

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

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

Eliška Raputová¹ – Lucie Smejkalová¹ – Tadeáš Kočí¹ – Anita Rejdlová¹

Jana Šenkýřová¹ – Richardos Nikolaos Salek¹

¹ Ústav technologie potravin, Technologická fakulta,

Univerzita Tomáše Bati, nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0323>



ABSTRAKT

Práce se zaměřuje na vývoj fermentovaného nápoje na bázi ovsa a hodnocení vlivu typu sladidla (čekankový sirup, sacharóza) a koncentrace karboxymethylcelulózy (CMC) na jeho funkční vlastnosti. Cílem práce bylo navrhnout inovativní rostlinný fermentovaný nápoj s přidanou nutriční hodnotou, který by představoval alternativu k fermentovaným mléčným výrobkům. Fermentace probíhala za kontrolovaných podmínek pomocí jogurtové startovací kultury. Vzorky byly hodnoceny z hlediska fyzikálně-chemických, reologických, mikrobiologických a organoleptických vlastností v průběhu skladování. Výsledky prokázaly, že koncentrace CMC měla zásadní vliv na reologické vlastnosti nápoje, zatímco typ sladidla ovlivňoval především senzorickou přijatelnost a barevné vlastnosti výrobku. Všechny varianty vykazovaly odpovídající mikrobiologickou kvalitu a životaschopnost bakterií mléčného kvašení. Nejlépe hodnocenou variantou byl vzorek slazený čekankovým sirupem s přídavkem 0,25 % (w/v) CMC. Studie potvrzuje potenciál fermentovaného ovesného nápoje jako perspektivní funkční potraviny a vytváří základ pro další výzkum a vývoj moderních fermentovaných rostlinných alternativ mléka.

Klíčová slova: fermentovaný nápoj na bázi ovsa, rostlinné alternativy mléka, CMC, fyzikálně-chemická analýza

ABSTRACT

This study focuses on the development of a fermented oat-based beverage and the evaluation of the effects of sweetener type (chicory syrup, sucrose) and carboxymethylcellulose (CMC) concentration on its functional properties. The aim of the study was to design an innovative plant-based fermented beverage with added nutritional value that could serve as an alternative to fermented dairy products. Fermentation was realized under controlled conditions using the yogurt starter culture. The samples were evaluated for physicochemical, rheological, microbiological, and sensory properties during storage. The results demonstrated that CMC concentration had a significant impact on the rheological properties of the beverage, while the type of sweetener primarily influenced sensory acceptability and colour characteristics. All variants exhibited satisfactory microbiological quality and adequate viability of lactic acid bacteria. The highest-rated variant was the sample sweetened with chicory syrup and with 0.25% (w/v) CMC addition. The study confirmed the potential of fermented oat-based beverages as a promising functional food and provides a foundation for further research and development of modern fermented plant-based milk alternatives.

Keywords: fermented oat beverage, carboxymethylcellulose, sweeteners, physicochemical properties

ÚVOD

Rostoucí zájem o fermentované potraviny v posledních letech vedl k širšímu využívání rostlinných surovin, zejména obilovin a luštěnin, při výrobě veganských fermentovaných potravin reagujících na poptávku po přírodních a „clean label“ alternativách (Goksen et al., 2023). Většina rostlinných alternativ mléka je ale z hlediska živin nedostatečná ve srovnání s živočišným mlékem (Clegg et al., 2021). Fermentace se jeví jako vhodný proces ke zvýšení nutriční hodnoty a organoleptických vlastností, ale také k mikrobiální bezpečnosti rostlinných nápojů. Bylo prokázáno, že fermentace pomocí bakterií mléčného kvašení (BMK) zvyšuje dostupnost živin v rostlinných alternativách mléčných výrobků (Gan et al., 2023), prodlužuje trvanlivost produktu, snižuje inhibiční účinek antinutričních látek, eliminuje nežádoucí chuť (Alcorta et al., 2021; Samtiya et al., 2021) a snižuje alergenitu rostlinných bílkovin (Rahim et al., 2023).

Popularita rostlinných alternativ mléka roste z důvodu výskytu alergií a intolerancí i zájmu o jejich potenciální zdravotní benefity. Mezi rostlinné alternativy mléka patří například kokosové, mandlové nebo sójové nápoje, nicméně zvyšující se výskyt alergie na ořechy a sóju zvyšuje zájem o oves, jako vhodné suroviny pro výrobu (McCarron et al., 2024; Wang et al., 2025; Costa-Catala et al., 2025). Oves setý (*Avena sativa*) je obilovina s vysokým nutričním a funkčním potenciálem, která je však v potravinářství dosud méně využívána. Oves je bohatým zdrojem β -glukanů a avenanthramidů, bioaktivních látek s prokázanými hypocholesterolemickými, protizánětlivými a imunomodulačními účinky. Fermentace ovesného nápoje pomocí jogurtových kultur představuje perspektivní technologický přístup, který může zlepšit jeho fyzikálně-chemické, mikrobiologické a organoleptické vlastnosti a zároveň zvýšit nutriční hodnotu produktu (Benmeziiane a Belleili, 2023).

V rostlinných fermentovaných nápojích bývá sacharóza často používána jako chuťová složka a fermentovatelný substrát, avšak stále častěji se hledají možnosti její částečné nebo úplné náhrady alternativními sladidly s vyšší přidanou hodnotou (Tangyu et al., 2019). Jedním z takových sladidel je inulin, rozpustná vláknina, která se hojně vyskytuje v různých rostlinách (slunečnice, topinambur, kořen čekanky) jako zásobní polysacharid. Inulin působí jako prebiotikum, podporuje růst prospěšných střevních bakterií a vykazuje nízký glykemický index (Qin et al., 2023; Melilli, Buzzanca a Stefano, 2024; Fabiano et al., 2025).

Během fermentace dochází k poklesu pH, což může vést k tvorbě nesouvislého slabého gelu a následné fázové separaci (Ren et al., 2024). Pro dosažení vhodné konzistence a fyzikální stability mohou být do nápojů přidávány hydrokoloidy, které působí jako zahušťovadla, želírující látky či stabilizátory emulzí. Karboxymethylcelulóza (CMC) je jedním z nejdůležitějších a nejčastěji používaných hydrokoloidů (Pirsa a Hafezi, 2023). Využití CMC je nejen ekonomicky výhodné, ale vyznačuje se i řadou příznivých vlastností, mezi které řadíme bezbarvost, absenci zápachu, nízkou kalorickou hodnotu a stabilitu v kyselých podmínkách (Ren et al., 2024).

Cílem této práce bylo vyvinout nový typ fermentovaného nápoje na bázi ovesa jako potenciální rostlinnou alternativu fermentovaných mléčných výrobků a systematicky posoudit vliv přídavku CMC ve dvou různých koncentracích na jeho strukturu. Současně byla hodnocena možnost částečné nebo úplné náhrady sacharózy čekankovým sirupem, případně jejich kombinace, z hlediska průběhu fermentace a výsledných fyzikálně-chemických, mikrobiologických a organoleptických vlastností produktu.

MATERIÁL A METODIKA

Výroba modelových vzorků

Pro výrobu modelových vzorků fermentovaných nápojů byly využity ovesné vločky (Emco s.r.o., Praha, Česká republika), sacharóza (Cukrovar Vrbátky a.s., Vrbátky, Česká republika) čekankový sirup (KAUMY CZECHIA s.r.o., Podivín, Česká republika) a CMC (Sigma-Aldrich Inc., Saint Louis, USA). Jako startovací

kultura byl využit zakysaný celozrnný výrobek z klíčeného ovsa Ovsánek Natural (SEMIX PLUSO, s.r.o., Česká republika).

Fermentovaný nápoj byl připraven z ovesných vloček a pitné vody v poměru 1:10 (w/v). Směs byla rozmixována pomocí mixéru (ETA Dritto, ETA a.s., Praha, Česká republika) a přefiltrována. Následně byla směs podrobena tepelnému ošetření při teplotě 72 ± 1 °C po dobu 10 minut. Po ochlazení na inokulační teplotu 45 ± 1 °C bylo do směsi přidáno 5 % (w/v) startovací kultury. Celkem byly vyrobeny dvě sady vzorků lišící se koncentrací CMC (0,25 a 0,50 % (w/v)). Každá sada zahrnovala tři vzorky s odlišným přidavkem sladidla. Vzorek A obsahoval 18 % (w/v) čekankového sirupu, vzorek B kombinaci 9 % (w/v) čekankového sirupu a 4,5 % (w/v) sacharózy a vzorek C 9 % (w/v) sacharózy. Vzorky byly označeny kombinací písmene (typ sladidla) a čísla (koncentrace CMC). Vzorky A_0,25, B_0,25 a C_0,25 obsahovaly 0,25 % (w/v) CMC, zatímco vzorky A_0,50, B_0,50 a C_0,50 obsahovaly 0,50 % (w/v). Fermentace probíhala při teplotě 43 ± 1 °C po dobu 3 hodin. Následně byly vzorky skladovány při chladírenské teplotě 4 ± 1 °C. Analýzy byly provedeny v čase 0, 24 a 168 hodin.

Fyzikálně-chemická analýza

Fyzikálně-chemická analýza zahrnovala stanovení pH, obsahu refraktometrické sušiny (RS, °Bx) a instrumentální analýzu barvy. Stanovení pH bylo provedeno pomocí vpichového pH metru HI 99161 (Edge; Hanna Instruments Czech s.r.o., Praha, Česká republika). Pro stanovení RS byl využit digitální refraktometr Kern ORF 45BE (Kern and Sohn GmbH, Německo). Analýza barvy byla provedena pomocí kolorimetru HunterLab UltraScan Pro (Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, VA, USA) podle studie Rejdllová et al. (2024). Fyzikálně-chemické analýzy byly provedeny vždy třikrát ($n = 3$).

Reologická analýza

Během reologické analýzy byla sledována závislost smykového napětí na zvyšujícím se gradientu smykové rychlosti. Reologické vlastnosti modelových vzorků byly stanoveny pomocí reometru HAAKE RheoStress 1 (Thermo Fisher Scientific, USA) s využitím geometrie válec-válec a štěrbinou 2,1 mm při teplotě 20 ± 1 °C. Dávkovaný objem vzorku byl 1 ml temperovaného na teplotu 20 ± 1 °C. Modelové vzorky byly měřeny v rozsahu smykové rychlosti 0–200 s⁻¹. Pro popis tokových křivek byl použit Power Law model, definován vztahem:

$$\tau = K\dot{\gamma}^n \quad (1)$$

kde: τ smykové napětí; K součinitel konzistence; $\dot{\gamma}$ smyková rychlost; n index tokového chování.

Mikrobiologická analýza

Pro mikrobiologickou analýzu bylo asepticky odebráno 10 ml vzorku a homogenizováno v 90 ml sterilního fyziologického roztoku. Byla připravena řada desetinných ředění a vybraná ředění byla podrobena mikrobiologickému rozboru. Celkový počet mikroorganismů (CPM) byl stanoven metodou roztěru na Plate Count agaru (PCA) po aerobní kultivaci. Přítomnost BMK, resp. *Lactobacillus* spp., byla hodnocena metodou roztěru na agaru De Man–Rogosa–Sharpe (MRS) za anaerobních podmínek. Počet kvasinek a plísní byl stanoven metodou roztěru na Sabouraudově agaru (SAB) za aerobních podmínek. Přítomnost koliformních bakterií byla stanovena metodou přelivu na Violet Red Bile agar (VRBA) za aerobních kultivačních podmínek. Kultivace probíhala při teplotě 30 ± 1 °C, s výjimkou stanovení kvasinek a plísní, které bylo provedeno při teplotě 25 ± 1 °C, po dobu 72 hodin.

Senzorická analýza

V rámci senzorické analýzy byly hodnoceny organoleptické vlastnosti jako vzhled a barva, chuť, aroma, textura pomocí 5-bodové hédonické stupnice (1–výnikající, 5–nepřijatelné). Celkový dojem byl hodnocen pomocí samostatné 5-bodové hédonické stupnice (1–mimořádně dobrý, 5–mimořádně špatný). Současně byla

provedena pořadová zkouška modelových vzorků (1–nejlepší, 6–nejhorší). Senzorického hodnocení se zúčastnilo 12 hodnotitelů (6 žen, 6 mužů). Vzorky byly předkládány v náhodném pořadí ve skleněných nádobách o objemu 50 ml, označených třímístným kódem.

Statistická analýza

Fyzikálně-chemické a reologické vlastnosti byly vyhodnoceny jednofaktorovou analýzou rozptylu (ANOVA) s následným Tukeyho post-hoc testem. Výsledky jsou uvedeny jako průměr $\pm$ směrodatná odchylka. Organoleptické vlastnosti byly ověřeny Kruskal-Wallisovým a Wilcoxonovým testem. Hladina významnosti byla stanovena na $\alpha = 0,05$. Statistické zpracování bylo provedeno v softwaru Minitab® 16 (Minitab®, Ltd., UK).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Fyzikálně-chemická analýza

Výsledky základní fyzikálně-chemické analýzy a barevného spektra jsou uvedeny v tabulce 1. Mezi jednotlivými vzorky byly pozorovány na počátku fermentace statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$). V průběhu fermentace došlo k poklesu pH u všech modelových vzorků, kdy konečná hodnota pH se pohybovala v rozmezí 4,36–4,51. Vzorky fermentovaného ovesného nápoje ve studii Zarour et al. (2026) vykazovaly nižší hodnoty pH po 24 hodinách ($pH = 3,81$).

Hodnoty RS klesaly v průběhu fermentace. Mezi jednotlivými modelovými vzorky byl pozorován statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$). Naměřené hodnoty v čase 0 se pohybovaly v rozmezí 8,6–11,5 °Bx. Nejvyšší hodnoty RS byly po celou dobu experimentu zaznamenány u vzorku obsahující čekankový sirup (A_0,25 a A_0,50), zatímco vzorky se sacharózou (C_0,25 a C_0,50) vykazovaly nejnižší obsah RS. Nejvýraznější pokles RS nastal mezi časy 0 a 24 hodin, po kterém již nebyl pokles výrazný, což by mohlo značit zpomalení procesu fermentace po 24 hodinách, kdy došlo k vyčerpání dostupných fermentovaných látek. Stejný poznatek uvádí i studie Baygut et al. (2023), kde analýza průběhu fermentace poukazuje na nelineární rychlost fermentace. Výsledná hodnota RS se pohybovala v rozmezí 7,1–9,7 °Bx.

V kolorimetrické analýze bylo zjištěno, že u vzorků slazených sacharózou (C_0,25 a C_0,50) byla hodnota L^* vyšší v porovnání s těmi slazenými čekankovým sirupem (A_0,25 a A_0,50). V čase se hodnota L^* u všech modelových vzorků zvyšovala, tedy vzorky v čase světlaly. Stejnými výsledky disponovala i studie Kokwar, Arya a Bhat (2022), kde sledovali, mimo jiné, i vliv přídatku inulinu na vzorky funkčního multizrnného probiotického nápoje. Vzorek s inulinem měl zde také nižší hodnotu L^* , což znamená, že byl tmavší než kontrolní vzorek bez přídatku inulinu. To značí jeho pravděpodobný vliv přídatku inulinu na výslednou barvu produktu. U vzorků s čekankovým sirupem (A_0,25 a A_0,50) nabývaly parametry a^* i b^* spíše kladných hodnot, proto lze barvu modelových vzorků popsat jako žlutou s červeným odstínem (viz hodnoty parametrů h a C^* – tab. 1). U vzorků slazených pouze sacharózou (C_0,25 a C_0,50) nabývaly hodnoty parametru a^* záporných hodnot, naopak tomu bylo u hodnot parametru b^* , které se pohybovaly v kladných číslech. Z tohoto poznatku lze vyvodit, že dané vzorky disponovaly spíše zelenou barvou se žlutým odstínem (viz hodnoty parametrů h a C^* – tab. 1).

Tabulka 1: Výsledky fyzikálně-chemické a kolorimetrické analýzy

vzorek	čas [hod]	pH	RS [°Bx]	L*	a*	b*	h [°]	C*
A_0,25	0	6,28 ± 0,01 ^a	10,7 ± 0,1 ^a	64,42 ± 0,02 ^a	−0,02 ± 0,01 ^a	13,23 ± 0,01 ^a	90,09 ± 0,01 ^a	13,22 ± 0,09 ^a
B_0,25		6,45 ± 0,02 ^b	9,6 ± 0,2 ^b	65,83 ± 0,07 ^b	−0,13 ± 0,01 ^b	12,59 ± 0,01 ^b	90,58 ± 0,02 ^b	12,59 ± 0,18 ^b
C_0,25		6,48 ± 0,01 ^b	8,6 ± 0,1 ^c	66,93 ± 0,03 ^c	−0,32 ± 0,01 ^c	11,35 ± 0,03 ^c	91,63 ± 0,02 ^c	11,35 ± 0,02 ^c
A_0,50		6,14 ± 0,01 ^c	11,5 ± 0,3 ^d	65,37 ± 0,05 ^b	0,10 ± 0,02 ^d	13,36 ± 0,02 ^d	89,59 ± 0,02 ^d	13,36 ± 0,08 ^d
B_0,50		6,49 ± 0,03 ^b	10,6 ± 0,2 ^a	66,20 ± 0,03 ^d	−0,03 ± 0,01 ^a	12,60 ± 0,03 ^b	90,15 ± 0,01 ^e	12,60 ± 0,08 ^b
C_0,50		6,47 ± 0,01 ^b	9,4 ± 0,1 ^b	67,42 ± 0,02 ^e	−0,23 ± 0,03 ^e	11,59 ± 0,01 ^e	91,14 ± 0,02 ^f	11,59 ± 0,02 ^e
A_0,25	24	5,87 ± 0,02 ^e	9,5 ± 0,1 ^b	65,06 ± 0,04 ^f	0,14 ± 0,01 ^d	13,48 ± 0,02 ^f	89,39 ± 0,03 ^g	13,48 ± 0,03 ^f
B_0,25		5,87 ± 0,01 ^e	8,3 ± 0,2 ^c	66,26 ± 0,10 ^d	−0,10 ± 0,03 ^b	12,53 ± 0,02 ^g	90,44 ± 0,01 ^h	12,53 ± 0,07 ^g
C_0,25		5,84 ± 0,01 ^e	7,2 ± 0,3 ^e	67,38 ± 0,02 ^e	−0,32 ± 0,02 ^c	11,58 ± 0,03 ^h	91,58 ± 0,02 ⁱ	11,58 ± 0,05 ^e
A_0,50		5,93 ± 0,02 ^f	10,2 ± 0,2 ^a	65,86 ± 0,06 ^b	0,15 ± 0,01 ^d	13,20 ± 0,01 ⁱ	89,35 ± 0,01 ^j	13,20 ± 0,12 ^h
B_0,50		6,06 ± 0,01 ^g	9,0 ± 0,2 ^b	66,46 ± 0,01 ^f	−0,10 ± 0,01 ^b	12,46 ± 0,02 ^j	90,48 ± 0,04 ^k	12,46 ± 0,27 ⁱ
C_0,50		5,84 ± 0,01 ^e	7,8 ± 0,3 ^e	67,14 ± 0,02 ^h	−0,13 ± 0,02 ^b	11,54 ± 0,05 ^e	90,66 ± 0,01 ^l	11,54 ± 0,10 ^j
A_0,25	168	4,37 ± 0,01 ^h	9,0 ± 0,2 ^b	66,80 ± 0,03 ^g	0,25 ± 0,01 ^f	13,65 ± 0,04 ^k	88,96 ± 0,03 ^m	13,65 ± 0,03 ^k
B_0,25		4,36 ± 0,02 ^h	7,8 ± 0,1 ^e	68,15 ± 0,06 ^j	0,09 ± 0,01 ^d	12,72 ± 0,03 ^l	89,61 ± 0,02 ⁿ	12,72 ± 0,24 ^l
C_0,25		4,41 ± 0,01 ⁱ	6,7 ± 0,1 ^f	69,10 ± 0,05 ^k	−0,12 ± 0,03 ^b	11,63 ± 0,01 ^m	90,60 ± 0,04 ^o	11,63 ± 0,13 ^m
A_0,50		4,42 ± 0,02 ⁱ	9,7 ± 0,2 ^b	66,88 ± 0,03 ^g	0,28 ± 0,02 ^f	13,79 ± 0,02 ⁿ	88,82 ± 0,01 ^p	13,80 ± 0,02 ⁿ
B_0,50		4,51 ± 0,03 ^j	8,6 ± 0,2 ^c	68,27 ± 0,02 ^l	0,03 ± 0,02 ^g	12,66 ± 0,01 ^o	89,85 ± 0,01 ^q	12,66 ± 0,02 ^o
C_0,50		4,51 ± 0,01 ^j	7,1 ± 0,1 ^e	68,39 ± 0,04 ^m	−0,09 ± 0,01 ^b	11,73 ± 0,04 ^p	90,46 ± 0,02 ^r	11,73 ± 0,04 ^p

Legenda: Výsledky jsou uváděny jako průměr ± směrodatná odchylka. Průměry ve sloupci následované různými horními indexy se statisticky liší ($p < 0,05$).

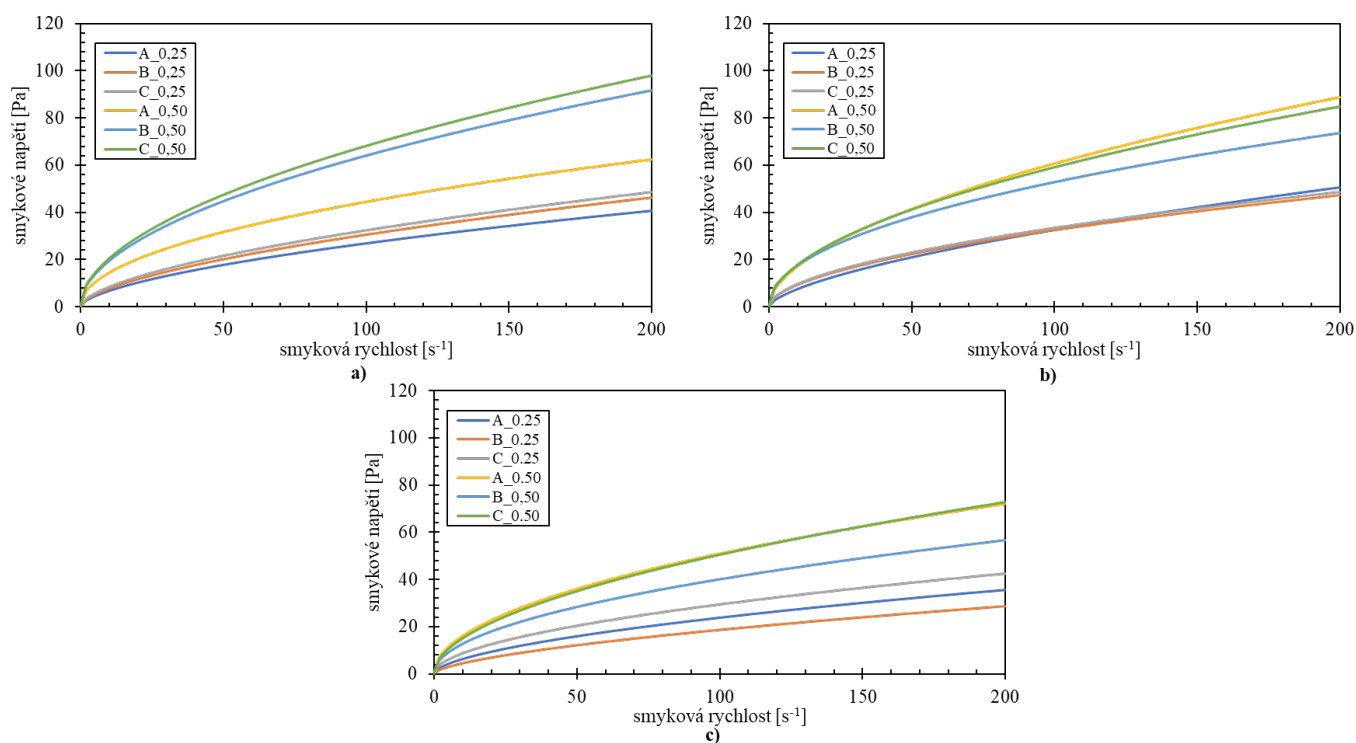
A_0,25 – čekankový sirup, 0,25 % (w/v) CMC; B_0,25 – čekankový sirup + sacharóza, 0,25 % (w/v) CMC; C_0,25 – sacharóza, 0,25 % (w/v) CMC; A_0,50 – čekankový sirup, 0,50 % (w/v) CMC; B_0,50 – čekankový sirup + sacharóza, 0,50 % (w/v) CMC; C_0,50 – sacharóza, 0,50 % (w/v) CMC

Reologická analýza

Pro vyhodnocení byl použit Power Law model, který je pravděpodobně nejčastěji používaným modelem pro newtonovské kapaliny a je široce využíván k popisu tokových vlastností kapalin (Deswal, Deora a Mishra, 2014). Na základě hodnot tokového indexu n lze říct, že všechny vzorky vykazovaly pseudoplastické chování, a tedy se jednalo o newtonovské kapaliny, neboť u všech vzorků byla zjištěna hodnota $n < 1$. Ke stejnému závěru pro ovesné nápoje dospěly i studie Deswal, Deora a Mishra (2014), Yao et al. (2022), McCarron et al. (2024).

Hodnoty konzistenčního indexu K se u vzorků pohybovaly v rozmezí $1,0686\text{--}6,1503 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$ v závislosti na sledovaných faktorech ($p < 0,05$). Naměřené hodnoty K byly značně vyšší než hodnoty ze studie Deswal, Deora a Mishra (2014), které se pohybovaly mezi $0,107 \pm 0,09\text{--}0,110 \pm 0,40 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$. Oproti tomu ve studii Yao et al. (2022) byla hodnota K u ovesného nápoje $0,155 \pm 0,51 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$, tedy výrazně nižší.

Na viskozitu měla vliv především koncentrace CMC ($p < 0,05$), kdy vzorky s 0,50 % (w/v) přídavkem byly viskóznější než vzorky s 0,25 % (w/v) přídavkem CMC ve všech daných měřeních. Současně měl na výslednou viskozitu vliv i typ použitého sladidla ($p < 0,05$). Obecně lze říci, že vzorky obsahující čekankový sirup (A_0,25 a A_0,50) vykazovaly nižší viskozitu, kdežto vzorky se sacharózou (C_0,25 a C_0,50) vykazovaly vždy v dané sadě vzorků vyšší viskozitu – tento trend je možné pozorovat především v čase 0 h, tedy před fermentací (obr. 1). V průběhu fermentace došlo u většiny vzorků k nárůstu viskozity mezi 0 h a 24 h, při další fermentaci viskozita povětšinou klesla nebo se ustálila.



Obrázek 1: Tokové křivky Power-Law modelu pro a) čas 0 h; b) čas 24 h; c) čas 168 h

Legenda: A_0,25 – čekankový sirup, 0,25 % (w/v) CMC; B_0,25 – čekankový sirup + sacharóza, 0,25 % (w/v) CMC; C_0,25 – sacharóza, 0,25 % (w/v) CMC; A_0,50 – čekankový sirup, 0,50 % (w/v) CMC; B_0,50 – čekankový sirup + sacharóza, 0,50 % (w/v) CMC; C_0,50 – sacharóza, 0,50 % (w/v) CMC

Mikrobiologická analýza

Výsledky mikrobiologické analýzy fermentovaných nápojů na bázi ovsa (tab. 2) ukazují vysokou stupeň hygieny výrobního procesu a životaschopnost sledované mikrobioty. V žádném z připravených nápojů nebyly

detekovány jak koliformní bakterie, kvasinky, ani přítomnost plísní. Stejně výsledky byly publikovány i ve studii Marchwińska et al. (2023), ve které se taktéž, zaměřili na sledování mikrobiologické kvality fermentovaných ovesných nápojů, a ve které dále potvrzují pozitivní nárůst bakterií mléčného kvašení po ukončení fermentace. Výrobce produktu Ovsánek Natural (byl použitý jako startovací kultura) uvádí, že se v produktu vyskytuje jogurtová kultura tvořena *Bifidobacterium animalis subsp. lactis*, *Lbc. acidophilus*, *Lbc. delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lbc. paracasei*, *Str. thermophilus* a *Lbc. rhamnosus* a to v množství alespoň 10^6 v 1 g výrobku. V našem experimentu bylo dosaženo stejného nebo o řád vyššího množství BMK, a proto lze konstatovat, že daný výrobek obsahuje zrající kulturu a lze jej označit za zakysaný výrobek.

Při porovnání množství BMK u vzorků s různou koncentrací CMC lze říci, že obecně nižších počtů BMK bylo dosaženo ve vzorcích s 0,25 % (w/v) přídavkem CMC. Naopak u vzorků s přídavkem 0,50 % (w/v) CMC byl pozorován vyšší nárůst populace BMK. Ke stejnému závěru směřovala i studie Kil, Kim a Chang (2025), ve které byl zkoumán přídavek CMC na fermentaci sójového kysaného produktu společně s extraktem kvasnic. V této studii bylo rovněž zjištěno, že 0,3–0,7% (w/w) přídavek CMC spolu s kvasničním extraktem vede k vyššímu růstu BMK, čímž byly potvrzeny i lepší mikrobiální fermentační vlastnosti.

Hodnoty celkového počtu mikroorganismů se pohybují v rozmezí $9,60 \times 10^6$ – $1,43 \times 10^7$ CFU·ml⁻¹.

Tabulka 2: Výsledky mikrobiologické analýzy fermentovaných nápojů na bázi ovsa

Vzorek	CPM [JTK·ml ⁻¹]	BMK [JTK·ml ⁻¹]	koliformní b. [JTK·ml ⁻¹]	kvasinky a plísně [JTK·ml ⁻¹]
A_0,25	$1,43 \cdot 10^7$	$1,00 \cdot 10^7$	-	-
B_0,25	$6,80 \cdot 10^6$	$0,78 \cdot 10^6$	-	-
C_0,25	$1,80 \cdot 10^7$	$0,64 \cdot 10^6$	-	-
A_0,50	$1,26 \cdot 10^7$	$1,08 \cdot 10^7$	-	-
B_0,50	$9,60 \cdot 10^6$	$1,12 \cdot 10^7$	-	-
C_0,50	$1,76 \cdot 10^7$	$2,00 \cdot 10^7$	-	-

Legenda: A_0,25 – čekankový sirup, 0,25 % (w/v) CMC; B_0,25 – čekankový sirup + sacharóza, 0,25 % (w/v) CMC; C_0,25 – sacharóza, 0,25 % (w/v) CMC; A_0,50 – čekankový sirup, 0,50 % (w/v) CMC; B_0,50 – čekankový sirup + sacharóza, 0,50 % (w/v) CMC; C_0,50 – sacharóza, 0,50 % (w/v) CMC, JTK-jednotky tvořící kolonie

Senzorická analýza

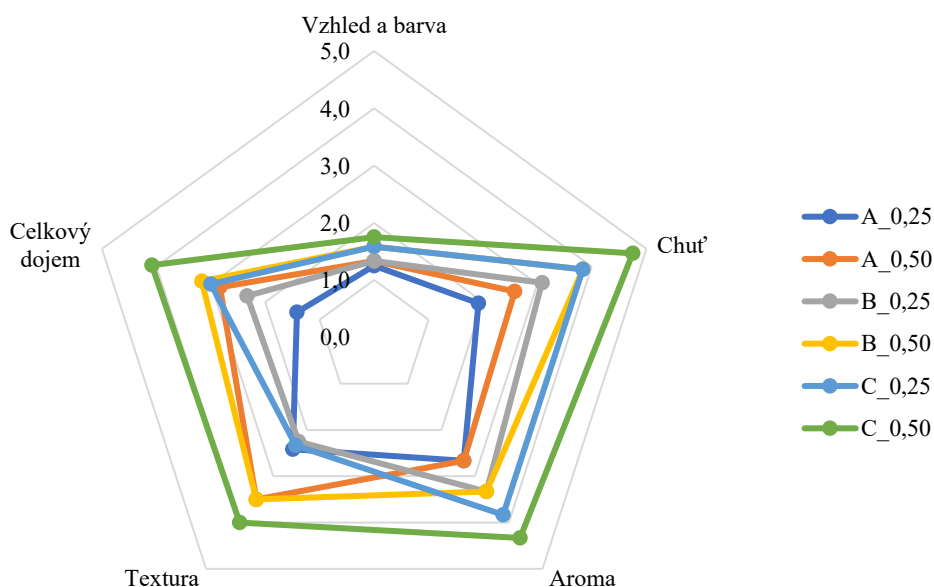
Senzorická analýza byla provedena s cílem posoudit vliv typu sladidla a koncentrace CMC na celkovou senzorickou kvalitu hodnocených vzorků. Hodnocení probíhalo formou pořadové (preferenční) a stupnicové zkoušky, které umožnily jak vzájemné porovnání vzorků, tak detailní posouzení jednotlivých senzorických vlastností.

Ve studii Yao et al. (2022) bylo zjištěno, že ovesný nápoj v neochucené podobě vykazuje nižší senzorickou přijatelnost ve srovnání s ostatními hodnocenými rostlinnými nápoji. Negativní hodnocení bylo spojeno zejména s nevhodným aroma, chutí a vyšší viskozitou. Výsledky naznačují potřebu technologických úprav ke zlepšení spotřebitelské akceptace. Proto bylo v našem experimentu využito různých sladidel pro zlepšení celkové přijatelnosti hodnotiteli.

Výsledky pořadové (preferenční) senzorické zkoušky ukázaly jednoznačný vliv jak typu sladidla, tak koncentrace CMC na celkový dojem hodnocených vzorků. Nejlépe byl hodnocen vzorek A_0,25, který respondenti označili jako senzoricky nejvyváženější. Na druhém místě se umístil vzorek B_0,25, což naznačuje, že přítomnost čekankového sirupu pozitivně ovlivňuje přijatelnost produktu. Obecně byly vzorky s 0,25 % (w/v) CMC, hodnoceny příznivěji než vzorky s 0,50 % (w/v) CMC, u nichž docházelo

ke zhoršení celkového dojmu. Nejnižší preference byla zaznamenána u vzorků slazených pouze sacharózou, zejména při vyšší koncentraci stabilizátoru (C_0,50), což poukazuje na negativní kombinaci jednoduchého sladidla a nadměrného množství stabilizační složky.

Stupnicová senzorická zkouška (obr. 2) potvrdila závěry preferenčního hodnocení a umožnila detailnější pohled na jednotlivé organoleptické vlastnosti. Zatímco hodnocení vzhledu a barvy bylo mezi vzorky bez významných rozdílů ($p \geq 0,05$), výrazné rozdíly se projevy především v chuti, textuře a celkovém dojmu ($p < 0,05$). Vzorky obsahující čekankový sirup dosahovaly vyššího hodnocení chuti a aromatu. Přídavek 0,50 % (w/v) CMC měl negativní vliv zejména na texturu. Nejvyšší celkové hodnocení tak opět získaly vzorky s nižším obsahem CMC v kombinaci s čekankovým sirupem, což potvrzuje jejich senzorickou výhodnost.



Obrázek 2: Pavučinový graf senzoričkého hodnocení fermentovaných nápojů na bázi ovsa

Legenda: A_0,25 – čekankový sirup, 0,25 % (w/v) CMC; B_0,25 – čekankový sirup + sacharóza, 0,25 % (w/v) CMC; C_0,25 – sacharóza, 0,25 % (w/v) CMC; A_0,50 – čekankový sirup, 0,50 % (w/v) CMC; B_0,50 – čekankový sirup + sacharóza, 0,50 % (w/v) CMC; C_0,50 – sacharóza, 0,50 % (w/v) CMC

ZÁVĚR

Výsledky práce prokázaly, že složení fermentovaného ovesného nápoje významně ovlivňuje jeho kvalitu. Koncentrace CMC se ukázala jako rozhodující faktor pro reologické vlastnosti, přičemž vyšší obsah CMC vedl ke zvýšení viskozity a ke zlepšení strukturální stability, avšak ve všech případech ke snížení senzorické přijatelnosti. Typ použitého sladidla ovlivňoval zejména organoleptické vlastnosti, barevné parametry a celkovou akceptovatelnost výrobku, přičemž vzorky slazené čekankovým sirupem dosahovaly příznivějších senzorických hodnocení.

Fermentace probíhala u všech hodnocených variant správně a vedla k dosažení odpovídající mikrobiologické kvality i dostatečné životaschopnosti BMK v průběhu skladování. To potvrzuje vhodnost ovesného substrátu jako nosiče pro fermentaci jogurtovými kulturami a jeho potenciál pro vývoj rostlinných alternativ fermentovaných mléčných výrobků. Na základě komplexního hodnocení byla jako nejvhodnější stanovena formulace slazená čekankovým sirupem s nižší koncentrací CMC (A_0,25), která vykazovala vyvážený poměr mezi technologickými vlastnostmi, mikrobiologickou stabilitou a senzorickou přijatelností.

Práce potvrzuje potenciál fermentovaného ovesného nápoje jako funkční potraviny a poskytuje podklady pro další optimalizaci složení a technologických podmínek výroby fermentovaných rostlinných alternativ mléka.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce vznikla v rámci výuky předmětu Ročníkový projekt (v akademickém roce 2025/2026) ve studijním programu Technologie potravin na Fakultě technologické Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

LITERATURA

Abd Rahim, M. H., Hazrin-Chong, N. H., Harith, H. H., Wan, W. A. A. Q. I., Sukor, R. (2023): Roles of fermented plant-, dairy-and meat-based foods in the modulation of allergic responses. *Food Science and Human Wellness*, 12(3), 691–701. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2022.09.002>

Alcorta, A., Porta, A., Tárrega, A., Alvarez, M. D., Vaquero, M. P. (2021): Foods for plant-based diets: Challenges and innovations. *Foods*, 10(2), 293. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods10020293>

Baygut, H., Cais-Sokolińska, D., Bielska, P., Teichert, J. (2023): Fermentation kinetics, microbiological and physical properties of fermented soy beverage with acai powder. *Fermentation*, 9(4), 324. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/fermentation9040324>

Benmeziiane, F., Belleili, I. (2023): An innovative approach: Formulation and evaluation of fermented oat milk using native yoghurt cultures. *Measurement: Food*, 12, 100113. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.meafoo.2023.100113>

Clegg, M. E., Ribes, A. T., Reynolds, R., Kliem, K., Stergiadis, S. (2021): A comparative assessment of the nutritional composition of dairy and plant-based dairy alternatives available for sale in the UK and the implications for consumers' dietary intakes. *Food Research International*, 148, 110586. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110586>

Costa-Catala, J., Tabanelli, G., Díez-González, A., Latorre-Moratalla, M. L., Vidal-Carou, M. C., Comas-Basté, O. (2025): Managing bioactive amines in plant-based fermented products. *Food Control*, 111749. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2025.111749>

Deswal, A., Deora, N. S., Mishra, H. N. (2014): Effect of concentration and temperature on the rheological properties of oat milk. *Food and Bioprocess Technology*, 7(8), 2451–2459. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1332-8>

Fabiano, G. A., Oliveira, R. P. D. S., Rodrigues, S., Santos, B. N., Venema, K., Antunes, A. E. C. (2025): Evidence of synbiotic potential of oat beverage enriched with inulin and fermented by *L. rhamnosus* LR B in a dynamic in vitro model of human colon. *Food Research International*, 116489. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116489>

Gan, J., Kong, X., Wang, K., Chen, Y., Du, M., Xu, B., Xu, J., Wang, Z., Cheng, Y., Yu, T. (2023): Effect of fermentation using different lactic acid bacteria strains on the nutrient components and mineral bioavailability of soybean yogurt alternative. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1198456. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1198456>

Goksen, G., Altaf, Q. S., Farooq, S., Bashir, I., Capozzi, V., Guruk, M., Bavaro, S. L., Sarangi, P. K. (2023): A glimpse into plant-based fermented products alternative to animal based products: Formulation, processing, health benefits. *Food Research International*, 173, 113344. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113344>

- Kil, B. J., Kim, M., Chang, Y. H. (2025): Modulating structural and microbial fermentation properties of soy yogurt via carboxymethyl cellulose and yeast extract. *Food Bioscience*, 107378. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.107378>
- Kokwar, M. A., Arya, S. S., Bhat, M. S. (2022): A cereal-based nondairy probiotic functional beverage: An insight into the improvement in quality characteristics, sensory profile, and shelf-life. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(1), e16147. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jfpp.16147>
- Marchwińska, K., Gwiazdowska, D., Juś, K., Gluzińska, P., Gwiazdowska, J., Pawlak-Lemańska, K. (2023): Innovative functional lactic acid bacteria fermented oat beverages with the addition of fruit extracts and Lyophilisates. *Applied Sciences*, 13(23), 12707. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app132312707>
- McCarron, R., Methven, L., Grahl, S., Elliott, R., Lignou, S. (2024): Oat-based milk alternatives: the influence of physical and chemical properties on the sensory profile. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1345371. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1345371>
- Melilli, M. G., Buzzanca, C., Di Stefano, V. (2024): Quality characteristics of cereal-based foods enriched with different degree of polymerization inulin: A review. *Carbohydrate Polymers*, 332, 121918. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2024.121918>
- Pirsa, S., Hafezi, K. (2023): Hydrocolloids: Structure, preparation method, and application in food industry. *Food Chemistry*, 399, 133967. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133967>
- Qin, Y. Q., Wang, L. Y., Yang, X. Y., Xu, Y. J., Fan, G., Fan, Y. G., Ren, J. N., An, Q, Li, X. (2023): Inulin: Properties and health benefits. *Food and function*, 14(7), 2948–2968. Dostupné z: <https://doi.org/10.1039/d2fo01096h>
- Rejdlová, A., Vašina, M., Lorencová, E., Hružík, L., Salek, R. N. (2024): Assessment of different levels of blackcurrant juice and furcellaran on the quality of fermented whey-based beverages using rheological and mechanical vibration damping techniques. *Foods*, 13(12), 1855. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods13121855>
- Ren, W., Liang, H., Liu, S., Li, Y., Chen, Y., Li, B., Li, J. (2024): Formulations and assessments of structure, physical properties, and sensory attributes of soy yogurts: Effect of carboxymethyl cellulose content and degree of substitution. *International Journal of Biological Macromolecules*, 257, 128661. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.128661>
- Samtiya, M., Aluko, R. E., Puniya, A. K., Dhewa, T. (2021): Enhancing micronutrients bioavailability through fermentation of plant-based foods: A concise review. *Fermentation*, 7(2), 63. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/fermentation7020063>
- Tangyu, M., Muller, J., Bolten, C. J., Wittmann, C. (2019): Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. *Applied microbiology and biotechnology*, 103(23), 9263–9275. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9>
- Wang, X., Wang, L., Wei, X., Xu, C., Cavender, G., Lin, W., Sun, S. (2025): Invited review: Advances in yogurt development—Microbiological safety, quality, functionality, sensory evaluation, and consumer perceptions across different dairy and plant-based alternative sources. *Journal of Dairy Science*, 108(1), 33–58. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25322>

Yao, Y., He, W., Cai, X., Bekhit, A. E. -D. A., Xu, B. (2022): Sensory, physicochemical and rheological properties of plant-based milk alternatives made from soybean, peanut, adlay, adzuki bean, oat and buckwheat. *International Journal of Food Science and Technology*, 57(8), 4868–4878.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/ijfs.15814>

Zarour, K., Hernández-Alcántara, A. M., Bouacheria, F., Boufatah, L. Y., Rodríguez-Sánchez, L., López, P., Mohedano, M. L. (2026): Oat-based beverage biofortification with the novel riboflavin-overproducing and dextran-producing *Leuconostoc mesenteroides* B12-B2 strain. *International Journal of Food Microbiology*, 446, 111513. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2025.111513>

Kontaktní adresa: Ing. Anita Rejdlová, Ústav technologie potravin, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati, nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín, Česká republika, e-mail: a_rejdlova@utb.cz