 7, 176–184. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s12393-014-9091-x>

Botero, U. M., Fitzgerald, M., Gilbert, R.G., Midgley, J. (2017): Effect of pulsed electrical fields on the structural properties that affect French fry texture during processing. Trends in Food Science & Technology [online]. 67, 1–11. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.016>

Calliope, S. R., Lobo, M. O., Sammán, C. N. (2018): Biodiversity of Andean potatoes: Morphological, nutritional and functional characterization. Food Chemistry [online]. 238(1), 42–50. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.074>

Dong, L., Qiu, C. Y., Wang, R. C., Zhang, Y., Wang, J., Liu, J. M., Yu, H. N., Wang, S. (2022): Effects of Air Frying on French Fries: The Indication Role of Physicochemical Properties on the Formation of Maillard Hazards, and the Changes of Starch Digestibility. Front. Nutr. [online]. 9, 889–901

Heredia, A., Castelló, M. L., Andrés, A. (2014): Evolution of mechanical and optical properties of French fries obtained by hot air-frying. LWT – Food Science and Technology [online]. 57(2), 755–760. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.038>

Houba, M. (2007): *Poznejte, pěstujte, používejte brambory: poděkování Albertu Offereinsovi : pocta tradiční rostlině*. Praha : Europlant šlechtitelská spol. s.r.o. 150 s. ISBN 978-80-239-9419-3

Joyner, H. S. (2018): Explaining food texture through rheology. Current Opinion in Food Science [online]. 21, 7–14. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.04.003>

Jha, S. N., Jaiswal, P., Narsaiah, K., Singh, A. K., Kaur, P. P., Sharma, R., Bhardwaj, R. (2013): Prediction of sensory profile of mango using textural attributes during ripening. Food and Bioprocess Technology [online]. 6, 734–745. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0720-6>

Li, P., Wu, G., Yang, D., Zhang, H. (2020): Applying sensory and instrumental techniques to evaluate the texture of French Fries from fast food restaurant. Journal of Texture Studies [online]. 51(3), 521–531. Dostupné z: <https://10.1111/jtxs.12506>

Liu, E. Z., Scanlon, M. G. (2007): Modelling the effect of blanching conditions on the texture of potato strips. Journal of Food Engineering [online]. 81, 292–297

- Millin, T. M., Medina-Meza, I. G., Walters, B. C., Huber, K. C., Rasco, B. A., Ganjyal, G. M. (2016): Frying oil temperature: Impact on physical and structural properties of French fries during the par and finish frying processes. *Food and Bioprocess Technology* [online]. 9(12), 2080–2091. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1790-2>
- Navas, B. P., Ledezma, J. C., Martinez, S. (2015): Características Sensoriales De Papas Tipo Bastón Fritás En Aceites Condimentados. *Ciencias Básicas Y Tecnología*. 27, 286–292. ISSN: 2343-6468
- Ngadi, M., Adedeji, A. A., Kassama, L. (2009): Microstructural changes during frying of foods. *Advances in deep-fat frying of foods*. New York: CRC Press
- Paula, A. M., Conti-Silva, A. C. (2014): Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. *Journal of Food Engineering* [online]. 121, 9–14. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.007>
- Pedreschi, F., Marriotti, M.S., Cortés, P. (2016): Fried and Dehydrated Potato Products. *Advances in Potato Chemistry and Technology*, 2nd ed.; Singh, J., Kaur, L., Eds.; Academic Press, Elsevier Inc.: New York, NY, USA, 15, 459–474
- Quan, X., Zhang, M., Fang, Z., Liu, H., Shen, Q., Gao, Z. (2016): Low oil French fries produced by combined pre-frying and pulsed-spouted microwave vacuum drying method. *Food and Bioprocess Technology* [online]. 99, 109–115. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.04.008>
- Sanz, T., Primo-Martín, C., van Vliet, T. (2007): Characterization of crispness of French fries by fracture and acoustic measurements, effect of pre-frying and final frying times. *Food Research International* [online]. 40(1), 63–70. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.07.013>
- Szczśniak, A. S. (2002): Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*. 13, 215–225
- USDA. (2020): USDA (United States Department of Agriculture) National Agricultural Statistics Service. Potatoes 2019 Summary. [online]. 23. ISSN: 1949-1514. Dostupné z: https://www.nass.usda.gov/Publications/Todays_Reports/reports/pots0920.pdf
- Teruel Mdel, R., Gordon, M., Linares, M. B., Garrido, M. D., Ahromrit, A., Niranjan, K. (2015): A comparative study of the characteristics of French fries produced by deep fat frying and air frying. *Journal of Food Science* [online]. 80(2), 349–358. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12753>
- Waglay, A., Karbeoune, S. (2016): *Advances in Potato Chemistry and technology*. 2nd Edt. London : Academic Press. 752. ISBN 978-0128000021

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. Slovenská republika. E-mail: Lucia.Zelenakova@uniag.sk, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1387-7410>

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0285>



ABSTRAKT

Řada studií prokázala, že na šlehatelnost smetan mají vliv různé faktory, jako je složení, temperování smetan, velikost tukových kuliček atd. Také charakter mléčného séra ovlivňuje výsledné vlastnosti šlehačky. Zvýšení obsahu bílkovin v sérové fázi šlehačky vede k prodloužení doby šlehání, zatímco zvýšení iontové síly séra dobu šlehání zkracuje. Při delším procesu šlehání dochází ke ztrátě vzduchových bublinek a následné fázovou inverzi šlehané hmoty na máslová zrna. To má za následek nižší nášleh. Doba šlehatelnosti prodlužuje i stupeň homogenizace mléčného tuku.

Při hodnocení pěnotvorných vlastností trvanlivé smetany ke šlehání od českého výrobce bylo zjištěno, že většina stanovovaných parametrů odpovídá kvalitní smetaně ke šlehání - kvalitní smetana ke šlehání má být šlehatelná do 1 min a nášleh má dosahovat 100–130 %. Šlehatelnost na hranici tolerance lze vysvětlit tepelným ošetřením (UHT) suroviny a její vysokou tučností. Jsou publikovány poznatky, kdy s vyšší intenzitou záhřevu smetany ke šlehání se prodlužuje také její šlehatelnost a klesá nášleh. To je pravděpodobně způsobeno denaturací β -laktoglobulinu, který tvoří komplexy s κ -kaseinem a α -laktalbuminem. Vzniklé agregáty pak v důsledku své větší velikosti oproti nativním proteinům difundují pomaleji na fázové rozhraní a zvyšují viskozitu materiálu, čímž je výrobek schopen pojmout a udržet nižší množství vzduchu a proces jeho inkorporace je pomalejší. S vyšším tepelným ošetřením zpravidla klesá též stabilita pěny - námi testované vzorky ale měly stabilitu dobrou (odkap mléčné plazmy nemá přesahovat 4 ml/100 g/2 hod.). Skladovací experiment spočíval v uložení UHT smetany pro teplotě 21 °C a 8 °C po celou dobu minimální trvanlivosti (3 měsíce). Při porovnání šlehatelnosti, nášlehu, senzorických vlastností a stability pěny vycházela lépe smetana skladovaná při laboratorní teplotě, která v souladu se značením na obalu byla 24 hod. před šleháním uložena zchlazena na 8 °C. S blížícím se koncem doby minimální trvanlivosti ale u těchto výrobků významně vyvstával tuk (již v polovině doby, ve srovnání s chlazenými vzorky; na konci této doby byl již zcela odsazen). Toto se významně projevilo i při senzorickém hodnocení samotných smetan. Významně rychleji tento jev pak ještě nastával v menších baleních (250 ml). U našlehaných smetan ze senzorického hlediska však statisticky významné rozdíly zjištěny nebyly.

Klíčová slova: smetana ke šlehání, šlehatelnost, nášleh, senzorické vlastnosti, stabilita pěny, skladování

ABSTRACT

A number of studies have shown that the whipping ability of creams is influenced by various factors, such as composition, cream tempering, size of fat globules, etc. The nature of milk whey also influences the resulting

properties of whipped cream. Increasing the protein content in the whey phase of whipped cream leads to an extension of the whipping time, while increasing the ionic strength of the whey shortens the whipping time. With a longer whipping process, air bubbles are lost and the whipped mass subsequently inverts into butter grains. This results in lower whipping. The whipping time is also extended by the degree of homogenization of milk fat.

When evaluating the foaming properties of long-life whipping cream from a Czech manufacturer, it was found that most of the specified parameters correspond to high-quality whipping cream - high-quality whipping cream should be whippable within 1 minute and the whipping should reach 100–130%. Whipping at the tolerance limit can be explained by the heat treatment (UHT) of the raw material and its high fat content. There are published findings that with a higher intensity of heating of whipping cream, its whipping time also increases and the whipping effect decreases. This is probably caused by the denaturation of β -lactoglobulin, which forms complexes with κ -casein and α -lactalbumin. The resulting aggregates, due to their larger size compared to native proteins, diffuse more slowly to the phase interface and increase the viscosity of the material, which means that the product is able to accommodate and retain a lower amount of air and the process of its incorporation is slower. With higher heat treatment, the stability of the foam usually also decreases - but the samples tested by us had good stability (milk plasma drip should not exceed 4 ml/100 g/2 hours). The storage experiment consisted of storing UHT cream at a temperature of 21 °C and 8 °C for the entire minimum shelf life (3 months). When comparing whipping, creaminess, sensory properties and foam stability, cream stored at laboratory temperature performed better, which, in accordance with the packaging label, was stored refrigerated at 8 °C for 24 hours before whipping. However, as the end of the minimum shelf life approached, fat in these products significantly rose (already in half the time, compared to refrigerated samples; at the end of this time it was completely set aside). This was also significantly reflected in the sensory evaluation of the creams themselves. This phenomenon occurred significantly faster in smaller packages (250 ml). However, no statistically significant differences were found in the sensory evaluation of whipped creams.

Keywords: whipping cream, whippability, creaminess, sensory properties, foam stability, storage

Kontaktní adresa: Ing. Jana Zemanová, Ph.D., Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno.

PŘÍLOHY



novonesis

Váš dodavatel biologických řešení pro všechny mlékárenské aplikace

Spojením Chr. Hansen a Novozymes vznikla společnost Novonesis. Díky rozšířenému sortimentu biologických řešení do sýrů vám můžeme pomoci přirozeným způsobem podpořit rozvoj chuti, zlepšit kvalitu syrovátky a získat více z menšího množství mléka. V případě kysaných mléčných výrobků vám naše řešení mohou pomoci zlepšit chuť, konzistenci i trvanlivost. To vše s ohledem na efektivitu vaší výroby.

Pro více informací navštivte cz.chr-hansen.com/cs nebo kontaktujte maju@novonesis.com

Chr. Hansen Czech Republic, s. r. o.
(DIČ: CZ49711849), č.p. 215, 693 01 Starovice, Czech Republic, součást Novonesis Group



MINISTRY OF AGRICULTURE
OF THE CZECH REPUBLIC



part of NuvinkaDx



MASO•PROFIT



Název publikace: **SBORNÍK LI. KONFERENCE O JAKOSTI POTRAVIN
A POTRAVINOVÝCH SUROVIN
BOOK OF THE 51st FOOD QUALITY
AND SAFETY CONFERENCE**

Editoři: **Markéta Janík Piechowiczová, Jan Slováček,
Miroslav Jůzl, Libor Kalhotka**

Vydavatel: **Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1,
613 00, Brno, Česká republika, www.mendelu.cz**

Vydání: **První, 2025**

ISBN 978-80-7701-048-1

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1>
