

SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ

52. Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin

CzechFoodChem 2024

19. - 21. 5. 2024



VŠCHT PRAHA



VUPP
VÝZKUMNÝ ÚSTAV
POTRAVINÁŘSKÝ PRAHA



Karel Cejpek
Editor

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
Výzkumný ústav potravinářský Praha, v.v.i.

Praha 2024

Publikace neprošla jazykovou ani odbornou úpravou.

Za obsah příspěvků odpovídají autoři.

© Karel Cejpek, Zuzana Procházková, 2024

Tato publikace byla vydána v koedici Vysoké školy chemicko-technologické v Praze a VÚPP v. v. i.

ISBN 978-80-7592-267-0

ISSN 1802-1433

Partneři symposia



Co-funded by the
European Union

GeneProof[®]



MEWERY



ÚNĚTICKÝ PIVOVAR

CHEMAGAZÍN



PŘEDNÁŠKY

L1	8
VÝSLEDKY ÚŘEDNÍCH KONTROL SZPI V ROCE 2023 SE ZAMĚŘENÍM NA BEZPEČNOST, JAKOST A AUTENTICITU	
Mikeš O.	
L2	9
PSYCHOTROPNÍ LÁTKY V CUKROVINKÁCH	
Kuchař M., Palivec P., Janečková L., Durydivka O., Blahoš J., Komorousová L.	
L3	10
VYSOCE PRŮMYSLově ZPRACOVANÉ POTRAVINY A RIZIKA JEJICH KONZUMACE	
Kudlová E.	
L4	12
FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ NUTRIČNÍ HODNOTU VÝROBKŮ Z OVOCE A ZELENINY	
Rajchl A.	
L5	13
CEREÁLIE AKO VÝZNAMNÝ ZDROJ PRE VÝVOJ INOVATÍVNYCH POTRAVÍN	
Bojňanská T., Kolesárová A., Čech M., Bojňanský J.	
L6	14
KVALITA PITNÉ VODY PŘI VÝROBĚ POTRAVIN	
Kožíšek F.	
L7	15
BOJÍTE SE GENŮ? FAKTA A MÝTY O GMO	
Zdeňková K., Lencová S. a Demnerová K.	
L8	16
BIFIDOBAKTERIE JAKO PROBIOTIKA VE VÝŽIVĚ ČLOVĚKA	
Neužil Bunešová V.	
L9	17
POROVNÁNÍ NUTRIČNÍ A SENZORICKÉ HODNOTY MLÉČNÝCH VÝROBKŮ A JEJICH ROSTLINNÝCH ALTERNATIV	
Doležal M., Gregorová E., Rajmicová L., Hanuš A., Nakonechna K., Horáčková Š., Ilko V., Panovská Z.	
L10	24
KANABIDIOL (CBD): ZDRAVÍ PROSPĚŠNÝ FYTOKANABINOID?	
Bínová Z., Beneš F., Malý M., Hajšlová J.	
L11	25
KÁVA A JEJÍ VÝZNAM PRO ZDRAVÍ	
Panovská Z., Hrdličková M., Ilko V., Doležal M.	
L12	29
VYSOKOTLAKÁ INAKTIVACE <i>BACILLUS CEREUS</i> V MATEŘSKÉM MLÉČE	
Jandová M., Fišerová M., Paterová P., Cacková L., Měřička P., Malý J., Kacerovský M., Kovářiková E., Strohalm J., Demnerová K., Kadavá J., Sýkorová H., Hyšpler R., Čížková D., Bezrouk A., Houška M.	

L13		39
PROBLEMATIKA AKRYLAMIDU V POTRAVINÁCH: OD REFERENČNÝCH HODNÔT K MAXIMÁLNÝM LIMITOM		
	Ciesarová Z., Kukurová K.	
L14		45
ASPARAGÍN AKO KLÚČOVÝ PREKURZOR AKRYLAMIDU V OBILNINÁCH		
	Kukurová K., Ciesarová Z.	
L15		45
PRESENTACE FIRMY GENEPROOF		
	Kunc M.	
L16		46
PRESENTACE ČASOPISU CHEMAGAZÍN		
	Rotrekl T.	
L17		46
KAMUT - MINORITNÍ PŠENICE S NUTRIČNÍM PŘÍNOSEM		
	Hrušková M., Filip P.	
L18		48
TECHNOLOGICKÉ HODNOCENÍ VYBRANÝCH ODRŮD OZIMÉ PŠENICE A ŠPALDY		
	Švec I., Polednová P., Sluková M., Skřivan P., Kvirencová Rýparová J., Hajšlová J., Hrbek V.	
L19		55
NUTRIČNÍ HODNOTA LAREV POTEVNÍKA MOUČNÉHO JAKO NOVÉ POTRAVINY ČI KRMIVA		
	Kouřimská L., Slavíková A., Lampová B.	
L20		61
SENZORICKÁ ANALÝZA ŠUNKY BEZ POUŽITÍ DUSITANŮ		
	Musiienko D., Kouřimská L., Kadlec P.	
L21		65
EVROPSKÝ INOVAČNÍ A TECHNOLOGICKÝ INSTITUT PRO POTRAVINY (EIT FOOD) - IMPACT FUNDING FRAMEWORK A DALŠÍ NÁSTROJE PRO TRANSFORMACI POTRAVINOVÉHO SYSTÉMU		
	Tomaniová M., Ryšlavá E.	
L22		66
KULTIVOVANÉ MASO S MIKROŘASOU: NOVÝ POHLED NA KONZUMACI MASA		
	Strmiska V., Jandová N., Tarbajová V., Coufalová P., Koláčková M., Húska D., Brzobohatý R., Lauš R.	
L23		67
UDRŽITELNÝ ZDROJ ŽIVOČIŠNÉHO PROTEINU		
	Štíchová M., Kučerová V.	
L24		67
KVALITA MASNÝCH VÝROBKŮ A JEJICH ALTERNATIV		
	Ševčík R., Hruška F., Řeháček H., Janoud Š., Beňo F.	

L25		72
LIPID OXIDATION AND POSSIBLE HEALTH CONSEQUENCES		
	Murkovic M.	
L26		73
VYUŽITÍ OLFAKTOMETRIE PRO HODNOCENÍ VŮNĚ ŘEPKOVÝCH OLEJŮ		
	Čížková H., Kružík V., Minářová T., Šístková I., Kyselka J., Rajchl A.	
L27		77
CHARAKTERIZACE DOPLŇKŮ STRAVY S RYBÍM OLEJEM - POROVNÁNÍ RŮZNÝCH METOD		
	Nguyenová C. M., Poustka J., Hrbek V., Doležal M.	
L28		88
THE IMPACT OF EDIBLE PLANT EXTRACTS ON THE ACTIVITY OF ENZYMES WITH IMPORTANT BIOCHEMICAL FUNCTIONS		
	Tsagkaris A. S., Loučková A., Hajšlová J.	
L29		88
MINERÁLNÍ LÁTKY A STOPOVÉ PRVKY V MEDU		
	Šimánková A., Procházková Z., Drábová L., Koplík R.	
L30		90
SNIŽOVÁNÍ MNOŽSTVÍ DIETÁRNÍCH NOSITELŮ KARBONYLOVÉHO STRESU ŘÍZENOU MAILLARDOVOU REAKCÍ		
	Průšová A., Mečířová A., Procházková Z., Cejpek K.	
L31		94
VYUŽITÍ PŘÍRODNÍCH SLADIDEL PŘI VÝROBĚ CUKROVINEK BEZ CUKRU		
	Palugová N.	
<hr/>		
POSTERY		
<hr/>		
P1		96
CZECH JOURNAL OF FOOD SCIENCES - INTERNATIONAL OPEN ACCESS PEER-REVIEWED JOURNAL		
	Filinová T.	
P2		96
VYUŽITÍ LICHOREŘIŠNICE VĚTŠÍ (<i>TROPAEOLUM MOJUS</i>) V POTRAVINÁCH		
	Kováříková E., Strohalm J., Novotná P.	
P3		99
PŘÍJEM SOLI U DĚTÍ PŘEDŠKOLNÍHO VĚKU		
	Bušová M., Prchalová H.	
P4		100
VLIV SNÍŽENÍ SOLI NA VŮNI SÝRŮ S MODROU PLÍSNÍ		
	Šístková I., Zelenková A., Kružík V., Němečková I., Čížková H.	
P5		104
JE SÝR S MODROU PLÍSNÍ BEZLEPKOVÝ?		
	Rysová J.	

P6	108
VLIV DVOU TYPŮ MARINOVÁNÍ NA ANTIOXIDAČNÍ KAPACITU FILETŮ Z LOSOSA PŘI RŮZNÝCH INKUBAČNÍCH DOBÁCH A TEPLOTÁCH	
Abdullah F. A. A., Bursová Š.	
P7	113
VLIV STARTOVACÍCH KULTUR NA POČÁTEČNÍ FÁZI FERMENTACE MASA	
Krátká G., Šestáková M., Huška F., Janoud Š., Horsáková I., Ševčík R.	
P8	119
VLIV TEPLoty BĚHEM FERMENTACE KOMBUCHY NA OBSAH NUTRIČNÍCH LÁTEK	
Krátká G., Alferyová N., Šviráková E., Horsáková I.	
P9	120
ANTIBAKTERIÁLNÍ ÚČINEK PŘÍRODNÍCH KONZERVAČNÍCH LÁTEK V NEALKOHOLICKÝCH NÁPOJÍCH	
Šviráková E., Lazoriková K., Horsáková I., Kvasnička F.	
P10	128
GALAKTOOLIGOSACHARIDY V MLÉČNÝCH VÝROBCÍCH JAKO ZDROJ ALFA-DIKARBONYLOVÝCH SLOUČENIN	
Mečířová A., Průšová A., Tobiška V., Procházková Z., Cejpek K.	
P11	132
DATABÁZE VÝZNAMNÝCH CHEMICKÝCH REAKCÍ V POTRAVINÁCH NA VŠCHT PRAHA	
Procházková Z., Průšová A., Cejpek K.	
P12	136
SENZORICKÉ HODNOCENÍ AUTENTICITY MONOFLORÁLNÍCH MEDŮ	
Ilko V., Doubková K., Panovská Z., Doležal M.	
P13	146
VYHODNOCENÍ JAKOSTNÍCH PARAMETRŮ TRVANLIVÝCH KLOBÁS Z MASA BOBRA EVROPSKÉHO (<i>CASTOR FIBER</i>) A NUTRIE ŘÍČNÍ (<i>MYOCASTOR COYPUS</i>)	
Slováček J., Nedomová Š., Janík Piechowiczová M., Jůzl M.	
ADRESÁŘ PREZENTUJÍCÍCH AUTORŮ	148
INZERCE PARTNERŮ	150-151

L1

VÝSLEDKY ÚŘEDNÍCH KONTROL SZPI V ROCE 2023 SE ZAMĚŘENÍM NA BEZPEČNOST, JAKOST A AUTENTICITU

Mikeš O.

Státní zemědělská a potravinářská inspekce, Ústřední inspektorát, Brno

V roce 2023 provedli inspektoři SZPI celkem 48 821 vstupů do provozoven potravinářských podniků, provozoven společného stravování, celních skladů a internetových obchodů. Bylo zjištěno celkem 4 192 nevyhovujících šarží: v maloobchodní síti 3 542 šarží, ve výrobě 160 šarží, ve velkoobchodě 128 šarží a na ostatních místech 362 šarží. Nejnižší podíl nevyhovujících šarží byl zjištěn u potravin z ČR (16 %) a u produkce pocházející z EU (24 %). Nejvyšší procento bylo zjištěno u produkce dovezené ze třetích zemí (40,9 %).

SZPI každoročně realizuje v potravinách tzv. celoroční monitoringy - mikrobiologickou kontrolu, kontrolu cizorodých látek, přídatných látek a kontrolu zaměřenou na přítomnost genetické modifikace. Dále každoročně probíhá kontrola potravin označených značkou KLASA a Regionální potravina, kontrola informační povinnosti dle vyhlášky č. 172/2015 Sb., monitoring oznamovací a uskladňovací povinnosti (dle zákona o vinohradnictví a vinařství), projektu „Ovoce a zelenina do škol“ nebo kontrola ozářených potravin a radiační monitoring.

Pro rok 2023 bylo s ohledem na dlouhodobé priority úřadu realizováno celkem 11 tematických kontrol. Tyto byly částečně zaměřeny na kontrolu společného stravování - pokrmů, fritovacích olejů, uplatňování zmírňujících opatření ke snížení obsahu akrylamidu při přípravě fritovaných výrobků z brambor a provozoven na provádění nakličování semen. Dále byly kontroly zaměřeny na komodity tabákové výrobky, microgreens, olivové oleje, zelené velikonoční pivo, lihoviny s označením RUM, doplňky stravy určené pro kloubní výživu a kontroly částečně zkvašeného hroznového moštu (burčáku).

Bylo rovněž rozhodnuto zrealizovat celkem 14 kontrol mimořádných. Co se týče zaměření bezpečnosti, jakosti či autenticity potravin, jednalo se např. o kontrolu výrobků s deklarací „Vyrobeno podle české cechovní normy“, kontrolu potravin (obilniny, čerstvé/hluboce zmrazené drůbeží maso aj.) původem z Ukrajiny nebo mimořádnou kontrolu špaldové mouky.

Results of official controls by CAFIA in 2023 focusing on safety, quality and authenticity

In 2023, inspectors of CAFIA carried out a total of 48 821 entries into food businesses, public catering facilities, custom warehouses and internet shops. A total of 4 192 non-compliant batches were found: 3 542 in retail, 160 in production, 128 in wholesale and 362 in other places. The lowest percentage of non-compliant batches was found for food from CR (16%) and for production originating in EU (24%). The highest percentage was found for production imported from third countries (40.9%).

Every year, CAFIA carries out all-year monitoring in foodstuffs - microbiological control, control of foreign substances, additives and control focused on the presence of GM. In addition, also annual control of food labelled with KLASA and Regional food, control of obligation to provide information pursuant to Decree No. 172/2015 Coll., monitoring of notification and storage obligation (according to the Act on viticulture and winemaking), project "Fruit and vegetables for schools" or control of irradiated food and radiation monitoring, was carried out.

For 2023, a total of 11 thematic controls were performed in view of CAFIA's long-term priorities. These focused partially on inspection of public catering - meals, frying oils, the application of mitigation measures to reduce acrylamide content in preparation of fried potato products and facilities focusing on seed germination. In addition, controls were focused on commodities such as tobacco products, microgreens, olive oils, green Easter beer, RUM-



labelled spirits, chondroprotective food supplements and controls on partially fermented grape must ("burčák").

It was also decided to carry out a total of 14 extraordinary controls. In terms of food safety, quality or authenticity, these included for example checks on products with the declaration "Made according to the Czech guild standard", checks on foodstuffs (cereals, fresh/deep-frozen poultry meat, etc.) originating from Ukraine or extraordinary control of spelt flour.

L2

PSYCHOTROPNÍ LÁTKY V CUKROVINKÁCH

Kuchař M. (1), Palivec P. (1), Janečková L. (1), Durydivka O. (1,2), Blahoš J. (2), Komorousová L. (3)

- (1) Laboratoř forenzní analýzy biologicky aktivních látek, VŠCHT Praha
- (2) Ústav molekulární genetiky AV ČR, Praha
- (3) Kriminální ústav Policie ČR, Praha

Využití rostliny konopí se datuje do starověké Číny kolem roku 2500 před naším letopočtem. Kanabinoidy, které se přirozeně vyskytují v rostlinách, byly široce používány pro rekreační a léčebné účely. *Cannabis sativa L.* produkuje více než 150 kanabinoidů, z nichž většina se vyskytuje pouze ve stopovém množství. Δ 9-THC je hlavní látkou odpovědnou za psychoaktivitu rostliny konopí, a proto je pěstování rostlin s vyšším množstvím Δ 9-THC regulováno podle úmluvy OSN. Komunita rekreačních uživatelů konopí znovu objevila minoritní přírodní kanabinoid (R/S)-Hexahydrocannabinol (HHC) jako odpověď na vysokou poptávku po legálních alternativách Δ 9-THC. HHC „edibles“ a vape liquids byly v ČR volně dostupné v obchodech a dokonce i prodejních automatech, což způsobilo řadu intoxikací. Nedávný zákaz HHC, THCP a HHC-O otevřel trh pro další polosyntetické kanabinoidy. Ačkoli HHC byl poprvé syntetizován z Δ 9-THC v roce 1947, farmakologické a behaviorální studie nebyly dosud provedeny. Čisté (R) a (S) enantiomery HHC jsme připravili jako analytické standardy pro zjištění hladiny HHC u gumových medvídků metodou LC-MS. Farmakokinetická studie u potkanů Wistar byly provedena po podání R/S HHC pomocí gastrické sondy. Hladina obou R/S HHC enantiomerů v potkaním séru byla měřena pomocí LC-MS. Vazebné afinity obou R/S HHC enantiomerů k receptoru CB1 a interakci beta-arestin2-CB1R byly porovnány s Δ 9-THC a WIN 55,212-2. Farmakokinetika ve zvířecím modelu s potkany kmene Wistar a afinitní studie zjistily podobnosti s Δ 9-THC, ale s významnými rozdíly jednotlivých enantiomerů.

Poděkování

Tato práce byla podpořena projektem ministerstva vnitra České republiky (č. projektu VK01010212).

Psychotropic substances in confectionery

The use of cannabis plant dates to ancient China around 2500 BC. Cannabinoids, which are found naturally in plants, have been widely used for recreational and medicinal purposes. Cannabis sativa L. produces more than 150 cannabinoids, which most of them occurred in only trace amounts. Δ 9-THC is the main compound responsible for the psychoactivity of cannabis plant and thus the plant containing higher amount of Δ 9-THC is regulated according the UN Convention. The community of recreational cannabis users rediscovered the very rare natural cannabinoids (R/S)-Hexahydrocannabinol (HHC) as the demand for the legal alternatives of Δ 9-THC. HHC edibles and vape liquids were in the Czech Republic available freely in shops and even vendor machines, which caused a series of intoxications. The recent ban of HHC,



THCP and HHC-O open the market for another semi-synthetic cannabinoids. Although the HHC was firstly synthesized from Δ 9-THC in 1947, the pharmacological study has not been performed so far. We prepared the pure (R) and (S) enantiomers of HHC as an analytical standard for investigation of the level of HHC in gummy bears by LC-MS technique. Pharmacokinetic test in Wistar rats were performed following gastric administration of R/S HHC. The level of both R/S HHC enantiomers in rat's serum was measured using LC-MS. The binding affinities of the both R/S HHC enantiomers to CB1 receptor and beta-arrestin2-CB1R interaction were compared to Δ 9-THC and WIN 55,212-2. Pharmacokinetics and behavioral profile in animal model with Wistar rats figured out similarities with Δ 9-THC but with significant differences of each enantiomers.

Acknowledgment

This work was supported by the Ministry of Interior of the Czech Republic, grant number VK01010212.

L3

VYSOCE PRŮMYSLOVĚ ZPRACOVANÉ POTRAVINY A RIZIKA JEJICH KONZUMACE

Kudlová E.

Ústav hygieny a epidemiologie, 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy

Úvod

Současné vědecké poznatky ukazují, že velký podíl nepřenosných onemocnění souvisí s nesprávným stravováním¹. Stále rostoucí počet publikací naznačuje, že kromě obsahu živin mohou mít na lidské zdraví vliv i způsoby zpracování potravin. Velký zájem je věnován vysoce průmyslově zpracovaným potravinám, definovaným systémem klasifikace potravin NOVA jako průmyslově vyráběné produkty, s malým nebo žádným množstvím nezpracovaných potravin, které jsou charakterizované úpravami a přídatnými látkami, zvyšujícími jejich chutnost a sensorické vlastnosti². Prodej VPZP celosvětově rychle roste, zejména v zemích se středními příjmy. Od roku 2006 do roku 2019 vzrostl prodej VPZP [bez nápojů] ve střední a východní Evropě z 55 na 64 kg/osobu/rok a nápojů z 68 na 77 l/osobu/rok³.

Vyšší konzumace VPZP je systematicky spojována s nižší kvalitou stravy

Opakovaně je systematicky potvrzováno, že vyšší podíl VPZP je spojen s nižší kvalitou stravy. Metaanalýza údajů získaných ze studií národně reprezentativních souborů 13 zemí, s průměrnou konzumací VPZP v rozmezí od 15,9 % (Kolumbie) do 57,5 % (USA) celkového příjmu energie, ukázala, že vyšší spotřeba VPZP byla spojena s vyšším příjmem energie, volných cukrů, celkových tuků a nasycených mastných kyselin a s nižším příjmem vlákniny, bílkovin, draslíku, zinku, hořčíku, vitaminů A, C, D, E, B12 a niacinu. Také se ukázalo, že čím vyšší byla konzumace VPZP, tím nižší byla konzumace zdraví prospěšných potravin, jako je zelenina, luštěniny a ovoce a prakticky všech méně zpracovaných a nezpracovaných potravin⁴. K podobným výsledkům dospěla metaanalýza studií národně reprezentativních souborů dětí a dospívajících z 8 zemí⁵.

Vyšší konzumace VPZP je spojována s nadváhou, obezitou, chronickými onemocněními a celkovou úmrtností

Opakovaně je systematicky potvrzováno, že vyšší podíl VPZP ve stravě je spojen se zvýšenou nemocností a úmrtností na chronická onemocnění. Z četných studií byly vypracovány systematické přehledy a metaanalýzy, které mají z hlediska medicíny založené na důkazech vyšší průkaznost než jednotlivé studie. Zde jako příklad uvádíme dvě publikované práce.



Dicken *et al.*⁶ publikovali přehled 37 observačních longitudinálních studií, které po zohlednění kvality stravy (příjem nasycených tuků, sodíku a přidaného cukru). Všechny studie, kromě jediné, ukázaly významnou souvislost mezi VPZP a zdravotními dopady. Ty zahrnovaly nadváhu, celkovou a břišní obezitu, zvýšený podíl tuku od dětství do rané dospělosti a *diabetes* 2. typu, hyperurikemii, hypertenzi, cerebrovaskulární onemocnění, dyslipidemii, onemocnění koronárních cév, rakovinu prsu, nealkoholické onemocnění jater, snížení funkce ledvin, Crohnovu chorobu, křehkost, depresi a úmrtnost z kardiovaskulárních, cerebrovaskulárních a všech příčin.

Taneri *et al.*⁷ hodnotili souvislost spotřeby VPZP s rizikem úmrtí ze všech příčin ve 40 prospektivních kohortových studiích, zahrnujících téměř 5,8 milionů osob. Riziko úmrtí při nejvyšší spotřebě VPZP bylo o 29 % vyšší než při nízké spotřebě (relativní riziko:1,29, 95% interval spolehlivosti: 1,17-1,42).

Pokračující kontroverze

O tom, zda je vysoce průmyslově zpracovaná strava spojena s negativními zdravotními důsledky jen proto, že nemá dobrou nutriční kvalitu a vytěšňuje zdraví prospěšné potraviny⁴ nebo zda má zdravotní důsledky povaha a rozsah samotného zpracování, se na odborných fórech stále diskutuje^{5,8,9}. Jak ti, kteří jsou pro omezení VPZP^{2,6}, tak kritici klasifikace NOVA⁸⁻¹¹ uznávají, že nutriční kvalita VPZP je důležitým faktorem. Není proto překvapivé, že někteří vysvětlují souvislost konzumace VPZP a negativních zdravotních důsledků horší výživovou hodnotou stravy s vysokým podílem VPZP a horšími stravovacími návyky¹⁰. Většina modelů z prospektivních studií si však zachovává významně zvýšené riziko negativních zdravotních důsledků spojených s konzumací VPZP i po úpravě na uvedené faktory. To naznačuje, že povaha a rozsah zpracování potravin je důležitým faktorem^{6,11}.

Mezi další hlavní námitky kritiků klasifikačního systému NOVA patří:

- 1) Klasifikace VPZP není dostatečně jednoznačná a v zařazování potravin do jejich 4 skupin dochází k omylům¹¹.
- 2) Možné mechanismy působení VPZP na zdraví nejsou dosud jasně pochopeny^{5,8,11}.
- 3) Studie ukazující souvislost konzumace VPZP s negativními zdravotními důsledky jsou, kromě jediné, observační, tedy prokazují pouze souvislost, nikoliv příčinnou souvislost¹².

VPZP ve výživových doporučeních

I přes kritiku klasifikace potravin podle stupně průmyslového zpracování bylo doporučení omezit VPZP zahrnuto do výživových doporučení řady institucí a států. Zpráva FAO, WHO a dalších organizací o stavu potravinové bezpečnosti a výživy ve světě v roce 2022 opakuje mezi zásadami zdravé výživy i následující, těmito organizacemi již dříve publikované prohlášení: „Zdravá strava je založena na velkém množství nezpracovaných nebo minimálně zpracovaných potravin, vyvážených napříč skupinami potravin, přičemž omezuje vysoce zpracované potraviny a nápoje”¹³. Také Státní zdravotní ústav ČR v Zásadách správné výživy uvádí: „Jezte co nejméně průmyslově zpracovaných potravin, jako jsou cukrovinky, uzeniny, slazené nápoje, instantní potraviny a podobně. Vybírejte takové, které obsahují co nejmenší počet aditivních (přídavných) látek“¹⁴.

Závěr

Otázka, zda je příčinou negativních zdravotních důsledků spojených s konzumací velkého podílu VPZP ve stravě povaha a rozsah průmyslového zpracování potravin nebo pouze to, že taková strava nemá dobrou nutriční kvalitu, nebyla dosud uspokojivě zodpovězena. K jejímu objasnění je potřebný další systematický výzkum. Nicméně, vysoký podíl VPZP ve stravě je považován za indikátor nezdravé stravy vzhledem k jeho konzistentní souvislosti s negativními zdravotními důsledky. Proto řada doporučení propaguje jejich omezení ve stravě.

Literatura

1. GBD 2017 Diet Collaborators Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet*, 2017, 393, 1958-1972.
2. Monteiro CA, Cannon G, Lawrence M, et al., Ultra-processed foods, diet quality, and health using the NOVA classification system. 2019, FAO, Rome.
3. Baker P, Machado P, Santos T, et al. Ultra-processed foods and the nutrition transition: global, regional and national trends, food systems transformations and political economy drivers. *Obes Rev* 2020, 21, e13126. [online]. [cit. 4. dubna 2024]. Dostupné z: doi: 10.1111/obr.13126.
4. Martini D, Godos J, Bonaccio M, et al. Ultraprocessed foods and nutritional dietary profile: a meta-analysis of nationally representative samples. *Nutrients* 2021, 13, 3390. [online]. [cit. 4. dubna 2024]. Dostupné z: doi: 10.3390/nu13103390.
5. Neri D, Steele EM, Khandpur N, et al. Ultraprocessed food consumption and dietary nutrient profiles associated with obesity: a multicountry study of children and adolescents. *Obes Rev* 2022, 23 [Suppl 1]:e13387. [online]. [cit. 4. dubna 2024]. Dostupné z: doi: 10.1111/obr.13387.
6. Dicken SJ, Batterham RL. The role of diet quality in mediating the association between ultra-processed food intake, obesity and health related outcomes: a review of prospective cohort studies. *Nutrients*; 2022, 14, 23. [online]. [cit. 4. dubna 2024]. Dostupné z: doi: 10.3390/nu14010023.
7. Taneri PE, Wehrli F, Roa-Díaz ZM, et al. Association Between Ultra-Processed Food Intake and All-Cause Mortality: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Am J Epidemiol*. 2022, 191, 1323-1335.
8. Marino M; Puppo F Del Bo' et al. A systematic review of worldwide consumption of ultra-processed foods: Findings and criticisms. *Nutrients* 2021, 13, 2778. [online]. [cit. 4. dubna 2024]. Dostupné z: doi: 10.3390/nu13082778.
9. Tobias, DK, Hall, KD Eliminate or reformulate ultra-processed foods? *Biological Mechanisms Matter. Cell Metab*. 2021, 33, 2314–2315.
10. Gibney MJ (2020) Ultraprocessed foods and their application to nutrition policy. *Nutr. Today* 55, 16–21.
11. Capozzi F, Magkos F, Fava F, et al. A multidisciplinary perspective of ultra-processed foods and associated food processing technologies: A view of the sustainable road ahead. *Nutrients* 2021, 13, 3948. [online]. [cit. 4. dubna 2024]. Dostupné z: doi: 10.3390/nu13113948.
12. Astrup A, Monteiro CA (2022) Does the concept of "ultra-processed foods" help inform dietary guidelines, beyond conventional classification systems? NO. *Am J Clin Nutr*, 2022, 116, 1482-1488.
13. FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO, The State of Food Security and Nutrition in the World 2022 Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable. [online]. [cit. 4. dubna 2024]. Dostupné z: <https://www.fao.org/publications/sofi/2022/en/> nu14010023.
14. SZÚ (2020) Zásady správné výživy. Národní zdravotnický informační portál. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR 2020. [online]. [cit. 4. dubna 2024]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/173-zasady-spravne-vyzivy>.

L4

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ NUTRIČNÍ HODNOTU VÝROBKŮ Z OVOCE A ZELENINY

Rajchl A.

Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha

Ovoce a zelenina jsou po výživové stránce všeobecně vnímány velmi kladně. V případě ovoce a zeleniny lze vyzdvihnout zejména nízkou energetickou hodnotu a vysoký obsah nutričně cenných látek. Pravidelná konzumace ovoce a zeleniny je také považována za účinnou prevenci vzniku celé řady onemocnění. Nejvyšší nutriční hodnotu má ovoce a zelenina nejčastěji v čerstvém stavu. Díky nízké trvanlivosti ovoce a zeleniny je ale často nutné aplikovat vhodný konzervační zákrok, který nutně vede ke ztrátám některých nutričně cenných látek. Příspěvek přináší přehled vlivu skladování, šlechtění a vybraných způsobů zpracování na nutriční hodnotu ovoce a zeleniny. Diskutovány jsou i možnosti snížení těchto ztrát pomocí optimalizace výrobních procesů.

Factors influencing the nutritional value of fruit and vegetable products

Fruits and vegetables are generally accepted very positively from a nutritional point of view. In the case of fruits and vegetables, the low energy value and high content of nutritionally valuable substances can be highlighted. A regular consumption of fruits and vegetables is also considered an effective prevention of the onset of several diseases. Fresh fruits and vegetables usually have the highest nutritional value. However, due to the low shelf life of fruits and vegetables, it is necessary to apply a suitable preservation procedure, which necessarily leads to the loss of some nutritionally valuable substances. The contribution provides an overview of the influence of storage, breeding and selected methods of processing on the nutritional value of fruits and vegetables. Possibilities of reducing these losses by optimizing production processes are also discussed.

L5

CEREÁLIE AKO VÝZNAMNÝ ZDROJ PRE VÝVOJ INOVATÍVNYCH POTRAVÍN

Bojňanská T. (1), Kolesárová A. (1), Čech M. (1), Bojňanský J. (2)

(1) Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, SPU Nitra

(2) Ústav účtovníctva a informatiky, Fakulta ekonomiky a manažmentu, SPU Nitra

Problematika zabezpečovania kvalitných a nutrične cenných potravín rastlinného pôvodu je stále veľmi aktuálna, a to aj z pohľadu environmentálnych dopadov ich výroby. V rámci produktov rastlinného pôvodu, čo sa týka objemu a nutričnej hodnoty, majú výnimočné postavenie cereálie, ktorých využívanie ako základných surovín na výživu ľudí siaha do veľmi ďalekej minulosti. Základnou obilninou pestovanou na Slovensku a používanou na produkciu základných potravín je pšenica, ktorej zrno je primárne spracovávané v mlynoch na mlynské frakcie využívané na produkciu potravín, predovšetkým chleba a pečiva, pekárenských a cukrárenských produktov, ale aj cestovín. Jednou z možností zatriktívnenia cereálnych výrobkov je aplikácia nepekárenských prísad do klasických pekárenských múk, ktorých základom je pšenica, resp. pšenica a raž. Dizajnovanie základných potravín s cieľom zlepšiť ich nutričný profil je potenciálnou cestou inovácie potravín. Pridávanie nepekárskych surovín ku klasickým múkam umožňuje namodelovať kompozitné múky, ktoré obsahujú buď zaujímavé suroviny v relatívne neupravenom stave, väčšinou homogenizované, alebo priamo cenné látky izolované z rôznych surovín, ktoré je možné veľmi cielene a exaktne dávkovať. Veľmi zaujímavou a perspektívnou skupinou surovín sú napr. pseudocereálie, z ktorých bude pozornosť venovaná pohánke. Ďalšou skupinou u nás bežne pestovaných rastlín sú strukoviny, pre ktoré je typický vysoký obsah bielkovín v semenách. Ich aplikácia potenciálne prináša aj ďalšie nutričné benefity, minimálne zvyšuje podiel vlákniny v chlebe a pečive. Okrem surovín pestovaných v relatívne veľkých množstvách majú potenciálny význam aj suroviny ako pestrec mariánsky, konopné semená, sušené plody drobného ovocia, zelené časti rastlín, prípadne v rámci cirkulárnej ekonomiky vedľajšie produkty spracovania surovín, napr. výlisky zo slnečnicových semien, prípadne výlisky z iných olejnatých rastlín a pod. Pridávanie nepekárskych surovín však z technologického hľadiska prináša viacero problémov, ktoré je potrebné identifikovať a vyriešiť. V prednáške budú prezentované vybrané výsledky výskumov, v rámci ktorých boli overované prídavky nepekárskych surovín a bol sledovaný ich technologický, prípadne aj nutričný vplyv na finálne produkty.

Cereals as an important resource for the development of innovative foods

The issue of ensuring high-quality and nutritionally valuable foods of plant origin is still very topical, also from the point of view of the environmental impacts of their production. Within products of plant origin, in terms of volume and nutritional value, cereals have an exceptional position, the use of which as basic raw materials for human nutrition dates to the very distant past. The basic grain grown in Slovakia and used to produce staple foods is wheat, the grain of which is primarily processed in mills into mill fractions used for food production, primarily bread and pastries, bakery, and confectionery products, but also pasta. One of the options for making cereal products more attractive is the application of non-bakery ingredients to classic bakery flours, the basis of which is wheat or wheat and rye. Designing staple foods to improve their nutritional profile is a potential avenue for food innovation. Adding non-bakery raw materials to classic flours makes it possible to model composite flours that contain either interesting raw materials in a relatively unmodified state, mostly homogenized, or directly valuable substances isolated from various raw materials, which can be very targeted and precisely dosed. A very interesting and promising group of raw materials are e.g. pseudocereals, of which the focus will be on buckwheat. Another group of commonly grown plants in our country are legumes, which are characterized by a high protein content in their seeds. Their application potentially also brings other nutritional benefits, at least it increases the proportion of fibre in bread and pastries. In addition to raw materials grown in relatively large quantities, raw materials such as milk thistle, hemp seeds, dried small fruits, green parts of plants. In the framework of the circular economy, by-products of processing raw materials, such as press from sunflower seeds, or press from other oleaginous plants, etc. are also potentially important. Considering a technological point of view, the addition of non-bakery ingredients brings, however, several problems that need to be identified and solved. In the lecture, selected research results will be presented, in which the additions of non-bakery raw materials were verified and their technological and, possibly, nutritional impact on the final products was monitored.

L6

KVALITA PITNÉ VODY PŘI VÝROBĚ POTRAVIN

Kožíšek F.

Státní zdravotní ústav, Praha

Přednáška podává základní informace o způsobu zásobování pitnou vodou a jejím legislativním rámci v České republice (ČR). Dále podává přehled o kvalitě dodávané pitné vody a o reálných či nejčastějších zdravotních rizicích z pitné vody, která v ČR hrozí. Na okraj se také zabývá některými zvláštními druhy úpravy vody a inovativními druhy balených vod. Závěrem seznamuje posluchače s prvním reprezentativním průzkumem spotřeby kohoutkové a balené vody v ČR.

Drinking water quality in food production

The lecture provides basic information about the drinking water supply and its legislative framework in the Czech Republic (CR). It also gives an overview of the quality of the supplied drinking water and the real or most common health risks from drinking water in the CR. In the margin, it also deals with some special types of water treatment and innovative types of bottled water. Finally, it introduces the audience to the first representative survey of tap and bottled water consumption in the Czech Republic.

BOJÍTE SE GENŮ? FAKTA A MÝTY O GMO

Zdeňková K., Lencová S. a Demnerová K.

Ústav biochemie a mikrobiologie, VŠCHT Praha
Biotrin z.s.

Geneticky modifikované organismy (GMO) jsou v dnešní době často diskutovaným tématem. Pro řadu lidí jsou GMO velkým strašákem, přestože o nich nemají dostatečné množství informací, aby mohli jejich (ne)bezpečnost hodnotit. Co tedy je na spekulacích typu: „Když sním GMO, budu i já geneticky pozměněný,“ pravdy?

V prezentaci budou uvedeny příklady technik molekulární biologie, které se používají při přípravě GMO, včetně nejmodernější technologie CRISPR, a shrnuty GMO používané ve výzkumu i praxi. Nebude vynecháno ani označování GMO nevyjímaje označení GMO FREE, zajímavosti z aktivit sítě laboratoří zabývajících se v EU detekcí a kvantifikací GMO (ENGL) i aktivity sdružení Biotrin z.s.

Are you afraid of genes? Facts about Genetically Modified Organisms (GMOs)

Genetically modified organisms (GMOs) are a frequently discussed topic these days. For many people, GMOs are a great scare, even though they do not have enough information about them to be able to evaluate their (un)safety. So what is true about speculations such as "If I eat GMOs, I will also be genetically modified"?

The presentation will include examples of molecular biology techniques that are used in the preparation of GMOs, including state-of-the-art CRISPR technology, and a summary of GMOs used in research and practice. GMO labelling will not be left out, not excluding the GMO FREE label, interesting things from the activities of the network of laboratories dealing with the detection and quantification of GMOs in the EU (ENGL) and the activities of the Biotrin z.s. association.



BIFIDOBAKTERIE JAKO PROBIOTIKA VE VÝŽIVĚ ČLOVĚKA

Neužil Bunešová V.

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU v Praze

Bifidobakterie jsou typickým komenzálem lidské střevní mikrobioty s probiotickým potenciálem. Mnoho studií podporuje jejich prospěšnost a jejich zařazení do jídelníčku má jasná opodstatnění. Bifidobakteriální kmeny se staly běžnou součástí probiotických potravin, doplňků stravy a dalších produktů. Bifidobakterie jsou dominantně zastoupenými mikroorganismy ve střevě zdravých kojených novorozenců. Tím že jsou považovány za bezpečné a mají vysokou schopnost kolonizovat kojenecké střevo, přispívají tak k zachování mikrobiální rovnováhy ve střevě v pozdějších fázích života jedince. I proto jsou široce používány jako probiotika s preventivním a terapeutickým účelem u novorozenců a kojenčů, včetně nedonošených dětí, kde mohou být chybějícím taxonem. Jejich použití má opodstatnění i u dospělých. Bifidobakterie tak působí jako doplněk k prevenci komplikací a zlepšení celkového zdravotního stavu svého hostitele. Kmeny náležící k *Bifidobacterium animalis*, *B. breve*, *B. longum* a v menší míře i *B. adolescentis* představují nejčastěji používané probiotické druhy bifidobakterií. V mléčných produktech jsou často použity známé komerční kmeny jako *B. animalis* subsp. *lactis* BB-12 či *Bifidus ActiRegularis*® CNCM I-2494. Zatímco druh *B. breve* BR03 je součástí probiotických doplňků pro kojence, již zmíněný poddruh *B. animalis* subsp. *lactis* CNCM I-3446 a/nebo *B. longum* subsp. *infantis* LMG 11588 jsou součástí náhradní dětské výživy. Bifidobakteriálních druhů typických pro člověka nebo izolovaných z potravin je však více. Jejich druhově a kmenově specifické vlastnosti skýtají celou řadu funkcí, které díky budoucímu výzkumu mohou přinést jak hostitelské benefity, tak uplatnění v technologickém procesu jejich přípravy.

Bifidobacteria as probiotics in human nutrition

Bifidobacteria are a typical commensal of the human intestinal microbiota with probiotic potential. Many studies support their benefits, and their inclusion in the diet has clear justifications. Bifidobacterial probiotics have become common in foods, dietary supplements, and other products. Bifidobacteria are dominantly represented microorganisms in the gut of healthy breastfed newborns. Since they are considered safe and have a high ability to colonize the infant's gut, they contribute to maintaining the microbial balance in the gut in the later stages of the host's life. That is why they are widely used as probiotics with preventive and therapeutic purposes in newborns and infants, including premature babies, where they may be a missing taxon. Their use is also justified in adults. Bifidobacteria thus act as a supplement to prevent complications and improve the overall health of its host. Strains belonging to Bifidobacterium animalis, B. breve, B. longum and, to a lesser extent, B. adolescentis represent the most used probiotic species of bifidobacteria. Known commercial strains such as B. animalis subsp. lactis BB-12 or Bifidus ActiRegularis® CNCM I-2494 are often used in dairy products. While the species B. breve BR03 is part of probiotic supplements for infants, the already mentioned subspecies B. animalis subsp. lactis CNCM I-3446 and/or B. longum subsp. infantis LMG 11588 of the infant nutrition. However, more bifidobacterial species are typical for humans or were isolated from food. Their species- and strain-specific properties provide a whole range of functions that, thanks to future research, can bring both host benefits and applications in the technological process of their preparation.

POROVNÁNÍ NUTRIČNÍ A SENZORICKÉ HODNOTY MLÉČNÝCH VÝROBKŮ A JEJICH ROSTLINNÝCH ALTERNATIV

Doležal M. (1), Gregorová E. (2), Rajmicová L. (1), Hanuš A. (1), Nakonechna K. (1), Horáčková Š. (3), Ilko V. (1), Panovská Z. (1)

(1) Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

(2) III. interní klinika – klinika endokrinologie a metabolismu 1. LF UK a VFN

(3) Ústav mléka, tuků a kosmetiky, VŠCHT Praha

Úvod

Zájem o rostlinné alternativy živočišných potravin v posledních letech výrazně roste, je však otázkou, do jaké míry jsou tyto rostlinné potraviny schopné živočišné výrobky nahradit – ať už z hlediska nutriční, tak z hlediska organoleptických vlastností¹. Tyto alternativy rostlinného původu jsou vyráběny z širokého spektra rostlinných zdrojů – od cereálií přes skořápkové plody, semena až po luštěniny. Důvodů, proč stále více lidí vyhledává tyto produkty, je více. Jde například o některé zdravotní obtíže, kterými trpí značná část populace. Jedná se například o laktózovou intoleranci² nebo alergii na bílkovinu kravského mléka. Další pohnutkou pro vyhledávání alternativ mléka a mléčných výrobků je také rostoucí trend veganství, vitariánství, frutariánství a dalších alternativních způsobů stravování. Důvodem k přechodu konzumentů od živočišného mléka a mléčných výrobků k jejich rostlinným alternativám jsou také v současnosti stále diskutovanější obavy o životní prostředí. Současné prognózy počítají do budoucna se stálým růstem světové populace a čím dál více lidí se obává neúměrného využití plochy půdy, nadměrného využití vody, emisí oxidu uhličitého a dalších problémů týkajících se mlékárenského průmyslu a hospodářských velkochovů³.

Jsmo přesvědčeni, že je potřeba nejen o těchto nových produktech informovat, ale též jejich jakost monitorovat a porovnat, což je i cílem této práce.

Experimentální část

Pro laboratorní testování byly zakoupeny vzorky v tržní síti České republiky v letech 2022 až 2024. První soubor vzorků obsahoval šest vzorků rostlinných alternativ smetan na vaření (S01-S05 a S07) a jeden částečně rostlinný směsný vzorek (S06). Druhý soubor obsahoval tři vzorky rostlinných alternativ plísňových sýrů P01 – P03, tři vzorky sýrů gouda (označeny kódy G01 – G03), tři vzorky rostlinných alternativ sýrů mozzarella M01 – M03 a čtyři vzorky rostlinných alternativ čedaru Č01 – Č04. Třetí soubor obsahoval 10 vzorků kysaných alternativ jogurtů (J01-J10). Pro stanovení celkového množství tuků u vzorků s vyšším obsahem vody, lipoproteinů, bílkovin a sacharidů (alternativy smetan, jogurtů) bylo využito extrakce kapalina-kapalina (LLE) podle postupu Röse-Gottlieba. Pro stanovení celkového množství lipidů v alternativách sýrů bylo využito extrakčního postupu podle Soxhleta. Zastoupení mastných kyselin (MK) bylo stanoveno po jejich esterifikaci na methylestery metodou plynové chromatografie za použití plamenově-ionizačního detektoru (GC/FID) dle ČSN 56 0146. Z důvodu ověření spolehlivosti výsledků bylo provedeno šest paralelních stanovení vybraného vzorku. Opakovatelnost metody vyjádřená jako relativní směrodatná odchylka (RSD) u žádné metody nepřesáhla 5 %. Organoleptické vlastnosti vzorků byly posuzovány v Senzorické laboratoři VŠCHT Praha, která je vybavena podle příslušné mezinárodní normy ISO 8589, 12členným panelem zaškolených hodnotitelů. K hodnocení byly použity grafické lineární nestrukturované orientované stupnice s deskriptory: příjemnost vůně, příjemnost chuti (0 % nepříjemná-100 % velmi příjemná) a intenzita pachutí (0 % - nezatelná-100 % velmi



silná). K celkovému hodnocení byla použita ordinální kategorová stupnice (1-vynikající, 2-velmi dobrý, 3-dobrá, 4-ještě přijatelný, 5-nepřijatelný) doplněná volným slovním popisem. Získaná data byla následně statisticky zpracována pomocí počítačových programů Excel (Microsoft Corp.) a Statistica (StatSoft, Inc.) jednofaktorovou analýzou rozptylu se Scheffeovým post-hoc testem. Rozdíly byly považovány za významné ve všech případech pro interval spolehlivosti 95 % ($p < 0,05$).

Výsledky a diskuse

Stanovený obsah sušiny, tuku a bílkovin včetně deklarovaných hodnot v alternativách smetan, sýrů a jogurtů je uveden v Tabulce I.

Obsah sušiny se u všech kategorií pohyboval ve značném rozpětí. Alternativy smetan S01, S02, S03 a S05 obsahovaly méně tuku ($< 9\%$) než běžně dostupné smetany na vaření z mléka. Alternativy smetan na vaření S04, S06 a S07 obsahovaly značně více tuku ($> 17\%$) než jejich mléčné předlohy. Ze vzorků alternativ smetan (S01-S07) obsahoval nejméně bílkovin vzorek S05 (ovesná alternativa smetany), pouze 0,34 %. Méně než 1 % bílkovin také obsahovaly vzorky S01 (kokosová alternativa smetany) a S03 (konopná alternativa smetany). Mandlová alternativa smetany (vzorek S02) obsahovala 1,13 % bílkovin. Částečně rostlinný vzorek S06, který obsahoval sušené podmásli a sušené odstředěné mléko, obsahoval 1,81 % bílkovin. Vzorky S04 a S07, což jsou výrobky sójové, obsahovaly bílkovin nejvíce, téměř 3 %. Výsledky nelze dostatečně diskutovat z důvodu absence odborných publikací, které by se zabývaly obsahem bílkovin v alternativách smetan. Výsledky ale korespondují se studii zabývajícími se obsahem proteinů v rostlinných nápojích^{4,5}.

Co se týká alternativ sýrů, tak nejméně vody obsahoval vzorek P03, což je zejména z důvodu extrémně vysokého obsahu tuku v tomto výrobku. Vzorky alternativ plísňových sýrů se mezi sebou také značně lišily obsahem tuku. Vzorek P02 obsahoval 18,1 % tuku a byl nejméně tučným ze všech analyzovaných alternativ sýrů, zatímco vzorek P01 obsahoval 26,6 % a vzorek P03 dokonce 48,3 % tuku. Vzorek P03 byl nejučňejší ze všech stanovovaných vzorků. Sýry s plísní na povrchu z mléka obsahují méně tuku, např. Batty *et al.*⁶ analyzovali pět vzorků sýrů s plísní na povrchu. Průměrný obsah tuku stanovili na 23 %. Vzorky alternativ sýrů gouda byly podobně tučné, v průměru obsahovaly 23,2 % tuku. Sýr gouda z mléka obsahuje tuku zpravidla více, Jo *et al.*⁷ provedli rozsáhlou analýzu 36 sýrů gouda, průměrný obsah tuku činil zhruba 31 %. Z alternativ sýrů mozzarella byl nejméně tučný vzorek M03, který obsahoval 18,5 % tuku. Nejvíce tučná alternativa mozzarely byl vzorek M01, který obsahoval 23,8 % tuku. Dle dostupných literárních zdrojů je tento rozsah u sýrů mozzarella z mléka podobný. Jeewanthi *et al.*⁸ stanovili obsah tuku v mozzarelle z kravského mléka na 18 %. Z alternativ čedarů byl nejméně tučný vzorek Č04, který obsahoval 18,8 %. Nejučňejší pak byl vzorek Č03, který obsahoval 24,1 % tuku. Vzorek P01 z mandlí a makadamových ořechů obsahoval 12,8 % bílkovin, P02 z rýže 3,1 % a P03 z kešu ořechů 6,5 % bílkovin. Ačkoli alternativy plísňových sýrů (P01 – P03) obsahovaly průměrně nejvíce bílkovin ze všech měřených alternativ sýrů, oproti sýrům s plísní na povrchu z mléka je to velmi málo. Sýry s plísní na povrchu z mléka obsahují 15 – 22 % bílkovin⁶. Alternativy sýrů gouda, mozzarella a čedar obsahovaly proteinu jen velmi málo, s výjimkou M02, který obsahoval 5,22 % bílkovin, a vzorku Č02, který byl fortifikovaný extraktem hráškového proteinu a obsahoval 1,60 % bílkovin. Oproti sýrům z mléka, které obsahují 20 – 30 % bílkovin, je to velmi málo.



Tabulka I Přehled parametrů ve vzorcích alternativ smetan, sýrů a jogurtů

Vzorek	Stanovený obsah	Deklarovaný	Stanovený	Deklarovaný	Stanovený obsah
	sušiny	obsah tuku	obsah tuku	obsah bílkovin	bílkovin
	[g/100 g vzorku]	[g/100 g vzorku]	[g/100 g vzorku]	[g/100 g vzorku]	[g/100 g vzorku]
S01	9,4	7,3	7,1	0,5	0,45
S02	10,9	8,5	8,5	1,3	1,13
S03	10,2	7,9	7,5	0,5	0,52
S04	32,5	17,0	17,6	3,0	2,80
S05	15,6	7,4	7,5	0,4	0,34
S06	25,0	19,0	17,9	1,8	1,81
S07	30,3	21,0	20,7	3,2	2,96
P01	68,0	32,0	26,6	11,0	12,80
P02	80,9	19,1	18,1	3,2	3,10
P03	56,9	43,1	48,3	6,0	6,50
G01	76,0	24,0	23,7	<0,5	0,18
G02	76,0	24,0	23,4	0,0	<LOQ
G03	79,0	21,0	22,6	0,0	<LOQ
M01	76,0	24,0	23,8	<0,5	0,39
M02	79,0	21,0	22,0	5,0	5,22
M03	79,0	21,0	18,5	0,0	<LOQ
Č01	77,0	23,0	20,3	0,0	<LOQ
Č02	76,0	24,0	22,9	1,6	1,60
Č03	76,0	24,0	24,1	0,0	<LOQ
Č04	81,0	19,0	18,8	0,7	0,66
J01	8,4	2,3	2,9	4,0	3,54
J02	14,7	7,0	8,1	1,0	0,90
J03	12,6	8,2	9,2	0,5	0,87
J04	9,2	3,5	4,2	1,5	1,79
J05	8,8	2,1	3,1	4,80	4,29
J06	23,9	1,5	1,6	4,0	3,86
J07	18,2	10,6	11,4	4,4	3,75
J08	8,6	3,2	4,1	4,4	2,46
J09	9,9	3,3	3,0	0,5	0,72
J10	13,6	7,7	8,1	0,6	0,75

LOQ=limit kvantifikace



Naměřené hodnoty sušiny a tuku v rostlinných alternativách i v jogurtu z kravského mléka jsou velmi podobné a shodují se s hodnotami uvedenými v dostupné literatuře. Nejvyšší obsah bílkovin byl naměřen u vzorku J05, alternativy na bázi sóji, s obsahem bílkovin 4,29 %. Nízký obsah pod 1 % měly alternativy na bázi kokosu (J02, J03, J10) a mandlí (J09).

V Tabulce II jsou zaznamenány profily MK ve vzorcích alternativ smetan. Vzorek S01 (kokosová alternativa smetany) má profil MK typický pro kokosové výrobky – celkový obsah nasycených MK (SFA) je v tomto výrobku více než 94 %, přičemž zde dominuje kyselina laurová (48,4 %) a kyselina myristová (19,1 %). Složení tuku vzorku S03 (konopná alternativa smetany) odpovídá deklarovanému bezerukovému řepkovému oleji. Obsah kyseliny γ -linolenové a také přítomnost kyseliny stearidonové v tomto oleji jsou důkazem, že výrobek obsahoval olej z konopných semínek. Vzorek číslo S04 (sójová alternativa smetany) obsahoval sójový olej. Vzorek S05 (ovesná alternativa smetany) má profil tuku běžný pro slunečnicový olej. Výrobek S06 byl poněkud specifický; nebyl čistě rostlinnou alternativou. Obsahoval plně ztužený palmový tuk, kokosový tuk a tuk mléčný. Podíl SFA je zde velmi vysoký, takřka 95 %. Tento výrobek také obsahuje zvýšené množství trans-nenasycených MK (TFA). Velmi zajímavý byl výrobek S07 ze sóji. Výrobce pochybil a na obalu deklaroval pouze „rostlinný olej“, který ale nebyl dále specifikován. Zastoupení MK odpovídá oleji řepkovému.

Tabulka II Zastoupení mastných kyselin (jako % celkových mastných kyselin) v alternativách smetan

Mastná kyselina	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07
Kaprylová	8,50	0,01	0,01	0,02	0,01	4,97	0,01
Kaprinová	6,15	<LOQ	0,01	<LOQ	<LOQ	4,27	0,01
Laurová	48,4	0,01	0,03	0,01	0,01	45,1	0,02
Myristová	19,1	0,13	0,13	0,12	0,17	16,9	0,09
Palmitová	7,70	5,57	5,03	10,0	6,71	9,62	4,55
Stearová	3,20	2,65	2,25	5,37	3,38	13,0	1,73
Arachová	0,09	0,22	0,56	0,42	0,26	0,19	0,57
Olejová	5,05	75,9	55,3	23,3	31,0	3,53	61,5
Linolová (LA)	0,85	12,9	24,1	51,1	55,7	0,85	18,9
α -Linolenová (ALA)	0,00	0,04	7,38	5,78	0,23	0,01	6,62
Nasycené MK celkem	94,0	9,48	8,78	16,7	11,7	94,6	7,77
Monoenové MK celkem	5,13	77,5	58,4	25,3	32,1	3,70	66,3
Polyenové MK celkem	0,85	12,9	32,3	57,0	56,0	0,86	25,6
Trans isomery MK celkem	0,01	0,14	0,48	1,01	0,23	0,80	0,31
Omega-6 MK celkem	0,85	12,9	24,7	51,1	55,7	0,85	18,9
Omega-3 MK celkem	0,00	0,04	7,57	5,78	0,23	0,01	6,62

V Tabulce III jsou uvedeny výsledky obsahu jednotlivých MK v procentech ve vzorcích alternativ sýrů. Ve vzorku P01 z kešu (50 % obsahu) a makadamových ořechů (1,5 % obsahu) měla nejvyšší zastoupení kyselina olejová (58,9 %). Druhou nejvíce zastoupenou MK oleje tohoto výrobku byla kyselina linolová (16,0 %). Tyto hodnoty jsou typické pro olej z kešu ořechů. Mírně zvýšený obsah kyseliny palmitolejové (0,79 %) ve výrobku P01 koresponduje

s deklarovaným přídavkem makadamových oříšků, pro které je tato MK typická. Tuk vzorku P03 sestává z kombinace kokosového tuku a oleje kešu ořechů. Všechny ostatní vzorky alternativ sýrů, tedy veškeré vzorky sýrů gouda, sýrů mozzarella a sýrů čedar mají profil tuku zcela typický pro kokosový olej, přičemž jen asi 14 % tvoří nasycené MK se středně dlouhým řetězcem a 76 % kyseliny s dlouhým řetězcem (zejm. kyseliny laurová, myristová, palmitová a stearová), které jsou značně aterogenní. Oproti tomu v mléčném tuku tvoří nasycené MK se středně dlouhým řetězcem zhruba 10 % a 55-59 % kyseliny s dlouhým řetězcem.

Tabulka III Zastoupení mastných kyselin (jako % celkových mastných kyselin) v alternativách sýrů

Mastná kyselina	P01	P02	P03	G01	G02	G03	M01	M02	M03	Č01	Č02	Č03	Č04
Kaprylová	0,00	8,04	5,63	8,07	8,30	8,81	7,50	7,43	7,54	9,06	9,23	7,99	8,84
Kaprinová	0,02	5,99	4,27	6,01	6,10	6,07	5,76	5,64	5,70	6,26	6,34	5,64	6,22
Laurová	0,02	45,2	31,6	45,7	45,5	44,0	45,8	42,9	44,0	46,3	46,5	42,8	44,6
Myristová	0,27	18,0	12,3	18,3	17,7	16,5	18,9	16,9	18,0	17,7	17,6	16,7	16,7
Palmitová	4,29	9,01	9,29	9,32	9,51	9,65	9,57	8,99	10,3	8,96	8,78	11,6	8,97
Stearová	14,4	2,79	4,45	2,81	2,76	2,77	2,95	2,81	3,01	2,69	2,62	2,86	2,59
Arachová	1,13	0,11	0,31	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,10	0,08	0,08	0,11	0,09
Olejová	58,9	7,26	23,8	7,02	6,78	8,59	6,64	11,2	8,38	6,33	6,18	8,80	8,78
Linolová (LA)	16,0	2,19	6,04	1,60	2,09	2,23	1,72	2,82	2,03	1,69	1,61	2,68	2,38
Nasycené MK celkem	21,1	90,1	68,6	91,1	90,9	88,9	91,4	85,5	89,2	91,8	92,0	88,3	88,5
Monoenové MK celkem	61,2	7,56	24,7	7,19	6,95	8,81	6,80	11,5	8,62	6,44	6,29	8,97	8,95
Polyenové MK celkem	16,1	2,36	6,10	1,61	2,13	2,27	1,74	2,88	2,07	1,78	1,68	2,76	2,50
<i>Trans</i> isomery MK celkem	1,63	0,02	0,64	0,09	0,07	0,06	0,07	0,09	0,08	0,01	0,01	0,02	0,01
Omega-6 MK celkem	4,29	2,19	6,04	1,60	2,09	2,23	1,72	2,82	2,03	1,69	1,61	2,68	2,38
Omega-3 MK celkem	0,07	0,17	0,06	0,01	0,02	0,01	0,02	0,05	0,02	0,06	0,06	0,08	0,10

V Tabulce IV jsou uvedeny výsledky obsahu jednotlivých MK v procentech ve vzorcích alternativ jogurtů. První skupinu představují sójové alternativy (J01, J05, J08), u nichž převažují významně nenasycené MK nad nasycenými a jako jediné jsou nutričně významným zdrojem omega-3 MK. Druhou skupinu na opačné škále spektra tvoří kokosové alternativy (J02, J03, J10) s významnou převahou nasycených MK. Mononenasycené MK byly zastoupeny v jednotkách procent, polynenasycené MK 1,1 % a méně. Nejvíce zastoupenou MK byla kyselina laurová s obsahem pohybujícím se okolo 50 %. Třetí skupinou jsou alternativy na bázi skořápkových plodů - kešu (J04) a mandlí (J07, J09) s dominantní kyselinou olejovou. U alternativy na bázi ovsa (J06) byly nejvíce zastoupeny polynenasycené MK s malým podílem α -linolenové kyseliny.

Obsah *trans* isomerů mastných kyselin byl napříč rostlinnými alternativami nízký oproti hodnotám uváděným⁹ pro mléčný tuk 2-8 %.

V rámci senzorické analýzy smetan bylo hodnoceno celkem devět vzorků (viz Tab.IV). Vzorek označený kódem S08 byl vzorek smetany na vaření s obsahem tuku 12 %. Vzorek S09 byl vzorek smetany ke šlehání s obsahem tuku 31 %. Výsledky profilové analýzy ukázaly velký rozdíl v celkovém dojmu z výrobků (od takřka nepoživatelného až po velice chutný), ale také v konzistenci výrobku (od hustého až po velmi řídký) a dalších parametrech. V rámci

senzorické analýzy smetan byly hodnotiteli jako celkově nejlepší hodnoceny vzorky S08 a S09, tedy vzorky z kravského mléka, spolu se vzorkem S06, který je ale značně specifický, není totiž čistě rostlinného původu. Obsahuje sušené podmásli (3,2 %), sušené odstředěné mléko (2 %), přidaný disacharid laktózu a aroma obsahující mléko. Vzorky S04 a S07 ze sóji byly hodnoceny jako průměrné či podprůměrné a hodnotitelé v nich identifikovali fazolovou či bobovitou pachut'. Celkově nejhůře hodnocený byl vzorek S03, tedy vzorek alternativy z konopných semínek, což do značné míry koreluje s jeho značně hořkou chutí.

Tabulka IV Zastoupení mastných kyselin (jako % celkových mastných kyselin) v alternativách jogurtů

Mastná kyselina	J01	J02	J03	J04	J05	J06	J07	J08	J09	J10
Kaprylová	0,10	7,77	11,94	0,08	0,08	0,14	0,46	1,86	0,36	9,08
Kaprinová	0,05	6,26	8,70	0,06	0,06	0,10	0,30	1,33	0,26	6,28
Laurová	0,38	47,84	53,75	0,44	0,39	0,64	2,30	9,76	1,86	48,14
Myristová	2,77	18,88	15,38	1,35	1,96	5,43	1,50	5,38	1,65	19,05
Palmitová	10,63	8,61	4,87	9,23	11,82	15,80	6,42	10,21	6,13	7,26
Stearová	3,93	3,18	1,35	8,99	4,79	1,90	1,92	4,12	3,65	2,90
Arachová	0,35	0,09	0,04	0,64	0,39	0,15	0,09	0,34	0,14	0,08
Olejová	20,21	5,26	2,30	59,62	21,61	32,57	59,53	17,53	65,25	5,18
Linolová (LA)	52,23	1,05	0,37	17,58	49,62	38,57	25,12	42,60	18,45	0,92
α -Linolenová (ALA)	6,91	0,03	0,01	0,15	6,80	1,58	0,13	4,60	0,11	0,01
Nasyčené MK celkem	18,9	93,5	97,3	21,3	20,2	24,8	13,1	33,8	14,2	93,8
Monoenové MK celkem	21,8	5,4	2,4	60,9	23,3	35,0	61,5	18,9	67,1	5,3
Polyenové MK celkem	59,2	1,1	0,4	17,7	56,5	40,2	25,3	47,3	18,6	0,9
<i>Trans</i> isomery MK celkem	0,11	0,03	0,01	0,11	0,10	0,10	0,07	0,10	0,11	0,01
Omega-6 MK celkem	52,2	1,1	0,4	17,6	49,6	38,6	25,1	42,6	18,5	0,9
Omega-3 MK celkem	6,91	0,03	0,01	0,15	6,80	1,58	0,13	4,60	0,11	0,01

Pro senzorickou analýzu plísňových sýrů byly ke třem alternativám (P01 – P03) přidány k hodnocení dva vzorky z mléka kravského (vzorky P04, P05). Vzorek P01, byl svým vzhledem, silnou kůrkou a dalšími parametry poměrně zdařilou imitací sýru s plísní na povrchu. Obdobně jako v případě pravých sýrů i tento výrobek vykazoval mírně silnou až silnou vůni čerstvých hub a také mírně silnou sklepní/zemitou vůni. Jeho chuť však negativně ovlivnila výrazná pálivá chuť. Výsledky profilového hodnocení alternativ plísňových sýrů ale ukázaly, že ve většině parametrů příjemnosti a zejména v texturních vlastnostech, mají výrobci rostlinných alternativ plísňových sýrů co zlepšovat. Elasticita výrobků a příjemnost textury byly zásadní atributy výrobků, v nichž byly pozorovány skutečně extrémní rozdíly mezi výrobky živočišnými a rostlinnými. Z analýzy senzorického profilu sýrů gouda bylo patrné, že i zde jsou velké rozdíly v textuře jednotlivých výrobků. Z analýzy rozptylu vyplynulo, že existoval statisticky významný rozdíl v drobnosti, příjemnosti textury, příjemnosti vůně, příjemnosti chuti a intenzitě sýrové chuti mezi výrobky „pravými“ (G04 a G05) a jejich alternativami. Rostlinné alternativy sýrů byly posuzovateli hodnoceny jako spíše tvrdší, nepřirozeně pružné (gumové). Nerozplývaly se v ústech, část hodnotitelů zaznamenala výrazné aroma kyseliny máselné či butan-2,3-dionu (biacetylu). Část hodnotitelů v rostlinných

výrobcech správně identifikovala chuť kokosu. Z profilového hodnocení rostlinných alternativ mozzarella bylo na první pohled patrné, že se vyznačují velmi špatnými parametry textury. Rostlinné výrobky byly hodnoceny jako příliš tvrdé a nepřirozeně drobné. Vůně rostlinných výrobků byla hodnocena spíše negativně, chuť byla popisovaná jako prázdňá a umělá, příliš kyselá a celkově neharmonická. V rámci sensorického hodnocení alternativ čedarů bylo zakoupeno celkem šest vzorků – čtyři vzorky rostlinného původu (Č01 – Č04) a dva vzorky Č05 a Č06 z mléka. Výsledky profilového hodnocení vzorků čedarů ukázaly, že obdobně jako v případě jiných alternativ sýrů, i v případě alternativ čedarů byly oproti výrobkům z pravého mléka hůře hodnoceny parametry vzhledu, vůně i chuti výrobků. Vzhled čedarů z rostlinných zdrojů byl hodnotiteli často hodnocen jako příliš kompaktní a nepřirozeně homogenní. U obou čedarů z mléka bylo kladně hodnoceno viditelné mramorování výrobků. Vůně rostlinných výrobků, zejména vzorku Č03, byla popisovaná jako spíše nepříjemná, příliš intenzivní, syntetická, s vyvstávajícím aromatem kyseliny máslé nebo biacetylů. Textura rostlinných výrobků byla hodnocena velmi záporně. Vzorek Č02 obsahuje modifikované škroby a izolát hrachového proteinu (1,5 %). Jeho textura byla popisovaná jako velmi moučná, silně drobná. Taktéž chuť rostlinných alternativ byla hodnocena spíše záporně. Hodnotitelé chuť popisovali jako čpavou, palčivou nebo octovou.

U alternativ jogurtů vykazovaly největší rozdíly v rámci sensorického hodnocení texturní vlastnosti konzistence (viskozita) a hrudkovitost. Velké rozdíly byly také u intenzity kyselé chuti. Z hlediska celkové příjemnosti chuti byly nejlépe hodnoceny vzorky se střední intenzitou kyselosti. Samotná příjemnost chuti byla spíše nižší napříč vzorky, významnou roli zde hrála přítomnost pachutí s místy velmi vysokou intenzitou hořké chuti – vzorek J07 na bázi mandlí byl vnímán jako vzorek s nejvyšší intenzitou hořké chuti ze všech 10 vzorků.

Závěr

V rámci nutričního hodnocení lze konstatovat, že rostlinné vzorky obsahují méně bílkovin než vzorky mléčné, obsah tuku obou souborů byl podobný. Složení MK výrobků na bázi kokosu by se dalo označit za spíše nepříznivé z důvodu velkého podílu nasycených MK, u vzorků na bázi jiných olejů (např. řepkového, sójového) lze ocenit naopak vysoký podíl nenasycených MK. V některých vzorcích byl stanoven významný podíl pozitivně působících omega-3 MK, jejichž obsah je v mléčném tuku zanedbatelný. Při hodnocení lze přihlídnout i na přítomnost antinutričních látek, které výrazně ovlivňují využitelnost některých živin a na rozdíl od mléka a mléčných výrobků obvykle nízký obsah vápníku. Sensorické hodnocení odhalilo velké nedostatky rostlinných alternativ v podobě přítomnosti pachutí, hořké chuti, příjemnosti textury a vůně. Lze konstatovat, že analyzované rostlinné alternativy mléčných výrobků mají v konečném důsledku zatím nižší nutriční i sensorickou jakost.

Poděkování

Tato práce byla realizována za podpory projektu Specifického vysokoškolského výzkumu, projekt č. AI_FPBT_2024_006.

Literatura

1. Kopf-Bolan, K.; Sousa, A., Nutritional Implications of an Increasing Consumption of Non-Dairy Plant-Based Beverages Instead of Cow's Milk in Switzerland. *J. Adv. Dairy Res.*, 2017, 05-10.
2. Guandalini, S.; Newland, C., Differentiating Food Allergies from Food Intolerances. *Curr. Gastroenterol. Rep.*, 2011, 13, 426-437.
3. UN; Water, Food and Energy. [online]. [cit. 4. června 2024]. Dostupné z: <https://www.unwater.org/water-facts/water-food-and-energy/>.
4. Mäkinen, O. E.; Wanhalinna, V.; Zannini, E.; Arendt, E. K., Foods for Special Dietary Needs: Non-dairy Plant-based Milk Substitutes and Fermented Dairy-type Products. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2016, 56, 339-49.
5. Vanga, S. K.; Raghavan, V., How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk? *J. Food Sci. Technol.*, 2018, 55, 10-20.
6. Batty, D.; Waite-Cusic, J. G.; Meunier-Goddik, L., Influence of cheese-making recipes on the composition and characteristics of Camembert-type cheese. *J. Dairy Sci.*, 2019, 102, 164-176.



7. Jo, Y.; Benoist, D. M.; Ameerally, A.; Drake, M. A., Sensory and chemical properties of Gouda cheese. J. Dairy Sci., 2018, 101, 1967-1989.
8. Jeewanthi, R. K. C.; Lee, N.-K.; Lee, K. A.; et al., Comparative analysis of improved soy-mozzarella cheeses made of ultrafiltrated and partly skimmed soy blends with other mozzarella types. J. Food Sci. Technol., 2015, 52, 5172-5179.
9. Velíšek J., Jajšlová J., Chemie potravin, 3rd edition, Osis, 2009.

L10

KANABIDIOL (CBD): ZDRAVÍ PROSPĚŠNÝ FYTOKANABINOID?

Bínová Z., Beneš F., Malý M., Hajšlová J.

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

Konopí (*Cannabis sativa L.*) je dlouhodobě středem zájmu kvůli svým bioaktivním metabolitům, fytokannabinoidům. Nejznámějšími jsou psychotropní delta-9-tetrahydrokannabinol (Δ 9-THC) a nep psychotropní kanabidiol (CBD), které vznikají dekarboxylací z jejich kyselých prekurzorů, tetrahydrokannabinolové (THCA) a kanabidiolové (CBDA) kyseliny. Konopí se na základě koncentrací kannabinoidů dělí do pěti chemotypů. Chemotyp I s poměrem THCA/CBDA $\gg 1,0$ se používá pro medicínské účely a pěstuje se v ČR pod přísnou regulací. Naopak, technické konopí (chemotyp III) s poměrem THCA/CBDA $\ll 1,0$, se může využívat pro izolaci CBD, obvykle extrakcí ethanolem nebo superkritickým CO₂; CBD lze také syntetizovat. Výrobky s CBD jsou prezentovány jako prospěšné pro zdraví, například pro úlevu od bolesti nebo snížení úzkosti, avšak stále čekají na schválení jako 'nové potraviny' Evropskou komisí. Vědecký panel EFSA upozornil na nedostatek dat o vedlejších účincích CBD a vyžaduje další výzkum.

První část prezentace shrne výsledky monitoringu CBD olejů. Studie se zaměřila nejen na zhodnocení obsahu bioaktivní složky, ale i na obsah Δ 9-THC, ten by v řadě případů při doporučeném použití překročil hodnotu ARfD (akutní referenční dávky) 1 μ g/kg tělesné hmotnosti a pro konzumenta byl rizikový.

Druhá studie prokázala rozdíly v biologické dostupnosti CBD a CBDA. V rámci farmakokinetické studie dosáhlo CBDA plazmatické koncentrace podstatně vyšších hodnot a CBD mělo odlišný vliv na zánětlivé procesy v souvislosti s aterosklerózou, a v závislosti na pohlaví myši.

Závěrem, analýza produktů s fytokannabinoidy představuje analytickou výzvu, jde totiž o velmi komplexní matici. V návaznosti na novelu nařízení vlády č. 463/2013 Sb., je v současné době nutné sledovat široké spektrum psychotropních látek včetně (semi)syntetických kannabinoidů jako jsou HHC, HHC-O nebo THCP. Pro tento účel Ústav analýzy potravin a výživy na VŠCHT disponuje akreditovanými analytickými postupy pro kontrolu bezpečnosti výrobků na trhu.

Cannabidiol (CBD): a Health Beneficial Phytocannabinoid?

Cannabis (Cannabis sativa L.) has long been of interest for its bioactive metabolites, phytocannabinoids. The most well-known are the psychotropic delta-9-tetrahydrocannabinol (Δ 9-THC) and the non-psychotropic cannabidiol (CBD), formed by decarboxylation from their acidic precursors, tetrahydrocannabinolic acid (THCA) and cannabidiolic acid (CBDA). Cannabis is divided into five chemotypes based on cannabinoid concentrations. Chemotype I, with a THCA/CBDA ratio greater than 1.0, is used medicinally and cultivated under strict regulation in the Czech Republic. Conversely, industrial hemp (chemotype III), with a THCA/CBDA ratio less than 1.0, is used for CBD isolation, typically through ethanol extraction or supercritical CO₂; CBD can also be synthesized. CBD products are marketed for

health benefits such as pain relief and anxiety reduction but await 'novel food' approval by the European Commission. The EFSA has highlighted the lack of data on CBD's side effects and called for more research.

The first part of the presentation will summarize CBD oil monitoring results. The study focused on the bioactive content and $\Delta 9$ -THC levels, which often exceeded the ARfD (acute reference dose) of 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ body weight, posing a consumer risk.

The second study showed differences in the bioavailability of CBD and CBDA. In the pharmacokinetic study, CBDA had significantly higher plasma concentrations, and CBD impacted inflammatory processes related to atherosclerosis differently based on mouse sex.

In conclusion, analyzing phytocannabinoid products poses an analytical challenge due to their complex matrix. Following government regulation No. 463/2013 Coll. amendment, monitoring a broad spectrum of psychotropic substances, including (semi)synthetic cannabinoids like HHC, HHC-O, or THCP, is essential. The Department of Food Analysis and Nutrition at UCT Prague uses accredited procedures to ensure product safety on the market.

L11

KÁVA A JEJÍ VÝZNAM PRO ZDRAVÍ

Panovská Z., Hrdličková M., Ilko V., Doležal M.

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

Úvod

Káva zaujímá důležité místo v lidské společnosti již nejméně 1200 let a pochází pravděpodobně ze severovýchodní Afriky. Postupně se kávovníky dostaly do Arábie (kolem 15. století), kde si je místní obyvatelstvo přísně střežilo. Povoleno bylo vyvážet pouze očištěná kávová zrna, aby nebylo možné tuto rostlinu vysadit v jiných oblastech. Teprve koncem 16. století se první kávovníky dostaly do Evropy, ze které byly postupem času rozváženy do kolonií evropských států – Holandska (Srí Lanka, Java, Sumatra), Francie (Střední a Jižní Amerika) a Anglie. Káva se po ropě stala druhou nejcennější komoditou na světě a patří mezi nejvíc konzumované nápoje za vodou a čajem. Průměrná spotřeba na osobu v Evropské Unii je přes 5 kg/rok, což je podobné jako ve Spojených státech. Historie kávy a její význam pro zdraví byla podrobně popsána. Káva patří do rodu *Coffea* (čeleď *Rubiaceae*), který zahrnuje více než 90 druhů. Kávovníky můžeme botanicky dále rozdělit na více než 100 různých druhů, z nichž ovšem pouze tři mají zemědělský význam - kávovník arabský (*Coffea arabica*), kávovník statný (*Coffea canephora* syn. *Coffea robusta*) a kávovník liberijský (*Coffea liberica*). V textu jsou dále pro zjednodušení používány pojmy káva Arabika a Robusta. Kávovníky Robusta a všechny divoké druhy kávy mají 22 chromozomů, zatímco Arabika jich má 44. Proto nelze druhy Arabika křížit s jinými druhy kávy, aby vznikla hybridní rostlina. Zelená kávová zrna obsahují především sacharidy (59-61 %), lipidy (11-17 %), bílkoviny (10-16 %), fenoly (6-10 %), minerální látky (4 %), mastné kyseliny (2 %), kofein (1-2 %), trigonellin (1 %) a volné aminokyseliny (< 1 %). Organoleptické, fyzikální a biochemické vlastnosti kávy jsou ovlivněny mnoha faktory, které lze rozdělit do dvou skupin, a to předsklizňové (např. sluneční záření, místo sklizně, místo pěstování) a po sklizni (např. typ zrna, metoda zpracování zrna, doba pražení zrna apod.).

Kávou a jejími účinky se vědci začali zabývat již od počátku 18. století, kdy byly publikovány první články zaměřené především na mechanismy fyziologického působení s důrazem na nervovou stimulaci. Nejvíc pozornosti bylo věnováno kofeinu. Za posledních 40 let bylo publikováno více než 8000 odborných studií zabývajících se vztahem kofeinu



a zdraví. Kofein je celosvětově široce konzumovaná psychoaktivní droga a většina jejich biologických účinků je spojována s antagonismem adenosinového receptoru. Adenosin je endogenní inhibiční neuromodulátor, který vyvolává pocity ospalosti. Kofein vyvolává obecně stimulační účinky v centrálním nervovém systému. Kromě toho má další fyziologické účinky. Např. se studuje vliv kofeinu na krevní oběh, na akutní zvýšení tlaku, na rychlost vylučování moči (diurézu), antiaterosklerotické účinky, snížené riziko ischemické choroby srdeční (ICHS) atd. Konzumace kávy ovlivňuje funkci mnoha systémů a orgánů, což komplexně shrnuli v nedávném přehledu Surma *et al.*. V posledních letech se pozornost vědců obrátila k i dalším látkám a těm je v článku věnovaná pozornost.

Trigonellin

Vedle kofeinu je trigonellin (N-methylpyridinium-3-karboxylát) druhým nejrozšířenějším alkaloidem v kávě. Poprvé byl izolován ze semen pískavice - řecké seno (*Trigonella foenum-graecum L.*) německým lékárníkem Ernst Friedrich Jahensem v roce 1885. Nachází se také v ječmeni, kukuřici, cibuli, hrachu, sóji a rajčatech, ale hlavním zdrojem trigonellinu je káva, kde se přirozeně vyskytuje ve vysokých koncentracích (až 7,2 g/kg) a taky ve vedlejších produktech kávy (až 62,6 g/kg), jako jsou kávové listy, květy, třešňové slupky nebo dužina, pergamen, stříbrné slupky a použitá moučka. Jeho obsah v zelených kávových zrnech závisí na druhu a původu kávy. Množství trigonellinu v Arabice je vyšší než v zelených kávových zrnech Robusty, a proto jej lze použít jako markerovou sloučeninu k rozlišení druhů kávových zrn. Během zrání kávových zrn se obsah trigonellinu mění jen velmi málo. Během procesu pražení kávových zrn se trigonellin rozkládá zpět na svůj prekurzor kyselinu nikotinovou (niacin nebo vitamin B³). Kromě toho je zdokumentováno více možných účinků podporujících zdraví u lidí. Patří mezi ně antimikrobiální a antikariogenní, antioxidační antilipidemické, hypocholesterolemické a hypoglykemické účinky. Nedávno bylo také prokázáno, že trigonellin chrání před tvorbou ledvinových kamenů. V minulosti byly vedlejší produkty z kávy většinou považovány za odpad a vyhazovány. V posledních letech však využití vedlejších produktů kávy jako potravin přitahuje zájem kvůli jejich ekonomické a nutriční hodnotě a ekologickým přínosům udržitelného využívání zdrojů.

Kyselina chlorogenová

Hlavními přirozeně se vyskytujícími kyselinami kávy jsou chlorogenové kyseliny. Jedná se o estery kyseliny chinové s převážně (*E*) skořicovými kyselinami, kávovou, ferulovou a 4-kumarovou. Díky tomu, že tyto látky se v přírodě vyskytují ve třech polohových izomerech (3-O-estery, 4-O-estery a 5-O-estery), můžeme v zelených a pražených kávových bobech nalézt více než 30 strukturně různých esterů skořicových kyselin. V nedávno publikované práci autoři identifikovali 15 chlorogenových kyselin (CGA): šest kafeoylchinových kyselin, jednu kyselinu p-kumaroylechinovou, jednu kyselinu feruloylchinovou, čtyři kafeoylchinové laktony a tři kyseliny dikafeoylchinové a byly publikovány i výsledky přítomnosti stopových množství nových členů rodiny chlorogenových kyselin. Chlorogenové kyseliny tvoří asi 6 až 12 % suché hmotnosti zelených kávových zrn. Tyto skupiny sloučenin jsou známé i tím, že jsou zodpovědné za barvu, aroma, hořkost a trpkost kávových nápojů. Biologický význam chlorogenových kyselin se studuje již řadu let a zjistilo se, že mají silnou antivirovou, antidiabetickou, antioxidační (mohou pomoci chránit buňky před poškozením způsobeným oxidativním stresem) a neuroprotektivní aktivitu.

Je známo, že v průměru asi jedna třetina konzumovaného množství chlorogenových kyselin prostřednictvím kávy může být absorbována v lidském gastrointestinálním traktu, metabolizována v žaludku, střevě, játrech a ledvinách a může pravděpodobně vykazovat řadu prospěšných biologických vlastností v těle, což alespoň částečně vysvětluje, proč byla konzumace kávy v epidemiologických studiích spojována s vyšší dlouhověkostí a nižším výskytem různých degenerativních a nedegenerativních onemocnění. U většiny těchto látek byl



potvrzen pozitivní vliv na lidský organismus díky jejich antioxidační aktivitě, inhibici HIV-1 integrázy, díky čemuž dochází ke zpomalení či dokonce zastavení integrace geneticky upravené DNA do DNA hostitelské buňky, antispazmodickému (protikřečovému) účinku a inhibici mutagenních a karcinogenních látek. Některé studie ukázaly, že mírná konzumace kávy může zabránit rozvoji nemoci diabetes mellitus 2. typu (T2D), a potvrdily, že kyselina kávová a kyselina chlorogenová mají potenciál snižovat riziko T2D. Nejnovější vědecké studie také zkoumají možnou roli kofeinu spolu s chlorogenovou kyselinou proti obezitě, která je v současné době považována za světovou epidemii. Laktony kyseliny chlorogenové vznikají z kyselin chlorogenových během pražení procesem, který zahrnuje ztrátu molekuly vody ze skupiny kyseliny chinové a vytvoření intramolekulární esterové vazby, se podílí na hořké chuti.

Množství chlorogenových kyselin je ovlivněno i přípravou kávy. Maximální koncentrace kofeinu a CGA byly zjištěny v kávách Espresso, zatímco Moka a filtrované kávy byly třikrát až šestkrát méně koncentrované. Klasická metoda espressa byla nejúčinnější pro extrakci kofeinu a CGA, s výtěžkem téměř dvojnásobným oproti jiným metodám. Obsahy kofeinu a CGA na šálek byly vyšší u Cold Brew než u kávy Espresso, jako funkce objemu nápoje, který se pohyboval od 30 ml (u espressa) do 120 ml (u filtrované kávy).

Melanoidiny

Během pražení dochází ke strukturálním změnám složek kávových zrn, které vedou k tvorbě melanoidinů, což jsou dusíkaté sloučeniny s vysokou molekulovou hmotností a hnědou barvou. Dosud provedené studie zabývající se strukturální charakterizací kávových melanoidinů ukázaly, že na tvorbě kávových melanoidinů se podílejí polysacharidy, bílkoviny a chlorogenové kyseliny. Vzhledem k tomu, že kávový nápoj je jedním z hlavních zdrojů melanoidinů v lidské stravě, jsou jejich zdravotní účinky velmi zajímavé. Kávovým melanoidinům se totiž přisuzuje několik biologických aktivit, jako je antioxidační, antimikrobiální, antikariogenní, protizánětlivá, antihypertenzní a antiglykační aktivita. Černé nebo dobře pražené kávy mají obvykle vyšší antioxidační schopnost a vyšší koncentraci vysokomolekulárních melanoidinů, které ačkoli se samy o sobě nepovažují za vlákninu, částečně pokrývají její denní potřebu a podporují pohyblivost trávicího traktu, což snižuje zácpu. Navíc díky své neschopnosti procházet střevní stěnou (ve dvanáctníku), jsou vysokomolekulární látky schopny se dostat do střevní membrány. Melanoidiny se dostávají do dolní části střevního traktu (tlusté střevo), kde působí prebioticky, antibakteriálně a bakteriostaticky. Kromě antioxidační aktivity, kterou kávové nápoje poskytují díky melanoidinům a dalším složkám, z dosud publikovaných studií vyplývá, že množství melanoidinů přijímaných při pravidelné konzumaci kávy by mělo poskytovat ochranu před rakovinou tlustého střeva prostřednictvím inhibice matrixových metaloproteáz, které zabraňují růstu bakterií v ústech a vzniku zubního kazu, podporují selektivní růst bakterií v tlustém střevě a mají protizánětlivé a antiglykační účinky. Pro pochopení potenciálu zdravotních účinků kávových melanoidinů je nezbytné znát jejich chemickou strukturu. Přesné struktury kávových melanoidinů a mechanismy, které se podílejí na jejich tvorbě, však dosud nebyly objasněny.

Kahweol a cafestol

Cafestol a kahweol jsou přírodní diterpeny extrahované z kávových zrn. Nachází se především v nefiltrované kávě. Výsledky experimentů *in vitro* a *in vivo* ukázaly, že tyto dva diterpeny vykazují kromě účinku na zvýšení sérových lipidů také četné potenciální farmakologické účinky, jako je protizánětlivé, hepatoprotektivní, protinádorové, antidiabetické a antiosteoklastogenní působení. Nejvýznamnějšími mechanismy, které se na tom podílejí, jsou snížení regulace mediátorů zánětu, zvýšení hladiny glutathionu (GSH), indukce apoptózy nádorových buněk a antiangiogeneze. Rozsáhlé studie prokázaly, že cafestol a kahweol mají inhibiční účinek v několika fázích vývoje rakoviny, včetně prevence iniciace tumorigeneze, inhibice proliferace nádorových buněk a metastazování nádorů. Cafestol a kahweol vykazují



podobné biologické aktivity, ale ne zcela stejné, což může být způsobeno přítomností jedné konjugované dvojné vazby na furanovém kruhu druhého z nich. Byl publikován přehled, který shrnul farmakologické vlastnosti a základní mechanismy diterpenoidů typu cafestolu, protože se ukazuje jejich potenciál jako funkční potraviny a pro alternativní medicínu.

Hořkost kávy

Pražení je klíčový faktor zodpovědný za hořkost, čím více pražíme, tím více hořkých látek máme. Hořkost kávy je důležitým atributem kvality pražené kávy, a ovlivňuje oblibu spotřebitelů. Hořkost kávy je připisována především kofeinu a trigonellinu. Kofein se podílí na hořké chuti kávy cca z 10 %. Je termicky stabilní a v kávě Robusta jsou jeho obsahy vyšší. Práh rozpoznání kofeinu je 0,136–0,350 g/l.

Na hořké chuti se podílí i tepelně vzniklé sloučeniny, jako je furfurylalkohol, 5-hydroxymethyl-2-furankarbaldehyd, pyraziny či 2,5-diketopiperaziny. Novější studie ukázaly, že kafeoyl- a feruloyl-chinoidy jsou nejvíce hořkými sloučeninami v pražené kávě. Sensorické studie odhalily, že v závislosti na jejich chemické struktuře se prahové hodnoty hořkosti těchto laktonů pohybovaly mezi 9,8 a 180 $\mu\text{mol/l}$ a že kafeoyl- a feruloyl-chinoidy (laktony kyseliny chlorogenové) a deriváty kyseliny skořicové, byly nejintenzivnějšími sloučeninami hořké chuti v pražené kávě. Jiné studie uvádějí, že kyseliny kafeoylchinové (CQA), a jakmile vznikly, i jejich odpovídající laktony (CQAL), byly degradovány na 4-vinylcatechol, který oligomerizuje za vzniku skupiny polyhydroxylovaných fenylylindanů vykazujících drsný a přetrvávající profil hořké chuti.

Závěr

Kromě pozitivních účinků kávy se vědci zaměřují i na možné negativní látky. V poslední době jsou nejvíc studované látky akrylamid, furan-2-karbaldehyd (furfural), obsahy pesticidů a mykotoxiny. Akrylamid vzniká Maillardovou reakcí mezi asparaginem a redukujícími cukry během zpracování potravin. V kávě se akrylamid intenzivně tvoří během raných fází pražení, ale jeho obsah má tendenci se s rostoucí teplotou a dobou pražení zmenšovat. Obsah akrylamidu v kávě závisí na druhu kávy, stupni pražení a podmínkách skladování. Různé způsoby přípravy nálevu, podle regionálních a osobních preferencí, vedou k různému množství akrylamidu v nálevech kávy a následně k různé expozici této sloučenině. Sledují se i pesticidy a mykotoxiny v kávě a furfural. V kávě se mohou vyskytovat mykotoxiny – zejména ochratoxin A (OTA). Prevence se zaměřuje na adekvátní zpracovatelské techniky, zejména na obsah vlhkosti během sušení, skladování a přepravy. Na rozdíl od standardního zpracování jiných běžně kontaminovaných komodit lze pražení kávy považovat za další bezpečnostní bariéru, protože se při tomto procesu ztrácí obrovské množství OTA. Množství OTA v pražené a rozpustné kávě je omezeno mezinárodní legislativou.

Poděkování

Tato práce byla realizována za podpory projektu Specifického vysokoškolského výzkumu – projekt č. A1_FPBT_2024_006.

Literatura

1. Jae-Hoon Bae.; *et al.*: Coffee and health. *Integr Med Res* 2014, 3(4):189-191.
2. Bizzo M. L. G.; *et al.*: Highlights in the History of Coffee. *Science Related to Health. Coffee in Health and Disease Prevention*, Chapter 2, 2015, 2,11-17.
3. Surma S., Kokot F.: Influence of chronic coffee consumption on the risk of kidney and other organ diseases. Review of the literature and clinical studies. *Renal Disease and Transplantation Forum* 2022, 15, 1, 1–18.
4. Wintgens J.: Factors influencing the quality of green coffee. In: Wintgens J. ed. *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. A Guidebook for Growers, Processors, Traders and Researchers*. Wiley-VCH, Weinheim 2009: 797–817.
5. Awwad S.; *et al.*: Quantification of caffeine and chlorogenic acid in green and roasted coffee samples using HPLC-DAD and evaluation of the effect of degree of roasting on their levels. *Molecules*, 26 (24) (2021), p. 7502.

6. Farah A., de Paula Lima J.: Consumption of Chlorogenic Acids through Coffee and Health Implications. *Beverages* 2019, 5(1), 11.
7. Tajik N., Tajik M., *et al.*: The potential effects of chlorogenic acid, the main phenolic components in coffee, on health: a comprehensive review of the literature. *Eur J Nutr.* 2017 Oct;56(7):2215-2244.
8. Moreira A.S.P., *et al.*: Coffee melanoidins: structures, mechanisms of formation and potential health impacts. *Food Funct* 2012 Sep;3(9):903-15.
9. Awwad S., *et al.*: Quantification of caffeine and chlorogenic acid in green and roasted coffee samples using HPLC-DAD and evaluation of the effect of degree of roasting on their levels. *Molecules*, 26 (24) 2021, p. 7502.
10. Kraehenbuehl K.: Selective enzymatic hydrolysis of chlorogenic acid lactones in a model system and in a coffee extract. Application to reduction of coffee bitterness *Food Chemistry* 2017, Volume 218, 1 Pages 9-14.
11. Konstantinidis N., *et al.*: Risk Assessment of Trigonelline in Coffee and Coffee By-Products. *Molecules*. 2023 Apr; 28(8): 3460.
12. Gorji Z., Varkaneh H. K., Zhang. Y.: The effect of green-coffee extract supplementation on *obesity*: A systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials. *Phytomedicine* 2019.
13. Coffee in Health and Disease Prevention; Ed by Victor R. Preedy. Chapter 17 Organic Compounds in Green Coffee Beans 2015, 149-162.
14. Li H., Li L.F., *et al.*: Sensory evaluation, chemical structures, and threshold concentrations of bitter-tasting compounds in common foodstuffs derived from plants and maillard reaction: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2023, 63(14):2277-2317.

L12

VYSOKOTLAKÁ INAKTIVACE *BACILLUS CEREUS* V MATĚŘSKÉM MLÉCE

Jandová M. (1,2), Fišerová M. (1), Paterová P. (3), Cacková L. (3), Měříčka P. (1), Malý J. (4), Kacerovský M. (5), Kovářiková E. (6), Strohal J. (6), Demnerová K. (7), Kadavá J. (7), Sýkorová H. (7), Hyšpler R. (8), Čížková D. (2), Bezrouk A. (9), Houška M. (6)

- (1) Tkáňová ústředna, FN Hradec Králové
- (2) Ústav histologie a embryologie, LF v Hradci Králové, UK
- (3) Ústav klinické mikrobiologie, FN a LF v Hradci Králové, UK
- (4) Dětská klinika, FN Hradec Králové
- (5) Centrum biomedicínského výzkumu, FN Hradec Králové
- (6) Výzkumný ústav potravinářský Praha
- (7) Ústav biochemie a mikrobiologie, VŠCHT Praha
- (8) Ústav klinické biochemie a diagnostiky, FN Hradec Králové
- (9) Ústav lékařské biofyziky, LF v Hradci Králové, UK

Úvod

Holderova pasterizace je doporučenou metodou pro zpracování mateřského mléka, ovlivňuje některé jeho nutriční a biologické vlastnosti, navíc je neúčinná při inaktivaci spór.

Lidské mateřské mléko (LMM) je velmi cenné. Získává se od dobrovolných dárcyň a je určeno ke krmení dětí v prvních dnech života v případě kdy z různých důvodů nemohou být kojeny mlékem vlastní matky.

LMM podléhá přísnému mikrobiologickému sledování a jakákoliv neodstranitelná kontaminace je důvodem k likvidaci mléka.

Kontaminace bakteriálními spórami je vážný problém, protože spóry nelze odstranit běžnými metodami. Praxe Mléčné banky FN HK ukázala, že nejčastějším sporulujícím mikrobem přítomným v mateřském mléce je *Bacillus cereus* (*B. cereus*), který tvořil až 64 % všech pozitivních mikrobiálních nálezů.

Holderova pasterizace, která se používá k ošetření mateřského mléka ve většině bank mateřského mléka, nedokáže účinně eliminovat všechny choroboplodné zárodky a po pasterizaci je 7 až 14 % mléka stále kultivačně pozitivních. Kontaminované mléko pak musí

být vyraženo z dalšího použití podle platné normy. Holderova metoda navíc ovlivňuje biologickou kvalitu lidského mléka. Proto se v současné době hledají další metody pro ošetření LMM redukující mikroorganismy, jako je např. ošetření UV zářením, ošetření vysokou teplotou, termo - ultrasonikace, pulzní elektrické pole a ošetření vysokým tlakem. Tyto metody však dosud nebyly zavedeny do rutinní praxe v bankách mateřského mléka.

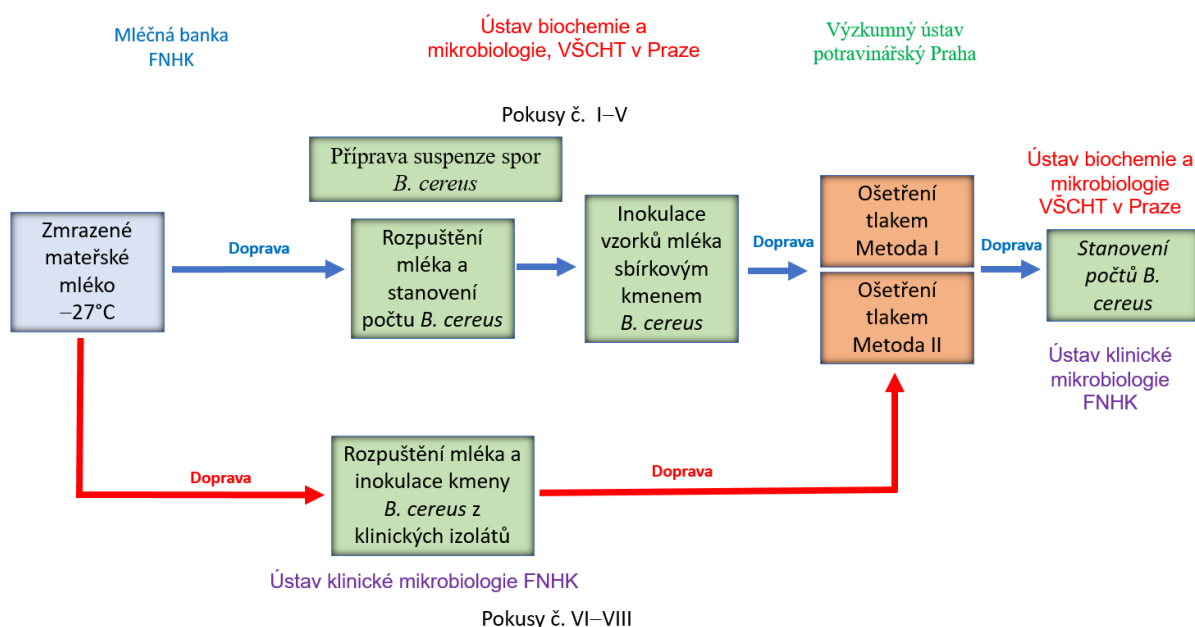
Naše práce vychází zejména z poznatků autorů Demazeau *et al.*¹ a Billeaud², kteří po aplikaci různých optimalizačních testů definovali podmínky, za kterých byly inaktivovány všechny vegetativní formy, včetně bakteriálních spór (např. *B. cereus*). Optimální parametry byly: tlak 350 MPa, teplota + 38 °C, rychlost růstu tlaku 1 MPa.s⁻¹, pro čtyři cykly s dobou výdrže na tlaku 5 minut a dobou výdrže bez tlaku mezi každým cyklem také 5 minut. Kromě toho autoři zjistili, že biologická aktivita mnoha hlavních složek, včetně lipázy, α-laktalbuminu, kaseinu, lysozymu, laktoferinu a imunoglobulinů IgA byla zachována.

Cílem naší práce bylo proto najít a ověřit alternativní metodiku zpracování mateřského mléka, aby se zvýšila jeho dostupnost pro novorozence a snížily se finanční ztráty spojené s vyražením mléka, které se stalo mikrobiologicky pozitivním. Část naší práce, která se věnuje inaktivaci spór *Bacillus cereus*, byla již publikována, viz Jandová *et al.*³.

Experimentální část

Příprava a ošetření vzorků

Mateřské mléko poskytla banka mateřského mléka ve zmrazeném stavu. Ústav biochemie a mikrobiologie VŠCHT v Praze připravil spóry sbírkového kmene *B. cereus* a inokuloval jimi rozpuštěné LMM. Poté dodal na ošetření tlakem metodou P1 (4 píky s dobou výdrže na jednom píku 5 minut) a metodou P2 (jeden pík s dobou výdrže na tlaku 20 minut). Po ošetření byly vzorky vráceny na toto pracoviště ke stanovení počtu přeživších spór. Ústav klinické mikrobiologie FN HK provedl podobnou činnost s rozdílem, že k inokulaci použil kmeny z klinických izolátů. Schéma přípravy a ošetření vzorků je patrné z obr. 1.



Obrázek 1 Schéma přípravy a ošetření vzorků

Příprava suspenze spór *Bacillus cereus*

Pro inokulaci vzorků mateřského mléka byl použit referenční kmen *B. cereus* CCM869 (WDCM 0001). Příprava suspenze spór probíhala ve dvou fázích. Nejprve byl kmen *B. cereus* z původního želatinového disku pěstován v BHI bujónu po dobu 48 hodin při 30 °C. Po

počátečním množení byly buňky centrifugovány 6000 g/10 min a pelety byly resuspendovány ve sterilním fyziologickém roztoku. Tato suspenze byla poté inkubována při 30 °C pro indukci sporulace. Celkový počet buněk *B. cereus* a koncentrace spór byly průběžně kontrolovány.

Stanovení koncentrace spór *Bacillus cereus*

Pro stanovení koncentrace *B. cereus* byl ze suspenze odebrán 1 ml alikvot. Celkový počet *B. cereus* byl stanoven nanesením na tryptonový sójový agar (TSA). Ke stanovení počtu spór byly použity buňky ve vegetativním stavu, eliminované tepelným zpracováním při 75 °C po dobu 11 min. Poté následovalo desítkové ředění a nanesení na TSA médium. Po 5 dnech bylo dosaženo požadované koncentrace 10^5 – 10^8 spór/ml.

Příprava vzorků pro vysokotlakou inaktivaci

Vzorky mateřského mléka byly naočkovány výše popsanou připravenou suspenzí spór známých koncentrací. Nejprve byl 1 ml suspenze vzorku přidán do 100 ml rozmraženého mateřského mléka. Po naočkování byly vzorky mléka rozděleny do 2 sáčků po 50 ml (NUK, Dolní Bousov, Česká republika). Kontrolní vzorek mléka byl také naočkován stejným způsobem. Pro ověření počátečních počtů spór ve vzorcích byl odebrán alikvot o objemu 1 ml z několika náhodně vybraných sáčků a po tepelném zpracování (75 °C/11 min) byl přenesen na selektivní agar (MYP agar). Použití selektivního agaru eliminuje veškerou doprovodnou mikroflóru v mléce a umožňuje jasné rozlišení typických kolonií *B. cereus* na základě jedinečného vzhledu kolonií na povrchu agaru (matně růžové kolonie se zónou srážení). Tím pádem, počáteční koncentrace spór v 1 ml vzorku mléka byla experimentálně ověřena. Získané číslo vždy odpovídalo stonásobnému zředění suspenze použité k inokulaci (100 ml mléka + 1 ml výchozí suspenze).

Ošetření vysokým tlakem

Vzorky o objemu 100 ml byly ošetřeny v plastových uzavřených sáčcích (NUK) v komoře vysokotlakého izostatického lisu CYX 6/103 (Žďas a.s.) o objemu komory 2 litry, vše temperováno na 38 °C. Sáčky na LMM včetně tlakování a přepravy jsou patrné z Obr. 2a a zařízení na tlakování LMM je patrné z Obr. 2b.



a

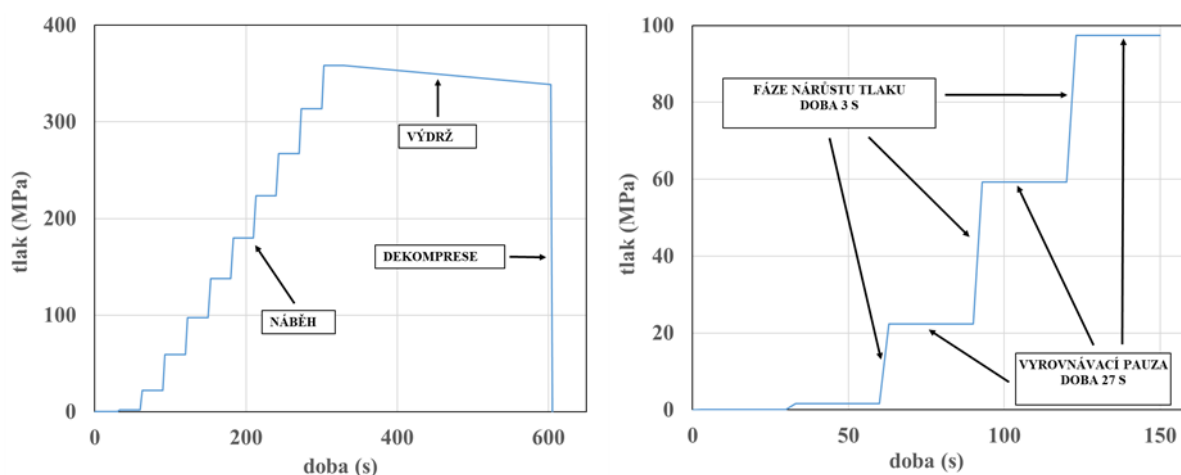


b

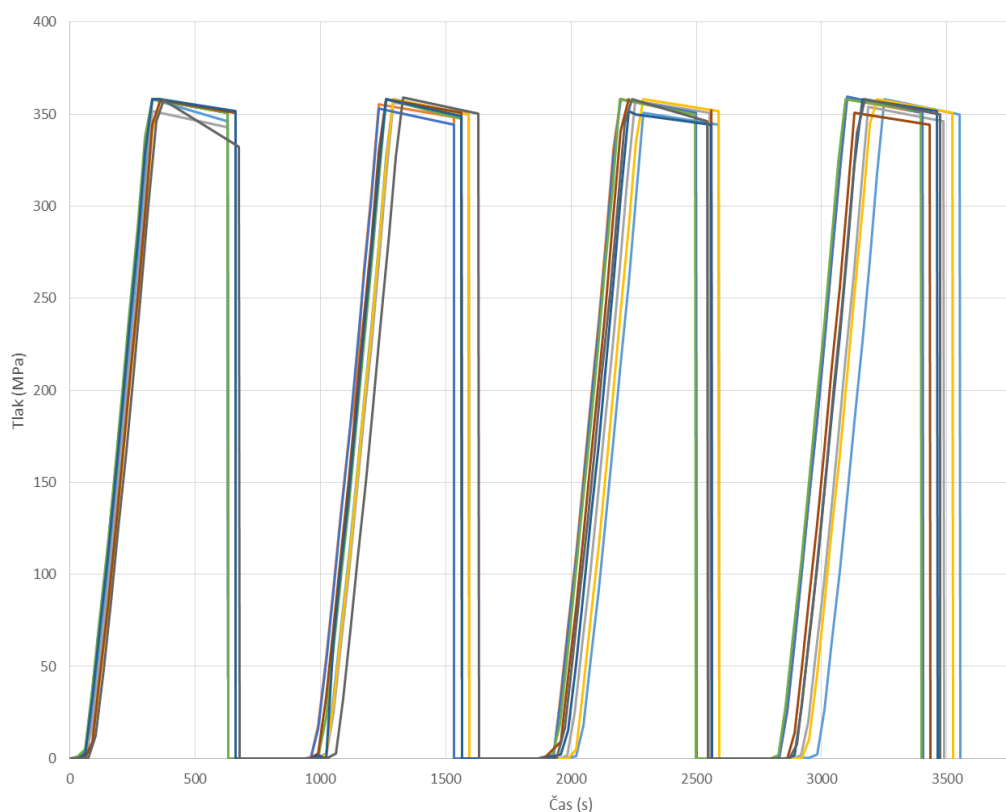
Obrázek 2a Sáček na tlakování mléka, **2b** Zařízení na ošetření mléka vysokým tlakem

Periodické tlakovací cykly (označení P1)

Vzorky byly v jednom cyklu vystaveny nárůstu tlaku po dobu přibližně 5–6 minut. Po dosažení finálního tlaku 350 MPa byla zařazena výdrž po dobu 5 minut a po odstranění tlaku následovala pauza trvající 5 minut. Celý cyklus byl opakován, až bylo dosaženo čtyř celých cyklů. Poté byl vzorek ochlazen na 5–8 °C a odeslán k analýze. Vzorky určené ke kontrole bioaktivních složek byly skladovány ve zmraženém stavu. Obrázek 3a popisuje detailně průběh změny tlaku během jednoho cyklu, bez pauzy po dekompresi. Obrázek 3b ilustruje detail nárůstu tlaku, kde nejprve dochází po dobu 3 sekund ke zvyšování tlaku a následuje 27 sekund vyrovnávací pauzy. Vyrovnávací pauza byla zařazena tak, aby se dosáhlo celkové průměrné rychlosti tlakování 1 MPa.s⁻¹. Detailní časové průběhy tlaku při cyklickém tlakování všech vzorků jsou patrné z obrázku 4.



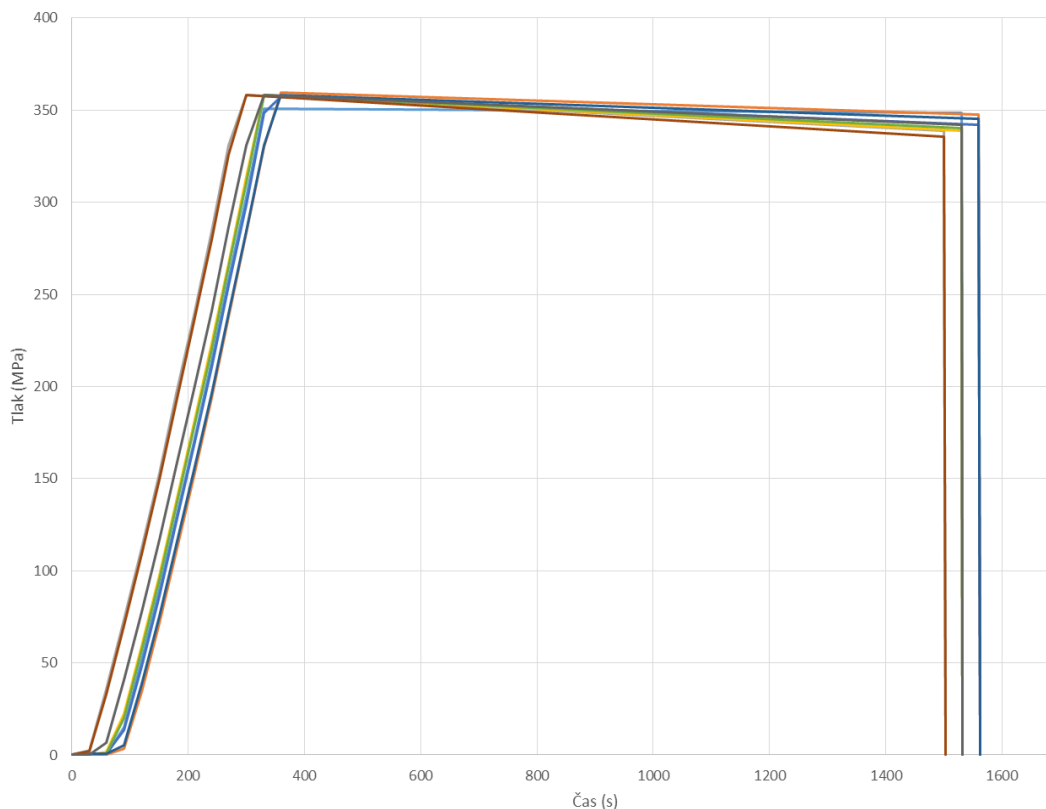
Obrázek 3a Průběh změny tlaku během jednoho cyklu, **3b** - Detail nárůstu tlaku včetně vyrovnávací pauzy



Obrázek 4 Časové průběhy tlaku při cyklickém tlakování všech vzorků. — 1 HK, — 2 VŠCHT, — 3 HK, — 4 HK, — 5 VŠCHT, — 6 HK, — 7 HK, — 8 VŠCHT, — 9 VŠCHT

Kumulativní zatížení tlakem (označení P2)

Vzorky byly vystaveny nárůstu tlaku po dobu přibližně 5–6 minut. Po dosažení finálního tlaku 350 MPa byla zařazena výdrž po dobu 20 minut a po dekompresi byl vzorek ochlazen na 5–8 °C a odeslán k analýze. Na obr. 5 jsou uvedeny průběhy tlaku pro všechny tlakované vzorky.



Obrázek 5 Časové průběhy tlaku všech vzorků při kumulativním ošetření tlakem. — 1 HK, — 2 VŠCHT, — 3 HK, — 4 HK, — 5 VŠCHT, — 6 HK, — 7 HK, — 8 VŠCHT, — 9 VŠCHT

Mikrobiologické analýzy

Mikrobiologická analýza – FN HK

Po ošetření mléka tlakováním byla provedena detekce vitality *B. cereus* v ošetřeném mléce. Analýzy byla provedena dvěma metodami:

1. Přímá inokulace mléka na KA (500 µl/agar) a následnou kultivací agarů při 35 °C 18–24 hodin (cílem byla kvantifikace vitálních bacilů včetně spór = počet CFU/ml)
2. Inokulace 1 ml mléka do thioglykolátového bujónu (THB) a kultivací při 35 °C 18–24 hodin. Poté se bujón vyočkoval kličkou na krevní agar a po 24 hodinách kultivace při 35 °C se hodnotil nárůst jako „pozitivní“ či „negativní“. Cílem bylo stanovení přítomnosti vitálních, ale inhibovaných bakterií a spór. Tato metoda patří mezi standardní metody zjišťování kontaminace mléka po pasterizaci.

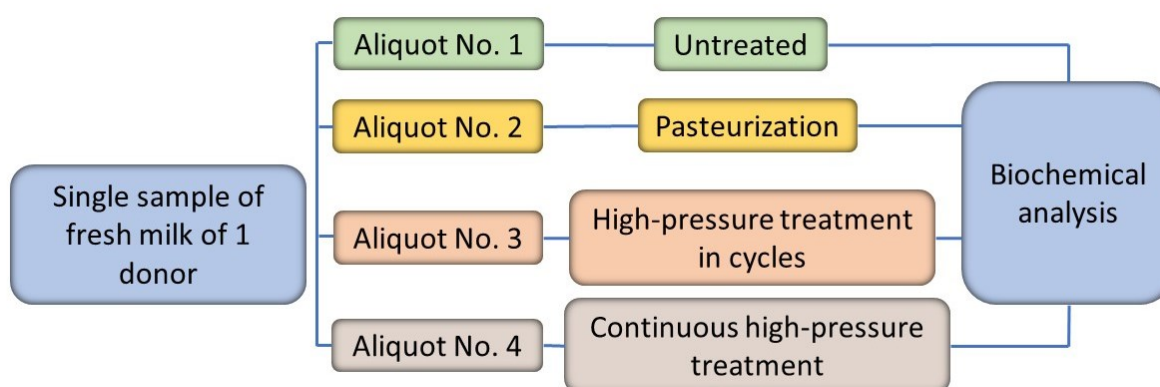
Mikrobiologická analýza - Fakulta potravinářské a biochemické technologie VŠCHT

Zpracování vzorků po ošetření proběhlo tak že, v každém vzorku mléka bylo provedeno stanovení počtu jednotek tvořících kolonie (CFU) *B. cereus* kultivačně výsevem na agar MYP (desítkové ředění, roztěr 200 µl na povrch). V případě vzorku BLANK byl proveden rozbor stejným způsobem. Navíc byl ze vzorku Blank odebrán 1ml alikvot, který byl tepelně ošetřen při 75 °C, 11 min. Následovalo desítkové ředění a výsev na pevné médium TSA.

Analýzy nutričně bioaktivních látek

Současně s mikrobiologickými experimenty jsme analyzovali obsah bioaktivních látek jako sekreční imunoglobulin A (sIgA), laktoferin, lysozym a aktivitu lipázy v 15 vzorcích mateřského mléka od 15 dárek (průměrný věk $34 \pm 4,84$ let). Každý vzorek čerstvého mateřského mléka jsme rozdělili na 4 alikvoty, tj. analyzovali jsme celkem 60 alikvotů z 15 vzorků. V prvním alikvotu (neošetřené mléko) byly bioaktivní látky analyzovány přímo, zatímco ostatní (aliquoty 2 až 4) byly podrobeny specifickým metodám ošetření, viz obr. 6.

Alikvoty (podíly) vzorku ošetřené pasterizací (2), cyklickým vysokotlakým ošetřením (3) a kontinuálním vysokotlakým ošetřením (4) byly analyzovány na obsah bioaktivních látek a porovnány s neošetřeným vzorkem (1).



Obrázek 6 Schéma rozdělení LMM od 15 dárek na různými technologiemi zpracované alikvoty s cílem zjistit vliv technologií na obsah vybraných bioaktivních látek

Výsledky a diskuse

Porovnání účinnosti obou tlakových metod pro vzorky naočkované ve VŠCHT

Tabulka I obsahuje základní popisnou statistiku pro data získaná oběma metodami tlakování ve dvou experimentech (č. I a č. II). Statisticky jsme dokázali, že tlakování v cyklech vedlo k významně ($\alpha = 0,05$; $p < 0,001$) nižšímu počtu spór než kontinuální tlakování, tj. tlakování v cyklech se zdálo být účinnější při inaktivaci spór *B. cereus*. Výsledky experimentů I a II jsou také uvedeny v dalších obrázcích.

Tabulka I Statistické zpracování dat získaných oběma metodami tlakování ve dvou experimentech I a II

Pokus číslo	I		II	
Výchozí počty <i>B. cereus</i> spór (CFU/ml)	10^6		10^5	
Metoda	P1 periodické	P2 kumulativní	P1 periodické	P2 kumulativní
Počet opakování n	10	10	10	10
Minimum (CFU/ml)	100	1200	53	400
Maximum (CFU/ml)	290	2900	150	650
Průměr \pm SD (CFU/ml)	$191 \pm 82^*$	1880 ± 494	$110 \pm 33^*$	535 ± 81

Poznámka: výsledky označené hvězdičkou značí statisticky průkazný rozdíl!

Mimořádný experiment

Dle níže uvedeného rozpisu jsme se rozhodli provést odběr alikvotů po každém jednotlivém píku:

Vzorky 1 A, B byly ošetřeny 1 x 5 minut při 350 MPa

Vzorky 2 A, B byly ošetřeny 2 x 5 minut při 350 MPa

Vzorky 3 A, B byly ošetřeny 3 x 5 minut při 350 MPa

Vzorky 4 A, B byly ošetřeny 4 x 5 minut při 350 MPa

Vzorky 5 A, B byly ošetřeny jednou 20 minut při 350 MPa (1 kumulativní cyklus).

Vzorky byly doplněny o neošetřené se stejnou tepelnou historií označené Blank 1 a Blank 2. Vzorky 1 až 4 A, B byly společně umístěny do komory. Přístroj zvedl tlak v komoře na 350 MPa a po pěti minutách výdrže byl tlak odstraněn dekompresním ventilem. Komora byla otevřena, odebrány vzorky A, B příslušného čísla a komora byla opět uzavřena. Celková pauza před začátkem dalšího tlakování byla 5 minut, jako v obvyklém postupu. Získané výsledky mikrobiologických analýz pro takto ošetřené vzorky jsou uvedeny v Tabulce II. Je zřejmé, že vzorky tlakované čtyřikrát (4A, 4B) vykazaly nejvyšší snížení počtu spór mikroorganismu *B. cereus*.

Tabulka II Výsledky mikrobiologických analýz experimentu č. IV pro vzorky ošetřené různými počty tlakových piků

Označení vzorku	Celkové množství určené k inokulaci		Skutečně inokulováno (ověřeno na náhodně vybraných vzorcích)		Metoda tlakování – výsledné množství spór	
	Celkem CFU/ml	Z toho spór	Celkem CFU/ml	Z toho spór	Varianta I – v cyklech	Varianta II - kumulativní
1 A			1,80 x 10 ⁵	1,40 x 10 ⁴	1,70 x 10 ²	
1 B			1,90 x 10 ⁵	1,50 x 10 ⁴	1,40 x 10 ²	
2 A					25	
2 B					10	
3 A					10	
3 B					5	
4 A	2,90 x 10 ⁷	2,20 x 10 ⁶			5	
4 B	2,90 x 10 ⁷	2,20 x 10 ⁶			< 5	
5 A			2,30 x 10 ⁵	1,70 x 10 ⁴		< 5
5 B			2,20 x 10 ⁵	1,80 x 10 ⁴		20
BLANK 1			1,90 x 10 ⁵	1,50 x 10 ⁴	2,90 x 10 ⁶	2,40 x 10 ⁶
BLANK 2			2,10 x 10 ⁵	1,70 x 10 ⁴	< 5	< 5

Porovnání účinnosti obou tlakovacích metod pro vzorky naočkované ve FN HK

Vzorky LMM očkované kmeny z klinických izolátů (celkem 28 vzorků) byly podrobeny ošetření tlakem obdobně, jako vzorky naočkované sbírkovým kmenem na VŠCHT v Praze. Výsledky porovnání účinnosti obou tlakovacích metod jsou prezentovány v tabulce III. Je zřejmé, že při použití metody P1 došlo ke snížení počtu spor o tři řády. Metoda tlakování



v cyklech byla tedy signifikantně účinnější na eliminaci spór *B. cereus* ($\alpha = 0,05$, $p = 0,024$) než metoda kumulativního tlaku.

Tabulka III Porovnání účinnosti periodické a kumulativní metody tlakování

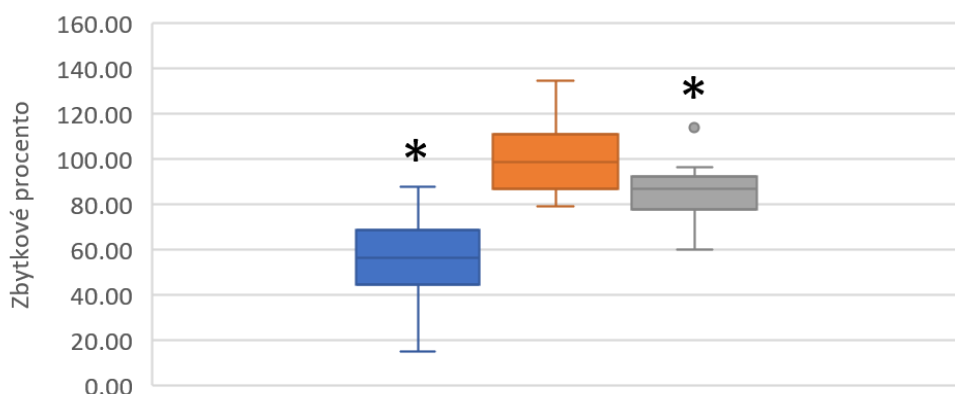
Metoda	P1	P2
Iničiální hodnota CFU/ml	92 ± 64 CFU/ml	
n	28	28
Medián (Q1; Q3)	0 (0; 0)	0 (0; 0)
(Průměr ± SD) CFU/mL	0,04 ± 0,19*	0,36 ± 0,95

Poznámka: výsledky označené hvězdičkou značí statisticky průkazný rozdíl!

Výsledky analýz bioaktivních složek mateřského mléka

Obsah lysozymu

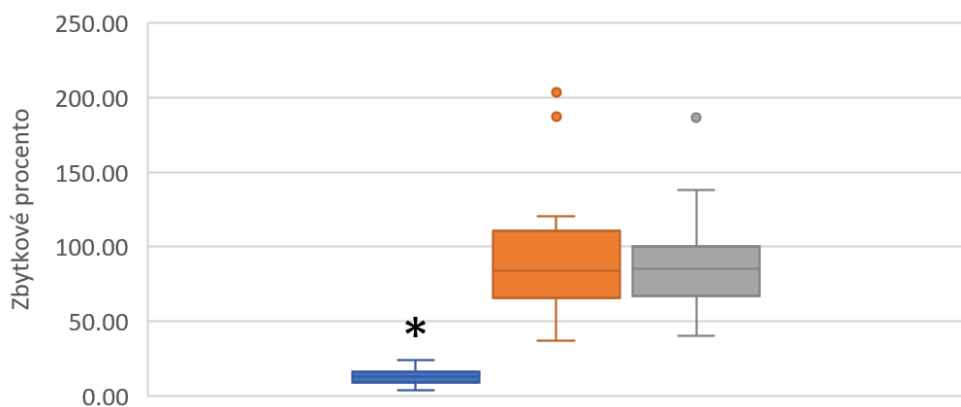
Na obr. 7 je provedeno porovnání analýz obsahu lysozymu v patnácti vzorcích různě ošetřeného mateřského mléka. Obsah lysozymu je vztažen k obsahu lysozymu v neošetřeném mateřském mléce dané dárkyně (100 %). Je zřejmé, že ošetření tlakem prakticky nesníží obsah lysozymu v porovnání s mraženým vzorkem. Naopak tepelná úprava pasterací podstatně sníží obsah této bioaktivní složky.



Obrázek 7 Zbytkové množství lysozymu (%) po pasteraci, ošetření čtyřmi cykly a jedním cyklem vysokého tlaku. ■ – pasterace, ■ – vysoký tlak – cykly, ■ – kontinuální vysoký tlak

Obsah laktoferinu

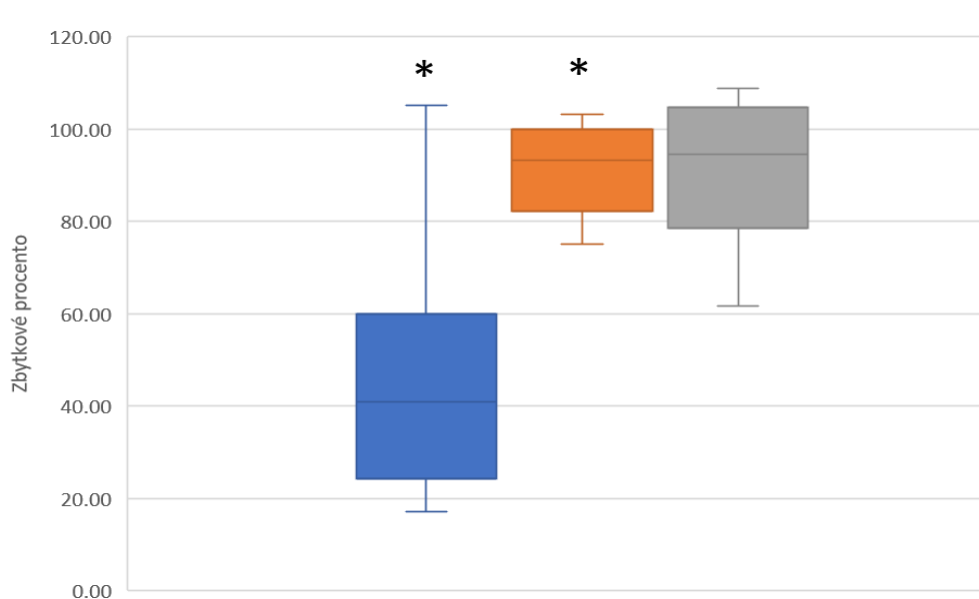
Na obr. 8 je provedeno porovnání analýz obsahu laktoferinu v patnácti vzorcích různě ošetřeného mateřského mléka. Obsah laktoferinu je vztažen k obsahu laktoferinu v neošetřeném mateřském mléce dané dárkyně (100 %). Tepelná pasterace podstatně sníží obsah laktoferinu, kdežto ošetření vysokým tlakem tuto bioaktivní složku téměř zachová.



Obrázek 8 Zbytkové množství laktoferinu (%) ve vzorcích mlék od patnácti dárkyň v porovnání s neošetřenými vzorky. ■ – pasterace, ■ – vysoký tlak – cykly, ■ – kontinuální vysoký tlak

Obsah lipázy

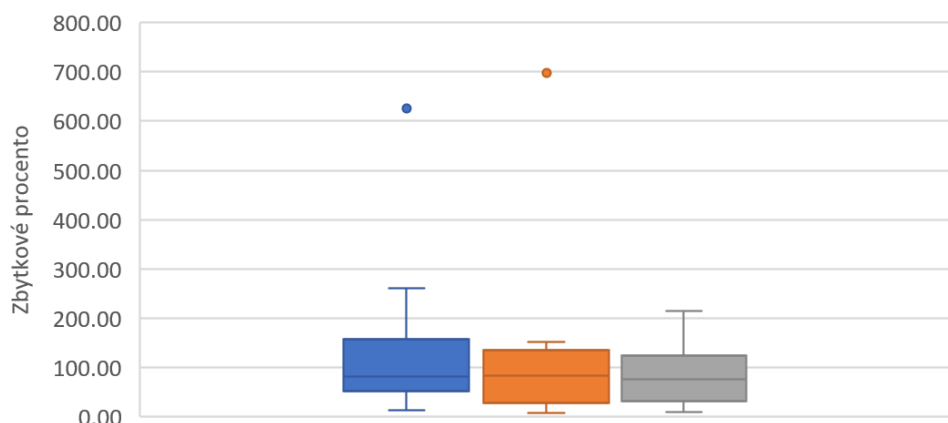
Na obr. 9 je provedeno porovnání analýz obsahu enzymu lipázy v patnácti vzorcích různě ošetřeného mateřského mléka. Obsah lipázy je vztažen k obsahu lipázy v neošetřeném mateřském mléce dané dárkyně (100 %). Tepelná pasterace podstatně sníží obsah lipázy (v průměru 40 % původního množství), kdežto ošetření vysokým tlakem tuto bioaktivní složku téměř zachová.



Obrázek 9 Porovnání obsahu lipázy (%) mraženého a různě ošetřeného mateřského mléka. ■ - pasterace, ■ - vysoký tlak – cykly, ■ - kontinuální vysoký tlak

Obsah sekrečního IgA

Na obr. 10 je provedeno porovnání analýz obsahu sIgA v patnácti vzorcích různě ošetřeného mateřského mléka. Obsah této bioaktivní složky je vztažen k obsahu v neošetřeném mateřském mléce dané dárkyně (100 %). Tato bioaktivní složka vykázala proti ostatním složkám výjimku, neboť žádný způsob ošetření nezpůsobil statisticky významný pokles této složky ve studovaném mateřské mléce od patnácti dárkyň v porovnání se vzorkem dané dárkyně udrženém ve zmrazeném stavu.



Obrázek 10 Porovnání obsahu sekrečního IgA (%) v mraženém vzorku a různě ošetřeném vzorku mateřského mléka. ■ - pasterace, ■ - vysoký tlak – cykly, ■ - kontinuální vysoký tlak

Závěr

Vysokotlaké metody jsou proti sporám *B. cereus* účinnější než klasická Holderova pasterizace. Je zřejmé, že aplikace vysokého tlaku v několika cyklech je tou nejefektivnější. Na souboru 108 vzorků mateřského mléka jsme ověřili účinnost dvou metod tlakování:

- 1) tlak 350 MPa / 5 min / 38 °C ve čtyřech cyklech.
- 2) kumulativní tlak 350 MPa / 20 min / 38 °C.

Tyto metody snížily počet spór o 3 až 4 řády. Navíc jsme ověřili, že metoda byla reprodukovatelná (viz obr. 4).

Zavedení této techniky do rutinní praxe by mohlo vést ke zvýšení dostupnosti mateřského mléka pro novorozence a zároveň ke snížení nákladů spojených s vyřazeným kontaminovaného mléka.

Pro běžnou praxi bank lidského mateřského mléka doporučujeme používat metodu tlakování 350 MPa / 5 min / 38 °C ve třech cyklech.

Výsledky ukázaly, že tento způsob ošetření tlakem (350 MPa) byl šetrný k bioaktivním složkám mateřského mléka. Zdá se, že tato metoda je vhodná pro rutinní použití v praxi Mléčné banky.

Poděkování

Tento projekt byl podpořen MH CZ-DRO (UHHK, 00179906) a Ministerstvem zemědělství ČR, institucionální podpora MZE-RO0323.

Literatura

1. Demazeau, G., Plumecocq, A., Lehours, P., Martin, P., Couédelo, L., Billeaud, C. A New High Hydrostatic Pressure Process to Assure the Microbial Safety of Human Milk While Preserving the Biological Activity of Its Main Components. *Front. Public Health* 2018, 6, 306. DOI: [10.3389/fpubh.2018.00306](https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00306).
2. Billeaud, C. High Hydrostatic Pressure Treatment Ensures the Microbiological Safety of Human Milk Including *Bacillus Cereus* and Preservation of Bioactive Proteins Including Lipase and Immuno-Proteins: A Narrative Review. *Foods* 2021, 10, 1327, doi.org/10.3390/foods10061327.
3. Jandová, M., Fišerová, M., Paterová, P., Cacková, L., Měříčka, P., Malý, J., Kacerovský, M., Kovářiková, E., Strohalm, J., Demnerová, K., Kadavá J., Sýkorová H., Hyšpler R., Čížková D., Bezrouk A. and Houška M. High-Pressure Inactivation of *Bacillus cereus* in Human Breast Milk. *Foods* 2023, 12, 4245. doi.org/10.3390/foods12234245.

PROBLEMATIKA AKRYLAMIDU V POTRAVINÁCH: OD REFERENČNÝCH HODNÔT K MAXIMÁLNYM LIMITOM

Ciesarová Z., Kukurová K.

NPPC, Výskumný ústav potravinársky v Bratislave

Úvod

Akrylamid je považovaný za pravdepodobný karcinogén skupiny 2A podľa klasifikácie IARC – Medzinárodnej agentúry pre výskum rakoviny (IARC, 1994) aj podľa klasifikácií ďalších inštitúcií zaoberajúcich sa toxickým vplyvom látok. Okrem karcinogénneho efektu je akrylamid spojený aj s ďalšími toxickými vplyvmi, čím dochádza ku kumulácii toxického efektu na zdravie človeka. Primárnym zdrojom záťaže akrylamidom je pracovné prostredie pri jeho priemyselnej výrobe a využívaní v rôznych technických aplikáciách, avšak významná expozícia akrylamidu bola zistená na základe jeho prítomnosti v tepelne spracovaných potravinách dennej spotreby. Potvrdilo sa, že akrylamid je procesný kontaminant, ktorý vzniká ako vedľajší produkt Maillardovej reakcie v procese výroby bežných potravín, pričom sa tvorí zo zložiek prirodzene sa vyskytujúcich v rastlinných surovinách, a to z voľnej aminokyseliny asparagín a redukujúcich sacharidov, najmä glukózy a fruktózy, uvoľňujúcich sa zo zásobných polysacharidov, napr. zo škrobu (Mottram et al., 2002, Stadler et al., 2002). Legislatívnym tlakom na zníženie množstva akrylamidu na čo najnižšiu možnú mieru v priemyselne vyrábaných produktoch je Nariadenie Komisie (EU) 2017/2158 z 20. novembra 2017, ktorým sa stanovujú opatrenia na minimalizáciu množstiev akrylamidu a jeho referenčné hodnoty v potravinách (Commission Regulation EU, 2017). V samotnom Nariadení, ktoré je účinné v krajinách EÚ od 11. apríla 2018, je uvedené, že referenčné hodnoty budú preskúmané každé tri roky a prvý raz do troch rokov od nadobudnutia účinnosti tohto nariadenia. Preskúmanie referenčných hodnôt je v súčasnosti v pripomienkovom konaní a stanovenie nových referenčných hodnôt, maximálnych hodnôt ako aj nových komodít podliehajúcich tomuto nariadeniu sa očakáva v najbližšom čase.

Legislatívne dokumenty o akrylamide v potravinách

Akrylamid ako chemická látka, priemyselne produkovaná na rôzne technické účely, je dobre charakterizovaná z toxikologického hľadiska. Má viaceré toxické vplyvy charakterizované negatívnym vplyvom na plodnosť, zmenami v periférnych nervových zakončeníach a degeneratívnym poškodením nervov. Taktiež je podľa Agentúry pre ochranu životného prostredia EPA (Environmental Protection Agency) akrylamid evidovaný ako extrémne nebezpečná látka a nebezpečná látka znečisťujúca ovzdušie (U.S. EPA, 2010).

Akrylamid, na rozdiel od iných kontaminantov vyskytujúcich sa v potravinách, samovoľne vzniká z látok prirodzene prítomných v surovinách, a to pri vysokých teplotách, ktoré sa používajú pri pečení, grilovaní, vyprášaní či smažení. Vzniku akrylamidu sa nedá úplne zabrániť, ale dodržaním vhodných postupov počas tepelnej úpravy alebo výberom suroviny sa dá veľmi efektívne znížiť jeho množstvo na prijateľnú, nie nebezpečnú hodnotu. Jedná sa o potraviny ako zemiakové hranolčeky, lupienky, opekané zemiaky, chlieb a bežné pečivo, cereálie na prípravu raňajok, trvanlivé pečivo (keksy, sušienky, sucháre, tyčinky, krekry), grilovaná zelenina, káva a kávoviny. Tieto potraviny môžu byť vyrábané priemyselne alebo pripravené doma či v zariadeniach verejného stravovania (Ciesarová, 2005).

Hneď od zverejnenia prítomnosti akrylamidu v tepelne spracovaných potravinách dennej spotreby v r. 2002 (Tareke et al., 2002) v množstvách, ktoré môžu byť potenciálne nebezpečné



pre ľudské zdravie, upútala táto skutočnosť pozornosť médií, vedeckých tímov i inštitúcií zodpovedných za bezpečnosť potravín, najmä Európskeho úradu pre bezpečnosť potravín EFSA (European Food Safety Authority), ktorý ako nezávislá európska agentúra poskytuje vedeckú podporu v oblasti bezpečnosti potravín. Prehľad aktivít EFSA a Európskej komisie (EK) ako výkonného orgánu EÚ týkajúcich sa akrylamidu je zosumarizovaný nasledovne:

2005: Úrad EFSA vydal vyhlásenie týkajúce sa akrylamidu v potravinách (EFSA, 2005), v ktorom súhlasí so základnými zisteniami a odporúčaniami Spoločného výboru expertov FAO/WHO pre prídavné látky v potravinách JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives), ktoré naznačujú, že úrovne expozície akrylamidu v potravinách môžu predstavovať riziko pre ľudské zdravie (JECFA, 2005);

2007: EK vydala Odporúčanie Komisie č. 2007/331/EC na monitorovanie obsahu akrylamidu v potravinách (Commission Recommendation, 2007; Commission Recommendation, 2010). Toto monitorovanie prebiehalo v rokoch 2007, 2008, 2009 a 2010 vo všetkých 27 členských krajinách s požiadavkou získania najmenej 2000 vzoriek ročne z jednotlivých rizikových skupín potravín (káva, zemiakové a cereálne výrobky);

2008: Úrad EFSA zorganizoval vedecké kolokvium týkajúce sa toxicity akrylamidu v potravinách a expozícii akrylamidu (EFSA, 2008);

2009 – 2012: Úrad EFSA uverejnil štyri po sebe idúce správy o obsahu akrylamidu v potravinách, v ktorých porovnáva údaje z rokov 2007 až 2010 (EFSA, 2012). Správy vo všeobecnosti neodhalili žiadne výrazné rozdiely oproti predchádzajúcim rokom v obsahu akrylamidu vo väčšine hodnotených kategórií potravín. Vo vydaní z roku 2011 úrad EFSA odhadol aj expozíciu spotrebiteľov pre rôzne vekové skupiny, ktorá bola porovnateľná s hodnotami predtým zverejnenými v európskych krajinách;

2012: Úrad EFSA dostal návrh od organizácií zo štyroch členských štátov EÚ (Dánska, Francúzsko, Nemecko a Švédsko), aby zvažil nové vedecké zistenia o možnej karcinogenite akrylamidu;

2013: Úrad EFSA prijal žiadosť EK o poskytnutie vedeckého stanoviska o možných rizikách akrylamidu v potravinách pre ľudské zdravie. Odborníci úradu EFSA identifikovali stovky vedeckých štúdií, ktoré bolo treba zohľadniť pri prvom úplnom hodnotení rizík akrylamidu. Nasledovala výzva na predloženie údajov;

2013: EK vydala Odporúčanie Komisie (EÚ) č. 2013/647 z 8. novembra 2013 na zisťovanie výskytu akrylamidu v potravinách, v ktorom boli po prvý raz stanovené „indikatívne hodnoty“ pre jednotlivé komodity potravín (Commission Recommendation, 2013);

2014: Úrad EFSA spolu s národnými partnermi v členských štátoch uverejnil infografiku o akrylamide v potravinách, aby pomohol zvýšiť povedomie o tejto problematike. Infografika vysvetľuje, ako sa akrylamid tvorí a v ktorých potravinách, a obsahuje základné typy poskytnuté národnými úradmi na zníženie expozície akrylamidu konzumáciou potravín;

2015: Úrad EFSA zverejnil svoje prvé úplné hodnotenie rizika akrylamidu v potravinách, ktorý podľa odborníkov potenciálne zvyšuje riziko vzniku rakoviny u spotrebiteľov vo všetkých vekových skupinách (EFSA, 2015);

2017: EK vydala Nariadenie Komisie (EÚ) č. 2017/2158 z 20. novembra 2017, ktorým sa stanovujú opatrenia na minimalizáciu množstva akrylamidu a jeho referenčné hodnoty (Commission Regulation EU, 2017). Týmto Nariadením sú prevádzkovatelia potravinárskych podnikov povinní prijať opatrenia na zníženie obsahu akrylamidu v tých výrobkoch, ktoré prekračujú stanovené referenčné hodnoty;

2019: EK vydala Odporúčanie Komisie (EÚ) č. 2019/1888 zo 7. novembra 2019 na monitorovanie prítomnosti akrylamidu v niektorých potravinách (Commission Recommendation EU, 2019). V tomto Odporúčaní sa rozširuje spektrum monitorovaných potravín o niektoré zemiakové a cereálne produkty, ktoré sa dovtedy samostatne

nemonitorovali, ako aj o ďalšie potraviny, ako sú zeleninové lupienky, vyprážené orechy a semienka, kakaové bôby, sušené ovocie, olivy, ďalšie náhrady kávy a iné výrobky.

Nariadenie EÚ o akrylamide v potravinách

Nariadenie Komisie (EÚ) č. 2017/2158, ktorým sa stanovujú opatrenia na minimalizáciu množstva akrylamidu a jeho referenčné hodnoty, rieši reguláciu akrylamidu v prevádzkach potravinárskych podnikov, ktoré vyrábajú a uvádzajú na trh nasledovné potraviny: a) zemiakové hranolčeky, iné krájané (vyprážené) výrobky a zemiakové lupienky z čerstvých zemiakov; b) zemiakové lupienky, snacky, krekry a iné výrobky zo zemiakového cesta; c) chlieb; d) raňajkové cereálie (okrem kaše z ovsených vločiek); e) jemné a trvanlivé pečivo z obilnej múky: keksy, sušienky, sucháre, cereálne tyčinky, pagáče, kornúty, oplátky, lievance, medovníky, krekry, chrumkavé chleby, plnené jemné pečivo ai.; f) káva pražená a instantná; g) náhrady kávy; h) potraviny na báze obilnín určené pre deti.

Nariadenie stanovuje referenčné hodnoty pre jednotlivé komodity uvedené v Tabuľke I. (prvý stĺpec). Výrobcovia zmienených potravín, v ktorých potenciálne môže vznikáť akrylamid, sú povinní monitorovať prítomnosť akrylamidu vo výrobkoch a pri prekročení referenčných hodnôt musia zaviesť opatrenia na minimalizáciu jeho množstva. Výber vhodných opatrení a ich zavedenie do technológie je na zvážení prevádzkovateľa potravinárskeho podniku. V Nariadení sa doslovne uvádza, že „referenčné hodnoty sú ukazovateľmi výkonu, ktoré sa majú použiť na overenie účinnosti opatrení na minimalizáciu množstiev akrylamidu, a pri mnohých kategóriách potravín sú založené na skúsenostiach a výskyte. Mali by sa stanoviť na čo najnižšiu úroveň reálne dosiahnuteľnú pri uplatňovaní všetkých relevantných opatrení na minimalizáciu množstiev. Referenčné hodnoty by sa mali určiť so zohľadnením najnovších údajov o výskyte z databázy EFSA, podľa ktorých sa predpokladá, že pri mnohých kategóriách potravín je zvyčajne možné znížiť množstvo akrylamidu v 10 – 15 % výrobkov s najvyššími množstvami uplatňovaním osvedčených postupov“.

Účinnosť opatrení má byť v zmysle Nariadenia Komisie (EÚ) č. 2017/2158 overená odberom vzoriek a stanovením obsahu akrylamidu. Analytické požiadavky a frekvenciu odberu vzoriek si určuje každý prevádzkovateľ sám s cieľom zabezpečiť reprezentatívnosť analytických výsledkov. Prevádzkovatelia zabezpečia, aby sa na analýzu koncentrácie akrylamidu odobrala reprezentatívna vzorka každého typu výrobku. „Typ výrobku“ zahŕňa skupiny výrobkov s rovnakými alebo podobnými zložkami, návrhom receptúry, pracovným postupom a/alebo kontrolami procesu, ak majú potenciálny vplyv na množstvá akrylamidu vo finálnom výrobku. Analýzu akrylamidu je možné nahradiť meraním vlastností výrobku ako je farba kôrky, resp. povrchu výrobkov pri pečení, alebo procesných parametrov, a to za predpokladu, že je možné preukázať štatistickú koreláciu medzi vlastnosťami výrobku alebo procesnými parametrami a množstvom akrylamidu.

Navrhované zmeny v legislatíve

Úsilie o zníženie obsahu, resp. tvorby akrylamidu v zemiakových a cereálnych produktoch je evidentné v podstate od vzniku tejto problematiky, keďže spolu s kávou boli tieto komodity identifikované ako tie, ktoré najviac prispievajú k nežiaducej expozícii akrylamidu. Informácie o ďalších zdrojoch akrylamidu v strave nie sú také časté, avšak vystupujú do popredia v súvislosti s väčším dôrazom na zdravú výživu zahŕňajúcu vo väčšej miere produkty zo zeleniny a strukovín.

Téma opatrení na zníženie obsahu akrylamidu v potravinách je v súčasnosti na vzostupe aj z toho dôvodu, že po rokoch intenzívneho výskumu a priebežných legislatívnych opatrení EÚ väčšinou zameraných na monitoring došlo k rozhodnutiu EK prehodnotiť doterajšie referenčné hodnoty a stanoviť maximálne prípustné hodnoty akrylamidu v širokom spektre bežne konzumovaných výrobkov. Toto očakávané nové nariadenie sa bude týkať viacerých

potravinárskych odvetví v celom rozsahu produkcie a spracovania rastlinných produktov, najmä produkcie obilnín, zemiakov, zeleniny a ovocia, ich spracovania a výroby tepelne spracovaných produktov z týchto surovín. Najviac dotknuté je odvetvie pekárskej produkcie, keďže sa jedná o produkty dennej spotreby ako je chlieb, pečivo a trvanlivé pekárske výrobky.

Nové referenčné hodnoty a nové maximálne hodnoty pre jednotlivé kategórie potravín sú navrhované tak, ako je uvedené v Tabuľke I a II.

Tabuľka I Referenčné hodnoty pre obsah akrylamidu v potravinách podľa Nariadenia Komisie (EÚ) č. 2017/2158 a navrhované referenčné a maximálne hodnoty na základe dokumentu EFSA z 25. mája 2021

Potravina	Referenčná hodnota (µg/kg) podľa Nariadenia (EÚ) 2017/2158	Navrhovaná referenčná hodnota (µg/kg)	Navrhovaná maximálna hodnota (µg/kg)
1.Hranolky (pripravené na konzumáciu) ako sa uvádzajú na trh: pripravené na konzumáciu alebo po príprave podľa pokynov na etikete (štandardizovaný postup vyprážania)	500	500	850
2a. Zemiakové lupienky z čerstvých zemiakov a zo zemiakového cesta 2b. Kekry na báze zemiakov 2c. Ostatné zemiakové výrobky zo zemiakového cesta (napr. zemiakové slané snacky - obsah vlhkosti < 5 %)	750	700	1000
3. Mäkký chlieb (na báze obilnín) 3a. Chlieb na báze pšenice 3b. Mäkký chlieb iný ako pšeničný	50 100	50 75	75 125
4. Raňajkové cereálie (okrem ovsenej kaše, nepražených müsli, ovsených vločiek) 4a. výrobky z otrúb a celozrnné obilniny, pšeničné pufované zrná obalované 4b.výrobky na báze pšenice, špaldy a raže (vrátane vločiek) (*) 4c. výrobky na báze kukurice, jačmeňa a ryže (vrátane vločiek) (*) 4d. pufované zrná neobalované (**) 4e. granola (chrumkavé pražené müsli)	300 300 150 - -	300 250 150 450 125	500 350 250 600 200
(*) necelozrnné a/alebo obilniny bez obalovej vrstvy. Kategóriu určujú obilniny prítomné v najväčšom množstve.			
(**) vrátane raňajkových cereálií s pufovanými zrnami ako zložky v najväčšom množstve			
5. Jemné a trvanlivé pečivo 5a. Sušienky a oblátky 5b. Kekry s výnimkou zemiakových kekrov (zahŕňa slané obilninové snacky) 5c. Chrumkavý chlieb a sucháre 5d. Medovníky 5e. Ostatné jemné pečivo a koláče	350 400 350 800 -	300 300 300 700 200	500 500 400 1000 300
5. Jemné a trvanlivé pečivo 5a. Sušienky a oblátky 5b. Kekry s výnimkou zemiakových kekrov (zahŕňa slané obilninové snacky) 5c. Chrumkavý chlieb a sucháre 5d. Medovníky 5e. Ostatné jemné pečivo a koláče	350 400 350 800 -	300 300 300 700 200	500 500 400 1000 300

6. Káva			
6a. Pražená káva	400	400	500
6b. Instantná (rozpustná) káva	850	850	1000
7. Náhrady kávy			
a) náhrady kávy len z obilnín	500	450	600
b) náhrady kávy zo zmesi obilnín a čakanky	(*)	(*)	(*)
c) náhrady kávy len z čakanky	4000	3500	4500
(*) referenčná úroveň a maximálna úroveň, ktorá sa má uplatňovať na náhrady kávy zo zmesi obilnín a čakanky zohľadňuje relatívny podiel týchto zložiek v konečnom výrobku.			
8. Potraviny pre deti, spracované potraviny z cereálií pre dojčatá a deti okrem sušienok, suchárov a piškót	40	40	50
9. Sušienky, sucháre a piškóty pre dojčatá a mladšie deti špeciálne označené pre deti	150	100	125

Tabuľka II Navrhované referenčné hodnoty pre ďalšie druhy potravín

Potravina	Referenčná hodnota (µg/kg)
Zemiakové placky	800
Iné zemiakové jedlá (pripravené v rúre alebo vyprážené (zahŕňa zemiakové krokety)	300
Vyprážené hranolčeky z koreňovej zeleniny a zeleninových hľúz	500
Oxidované (fermentované) čierne olivy	850
Lupienky a hranolčeky z ovocia	250
Zeleninové lupienky iné ako zemiakové a obilné	700
Spracovaná cibuľa	700
Kakaový prášok	400

Uvedené referenčné a maximálne hodnoty sú v súčasnosti v štádiu pripomienkovania. Ich definitívne znenie sa podľa informácií Generálneho riaditeľstva pre zdravie a bezpečnosť potravín Európskej komisie DG SANTE (Directorate-General for Health and Food Safety) očakáva v prvej polovici r. 2025. Na implementáciu opatrení bude relatívne krátke obdobie, preto budú mať výhodu tí prevádzkovatelia potravinárskych podnikov, ktorí sa tomu venujú priebežne, a to na základe Nariadenia Komisie (EÚ) č. 2017/2158.

Záver

Problematika výskytu akrylamidu v potravinách dennej spotreby, ktorá sa dostala do popredia záujmu v predošlých 20 rokoch, je exemplárnym príkladom toho, aký je priebeh od zistenia výskytu kontaminantu, analýzy a hodnotenia rizika, interdisciplinárny výskum mechanizmu jeho vzniku, jeho metabolizmu v organizme, cez skúmanie možností jeho eliminácie, riešenie technologickej implementácie navrhovaných opatrení až po legislatívne zmeny v európskej či národnej legislatíve. Problematika nenechala ľahostajnými inštitúcie ako je EFSA, Európska komisia, národné či medzinárodné úrady zodpovedné za bezpečnosť potravín a zdravie človeka, ani asociácie spotrebiteľov či výrobcov potravín a nápojov. Toto úsilie, ako aj navrhované opatrenia majú reálnu šancu znížiť záťaž spotrebiteľov týmto kontaminantom a prispieť tak k zlepšeniu kvality života obyvateľov.



Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol v rámci projektu výskumu a vývoja (PVV 11) podporovaného Ministerstvom pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR; kontrakt č. 720/2023/MPRVSR-930. Medzinárodná spolupráca bola realizovaná v rámci projektov COST CA 21149 ACRYRED

Literatúra

Acrylamide (1994). In: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Some Industrial Chemicals (Vol. 60, pp. 389-433) Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. Available online: <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Some-Industrial-Chemicals-1994>.

Ciesarová, Z. (2005). Minimization of acrylamide content in food. *Chemicke Listy*, 99 (7), 483491.

Commission Recommendation 2007/331/EC of 3 May 2007 on the monitoring of acrylamide levels in food. *Official Journal of the European Union*, L 123/33. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32007H0331>.

Commission Recommendation 2010/307/EU of 2 June 2010 on the monitoring of acrylamide levels in food. *Official Journal of the European Union*, L 137/4. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32010H0307>.

Commission Recommendation 2013/647/EU of 8 November 2013 on investigations into the levels of acrylamide in food. *Official Journal of the European Union*, L 301/15. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32013H0647>.

Commission Recommendation (EU) 2019/1888 of 7 November 2019 on the monitoring of the presence of acrylamide in certain foods. *Official Journal of the European Union*, L 290/31. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reco/2019/1888/oj>.

Commission Regulation (EU) 2017/2158 of 20 November 2017 establishing mitigation measures and benchmark levels for the reduction of the presence of acrylamide in food. *Official Journal of the European Union*, L 304/24. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2017/2158/oj>.

EFSA, 2008: EFSA Scientific Colloquium N°11: Acrylamide carcinogenicity - New evidence in relation to dietary exposure - 22 and 23 May 2008, Tabiano (PR), Italy. Available on line: <https://www.efsa.europa.eu/en/events/event/colloque080522>.

EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain). (2015) Scientific Opinion on acrylamide in food. *EFSA Journal*, 13 (6):4104, 321 pp. 10.2903/j.efsa.2015.4104.

EFSA, 2005; Statement on summary report on Acrylamide in food of the 64th meeting of the joint FAO/WHO expert committee on food additives by the Scientific Panel on contaminants in the food chain (CONTAM). *EFSA Journal*, Available online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2005.619>.

EFSA, 2012; European Food Safety Authority; Update on acrylamide levels in food from monitoring years 2007 to 2010. *EFSA Journal* 10(10):2938. [38 pp.] doi:10.2903/j.efsa.2012.2938. Available online: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2938>.

JECFA, 2005. Summary and conclusions of the sixty-fourth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Available online: <https://www.fao.org/3/at877e/at877e.pdf>.

Mottram, D. S., Wedzicha, B. L., & Dodson, A. T. (2002). Food chemistry: Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, 419 (6906), 448-449.

Regulation (EU) No 609/2013 of the European parliament and of the Council of 12 June 2013 on food intended for infants and young children, food for special medical purposes, and total diet replacement for weight control and repealing Council Directive 92/52/EEC, Commission Directives 96/8/EC, 1999/21/EC, 2006/125/EC and 2006/141/EC, Directive 2009/39/EC of the European Parliament and of the Council and Commission.

Stadler, R. H., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P. A., Robert, M. C., & Riediker, S. (2002). Food chemistry: Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature*, 419 (6906), 449-450.

Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., & Törnqvist, M. (2002). Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J Agric Food Chem*, 50 (17), 4998-5006.

U.S. EPA. IRIS Toxicological Review for Acrylamide (Interagency Science Discussion Draft). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/635/R-07/009D, 2010.



L14

ASPARAGÍN AKO KEŤOVÝ PREKURZOR AKRYLAMIDU V OBILNINÁCH

Kukurová K., Ciesarová Z.

NPPC, Výskumný ústav potravinársky v Bratislave

Obsah voľného asparagínu ako kľúčového prekuzora akrylamidu vznikajúceho v cereálnych výrobkoch počas tepelného spracovania významne závisí od druhu obilnín, agronomických a klimatických faktorov a spôsobu spracovania obilnín na mlynské výrobky, pričom vyšší obsah asparagínu je prítomný v obalových častiach zrna. Pri porovnaní jednotlivých druhov obilnín je vyšší obsah asparagínu prítomný v raži a ovse. Naopak, pšenica, kukurica, ryža a pseudocereálie ako pohánka, pšeno alebo amarant obsahujú nízke množstvá asparagínu. Z hľadiska dispozície vzniku akrylamidu v cereálnych výrobkoch sú rizikové prídavky iných druhov rastlinných surovín a preparátov ako je mrkva, petržlen, cvikla, cibuľa, hrach a iné, ktoré prispievajú k zvýšenému obsahu asparagínu. Tento príspevok poskytuje prehľad o doterajších poznatkoch o obsahu asparagínu v obilninách a predkladá perspektívu ďalšieho výskumu v oblasti agronomických faktorov, ktoré sú predmetom medzinárodnej spolupráce v rámci projektu COST CA21149 ACRYRED.

Asparagine as a key precursor of acrylamide in cereals

The content of free asparagine, as a key precursor to acrylamide formed in cereal products during thermal processing, depends significantly on the cereal type, agronomic and climatic factors and the way cereals are processed into mill products, with higher asparagine content present in the outer layers of the grain. When comparing the different cereal types, the higher asparagine levels are found in rye and oats. In contrast, wheat, maize, rice and pseudocereals such as buckwheat, quinoa and amaranth contain low levels of asparagine. From the perspective of the predisposition to acrylamide formation in cereal products, the addition of other types of plant materials and preparations such as carrots, parsley, beetroot, onions, peas and others, which contribute to increased asparagine content, are at risk. This paper provides an overview of the current knowledge on asparagine content in cereals and presents perspectives for further research on agronomic factors, which are the subject of an international cooperation within the COST CA21149 ACRYRED project.

L15

PREZENTACE FIRMY GENEPROOF

Kunc M.

GeneProof® a.s.

Komerční prezentace ve foyer
Commercial presentation in the foyer

L16

PREZENTACE ČASOPISU CHEMAGAZÍN

Rotrekl T.

Chemagazín s.r.o.

Komerční prezentace ve foyer
Commercial presentation in the foyer

L17

KAMUT - MINORITNÍ PŠENICE S NUTRIČNÍM PŘÍNOSEM

Hrušková M., Filip P.

Svaz průmyslových mlýnů ČR

Úvod

Kamut je druhem starověké pšenice (*Triticum turgidum turanicum*), nazývanou podle původní lokality pšenice Khorasan. Patří s pšenicí jednozrnkou a dvouzrnkou k minoritním druhům s omezeným pěstováním zpravidla v ekologickém režimu. Do roku 1986 byla známá i jako *Triticum polonicum*. Název kamut je obchodní označení s registrovanou značkou. Zrno se vyznačuje příjemnou sladkou chutí a vyšší tvrdostí, příbuzné původní tvrdé pšenici. Název garantuje bio původ a jako registrovaná značka je chráněna před dalším křížením, hybridizací a genetickými úpravami. V současné době se stává populárním druhem pšenice pěstovaným podle schválených pravidel nejvíce v USA a Kanadě.

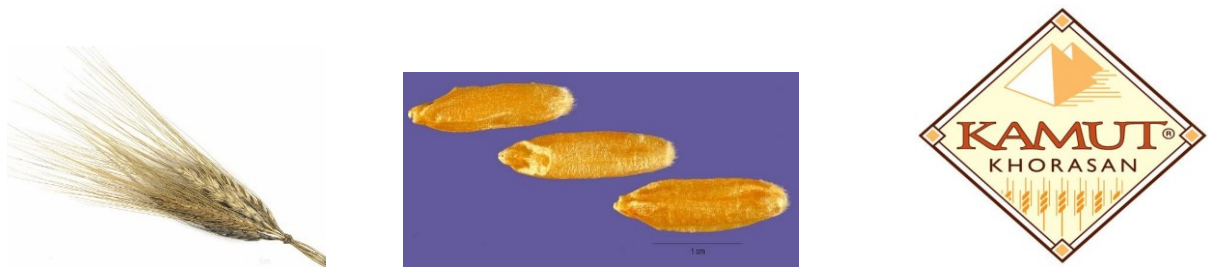
Historie pěstování a současnost

Do Egypta byl Kamut pravděpodobně dovezen ve starověku Římany. Do Ameriky se dostala v roce 1946. Název je odvozen od staroegyptského výrazu pro pšenici a v překladu znamená „duše Země“. Oficiálně se jedná o pšenici naduřenou nebo podle původu pěstování také khorasanskou. Do roku 1986 byla známá jako *Triticum polonicum*. V roce 1990 si Kamut registrovala jako obchodní značku rodina Quinnů. Současné pěstování kamutu se soustřeďuje do oblasti zahrnující části území amerických států Montana a Severní Dakota a kanadských provincií Alberta a Saskatchewan. Kamut se pěstuje pouze v podmínkách ekologického zemědělství a je podle registračních podmínek povolen v oblastech, „kde půda a klimatické podmínky zaručují požadované parametry zrna“. Nedaří se ve vlhkých lokalitách, např. pokusy s pěstováním v částech Evropy byly zatím méně úspěšné.

Popis rostliny a hodnocení zrna

Korasánská pšenice je 110 - 160 cm vysoká tetraploidní tráva s nelámaným klasem. Obilky jsou dvakrát až třikrát větší než ostatních kultivarů pšenice a mají zlaté zbarvení. Tvar je specifický díky lukovitému zahnutí na jedné straně a obilky jsou úzké.





Obrázek 1 Kamut - klas, zrno a ochranná známka

Složení zrna

Složení zrna kamutu ve srovnání se znaky pšenice obecné a tvrdé uvádí Tab. I. Z výsledků je zřejmý vyšší obsah bílkovin podle certifikačního doporučení (12 - 18 %).

Tabulka I Obsah hlavních složek zrna

Složka (mg/100g)	kamut	pšenice setá	pšenice tvrdá
Voda	11,07	10,42	10,94
Sacharidy	70,58	75,36	71,13
Bílkoviny	14,54	10,69	13,68
Tuky	2,13	1,99	2,47
Vláknina	11,1	12,7	nezjištěn
Energie	337	340	339

Tabulka II Obsah vitamínů a minerálních látek zrna

Vitamíny (mg/100 g)	kamut	pšenice setá	pšenice tvrdá
B1	0,566	0,410	0,419
B2	0,184	0,107	0,121
B3	6,375	4,766	6,738
B6	0,259	0,378	0,419
E	0,610	1,01	nezjištěn
K	1,80	1,90	nezjištěn
kyselina listová	nezjištěn	41	43

Minerální látky (mg/100 g)	kamut	pšenice setá	pšenice tvrdá
Ca	22	34	34
Fe	3,77	5,37	3,52
Mg	130	90	144
P	364	402	508
K	403	435	431
Zn	3,68	3,46	4,16

Ostatní znaky jsou spíše srovnatelné s hodnotami pšenice TD. Kamut má více vitamínů B1 a B3, hořčíku a zinku (Tab. II) než zrno pšenice seté. Vysoký obsah selenu byl podle literatury zjištěn zejména v zrně z některých lokalit pěstování v USA.

Využití kamutu

Pšenice korasánská souvisí historicky s dvouzrnkou a je také zařazovaná do sortimentu zdravé výživy. Doporučuje se konzumace nezpracovaného i zeleného zrna. Hodí se do polévek, salátů, k zapékání, pro přípravu zeleninových a masových směsí. Mlýnské výrobky tvoří krupice i mouky, které se dále zpracovávají na pečivo, různé druhy chleba, sušenky a těstoviny. Pro vegetariánskou výživu se připravuje kuskus a bulgur. Mezi netradiční patří výroba seitanu a rostlinného mléka.

Zrno obsahuje lepkové bílkoviny a není vhodné pro osoby trpící celiakií, jak bývá občas uváděno. Výrobky z kamutu jsou oblíbené mezi kulturisty, kteří potřebují větší množství aminokyselin ze zastoupených bílkovin. Ve výživě pro vegetariány a vegany jsou alternativní zdrojem bílkovin místo masa a mléčných výrobků. V alternativním stravování je přínosný obsah selenu s antioxidačními účinky. Uvádí se, že konzumace několika krajíců chleba denně pokryje doporučenou dávku tohoto antioxidantu

Závěr

Minoritní pšenice jako kamut, jednozrnka a dvouzrnka jsou doporučeny pěstovat v ekologickém režimu. Nabízí i další využití nejen pro pekařské kynuté výrobky, ale také pro těstoviny, sušenky a oplatky zpravidla v bio kvalitě.

L18

TECHNOLOGICKÉ HODNOCENÍ VYBRANÝCH ODRŮD OZIMÉ PŠENICE A ŠPALDY

Švec I. (1), Polednová P. (1), Sluková M. (1), Skřivan P. (1), Kvirencová Rýparová J. (2), Hajšlová J. (2), Hrbek V. (2)

- (1) Ústav sacharidů a cereálií, VŠCHT Praha
- (2) Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

Úvod

V nedávné době bylo jak mezi odborníky, tak ve veřejném prostoru diskutováno téma rozlišování běžných pšenic (pšenice seté *Triticum aestivum* L.) a pšenice špaldy (*Triticum spelta* L.; *Triticum aestivum* subsp. *spelta* L.). Navíc díky šlechtění mohou být pěstovány a v průmyslových mlýnech zpracovávány také hybridní odrůdy (kříženci) těchto uvedených pšenic. Během února 2023 byly zveřejněny výsledky spotřebitelského testu, který zahrnul 9 obchodních značek špaldových mouk hladkých včetně zástupců celozrnné varianty. Testování obsahovalo jak standardní technologické rozborů a kvalitativní zkoušky mouky a nekynutého těsta, tak genetické analýzy. Bylo prokázáno, že 4 z testovaných mouk genom špaldy neobsahují – toto se dílem projevilo ve vyšší technologické kvalitě bílkovin; naopak 3 vzorky hladké mouky pocházely majoritně ze zrna špaldy (stanovení min. 90 % genomu)¹. Právě nejvyšší možná kontaminace špaldové mouky genomem *T. aestivum* se obvykle udává na hranici 10 hm.%; kromě semletí zrna hybridní odrůdy přichází také do úvahy míchání dvou mouk, z mlynářského pohledu finalizovaných samostatně. Pšenice špalda v porovnání s pšenicí setou nebyla během 20. století tak intenzivně šlechtěna na výnos a pro zpracování na různé typy cereálních výrobků. Traduje se, že špaldová mouka se vyznačuje slabě nasládlou a oříškovou (či kaštanovou) vůní a chutí. Obě tyto skutečnosti může část konzumentů považovat za výhodu;



naproti tomu se jednotkové ceny za 1kg balení špaldové a běžné pšeničné mouky mohou lišit přinejmenším dvojnásobně.

Pro oba botanické druhy pšenice majoritně převažuje ozimá varianta, kdy špalda je pěstována okrajově a většinou také v ekologickém režimu (osevní plocha v ČR cca 7.000 ha). Hellin et al. (2023)² zveřejnili čtyřletý komplexní průzkum kvality 22 evropských odrůd špaldy, pěstovaných ve dvou lokalitách Belgického království – v režimu intenzivního zemědělství v oblasti Gembloux a v systému ekologického zemědělství v regionu Michamps. Autoři zhodnotili technologickou kvalitu více než 30 parametry a potvrdili své předpoklady, že:

- „i) na vlastnosti špaldy má vliv jak vegetační období, tak i prostředí pěstování;
- ii) mezi odrůdami špaldy existují značné agronomické a technologické rozdíly (např. odrůda Zürcher Oberländer Rotkorn má pro špaldu atypické technologické vlastnosti);
- iii) 22 sledovaných odrůd špaldy by mohlo být sdruženo do 3 agronomických a 5 technologických skupin;
- iv) seskupení odrůd může usnadnit výběr špaldy pro daný cereální výrobek.“

V mlýnsko-pekárenském oboru je technologický potenciál pšeničné mouky založen na obsahu a kvalitě bílkovin i lepku, stejně jako na schopnosti mouky kynout (tj. aktivitě alfa-amylas). Existuje řada provozních testů, vyvinutých pro popis pšeničné mouky (např. Zelenyho test nebo Gluten Index) – jejich predikční schopnost se však liší. Pro pekaře je významnější chování těsta během hnětení a napínání, tedy tradiční reologické zkoušky pomocí přístrojů Farinograf a Extenzograf (případně Mixolab a Alveograf). Výsledky všech těchto metod bývají porovnávány s kvalitou pečiva, vyrobeného v rámci laboratorního pekařského pokusu. Tato komplexní metodika hodnocení kvality byla provedena v Cereální hale VŠCHT Praha, kdy bylo testováno 5 odrůdových mouk špaldy proti 3 odrůdovým z ozimé pšenice. Celkově bylo stanoveno 26 kvalitativních parametrů, jejichž vzájemné vztahy byly prověřeny vícerozměrnou statistickou metodou hlavních komponent.

Experimentální část

V testovaném souboru ozimé pšenice reprezentovaly odrůdy *Wiwa*, *Prim* a *Penelope*. Odrůdy špaldy zahrnovaly pěti *Serpentin*, *Rokoz*, *Orkus*, *Rubiota* a *Tauro* (dále používány třípísmenné zkratky). Zrno pocházelo ze sklizně 2021/22 a bylo dodáno společností PRO-BIO, obchodní společnost s. r. o., Staré Město. Mletí zrna na hladkou mouku bez nakropení bylo provedeno v Cereální hale VŠCHT Praha pomocí mlýna CD1 Auto (Chopin Technologies, Francie) v listopadu 2022. Získané mouky byly uloženy do skleněných zábrusových prachovnic a skladovány bez přístupu denního světla (19-22 °C, RH 55-60 %); chemické analýzy a technologické zkoušky byly postupně provedeny po deseti- až čtrnáctidenním skladování, během kterého proběhlo zrání mouky s dvakrát opakovaným promícháním na laboratorní míchačce BS-P06 (Mezos, CZE) po dobu 60 min rychlostí 100 ot/min.

Chemickými analýzami byl určen obsah minerálních látek jako nespalitelného popela, bílkovin (PRO) a celkové vlákniny (TDF, *total dietary fibre*). Dále byl stanoven tzv. profil retenčních kapacit (SRC, *solvent retention capacity*), kdy kromě 4 standardních rozpouštědel byl využit 0,75% roztok laurylsíranu sodného (SDS, *sodium dodecyl sulphate*; interakce s gluteniny, konkrétně s vysokomolekulární frakcí lepku). Odhad pekařské kvality bílkovin byl proveden jako Zelenyho sedimentační test (ZET) a současně jako Gluten Index (GI), kdy se lepek instrumentálně vypírá a následně odstředí. Podle článku² byl dopočten poměr ZET/PRO, který v jejich případě významně těsně koreloval s viskoelastickými vlastnostmi nefermentovaného těsta z alveografické zkoušky. Pro odhad aktivity alfa-amylas jako charakteristika Číslo poklesu byl zapojen tělískový viskozimetr Falling Number (typ 1400; Perten Instruments AB, SWE). Reologické testy byly provedeny s využitím Farinografu-TS a Extenzografu-E (Brabender Co & KG, SRN). Všechny uvedené zkoušky byly provedeny podle příslušných EN ISO nebo mezinárodních norem v doporučeném počtu opakování. Interní pekařský pokus byl proveden v laboratorním měřítku podle postupu publikovaného dříve³.

Příprava kynutého těsta plné receptury probíhala na farinografu a hodnoceními znaky pečiva byly měrný objem, tvar pečiva (poměrové číslo *výška / průměr*, tj. klenutost bulky) a tuhost střídy jako míra penetrace sondou o hmotnosti 150 g po dobu 5 s (penetrometr PNR-10, Petrotest, SRN). Interní opakovatelnost těchto tří znaků je 7,1 %, 5,8 % a 9,8 % (cit.⁴). V souhrnu bylo změřeno 26 jakostních znaků mouky, nekynutého těsta a pečiva.

Statistické zpracování dat proběhlo v programu Statistica 13.1 (TIBCO Software, USA) a zahrnovalo analýzu rozptylu v podobě HSD Tukeyova testu (P = 95 %) pro faktory *F1* – Druh pšenice (pšenice; špalda) a *F2* – Odrůda (ozimy *Wiw – Pen*, špaldy *Ser – Tau*). Pro vytipování reprezentativních jakostních parametrů z jednotlivých zkoušek, které nejpřesněji vystihují rozdíly mezi hodnocenými odrůdovými moukami, byla použita vícerozměrná statistická metoda Analýza hlavních komponent (PCA, *Principal Component Analysis*).

Výsledky a diskuse

Analytické parametry odrůdových mouk

V průmyslovém pšeničném mlýně je základní výrobní jednotkou tzv. *pasáž* – sestava skládající se z mlecí a třídící jednotky. Počet pasáží je v českých mlýnech roven 10 až 15, na kterých se třídí 20 až 25 frakcí. Výroba odrůdových mouk na laboratorním mlýně simuluje průmyslový proces pouze vzdáleně – podle technického provedení lze získat přibližně 5 až 10 frakcí. Mlýn CD1 Auto je vybaven pouze jedním párem šrotovacích a jedním párem vymílacích válců; celkově poskytuje 5 frakcí. Důsledkem toho je vyšší obsah popela v získaných moukách – pro ozimy bylo stanoveno rozmezí 0,65–0,77 %, pro špaldy 0,64–0,93 %. Podle vyhlášky MZe ČR č. 18/2020 Sb. přitom odpovídá pšeničné mouce hladké světlé či polosvětlé nejvyšší přípustný obsah minerálních látek hodnotám 0,60 % a 0,75 %, špaldová mouka z odrůdy Rokoz s nejvyšším podílem se přiblížila limitu pro pšeničnou mouku chlebovou (max. 1,15 % popela). Jelikož obsah popela velmi těsně koreluje s obsahem vlákniny, je tak částečně ovlivněna vaznost mouky a její chování v podobě nefermentovaného těsta během hnětení – průběh farinografické zkoušky. Obsah vlákniny v odrůdových moukách byl přinejmenším dvojnásobně vyšší než v běžné komerční pšeničné mouce hladké světlé – v průměru odrůd pšenice a špaldy pak statisticky srovnatelný (5,15 % a 5,44 %; Tabulka I). Obsah bílkovin a mokrého lepku byl podle předpokladu vyšší pro odrůdy špaldy – průměrné rozdíly mezi podskupinami byly zhruba 1 a 7 procentních bodů. Na druhou stranu bylo později znovu potvrzeno, že vyšší podíl bílkovin neznamená automaticky vyšší pekařskou kvalitu mouky.

Tabulka I Porovnání technologické kvality odrůdových mouk pšeničných a špaldových

Zkouška, jakostní znak		Ozimé pšenice (N = 3)			Ozimé špaldy (N = 5)		
Analytika	Obsah popela (% suš.)	0,72	± 0,06	<i>a</i>	0,80	± 0,11	<i>a</i>
	Obsah bílkovin (% suš.)	11,50	± 1,59	<i>a</i>	12,43	± 1,09	<i>a</i>
	Obsah mokrého lepku (% suš.)	27,19	± 4,10	<i>a</i>	33,99	± 5,44	<i>a</i>
	Obsah vlákniny TDF (% suš.)	5,15	± 0,21	<i>a</i>	5,44	± 18,65	<i>a</i>
Retenční kapacita	RK vody (%)	60	± 1	<i>a</i>	55	± 0	<i>a</i>
	RK sacharosy (%)	93	± 2	<i>a</i>	88	± 5	<i>a</i>
	RK uhličitánu (%)	83	± 3	<i>a</i>	70	± 6	<i>a</i>
	RK kyseliny mléčné (%)	110	± 15	<i>b</i>	77	± 9	<i>a</i>
	RK SDS (%)	319	± 21	<i>a</i>	250	± 6	<i>a</i>

Odhady technologické kvality	Zelenyho test (ml)	30	± 3	<i>b</i>	17	± 2	<i>a</i>
	ZET / PRO	2,64	± 0,08	<i>b</i>	1,36	± 0,27	<i>a</i>
	Gluten Index (%)	93	± 3	<i>b</i>	62	± 60	<i>a</i>
	Číslo poklesu (s)	389	± 76	<i>a</i>	207	± 65	<i>b</i>
Farinografická zkouška	Vaznost FAR (% na mouku)	58,2	± 1,9	<i>a</i>	56,1	± 4,1	<i>a</i>
	Doba vývinu těsta (min)	2,29	± 0,96	<i>a</i>	1,74	± 0,70	<i>a</i>
	Stabilita konzistence (min)	4,54	± 1,37	<i>a</i>	2,47	± 1,05	<i>a</i>
	Stupeň změknutí těsta (BJ)	104	± 8	<i>a</i>	126	± 27	<i>a</i>
	FQN (mm)	52	± 15	<i>a</i>	31	± 16	<i>a</i>
Extenzografická zkouška (odležení těsta 60 min)	Odpor R₅₀ (BJ)	252	± 30	<i>a</i>	152	± 93	<i>a</i>
	Odpor R_{max} (BJ)	331	± 69	<i>a</i>	176	± 114	<i>a</i>
	Tažnost d (mm)	170	± 16	<i>a</i>	199	± 33	<i>a</i>
	Poměr R₅₀ / d (-)	1,49	± 0,16	<i>a</i>	0,84	± 0,68	<i>a</i>
	Deformační energie (cm²)	80	± 19	<i>a</i>	48	± 21	<i>a</i>
Pekařský pokus	Vaznost PP (% na mouku)	55,1	± 1,7	<i>a</i>	51,8	± 4,2	<i>a</i>
	Měrný objem pečiva (ml/100 g)	310	± 20	<i>a</i>	281	± 40	<i>a</i>
	Tvar pečiva v / d (-)	0,60	± 0,01	<i>a</i>	0,60	± 0,17	<i>a</i>
	Penetrace střídy (mm)	10,4	± 2,5	<i>a</i>	8,0	± 2,4	<i>a</i>

SDS – dodecylsulfát sodný; ZET / PRO: poměr hodnot Zelenyho testu a obsahu bílkovin v mouce (podle cit.²); FQN – farinografické číslo kvality; BJ – uzanční Brabenderova jednotka

a, b: průměry v řádcích, označené stejným písmenem, nejsou statisticky odlišné ($P = 95 \%$)

Profil retenčních kapacit

Mezi stanovenými retenčními kapacitami (RK) lze rozlišit dvojice, popisující absorpční schopnost polysacharidové a bílkovinné složky pšeničné mouky: RK sacharosy – RK uhličitanu a RK kyseliny mléčné – RK SDS. Při porovnání změřených hodnot v podskupinách Pšenice a Špalda lze postřehnout, aritmetické průměry byly neprůkazně vyšší pro trojici ozimů ve všech pěti případech (Tabulka I). Zásadní je potvrzení schopnost rozlišit technologickou kvalitu pšeničných bílkovin pomocí alternativního roztoku SDS shodně s RK kyseliny mléčné. Pro kynutá těsta je v mezinárodní normě AACC Method 56-11 doporučena hodnota této $RK \geq 100 \%$.

Odhad technologické kvality složek mouky

Jak bylo zmíněno, množství a kvalita lepkotvorných bílkovin společně se stavem škrobo-amylasového komplexu jsou prvním úhlem pohledu na kvalitu pšeničné mouky. Zelenyho test, který byl vytvořen v roce 1947 (cit.⁵) je jedním z mandatorních technologických parametrů při zařazování nově vyšlechtěných odrůd pšenice do jakostních tříd E, A, B a C. Obecně platí, že potravinářská pšenice musí vykazovat sedimentační hodnotu min. 30 ml; proti tomu objem sedimentu z tzv. vysokolepkové pšeničné mouky, určené pro výrobu pizzy, může dosáhnout až 70 ml. Sledované ozimé odrůdy limit na objem sedimentu těsně splnily, zatímco odrůdy špaldy v tomto ohledu propadly (sedimenty 12–18 ml). Podobně nízké hodnoty někdy dosahuje také hladká mouka z pšenice jednozrnky (18 ml; cit.⁶); naproti tomu lze pro mouky špaldovou,

z pšenice jednozrnky a dvouzrnky stanovit objemy 35, 28, 23 ml (proti 38 ml pro kontrolní komerční pšeničnou hladkou)⁷.

Poměrný parametr ZET / PRO představuje inovaci v pohledu na pekařskou kvalitu pšeničných bílkovin² – z principu predikuje extenzografický (nebo alveografický) poměr pružnost / tažnost nefermentovaného těsta. Pro odrůdy ozimé pšenice *Wiw*, *Pri* a *Pen* byly vypočteny navzájem si blízké hodnoty 2,66 – 2,55 – 2,70; pro odrůdy špaldy pak významně nižší i současně v širším rozpětí (*Ser* 1,34; *Rok* 0,92; *Ork* 1,61; *Rub* 1,38; *Tau* 1,52).

Odrůdy špaldy pěstované v letech 2017–2020 v Belgii, byly popsány poměry ZET / PRO 1,06–2,82 (cit.2); jedná se o rozpětí, které překrývá vlastní testované odrůdy (0,92–2,70; Tabulka I).

Během sedimentačního testu lepek nevzniká, jelikož v prostředí isopropylalkoholu a kyseliny mléčné dochází pouze k bobtnání bílkovin. Tento nedostatek měli za cíl odstranit autoři metody nazývané Gluten Index, kdy je lepek instrumentálně vyhněten z 10g navážky mouky a následně promyt 2% roztokem NaCl (AACC Method 38-12.01). Izolovaný lepek je standardně odstředěn, kdy hodnota GI odpovídá hmotnostnímu poměru přepad / propad. Pomocí výsledků této metody by bylo možno sledované odrůdy pšenice a špaldy odlišit – průměrné hodnoty jsou 93 % (silný lepek) a 62 % (standardní lepek). Je však nutno poznamenat, že odrůdy *Ser*, *Rub* a *Tau* dosáhly přibližně polovičních hodnot než zbývající dvě *Rok* a *Ork* (49 % proti 82 %); hranice technologicky slabého lepku je uzančně dána hodnotou GI do 30 %.

Stran amylolytické aktivity byla pětice špaldivých mouk blíže experimentálními optimu 250 s – čísla poklesu se pohybovala od 116 do 288 s; pro ozimy pak mezi 305–453 s.

Reologické vlastnosti nefermentovaného těsta

V souhrnu se výsledky reologických testů pro zkoušené odrůdy pšenice a špaldy překrývaly, podle průměrných hodnot 5 farinografických a 5 extenzografických znaků nelze tyto botanické druhy statisticky rozlišit (faktor *FI*, *P* = 95 %). Při zohlednění interakce s druhým faktorem *Odrůda* pak jen částečně – jednoznačně např. ozimy *Wiw* a *Pri* od špaldivých *Rub* a *Tau*. Ve farinografickém testu vyšší vaznost vykazaly pšeničné mouky (58,2 a 56,1 % vody na mouku), kdy byla současně získána i těsta odolnější proti přehnětí (stabilita konzistence 4,54 proti 2,47 min). Při natahování špaldivých a pšeničných těst na extenzografu se potvrdil předpoklad tažnějšího špaldivého těsta při technologicky nedostatečné deformační energii (průměrně $R_{50} / d = 0,84$, deformační energie = 48 cm² proti 1,49 a 80 cm²). Pro komerční pšeničné mouky hladké pečivářské je optimální extenzografický poměr 2,00–2,20 a energie min. 90–100 cm²; v tomto ohledu nebyl ročník 2021/22 pro trojici ozimých odrůd příznivý.

Pekařský pokus

Recepturní přídavek vody do kynutých těst, označený zde jako *Vaznost PP*, jednoznačně koreloval s farinografickou vazností. Z pohledu pekařského technologa je podíl vody kolem 51 % na mouku spíše nižší než optimum – v případě špaldivých mouk se v plné míře neprojevil vyšší obsah celkové vlákniny TDF. V souvislosti s čísly poklesu pod 250 s byla po vyhnětí všechna špaldivá těsta lepivější, ale ještě stále tvarovatelná do podoby bulek. Vypočtené měrné objemy pečiva rozdělily špaldy na dvojici *Ser* – *Rok* s hodnotami blízkými pečivu z ozimů a trojici *Ork* – *Rub* – *Tau* (průměry souboru 292 ml/100 g, dvojice 320 ml/100 g a trojice 252 ml/100 g; Tabulka II). Měrný objem je zpravidla nezávislý na klenutosti pečiva. Opačný vztah má k penetraci střídy, která odráží prostorovou strukturu střídy – tuhé

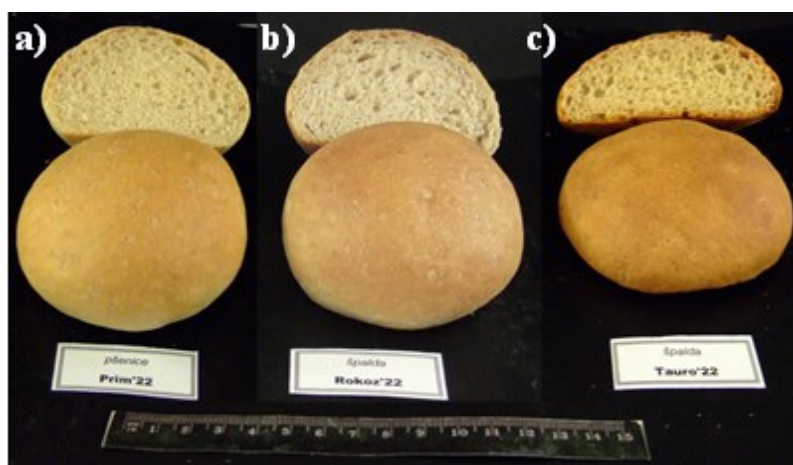
pěny, a proto podíl zachyceného vzduchu (anglicky *void fraction*); korelace v tomto osmičlenném souboru byla velmi těsná ($r = 0,933$; $p = 0,00072$). Klenutost pšeničného pečiva je ideální v rozmezí poměrového čísla 0,60–0,65; z tohoto intervalu vybočilo pečivo ze špaldivých

Rok, Rub a Tau. V prvním případě byly bulky příliš vysoké, ve druhém a třetím naopak příliš nízké (Obrázek 1).

Tabulka II Výsledy pekařského pokusu pro odrůdové mouky pšeničné a špaldové

Druh pšenice	Odrůda	Měrný objem pečiva (ml / 100 g)	Tvar pečiva v / d^* (1)	Penetrace střídy (mm)
Pšenice setá	Wiwa	288 <i>bc</i>	0,61 <i>b</i>	7,85 <i>b</i>
	Prim	321 <i>cd</i>	0,62 <i>b</i>	12,87 <i>e</i>
	Penelope	322 <i>cd</i>	0,59 <i>b</i>	10,57 <i>cd</i>
Pšenice špalda	Serpentin	305 <i>bcd</i>	0,57 <i>ab</i>	8,88 <i>bc</i>
	Rokoz	336 <i>d</i>	0,86 <i>c</i>	11,47 <i>de</i>
	Orkus	232 <i>a</i>	0,66 <i>b</i>	5,01 <i>a</i>
	Rubiota	265 <i>ab</i>	0,51 <i>ab</i>	7,66 <i>b</i>
	Tauro	267 <i>ab</i>	0,40 <i>a</i>	6,88 <i>ab</i>

* Tvar pečiva v / d : klenutost, tj. poměr výška / průměr bulky (optimum 0,60–0,65); *a-e*: průměry v rádcích, označené stejným písmenem, nejsou statisticky odlišné ($P = 95 \%$)



Obrázek 1 Porovnání vzhledu laboratorně připraveného pečiva z odrůdových mouk: a) pšenice Prim, b) špalda Rokoz, c) špalda Tauro (měrné objemy 321, 336 a 267 ml/100 g). Našedlá barva střídy pečiva b) odpovídá nejvyššímu obsahu minerálních látek (popela), zatímco pro pečivo c) je vybarvení způsobeno vysokou aktivitou alfa-amylasy (nízkým číslem poklesu)

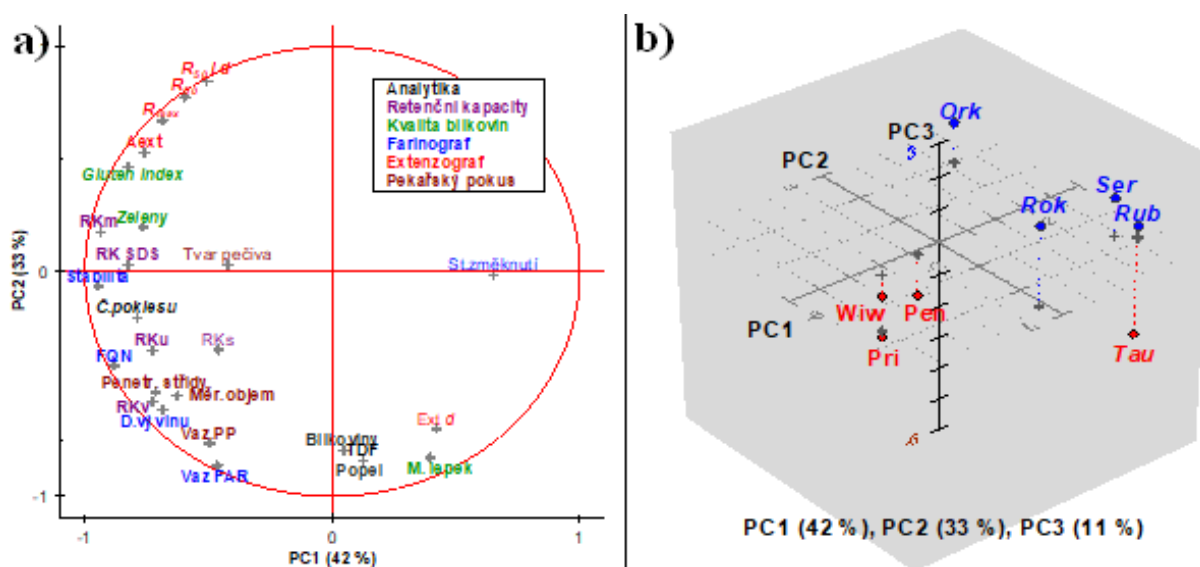
Vícerozměrná statistická analýza

Datová matice zahrnující všech 26 jakostních znaků a všech 8 odrůd byla transformována do prostoru hlavních komponent (PC1-PC7), kdy první tři postupně vysvětlily 42, 33 a 11 % rozptylu původních proměnných. K vysvětlení proměnlivosti dat jsou dostačující pouze první dvě PC, jelikož v součtu vysvětlují doporučených 75 %. Podle shlukování proměnných v rovině PC1 × PC2 lze identifikovat spojení jednotlivých kvadrantů s vlastnostmi mouky, těsta a pečiva:

- i) II. kvadrant s obsahem popela, bílkovin, vlákniny a současně s tažností bílkovin/lepku,
- ii) III. kvadrant s kvalitou pekařského výrobku a znaky predikujících vlastností pečiva,
- iii) IV. kvadrant s kvalitou, tedy pružností bílkovin (extenzografickými znaky; Obrázek 2a).

Jako reprezentativní znaky jednotlivých technologických zkoušek by bylo možno vybrat ty, které leží nejbližše zobrazené kružnici. Mohlo by se jednat o charakteristiky mokřý lepek, RK kyseliny mléčné a/nebo Gluten Index, farinografické znaky vaznost a stabilita konzistence, extenzografické parametry poměr $R50/d$ – deformační energie A_{EXT} a překvapivě spíše o penetraci střídy než měrný objem pečiva. Tento výčet unikátních jakostních charakteristik je ve shodě se závěry publikovanými v ročence Mlynářských novin⁸, kdy těsnost párových vztahů téměř 50 atributů mouky, těsta a pečiva byla posouzena korelační analýzou pro 320 vzorků odrůdové a komerční pšeničné mouky hladké.

Pro sledovaných 8 odrůd byla ve srovnání s bodovým PCA grafem proměnných zvolena prostorová forma (Obrázek 2a), která lépe vystihuje jejich statistickou (ne)podobnost v kvalitě mouky, nefermentovaného těsta a pečiva. Kurzívou jsou odlišeny odrůdy špaldy, červeně pak vzorky se zápornou souřadnicí osy PC3. Ve shodě se závěrem výzkumu, uskutečněného v Belgii², se mezi zkoušenými špaldovými moukami případně ukázaly významné rozdíly; jedná se podle předpokladu především o kvalitu lepkotvorných bílkovin, která pak podmiňuje výsledky extenzografické zkoušky a pekařského pokusu (primárně měrný objem a klenutost pečiva). Kvůli měrnému objemu pečiva vyššímu než 300 ml/100 g byla trojici ozimých pšenic statisticky podobná špalda *Rok*. Naopak pro špaldu *Ork* byl stanoven nejnižší měrný objem. Pro odrůdu *Tau* bylo charakteristické vůbec nejhorší extenzografické hodnocení (deformační energie pouze 25 cm²); na druhou stranu, měrný objem málo klenutého pečiva byl posílen intenzivním kynutím a následně dostatečným zvětšením průměru bulky.



Obrázek 2 Grafy hlavních komponent (PC): a) pro 26 jakostních znaků, b) pro 3+5 odrůd pšenice a špaldy (červeně označené vzorky se nacházejí v záporné poloose PC3)

Závěr

Komplexní průzkum technologické kvality malého souboru komerčních odrůd pšenice špaldy doložil očekávané rozdíly v kvalitě laboratorně vyrobené hladké mouky, v reologickém chování nefermentovaného těsta a ve vlastnostech laboratorně připraveného pečiva. Ve vztahu ke kvalitě tří odrůd ozimé pšenice, využitých jako kontrolní vzorky, bylo možno vytipovat odrůdy špaldy technologicky bližší těmto standardům. Pomocí vícerozměrných statistických metod, jako jsou analýza hlavních komponent PCA a případně shluková analýza HCA, je možné kvalitu odrůd špaldy predikovat. Lze přibližně vytipovat reprezentativní parametry z 11 provedených testů a zkoušek pro přesnější a rychlejší identifikaci, a za druhé, zobrazit

a kvantifikovat statistickou podobnost hodnocených odrůd ozimé pšenice a odrůd špaldy samostatně i vzájemně. Podobné modelování však naráží na reprezentativnost hodnoceného souboru odrůd a případně i proměnlivost kvality v rámci jednotlivých ročníků sklizně, lokality a režimu pěstování. Jedině v kombinaci s genetickými metodami jako jsou např. PCR (*Polymerase Chain Reaction*), by bylo možno rozpoznat hybridní odrůdy – křížence obou botanických druhů a určit podíly jednotlivých genomů.

Poděkování

Tento výstup vznikl v rámci projektu Specifického vysokoškolského výzkumu – projekt č. A2_FPBT_2022_005 (ústav 323, VŠCHT Praha) a také pracovní skupiny Obiloviny v lidské výživě, součástí České technologické platformy pro potraviny (Potravinářská komora ČR).

Literatura

1. <https://www.testypotravin.cz/testy/test-spaldove-mouky-2023>, cit. 21.4.2024.
2. Hellin P., Escarnot E., Mingeot D., Gofflot S., Sinnaeve, G. et al., J. Cereal Sci. 2023, 109, 103615 (10 s.). DOI: [10.1016/j.jcs.2022.103615](https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103615).
3. Švec I., Hrušková M., Czech. J. Food Sci, 2004, 22(1), 17-23. DOI: [10.17221/3402-CJFS](https://doi.org/10.17221/3402-CJFS).
4. Hofmanová T., *Charakteristiky směsí vybraných druhů tuzemských obilovin*, Diplomová práce VŠCHT Praha, 2011, 70 s.
5. Zeleny L., Cereal Chem. 1947, 24, 465-475.
6. Keçeli A., Kaplan Evlice A., Pehlivan A., Şanal T. et al. Cereal Res. Comm., 49(4), 625-637. DOI: [10.1007/s42976-021-00146-0](https://doi.org/10.1007/s42976-021-00146-0).
7. Belcar J., Sobczyk A., Sobolewska M., Stankowski S., Gorzelany J., Acta Univ. Cibin. – Series E: FOOD TECHNOLOGY, 2020, XXIV(2), 269-278. DOI: [10.2478/auaft-2020-0024](https://doi.org/10.2478/auaft-2020-0024).
8. Hrušková M., Švec I., Ročenka Mlyn. novin, 2009, 1-31.

L19

NUTRIČNÍ HODNOTA LAREV POTEMNÍKA MOUČNÉHO JAKO NOVÉ POTRAVINY ČI KRMIVA

Kouřimská L., Slavíková A., Lampová B.

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU v Praze

Úvod

Jedlý hmyz pravidelně konzumuje zhruba 30 % lidské populace, a to především v Asii, Africe a Jižní Americe. Potemník moučný (*Tenebrio molitor*) je celosvětově rozšířeným škůdcem obilí, pšenice a mouky. Je zároveň ale jedním z nejvíce chovaných druhů jedlého hmyzu nejen v Evropě, ale i celosvětově. Potemník je vnímán jako vhodný druh pro využití v potravinářském průmyslu a je také jedním z nejpříjemnějších druhů hmyzu zejména pro evropské konzumenty. Kromě toho je používán pro výrobu krmiv pro domácí mazlíčky, zvířata v zoologických zahradách či hospodářská zvířata (prasata, drůbež, ryby).

Potemník moučný

Potemník moučný (*Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758) je celosvětově rozšířeným škůdcem obilí a mouky¹. Patří do kmene členovci (Arthropoda), třídy hmyz (Insecta), řádu brouci (Coleoptera), čeledi Tenebrionidae, rodu *Tenebrio*. Larválnímu stádiu se říká moučný červ.

Jako všechny druhy hmyzu s proměnou dokonalou prodělává potemník moučný čtyři vývojová stadia: vajíčko, larva, kukla a dospělec. Larvy mívají kolem 2,5 cm nebo více, zatímco dospělci měří 1,25 až 1,8 cm. Optimální teplota pro jejich růst se pohybuje mezi 25 a 27 °C². Teplotní minimum je 10 °C a maximum 35 °C. Při teplotách nižších než 17 °C dochází k inhibici embryonálního vývoje, zatímco teploty vyšší než 30 °C zvyšují úmrtnost. Potemník moučný je jedním z nejvíce chovaných druhů jedlého hmyzu nejen v Evropě, ale i celosvětově.



Potemníci mouční jsou v některých zemích mimo EU běžně konzumováni nebo používáni pro léčebné účely. Mezi země, ve kterých jsou běžně konzumováni, se řadí Thajsko, Čína a Mexiko³.

Larvy potemníka moučného jsou slibným druhem pro lidskou stravu právě kvůli jejich nutriční kvalitě. Ta může být ovlivněna mnoha faktory jako jsou krmivo, podmínky chovu, vývojové stádium, forma usmrcení a způsob následné technologické či kulinární úpravy. Obsah tuku v sušině u larev potemníka moučného se pohybuje v rozmezí 14,1–43,1 g/100 g, obsah hrubých bílkovin je 41–68 g/100 g. Sacharidy jsou zastoupeny v malém množství, a převážná část vlákniny je tvořena chitinem. Obsah minerálních látek je závislý na složení krmiva hmyzu, ekologických a geografických podmínkách. Larvy potemníka moučného jsou dobrým zdrojem fosforu, jehož obsah se pohybuje v rozmezí 0,7–1,04 g/100 g sušiny. Také obsah vitaminů je ovlivněn hlavně složením krmiva hmyzu. V moučných červech byl zjištěn zajímavý obsah vitaminů D2, D3, B12, B2 a B5⁴.

Povolené použití moučných červů v potravinách

Larvy mohou být uváděny na trh celé (spařené a zmrazené), sušené (celé, spařené a mrazem vysušené) nebo v prášku (Komise (EU) 2022). Dle prováděcího nařízení Komise (EU) 2021/882 mohou být obsaženy v proteinových výrobcích, sušenkách, pokrmech na bázi luštěnin a výrobcích na bázi těstovin v omezeném množství (max. 10 g/100 g výrobku). Prováděcí nařízení Komise (EU) 2022/169 rozšiřuje povolení na použití moučných červů v následujících produktech v omezeném množství: vícezrný chléb a pečivo; keksy a slané tyčinky, cereální tyčinky, sušené výrobky na bázi těstovin; pokrmy na bázi těstovin, pizza a pokrmy podobné pizze, sušené výrobky na bázi plněných těstovin, premixy (suché) pro pekařské výrobky, omáčky, pokrmy na bázi brambor či luštěnin, sušená syrovátka, náhražky masa, polévky a saláty, chipsy nebo bramborové lupínky, nápoje podobné pivu, míchané nealkoholické nápoje, směsi alkoholických nápojů, čokoládové cukrovinky, zmrazené kysané mléčné výrobky, masné polotovary.

Ke spotřebě jsou určeny celé larvy *T. molitor*, žádné části těla se neodstraňují. Minimálně 24 hodin před usmrcením nesmí larvy přijímat potravu, aby došlo k vyprázdnění obsahu střev.

Experimentální část

Nutriční kvalita larev *T. molitor* může být ovlivněna mnoha faktory. Hlavním faktorem je strava, ale svoji roli hrají i životní podmínky potemníka (teplo, světlo), vývojová fáze^{4,5}, pohlaví⁶, forma usmrcení a typ technologické/kulinářské úpravy⁷.

Cílem experimentu bylo proměřit nutriční hodnotu larev potemníka moučného a porovnat ji s konvenčními živočišnými a rostlinnými zdroji proteinů a lipidů. Hypotéza byla formulována takto: Larvy potemníka moučného jsou nutričně srovnatelné s tradičními živočišnými a rostlinnými zdroji potravin a krmiv.

Metodika

Analyzovanými vzorky byly lyofilizované larvy potemníka moučného. Larvy byly získány z chovu z ČZU, kde byly chovány při 27 °C a při relativní vlhkosti 40–50 %. Byly krmeny *ad libitum* směsí ovesných otrub a kuřecího krmiva (4:1). Obsah sušiny byl určen z hmotnostního úbytku po vysušení vzorku při 103 °C do konstantní hmotnosti. Pro stanovení popelovin byly kelímky se vzorky sušiny spáleny v muflové peci při teplotě 550 °C. Obsah tuku byl stanoven extrakcí dle Soxhleta, metodou dle Kjeldahla byl stanoven obsah hrubých bílkovin, obsah aminokyselin byl stanoven chromatograficky⁸.

Výsledky a diskuse

Výsledky stanovení základních nutričních hodnot analyzovaných vzorků larev jsou v Tabulce I. Výsledky jsou v souladu s literaturou, která uvádí obsah tuku v sušině u larev potemníka moučného v rozmezí 14,1–43,1 g/100 g a bílkovin 41–68 g/100 g⁴.



Tabulka I Základní nutriční parametry larev potemníka moučného

Živočich	Minimum	Maximum	Jednotky
Sušina	28,98	31,46	g/100 g vzorku
Popeloviny	5,14	5,63	g/100 g sušiny
Celkový tuk	22,58	25,25	g/100 g sušiny
Hrubé bílkoviny (N x 6,25)	66,80	69,42	g/100 g sušiny

Odborná literatura upozorňuje na to, že stanovený obsah bílkovin u hmyzu může být nadhodnocený, protože bílkoviny jsou stanoveny Kjeldahlovou metodou jako celkový obsah dusík ve vzorku vynásobený konverzním faktorem 6,25. Podstatná část dusíku v jedlém hmyzu je ale součástí nebiłkovinných složek těla (chitin, nukleové kyseliny, fosfolipidy a další). *T. molitor* obsahuje 12–23 % nebiłkovinného dusíku z celkového množství dusíku, přičemž dusík z chitinu tvoří 3,0–6,8 % z celkového obsahu dusíku⁹. Proto někteří autoři navrhují nové nižší konverzní faktory^{9,10}, které byly v mé práci využity přepočtem dusíku na bílkoviny. V Tabulce II můžeme vidět, že mezi výsledky získanými při použití těchto faktorů a faktoru 6,25 existují významné rozdíly.

Tabulka II Výpočet obsahu bílkovin při použití různých konverzních faktorů

Konverzní faktor	Zdroj	Vypočtená hodnota	Jednotky
6,25	-	68,29 ± 1,17 ^a	g/100 g sušiny
4,76	Jansssen <i>et al.</i> , 2017	52,01 ± 0,89 ^c	g/100 g sušiny
5,33	Boulos <i>et al.</i> , 2020	58,23 ± 1,00 ^b	g/100 g sušiny

Tabulka III Porovnání obsahu esenciálních AK s doporučením WHO (mg/g proteinu)

Aminokyselina	Doporučení WHO (2007)	Zhao <i>et al.</i> , 2016	Azagoh <i>et al.</i> , 2016	Naměřené výsledky
Histidin	15	24	25	28
Isoleucin	30	51	35	36
Leucin	59	83	62	64
Lysin	45	59	54	50
Methionon + cystein	22	21	-	-
Methionin	16	-	7	11
Cystein	6	-	6	10
Fenylalanin + tyrosin	38	109	70	86
Threonin	23	37	32	35
Tryptofan	6	-	12	10
Valin	39	66	54	54

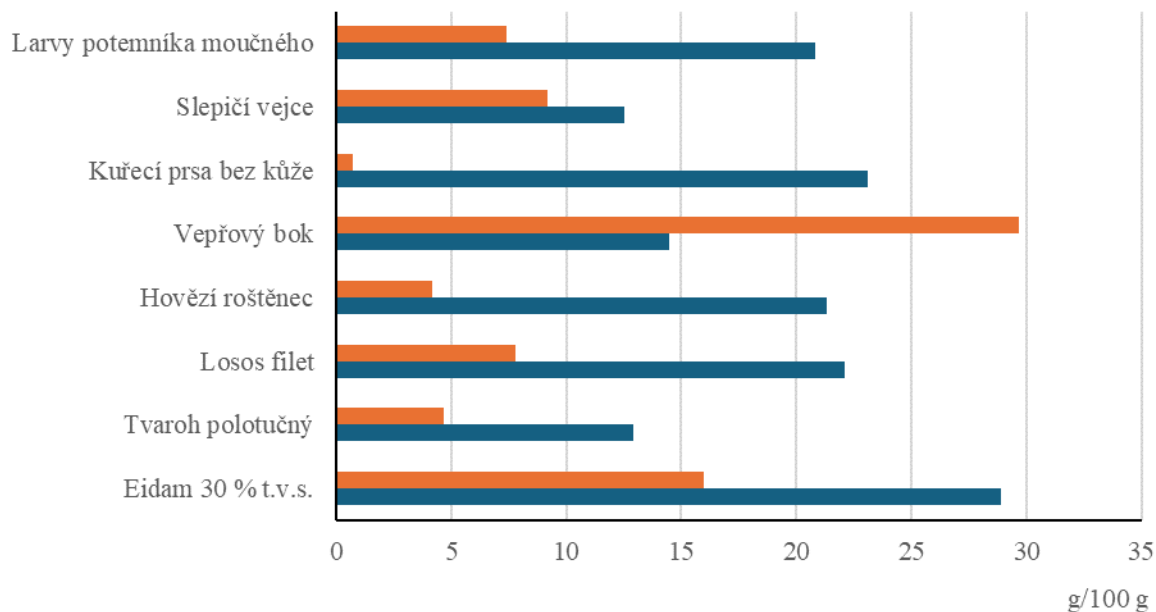


Tabulka III uvádí výsledky stanovení esenciálních aminokyselin a jejich porovnání s jinými zdroji^{11,12} a s doporučením WHO. Methionin, který byl vyhodnocen jako limitující aminokyselina, byl obsažen v množství 11,2 mg/g bílkovin, přičemž dle doporučení WHO by měl být zastoupen v množství 16 mg/g bílkovin.

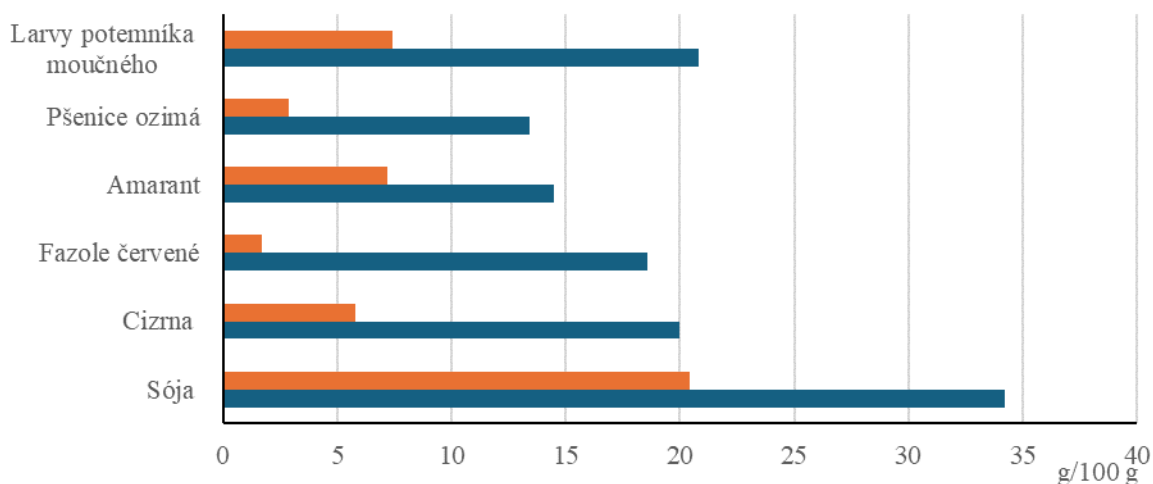
Porovnání nutričních hodnot s konvenčními zdroji potravin a krmiv

Obrázky 1A a 1B porovnávají zjištěné nutriční hodnoty z vybranými konvenčními zdroji potravin. V případě larev potemníka jsou hodnoty přepočteny na čerstvou hmotu. V obsahu bílkovin jsou larvy potemníka moučného se svým obsahem bílkovin 20,8 g/100 g srovnatelně dobrým zdrojem bílkovin jako maso. Kuřecí prsa obsahují 23,1 g, vepřová kýta 21,0 g a hovězí roštěnec 21,3 g bílkovin ve 100 g syrového masa. Také s rybami jsou larvy téměř rovnocenným zdrojem bílkovin. Filet lososa obsahuje ve 100 g 22,1 g bílkovin, filet candáta obsahuje 17,7 g. Více bílkovin mohou obsahovat některé masné výrobky jako např. lovecký salám s obsahem 27,4 g bílkovin/100 g. Tyto výrobky ale často obsahují vysoké množství tuků, často se skládající převážně z nasycených mastných kyselin, a proto nejsou vhodnými potravinami pro pravidelnou konzumaci. Dobrým zdrojem bílkovin jsou také sýry. Eidam (30 % tuku v sušině) obsahuje dokonce 28,9 g bílkovin ve 100 g. Hermelín, zástupce zrajících sýrů, obsahuje podobné množství bílkovin jako larvy (22,4 g/100 g), ale opět je u něj obsah tuků vysoký (22,3 %). Méně bílkovin obsahují slepičí vejce nebo polotučný tvaroh, a to 12,5 g/100 g a 12,9 g/100 g¹³. Rostlinné zdroje bílkovin mohou být nutričně chudší než živočišné zdroje a v některých případech nemají vhodné aminokyselinové spektrum. Vařené bílé fazole obsahují 8,9 g bílkovin /100 g a syrový hrách 6,5 g bílkovin/100 g. O něco více bílkovin je obsaženo ve vařené sóji (14,5 g/100 g). Ze zpracovaných potravin lze uvést tofu, které obsahuje 7,8 g bílkovin ve 100 g, což je ve srovnání s larvami nízký obsah bílkovin¹³.

Ve vzorcích larev bylo průměrně analyzováno 7,4 g tuku ve 100 g čerstvé hmoty. Při porovnávání s masem je důležité brát v potaz, z jaké části těla zvířete maso je, protože podle toho se může obsah tuku výrazně lišit. Libové maso, tedy například kuřecí prsa, má tuku pouze 0,7 g/100 g. Vepřová kýta a hovězí roštěnec obsahují 3,2 a 4,2 g tuku/100 g, což je tedy činí méně tučnými oproti vzorkům larev. Pokud vezmeme v úvahu vepřový bok, ten obsahuje ve 100 g dokonce 29,7 g tuku, což je oproti larvám zhruba trojnásobný obsah tuku. Rozdílné obsahy tuku nalezneme také u ryb, kdy filet candáta s obsahem tuku 0,2 g/100 g je výrazně méně tučný než larvy, ale filet lososa s obsahem 7,8 g tuku ve 100 g je srovnatelně tučný s larvami. Obsah tuku ve 100 g slepičích vajec lehce převyšuje svými 9,2 g obsah tuku v larvách. U sýrů je obsah tuku opět variabilní a může být výrazně vyšší nebo nižší v porovnání s larvami. Již zmíněný hermelín obsahuje 22,3 g tuku/100 g, eidam (30 % tuku v sušině) obsahuje 16 g tuku/100 g, ale existují i sýry s velmi nízkým obsahem tuku (např. olomoucké tvarůžky s obsahem 0,5 g tuku/100 g)¹³. U rostlinných zdrojů se obsah tuku různí. Velmi nízký obsah tuku mají vařené bílé fazole (0,4 g/100 g) nebo vařený hrách (0,4 g/100 g). Vyšší obsah tuku, ale stále nižší oproti larvám, má vařená sója (3,1 g/100 g). Vyšší obsah tuku než larvy mají například olivy (černé, konzervované - 10,7 g/100 g) nebo avokádo (16,5 g/100 g). Výrazně vyšší obsah tuku v porovnání s larvami mají ořechy. Vlašské ořechy obsahují 61,2 g tuku/100 g a kešu ořechy 45,6 g tuku/100 g¹³.

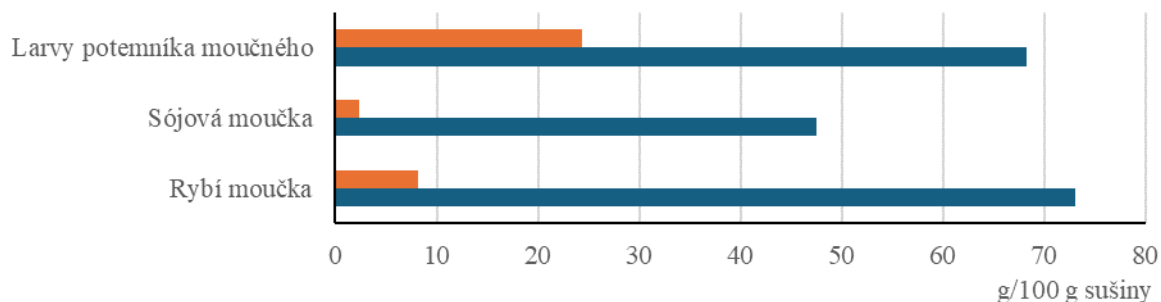


Obrázek 1A Porovnání obsahu tuku (■) a hrubých bílkovin (■) larev potemníka moučného s konvenčními živočišnými zdroji potravin



Obrázek 1B Porovnání obsahu tuku (■) a hrubých bílkovin (■) larev potemníka moučného s konvenčními rostlinnými zdroji potravin

Larvy potemníků jsou také vhodné pro použití jako krmiva pro zvířata. Jsou slibnou alternativou sójové, masové, rybí a drůbeží moučce používané ve výživě především monogastričních zvířat. Obrázek 2 přináší srovnání námi zjištěných hodnot s konvenčními zdroji krmiv. Sójová moučka obsahuje zhruba 44,5–50,4 g/100 g bílkovin v sušině, což larvy v této práci s obsahem bílkovin 66,80 až 69,42 g/100 g v sušině dokonce převyšují. Tuku obsahuje sójová moučka pouze 1,8–3,0 g/100 g v sušině, což je oproti larvám s obsahem tuku 22,58–25,25 g/100 g v sušině velmi nízký obsah^{14,15}. Rybí moučka obsahuje 73 % bílkovin v sušině, což je lehce vyšší obsah v porovnání s larvami, a 8,2 g/100 g tuku v sušině, což je zhruba 3× nižší obsah oproti larvám¹⁵.



Obrázek 2 Porovnání obsahu tuku (■) a hrubých bílkovin (■) larev potemníka moučného s konvenčními zdroji krmiv

Závěr

Naměřené hodnoty potvrdily, že potemník moučný je bohatým zdrojem bílkovin a tuků. Obsah bílkovin v larvách byl v porovnání s ostatními autory vysoký. Diskutován byl konverzní faktor 6,25, při jehož použití pro výpočet obsahu bílkovin u hmyzu může být obsah bílkovin nadhodnocen. Esenciální aminokyseliny byly v larvách zastoupeny v dostatečném množství až na methionin, jehož obsah neodpovídal doporučení WHO. Ze stanovených nutričních hodnot larev potemníka moučného vyplývá, že jsou larvy vhodnou alternativou k mnoha konvenčním druhům rostlinných a živočišných potravin. Jsou také dobrým konkurentem k běžně používaným složkám krmiv.

Poděkování

Tato práce vznikla za podpory projektu MŠMT METROFOOD-CZ, č. LM2023064, projektu GAČR INPROFF, č. 21-47159L a projektu NAZV č.: QK23020101.

Literatura

- Hong J, Han T, Kim YY. 2020. Mealworm (*Tenebrio molitor* larvae) as an alternative protein source for monogastric animal: A review: A review. *Animals* 10:2068.
- Gkinali AA, Matsakidou A, Vasileiou E, Paraskevopoulou A. 2022. Potentiality of *Tenebrio molitor* larva-based ingredients for the food industry: A review. *Trends in Food Science and Technology* 119:495–507.
- EFSA NDA Panel. 2021. Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal* (e06343) DOI: 10.2903/j.efsa.2021.6343.
- Ooninx DGAB, Finke MD. 2021. Nutritional value of insects and ways to manipulate their composition. *Journal of Insects as Food and Feed* 7:639–659.
- Rumbos CI, Karapanagiotidis IT, Mente E, Psoufakis P, Athanassiou CG. 2020. Evaluation of various commodities for the development of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor*. *Scientific Reports* 10:11224.
- Melgar-Lalanne G, Hernández-Álvarez A-J, Salinas-Castro A. 2019. Edible insects processing: Traditional and innovative technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 18:1166–1191.
- Baiano E. 2020. Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. *Trends in Food Science and Technology* 100: 35-50.
- Slavíková A. 2024. Nutriční hodnota larev potemníka moučného jako nové potraviny a krmiva. Diplomová práce, ČZU v Praze.
- Janssen RH, Vincken JP, Van Den Broek LAM, Fogliano V, Lakemond CMM. 2017. Nitrogen-to-protein conversion factors for three edible insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 65:2275–2278.
- Boulos S, Tännler A, Nyström L. 2020. Nitrogen-to-protein conversion factors for edible insects on the Swiss Market: *T. molitor*, *A. domesticus*, and *L. migratoria*. *Frontiers in Nutrition* 7:89.
- Zhao X, Vázquez-Gutiérrez JL, Johansson DP, Landberg R, Langton M. 2016. Yellow mealworm protein for food purposes - Extraction and functional properties. *PLoS ONE* (e0147791) DOI: 10.1371/journal.pone.0147791.
- Azagoh C, Ducept F, Garcia R, Rakotozafy L, Cuvelier ME, Keller S, Lewandowski R, Mezdoor S. 2016. Extraction and physicochemical characterization of *Tenebrio molitor* proteins. *Food Research International* 88:24–31.
- ÚZEI. 2020. Národní databáze složení potravin - Centrum pro národní databázi složení potravin. Ústav zemědělské ekonomiky a informací, Praha.

14. Bovera F, Piccolo G, Gasco L, Marono S, Loponte R, Vassalotti G, Mastellone V, Lombardi P, Attia YA, Nizza A. 2015. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets. *British Poultry Science* 56:569–575.

15. Barroso FG, de Haro C, Sánchez-Muros MJ, Venegas E, Martínez-Sánchez A, Pérez-Bañón C. 2014. The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture* 422–423:193–201.

L20

SENZORICKÁ ANALÝZA ŠUNKY BEZ POUŽITÍ DUSITANŮ

Musiienko D., Kouřimská L., Kadlec P.

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU v Praze

Úvod

Použití dusitanů má velký význam pro vytvoření charakteristické barvy, chuti a textury, které si spotřebitelé spojují se šunkou (Melios *et al.*, 2024). Kromě toho hrají dusitany důležitou roli při potlačování růstu patogenů, jako jsou *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Flavobacterium*, *Micrococcus* spp. a *Clostridium* spp., které mohou způsobovat vážné zdravotní problémy (Tauxe *et al.*, 2010; Krause *et al.*, 2011). V roce 2018 však Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC, 2018) zveřejnila zprávu, ve které zpracované maso klasifikovala jako karcinogenní. Tato klasifikace byla založena na potenciální tvorbě rakovinou tvorných chemických látek v důsledku přidávání dusičnanů nebo dusitanů. V říjnu 2023 bylo zavedeno nové nařízení Evropské komise, které snížilo maximální limity dusičnanů/dusitanů přidávaných do uzenin. Toto nařízení poskytlo masnému průmyslu dvouletou lhůtu na přizpůsobení stávajících postupů (EU, 2023/2108). V současné době je masný průmysl pod tlakem, aby změnil složení stávajících výrobků a vyvinul výrobky nové. Jedním z možných způsobů reformulování šunky je použití polyfenolů. Sindelar *et al.* (2007) naznačují, že ošetření celerovou šťávou v prášku a starterovou kulturou bylo účinnou alternativou k přímému přidávku dusitanu sodného. Mezi přísady, které lze považovat za pomocné látky při výrobě masných výrobků, patří ocet, citronová šťáva a třešňový prášek. Přírodní antioxidanty, jako je rozmarýn, lze použít ke zlepšení chuti a ke zpomalení oxidace lipidů ve zpracovaném mase.

Polyfenoly představují největší skupinu nízkomolekulárních sekundárních metabolitů rostlin, které obsahují aromatické (benzenové nebo fenolové) kruhy s jednou nebo více hydroxylovými skupinami v molekule (Zagoskina *et al.*, 2023). Lze je rozdělit do různých chemických tříd, mezi něž patří flavonoidy, fenolové kyseliny, lignany, třísloviny a stilbeny. Jsou to nejrozšířenější fytochemikálie vyskytující se v potravních zdrojích, které vykazují množství farmakologických účinků, včetně antioxidačních a antimikrobiálních aktivit (Khan *et al.*, 2019; Ullah *et al.*, 2020). Mezi hlavní zdroje polyfenolů patří ovoce (jablko, grapefruit, pomeranč, ananas), zelenina (brokolice, zelí, mrkev, okurka, máta, špenát, rajče a žlutá cibule), nápoje (čaj a káva) a víno (Balasundram *et al.*, 2006). Polyfenoly mají potenciál pro využití jako biokonzervační látky v potravinářském průmyslu.

Ačkoli je šunka mezi spotřebiteli oblíbeným výrobkem, který je předmětem zájmu vědeckého výzkumu i potravinářského průmyslu, vliv vyloučení dusitanů na sensorický profil nebyl dosud důkladně prozkoumán. Proto jsme se v této práci zaměřili na srovnání tradičně vyráběné šunky s použitím dusitanů se šunkou s použitím polyfenolů jako konzervačních látek.



Materiál a metody

Studie se zaměřila na senzorické hodnocení dvou druhů šunky. První vzorek byl vyroben standardním postupem s použitím dusitanové solící směsi. Druhý vzorek měl upravenou recepturu, kde byl dusitan nahrazen polyfenoly.

Senzorická analýza

Senzorické analýzy se zúčastnilo celkem 51 vyškolených hodnotitelů (studentů univerzitního kurzu Senzorická analýza potravin). Hodnocení probíhalo v pěti po sobě jdoucích sezeních v senzorické laboratoři za podmínek normy ISO 8589:2007, vybavené 12 kóji. Pro hodnocení a analýzu dat byl použit software Compusense (Compusense, Guelph, Kanada).

Vzorky šunky byly nakrájeny na plátky a podávány hodnotitelům v Petriho miskách, které byly označeny čtyřmístnými náhodnými kódy. Jako neutralizátory byly podávány kohoutková voda a bílé pečivo (rohlíky).

Pro senzorické hodnocení byly použity dvě metody senzorické analýzy, aby se zjistilo, zda degustátoři dokážou rozlišit jednotlivé vzorky, a aby se získaly údaje o celkovém vnímání jednotlivých vzorků za účelem jejich porovnání.

Ke zjištění rozdílů mezi vzorky šunky byl použit trojúhelníkový test. Poté byla použita profilová zkouška k posouzení intenzity a hédonických parametrů pomocí 100mm grafických lineárně orientovaných nestrukturovaných stupnic. Hodnocené deskriptory senzorického profilu a jim odpovídající orientace stupnice zahrnovaly celkovou příjemnost barvy a celkovou příjemnost chuti (hodnoceno od 0 % - odporná do 100 % - vynikající); povrchovou vodnatost na řezu; celkovou intenzitu chuti; intenzitu slané, sladké, kyselé, hořké, umami chuti a pachuti (vše hodnoceno od 0 % - neznatelná do 100 % - velmi silná).

Výsledky a diskuse

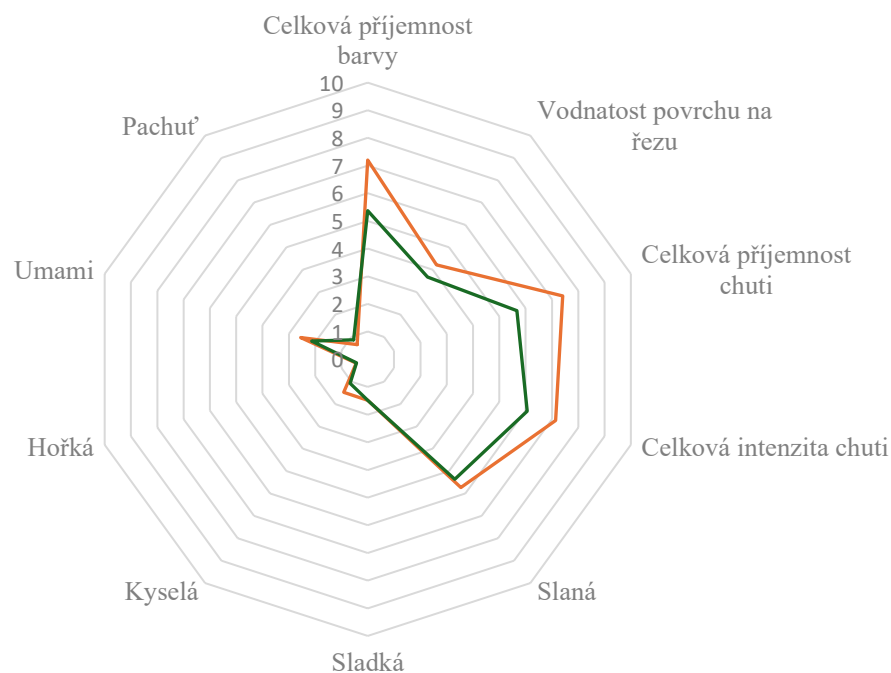
Trojúhelníková zkouška provedena za účasti 51 hodnotitelů přinesla následující výsledky: 37 účastníků panelu správně určilo odlišný vzorek, zatímco 14 účastníků odpovědělo špatně. Vypočtený index rozlišitelnosti (d') dosáhl hodnoty 2,65, což ukazuje na vysokou rozlišitelnost mezi vzorky. Hodnota p testu byla menší než 0,0001, což je pod stanovenou hranicí významnosti 0,05, čímž se potvrdily významné rozdíly mezi oběma hodnocenými vzorky.

Výsledky profilové zkoušky, zobrazené na Obrázku 1, odhalily významné rozdíly v celkové příjemnosti barvy, celkové příjemnosti chuti a celkové intenzitě chuti ($p < 0,0001$). Standardní vzorek dosáhl vyššího průměrného hédonického skóre než modifikovaný vzorek, což svědčí o tom, že hodnotitelé dávali přednost vzorku s přídavkem dusitanové solící směsi. Celková intenzita chuti byla rovněž vyšší u tradiční šunky ve srovnání s modifikovanou verzí. Naopak intenzita chuti se významně nelišila.

Korelace mezi hodnocenými senzorickými parametry ukázala silnou pozitivní korelaci ($r = 0,73$) mezi celkovou příjemností barvy a celkovou příjemností chuti. To znamená, že účastníci testu častěji hodnotili šunku s příjemnější barvou jako šunku s lepší chutí. Celková intenzita chuti vykazovala mírnou pozitivní korelaci ($r = 0,56$) s celkovou příjemností barvy a celkovou příjemností chuti ($r = 0,67$). Tyto údaje ukazují, že úpravy receptury šunky ovlivnily vnímanou příjemnost a intenzitu chuti.

Ve studii Silvy *et al.* (2021) byly vzorky bez dusitanů vnímány jako barevně odlišné ve srovnání s konvenčními vzorky. V naší studii byl rovněž prokázán významný rozdíl mezi celkovou příjemností barvy. To je způsobeno tím, že charakteristická růžovočervená barva masa je výsledkem složité interakce mezi dusitany a myoglobinem. Když se myoglobin váže na oxid dusnatý, vzniká komplex NO-myoglobin. Ten se při vystavení teplu rozpadá za vzniku nitroso-myoglobinu – červeného stabilního proteinu (Barbut, 2017). Použití barviv z rostlinných zdrojů, jako je celerový prášek s tokoferolovým extraktem; ředkvičkový prášek, dužina a šťáva; a rajčatový prášek, však pomáhá zachovat známou růžovou barvu šunky (Melios *et al.*, 2024).





Obrázek 1 Průměrné hodnocení sensorických vlastností klasické a šunky a šunky s modifikovanou recepturou; — klasický vzorek, — modifikovaný vzorek

Melios *et al.* (2024) provedli podobnou studii, ve které měly sensorické hodnocení šunky bez dusitanů s polyfenoly a 7 dalších variant šunky. K účasti na studii bylo přizváno devět odborných hodnotitelů, kteří byli členy sensorického týmu 5-8 let a měli bohaté zkušenosti s hodnocením masa a masných výrobků. Byly použity metody Temporal dominance of sensations (TDS), Partial mapping a ultra flash profiling metoda. Šunka bez dusitanů vykazovala podobný TDS a vzhled jako výrobky stejné kategorie, což poukazuje na příležitost pro vstup dalších výrobků bez dusitanů na trh. Stejně výsledky vyplývají i z našeho výzkumu.

Wang *et al.* (2022) uvedli, že nepřítomnost dusitanů může vést ke zvýšení tuhosti. Proto by se budoucí úsilí o vývoj výrobků mělo zaměřit na receptury a postupy, které překonají problémy spojené s „gumovou“ texturou. V budoucím výzkumu by bylo zajímavé prozkoumat vnímání tohoto parametru spotřebiteli.

Kromě technologie výroby a sensorických vlastností je třeba se zaměřit také na to, jak spotřebitel vnímá výrobek z hlediska označení. Pojem „clean label“ nebyl dosud potravinářskými orgány definován. Výrobci potravin a spotřebitelé však tuto terminologii často používají pro označení potravin s velmi malým (a nejlépe žádným) množstvím přídatných složek. Masný průmysl čelí při vývoji masných výrobků s tzv. čistou etiketou (clean label) značným výzvám, protože tradiční masné výrobky obsahují mnohdy značné množství funkčních přídatných látek (Delgado-Pando *et al.*, 2021). Spotřebitelé si slovo „přírodní“ spojují se slovem „dobrý“, takže nahrazení dusičnanů přírodními konzervanty a barvivy by mohlo zlepšit vnímání tohoto masného výrobku.

Závěr

Výsledky sensorické analýzy naznačují, že změna receptury šunky významně ovlivnila její sensorické vnímání. Hodnotitelé identifikovali rozdíly mezi standardní a modifikovanou šunkou. Preference standardní šunky z hlediska barvy a chuti byla zřejmá a ukázala se silná pozitivní korelace mezi těmito atributy. Navíc korelace mezi příjemností chuti a pachuti naznačuje, že méně chutné šunky vykazují vyšší intenzitu nežádoucích chutí. Tyto poznatky jsou cenným vodítkem pro budoucí vývoj a vylepšování výrobků.

Povědomí spotřebitelů o zdravotních důsledcích přidávání syntetických dusičnanů/dusitanů do masných výrobků je v současné době nízké. Stále více však vyvstává potřeba omezit jejich používání v mase. Aby byly nové výrobky vnímány jako zdravější nebo udržitelnější alternativy konvenčních výrobků, je důležité, aby měly podobné senzorycké vlastnosti jako tradiční zavedené výrobky.

Poděkování

Tato práce vznikla za podpory projektu MŠMT METROFOOD-CZ, č. LM2023064.

Literatura

1. Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99(1), 191-203. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>.
2. Barbut, S. (2017). Ingredient Addition and Impacts on Quality, Health, and Consumer Acceptance. In *Poultry Quality Evaluation* (pp. 291-311). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100763-1.00012-X>.
3. Commission Regulation (EU) 2023/2108 of 6 October 2023 amending Annex II to Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council and the Annex to Commission Regulation (EU) No 231/2012 as regards food additives nitrites (E 249-250) and nitrates (E 251-252).
4. Delgado-Pando, G., Ekonomou, S. I., Stratakos, A. C., & Pintado, T. (2021). Clean Label Alternatives in Meat Products. *Foods*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/foods10071615>.
5. IARC. (2018). Red Meat and Processed Meat (114 ed.). International Agency for Research on Cancer. <https://doi.org/978-92-832-0180-9>.
6. Khan, H., Sureda, A., Belwal, T., Çetinkaya, S., Süntar, İ., Tejada, S., Devkota, H. P., Ullah, H., & Aschner, M. (2019). Polyphenols in the treatment of autoimmune diseases. *Autoimmunity Reviews*, 18(7), 647-657. <https://doi.org/10.1016/j.autrev.2019.05.001>.
7. Krause, B. L., Sebranek, J. G., Rust, R. E., & Mendonca, A. (2011). Incubation of curing brines for the production of ready-to-eat, uncured, no-nitrite-or-nitrate-added, ground, cooked and sliced ham. *Meat Science*, 89(4), 507-513. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.05.018>.
8. Melios, S., Grasso, S., Bolton, D., & Crofton, E. (2024). Sensory quality and consumer perception of reduced/free-from nitrates/nitrites cured meats. *Current Opinion in Food Science*, 58. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2024.101183>.
9. Melios, S., Grasso, S., Bolton, D., & Crofton, E. (2024). Sensory characterisation of meatless and nitrite-free cooked ham alternatives in comparison to conventional counterparts: Temporal dominance of sensations and partial napping with ultra-flash profiling. *Food Research International*, 190. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114625>.
10. Silva, D. R. G., Haddad, G. B. S., de Moura, A. P., de Souza, P. M., Ramos, A. L. S., Hopkins, D. L., & Ramos, E. M. (2021). Safe cured meat using gamma radiation: Effects on spores of *Clostridium sporogenes* and technological and sensorial characteristics of low nitrite cooked ham. *LWT*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110392>.
11. Sindelar, J. J., Cordray, J. C., Sebranek, J. G., Love, J. A., & Ahn, D. U. (2007). Effects of varying levels of vegetable juice powder and incubation time on color, residual nitrate and nitrite, pigment, pH, and trained sensory attributes of ready-to-eat uncured ham. *Journal of Food Science*, 72(6). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00404.x>.
12. Tauxe, R. V., Doyle, M. P., Kuchenmüller, T., Schlundt, J., & Stein, C. E. (2010). Evolving public health approaches to the global challenge of foodborne infections. *International Journal of Food Microbiology*, 139, S16-S28. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.10.014>.
13. Ullah, H., De Filippis, A., Santarcangelo, C., & Daglia, M. (2020). Epigenetic regulation by polyphenols in diabetes and related complications. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 13(4), 289-310. <https://doi.org/10.3233/MNM-200489>.
14. Wang, X., Yu, Q., He, L., Zhang, Q., & Ma, J. (2022). Effects of nitrite concentrations on the quality and protein oxidation of salted meat. *Journal of Food Science*, 87(9), 3978-3994. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16177>.
15. Zagorskina, N. V., Zubova, M. Y., Nechaeva, T. L., Kazantseva, V. V., Goncharuk, E. A., Katanskaya, V. M., Baranova, E. N., & Aksenova, M. A. (2023). Polyphenols in Plants: Structure, Biosynthesis, Abiotic Stress Regulation, and Practical Applications (Review). *International Journal of Molecular Sciences*, 24(18). <https://doi.org/10.3390/ijms241813874>.

EVROPSKÝ INOVAČNÍ A TECHNOLOGICKÝ INSTITUT PRO POTRAVINY (EIT FOOD) - IMPACT FUNDING FRAMEWORK A DALŠÍ NÁSTROJE PRO TRANSFORMACI POTRAVINOVÉHO SYSTÉMU

Tomaniová M., Ryšlavá E.

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
EIT Food Hub Czechia

EIT Food je největší a nejdynamičtější komunita na světě zaměřená na inovace v oblasti potravinářství. Usiluje o urychlení inovací s cílem vybudovat potravinový systém pro budoucnost, který produkuje zdravé a udržitelné potraviny pro všechny. Zaměřuje se na propojení akademického, výzkumného a průmyslového sektoru, přenos znalostí a podporu inovativního podnikání.

EIT Food vytváří spojení mezi výzkumnými a předními vědeckými institucemi a aktivitami, start-upy a korporacemi, podnikateli a investory, spotřebiteli a průmyslem a klade si za úkol zvyšovat dovednosti a podnikání v zemědělsko-potravinářském sektoru, včetně vzdělávání. Cílem je urychlení inovací, vytváření pracovních míst, posílení pozice podniků a zvýšení konkurenceschopnosti Evropy, zejména v oblastech zaměřených na klíčové mise EIT Food, (i) Healthier Lives Through Food, (ii) Net Zero Food System, (iii) Reducing Risk for a Fair and Resilient Food System. Na podporu vytváření trvalých a udržitelných změn v potravinovém systému zahájil EIT Food program Impact Funding Framework, jehož cílem je podporovat ambiciózní, dlouhodobou spolupráci, která povede ke změně potravinových systémů, z níž budeme mít všichni prospěch.

EIT Food Hub na Fakultě potravinářské a biochemické technologie VŠCHT Praha zastupuje EIT Food v České republice; jeho cílem je posilovat místní inovační ekosystémy a implementovat aktivity a portfolio programů v rámci Regionálního inovačního schématu (RIS).

Více informací o EIT Food najdete na: <https://www.eitfood.eu/>.

European Institute of Innovation and Technology for Food (EIT Food) - Impact Funding Framework and other tools for transformation of the food system in the Czech Republic

EIT Food is the world's largest and most dynamic food innovation community. It accelerates innovation to build a future-fit food system that produces healthy and sustainable food for all. It focuses on connecting the academic, research and industrial sectors, transferring knowledge and supporting innovative entrepreneurship.

EIT Food creates connections between research and leading scientific institutions and actions, between start-ups and corporates, between entrepreneurs and investors, between consumers and industry and it aims to increase skills and entrepreneurship in the agri-food sector, including education. The aim is to accelerate innovation, create jobs, strengthen the position of businesses and increase Europe's competitiveness, especially in the areas of key EIT Food's missions, (i) Healthier Lives Through Food, (ii) Net Zero Food System, (iii) Reducing Risk for a Fair and Resilient Food System. To support creating lasting and sustainable change in the food system, EIT Food launched Impact Funding Framework program to promote ambitious, long-term collaboration that will lead to food systems change to benefit us all.

EIT Food Hub at the Faculty of Food and Biochemical Technology of UCT Prague represents EIT Food in the Czech Republic; its aim is to strengthen local innovation ecosystems and implement activities and program portfolios under the Regional Innovation Scheme (RIS).

More information about EIT Food can be found at <https://www.eitfood.eu/>.



KULTIVOVANÉ MASO S MIKROŘASOU: NOVÝ POHLED NA KONZUMACI MASA

Strmiska V. (1), Jandová N. (1, 2), Tarbajová V. (1, 2), Coufalová P. (1), Kolářková M. (1, 2), Húska D. (1, 2), Brzobohatý R. (1), Lauš R. (1)

(1) Mewery s.r.o., Brno

(2) Ústav chemie a biochemie, Mendelova univerzita v Brně

Odvětví alternativních bílkovin zažívá bouřlivý rozvoj, čímž otevírá dveře novým možnostem a výzvám v potravinářském průmyslu. Jedním z hlavních hybatelů tohoto rozvoje je obor kultivace masa z buněk. Potravinářské firmy dostávají možnost osvojit si inovativní technologie a procesy, které jim umožní nejen produkovat nové typy potravin (kvalitní, výživově vyvážené, environmentálně šetrné a přitom dostupné), ale také oslovovat nové segmenty zákazníků, ať už zaměřené na zdravý životní styl, nebo hodnotově a eticky orientované. Obor kultivovaného masa zároveň dává naději na dlouhodobé uspokojení dynamicky se zvyšující poptávky odrážející rychle rostoucí populaci. Odvětví alternativních bílkovin čeká transformace s perspektivou růstu pro ty, kteří včas zachytí inovativní formy výroby masa, jako je právě kultivace z buněk.

Mewery s. r. o. je biotechnologický startup se sídlem v Brně, který má ambici uvést na světový trh kultivované vepřové maso, tj. maso vypěstované z buněk v kontrolovaném prostředí bez nutnosti porážky zvířete. Jeho vizí je přispět k řešení globální změny klimatu narušením zažité představy o nutnosti komplexního chovu zvířat za účelem jejich porážky. Celosvětově unikátní metoda kokultivace savčích buněk s buňkami mikrořasy od Mewery využívá silné stránky obou organismů, zvyšuje celkovou výtěžnost a obohacuje výsledný produkt i o živiny nedostupné v konvenčním mase.

Cultivated meat with microalgae: a new perspective on meat consumption

The alternative protein sector is experiencing a boom, opening the door to new opportunities and challenges in the food industry. One of the main drivers of this development is the field of meat culturing from cells. Food companies are being given the opportunity to adopt innovative technologies and processes that will enable them not only to produce new types of food (high quality, nutritionally balanced, environmentally friendly and yet affordable) but also to reach new customer segments, whether they are focused on healthy lifestyles or value- and ethical-oriented. At the same time, the cultivated meat sector offers the hope of meeting the dynamically increasing demand reflecting the rapidly growing population in the long term. The alternative protein industry is set for a transformation with growth prospects for those who catch on early to innovative forms of meat production, such as cell cultivation.

Mewery Ltd. is a biotech startup based in Brno that has the ambition to bring cultivated pork, i.e. meat grown from cells in a controlled environment without the need to slaughter the animal, to the global market. Its vision is to contribute to tackling global climate change by disrupting the conventional wisdom about the need for complex animal husbandry for the purpose of slaughter. Mewery's globally unique method of co-cultivating mammalian cells with microalgae cells leverages the strengths of both organisms, increasing overall yield and enriching the final product with nutrients unavailable in conventional meat.



L23

UDRŽITELNÝ ZDROJ ŽIVOČIŠNÉHO PROTEINU

Štíhová M., Kučerová V.

Bene Meat Technologies a.s.

Bene Meat Technologies a. s. je inovátorem v oblasti potravinářské technologie, zaměřujícím se na vývoj a komercializaci udržitelného živočišného proteinu, vyrobeného procesem kultivace buněk. Využitím nejnovějších vědeckých poznatků a technologií Bene Meat Technologies a. s. reaguje na současná společenská témata jako je udržitelnost, nebo etický přístup ke zvířatům. Tímto je vhodnou alternativou, která dává spotřebiteli možnost volby. Díky výzkumným projektům a partnerstvím s předními vědeckými institucemi, Bene Meat Technologies a. s. klade důraz na transparentnost, otevřenost a bezpečnost výroby, tímto chce zajistit důvěru veřejnosti a zákazníků v nové technologie.

Comparison of the nutritional and sensory value of dairy products and their plant-based alternatives

Bene Meat Technologies is an innovator in food technology, focusing on the development and commercialization of sustainable animal protein produced through cell cultivation. By utilizing the latest scientific findings and technologies, Bene Meat Technologies addresses current social issues such as sustainability and ethical treatment of animals. This makes it a suitable alternative, offering consumers a choice. Thanks to research projects and partnerships with leading scientific institutions, Bene Meat Technologies emphasizes transparency, openness, and safety in production, aiming to build public and customer trust in innovative technologies.

L24

KVALITA MASNÝCH VÝROBKŮ A JEJICH ALTERNATIV

Ševčík R., Hruška F., Řeháček H., Janoud Š., Beňo F.

Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha

Úvod

Kvalita je široký pojem, který se často používá k popisu vlastností nejen potravinářských výrobků. Kvalita je definována jako stupeň uspokojení potřeb a očekávání spotřebitele. Tento pohled je zvláště důležitý v kontextu zákaznické spokojenosti a využívá se zejména v oblasti marketingu a prodeje výrobků ve všech odvětvích. U potravinářských výrobků je kvalita důležitým aspektem, který ovlivňuje zdraví, spokojenost a bezpečnost spotřebitelů. Kvalita potravin se může posuzovat na základě několika klíčových faktorů, jako jsou například bezpečnost výrobků, nutriční hodnota, sensorické vlastnosti, autenticita, trvanlivost (minimální doba trvanlivosti nebo doba použitelnosti), udržitelná produkce, shoda s legislativními požadavky nebo kulinární využití. Kvalita masných výrobků a jejich alternativ závisí zejména na kombinaci jejich bezpečnosti, nutriční hodnoty, sensorických vlastností a etických aspektů. Oba typy produktů, jak masné výrobky, tak jejich náhražky by měly uspokojovat potřeby a očekávání spotřebitelů a zároveň poskytovat očekávané nutriční parametry, sensorické vlastnosti a vliv doporučené kulinární úpravy. Výrobci alternativ masných výrobků mají



tendenci v rámci značení na etiketách svých produktů zdůrazňovat obsah bílkovin a dalších vybraných nutrietů, protože jim to umožňuje spotřebitelům signalizovat, že jejich produkt je z hlediska nutriční hodnoty „podobný masu“. Takové označení se však na masných výrobcích většinou nenacházejí a potenciálním rizikem těchto výživových tvrzení je, že mohou spotřebitele vést k přecenění výživových a zdravotních přínosů takto označených výrobků.

Experimentální část

V experimentální části byly porovnávány kvalitativní parametry (ztráty způsobené tepelnou úpravou (grilováním), obsah volného tuku a bílkovin) a sensorické parametry vzorků burgerů a jejich alternativ. Seznam vzorků a jejich složení je uveden v tabulce I.

Tabulka I Seznam a složení hodnocených vzorků

Číslo vzorku	Typ vzorku	Značka	Deklarované složení
1	Rostlinný	Vegafit	58 % hydratované cizrny, voda, 10 % semínka quinoa, cibule, slunečnicový olej, petržel, koření, zahušťovadlo (guarová guma), sůl
2	Rostlinný	Vegafit	62 % hydratovaná pšeničná bílkovina, cibule, slunečnicový olej, pšeničný škrob, pšeničná mouka, hořčice, hořčičné semínko, ocet, cukr, křen, zahušťovadlo (xanthanová guma), sůl, koření, hydrolyzovaný řepkový protein, dextroza, česnek, přírodní aroma, regulátor kyselosti (kyselina citronová), extrakt z ječného sladu.
3	Rostlinný	Garden gourmet (Nestlé)	Pitná voda, sójová bílkovina 20,2 %, rostlinné oleje (řepkový, kokosový), kvasný ocet, aroma, stabilizátor (methylcelulosa), kukuřičný škrob, rostlinné koncentráty (jablko, červená řepa, mrkev, ibišek), jedlá sůl, sladový výtažek z ječmene.
4	Rostlinný	Garden gourmet (Nestlé)	Pitná voda, sójová bílkovina 16,0 %, pšeničná bílkovina 5,0 %, rostlinné oleje v různém poměru (slunečnicový, řepkový), cibule, kukuřičný škrob, stabilizátory (methylcelulóza, karagenan), jedlá sůl, kvasný ocet lihový, sušený kvasničný výtažek, aroma, cibulový prášek, česnekový prášek, extrakt z ječmene, karamelizovaný cukr, maltodextrin, směs koření (římský kmín, pepř černý, koriandr, nové koření), kyselina citronová.
5	Rostlinný	Veggie Marché	Voda, dehydratovaný sójový protein 18 %, rostlinné tuky (slunečnicový, řepkový), dvojitý rajčatový koncentrát 9 %, rajčata 8 %, rajčatová omáčka 8 % (rajčata, slunečnicový olej, cibule, cukr, sůl, bazalka), bazalka 4 %, cibule, ocet, cukr, stabilizátor: E461, modifikovaný bramborový škrob, přírodní aroma. Baleno v ochranné atmosféře.
6	Rostlinný	Linda McCartney (British Food s.r.o.)	Rehydratovaný texturovaný sójový protein 58 %, řepkový olej, voda, cibule 9 %, koření přípravy (kvasnicový výtažek, výtažek z ječného sladu, cibulový prášek, aromatické látky, sůl, česnekový prášek), stabilizátor: methylcelulosa; cizrnová mouka, aromatické látky, česnekový protlak, výtažek z ječného sladu, cibulový prášek.
7	Rostlinný	The NOMEAT company	Pitná voda, sójový protein 11,4 %, koncentrovaný sójový protein 9,2 %, slunečnicový olej, přírodní aroma, želírující látky: methylcelulosa, koření a bylinky, jedlá sůl, rýžová mouka, rostlinná vláknina, dextróza, barvivo: extrakt z červené řepy, paprikový extrakt.
8	Rostlinný	Beyond meat	Voda, hrachová bílkovina (16 %), řepkový olej, rafinovaný kokosový olej, rýžový protein, aroma, stabilizátory (methylcelulosa), bramborový škrob, jablečný extrakt, barviva (šťáva z červené řepy), maltodextrin, extrakt z granátového jablka, sůl, chlorid draselný, koncentrát z citrónové šťávy, kukuřičný ocet, mrkvo-ový prášek, emulgátor (slunečnicový lecitin).

9	Rostlinný	Garden gourmet (Nestlé)	Pitná voda, strouhanka 16,4 % (pšeničná mouka, pitná voda, řepkový olej, droždí, jedlá sůl, výtažky koření: sladká paprika, kurkuma), rostlinné oleje v různém poměru (řepkový, slunečnicový), pšeničná bílkovina 5,8 %, sójová bílkovina 5,5 %, sušené vaječné bílky, majonéza (slunečnicový olej, kvasný ocet lihový, vaječné žloutky, hořčice, jedlá sůl, jodičnan draselný, cukr), kukuřičný škrob, citrusová vláknina, kvasný ocet lihový, sušený kvasničný výtažek, pšeničná mouka, směs koření (sladká paprika, římský kmín, čili paprika, oregano), cibulový prášek, rajčatový koncentrát (dvakrát koncentrovaný), jedlá sůl, česnek, česnekový prášek.
10	Masný	Bio Park (Biopark s.r.o.)	Bio hovězí maso 98 %, jedlá sůl, bio provensálské koření 0,5 %.
11	Masný	Bio Park (Biopark s.r.o.)	Bio hovězí maso 98,3 %, jedlá sůl 1,5 %, bio pepř 0,2 %.
12	Masný	Gourmet (Bidfood Kralupy s.r.o.)	Hovězí maso 97 %, pitná voda, jedlá sůl, koření, dextróza, česnek, bylinky, cibule, paprika, přírodní aroma, stabilizátory: octany sodné, citronany sodné, sušená červená řepa, antioxidant: askorban sodný
13	Masný	Gourmet (Bidfood Kralupy s.r.o.)	Vepřové maso s kůží 97 %, jedlá sůl, koření (pepř, česnek, koriandr, kmín), maltodextrin, kvasnicový extrakt, aroma, antioxidant: askorban sodný, řepkový olej, barvivo: karmín, stabilizátory: octany sodné, citronany sodné, mléčnan sodný, glukózový sirup, extrakt koření (rozmarýn).

Měření hmotnostních ztrát

U vzorků byl sledován úbytek hmotnosti před a po tepelné úpravě po dobu 5 minut pomocí Optigrillu Tefal s teplotním čidlem na stupeň propečení medium pomocí laboratorních vah.

Stanovení obsahu bílkovin

Stanovení obsahu bílkovin bylo provedeno pomocí Kjeldahlovy metody.

Stanovení obsahu volného tuku

Vzorky byly po vysušení s pískem převedeny do celulózových patron a umístěny do Soxhletova extraktoru Soxtec 2043 společně s kelímky obsahujícími cca 50 ml extrakčního činidla – petroletheru. Na Soxtecu byl zvolen následující program: i) 45 minut vaření vzorku v extrakčním činidle; ii) 60 minut extrakce tuku z matrice; iii) sběr extrakčního činidla. Poté byly extrakční kelímky vyjmuty z aparatury a umístěny do sušárny po dobu 10 minut při teplotě 85 °C, kde došlo k odpaření přebytečného rozpouštědla. Následovalo umístění extrakčních kelímků do exsikátoru a po vychladnutí byly kelímky s tukem zváženy.

Senzorická analýza

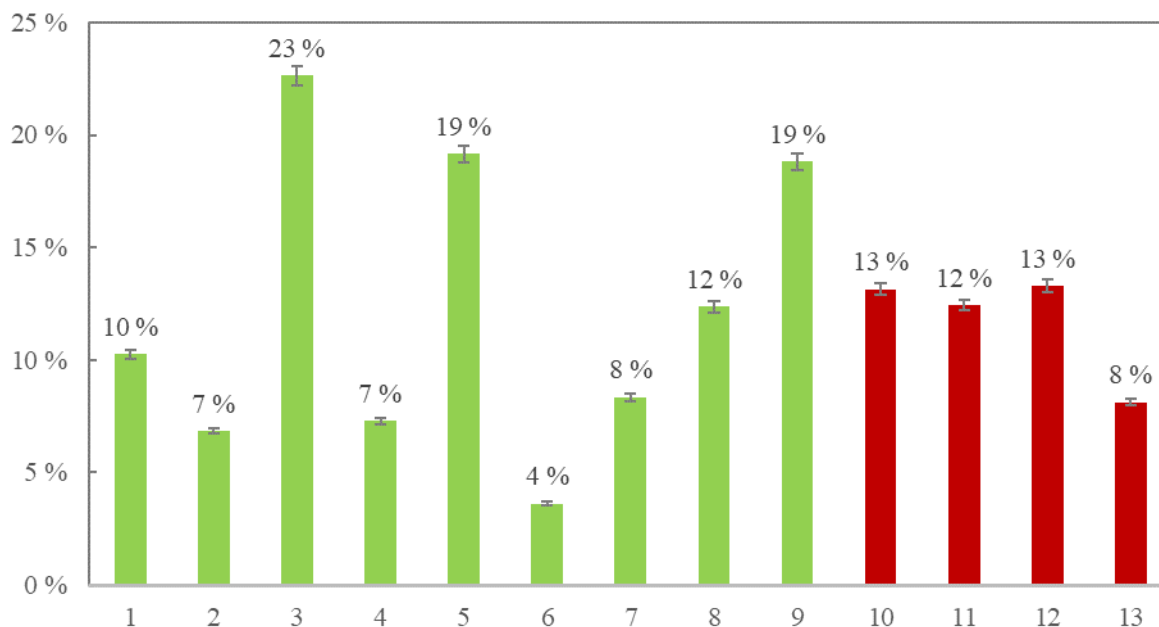
V rámci porovnání senzorické jakosti a rozdílů mezi rostlinnými alternativami masa a masem proběhla senzorická analýza. Senzorické analýzy se zúčastnilo 6 hodnotitelů z Ústavu konzervace potravin VŠCHT Praha. Vzorky byly tepelně upraveny na Optigrillu Tefal s teplotním čidlem na stupeň propečení medium a nakrájeny na kostičky o straně cca 1 cm. Následně byly označeny kódem a podávány teplé v náhodném pořadí. Hodnotitelé posuzovali vzhled, vůni a chuť na škále od 1 (nejhorší) do 10 (nejlepší) a dále podobnost vzhledu, vůně a chutě s masem, opět od 1 (nepřipomíná vůbec) do 10 (je identické s masem).

Výsledky a diskuse:

Zatímco u masných produktů lze ztráty po tepelném opracování predikovat a u většiny produktů se pohybují do 15%, u rostlinných alternativ se ztráty mnohem více liší. Průměrné hmotnostní ztráty rostlinných alternativ masa byly u většiny hodnocených vzorků o něco menší



než u masných výrobků. To může být způsobeno lepší vazbou vody a tuku v rostlinné matici díky sacharidům, které jsou obsaženy v rostlinných materiálech. Zdaleka největší hmotnostní ztráty vykazují ale právě rostlinné alternativy, konkrétně vzorky 3, 5 a 9, kde se ztráty blížili až k jedné čtvrtině hmotnosti výrobku před tepelným opracováním. To může být způsobeno také vysokým obsahem vody ve výrobku před tepelným opracováním, ale také nižší vazností vody v použitém rostlinném materiálu.



Obrázek 1 Hmotnostní ztráty vzorků po grilování; typ vzorku ■ rostlinný, ■ masný

Rozdíly mezi hodnotami bílkovin stanovenými analyticky a deklarovanými údaji u jednotlivých vzorků byly minimální a pohybovaly se do 3 %. Odchytky ve všech případech nepřekročily meze, které jsou stanoveny v legislativě. Tyto meze jsou pro bílkoviny $\pm 2,0$ g do 10 g obsahu bílkovin na 100 g potraviny a ± 20 % obsahu mezi 10–40 g obsahu bílkovin na 100 g potraviny. Naopak v případě stanovení obsahu volného tuku byly ve třech případech zjištěny oproti deklarovaným údajům vyšší odchytky, než umožňuje legislativa. Všechny tyto odchytky byly zjištěny u alternativních rostlinných produktů (vzorky 1, 2 a 6). Tyto meze jsou pro obsah tuku $\pm 1,5$ g do 10 g obsahu tuku na 100 g potraviny a ± 20 % obsahu mezi 10–40 g obsahu tuku na 100 g potraviny. U vzorků 1 a 2 od společnosti Vegafit můžeme pozorovat nesplnění legislativních parametrů pro deklaraci obsahu tuku, i když složení obou produktů je rozdílné. První je tvořen převážně hydratovanou cizrnou, druhý pak hydratovanou pšeničnou bílkovinou.

Z výsledků sensorické analýzy v tabulce III vyplývá, že masné produkty (burgery) jsou stále pro většinu hodnotitelů přijatelnější než jejich rostlinné alternativy. Ze všech testovaných rostlinných produktů se nejvíce podobal masným výrobkům vzorek 3 značky Garden Gourmet ze sójové bílkoviny.

Tabulka II Stanovení obsahu bílkovin a volného tuku a porovnání hodnot s deklarovanými údaji

Číslo vzorku	Bílkoviny (%)			Tuk (=)		
	deklarované	stanovené	rozdíl	deklarovaný	stanovený	rozdíl
1	7,6 %	6,1 %	-1,5 %	6,7 %	13,6 %	6,9 %
2	19,6 %	18,2 %	-1,4 %	6,7 %	10,5 %	3,8 %
3	14,0 %	14,3 %	0,3 %	13,7 %	13,1 %	-0,6 %
4	16,0 %	19,0 %	3,0 %	6,0 %	4,5 %	-1,5 %
5	13,6 %	14,1 %	0,5 %	7,8 %	8,2 %	0,4 %
6	17,0 %	19,6 %	2,6 %	12,0 %	16,3 %	4,3 %
7	12,1 %	14,2 %	2,1 %	9,0 %	8,5 %	-0,5 %
8	17,0 %	18,1 %	1,1 %	19,0 %	16,2 %	-2,8 %
9	16,0 %	15,4 %	-0,6 %	12,0 %	10,8 %	-1,2 %
10	18,8 %	19,8 %	1,0 %	15,9 %	6,3 %	-9,6 %
11	19,6 %	20,3 %	0,7 %	9,6 %	9,4 %	-0,2 %
12	18,5 %	19,3 %	0,8 %	8,2 %	9,8 %	1,6 %
13	17,5 %	18,5 %	1,0 %	8,9 %	9,4 %	1,5 %

Tabulka III Senzorické hodnocení výrobků, 1 nejhorší (červená) – 10 nejlepší (zelená)

Číslo	Vzorek	Typ	Preference			Jak moc vzorek připomíná maso		
			Vzhled	Vůně	Chuť	Vzhled	Vůně	Chuť
1	Rostlinný		4,0	3,8	3,2	1,6	1,4	1,2
2	Rostlinný		4,2	3,8	2,4	2,4	1,2	1,4
3	Rostlinný		5,2	4,4	6,0	7,0	6,2	6,8
4	Rostlinný		6,2	4,6	3,4	6,6	5,2	3,0
5	Rostlinný		5,2	5,4	4,4	2,4	2,6	2,8
6	Rostlinný		3,6	3,8	2,6	4,0	2,0	3,0
7	Rostlinný		5,4	3,6	3,8	6,0	3,6	2,8
8	Rostlinný		5,8	5,6	3,4	6,4	5,0	2,0
9	Rostlinný		6,0	4,2	3,2	5,8	4,2	2,8
10	Masný		6,6	5,8	7,8	7,4	6,6	8,8
11	Masný		6,8	6,5	7,8	7,8	7,8	8,8
12	Masný		7,2	6,8	7,2	7,8	7,0	8,6
13	Masný		4,8	5,8	5,2	8,4	8,0	7,2



Závěr

V hodnocení kvalitativních znaků masných produktů a jejich alternativ doposud nepanuje jednoznačná shoda. Kvalita masných výrobků a jejich alternativ je hodnocena na základě různých faktorů, které ovlivňují bezpečnost, nutriční hodnotu, chuť, texturu a celkovou spokojenost spotřebitelů. Mezi klíčové parametry by měly patřit senzorické vlastnosti, nutriční složení a pravdivost deklarovaných údajů, ale také hmotnostní ztráty způsobené tepelnou úpravou. Hmotnostní ztráty byly způsobeny jednak ztrátou vody jejím odpařením a vytečením vody a jednak ztrátou (vytečením) tuku. Rostlinné vzorky díky vyššímu obsahu sušiny a lepší schopnosti zadržet vytékající vodu a tuk mohou mít menší hmotnostní ztráty. V rámci ověřování správnosti deklarovaných nutričních hodnot byly větší rozdíly v deklarovaných hodnotách zjištěny u rostlinných alternativ. Senzorická analýza prokázala u hodnotitelů vyšší oblibu tradičních masných výrobků.

Poděkování

Tento výstup vznikl v rámci projektu Specifického vysokoškolského výzkumu – projekt č. A1_FPBT_2024_008.

Literatura

- Berger, L.M.; Witte, F.; Terjung, N.; Weiss, J.; Gibis, M. Influence of Processing Steps on Structural, Functional, and Quality Properties of Beef Hamburgers. *Appl. Sci.* 2022, 12, 7377.
- Ketelings, L., Benerink, E., Havermans, R. C., Kremers S. P.J., de Boer, A.: Fake meat or meat with benefits? How Dutch consumers perceive health and nutritional value of plant-based meat alternatives, *Appetite*, Volume 188, 2023, 106616.
- Lacy-Nichols, J., Hattersley, L., Scrinis, G.: Nutritional marketing of plant-based meat-analogue products: An exploratory study of front-of-pack and website claims in the USA, *Public Health Nutrition*, 24 (14), 2021, pp. 4430-4441.
- Oostenbach L.H., Slits E., Robinson, E., Sacks, G.: Systematic review of the impact of nutrition claims related to fat, sugar and energy content on food choices and energy intake *BMC Public Health*, 19 (1), 2019, p. 1296.
- Petersen T, Hirsch S. Comparing meat and meat alternatives: an analysis of nutrient quality in five European countries. *Public Health Nutrition*. 2023;26(12):3349-3358.
- Pokyny pro příslušné orgány pověřené kontrolou shody s právními předpisy EU (NAŘÍZENÍ (EU) č.1169/2011) s ohledem na stanovení přípustných odchylek od nutričních hodnot uvedených na etiketě, 2012.
- Verbeke, W.. "Functional foods: Consumer willingness to compromise on taste for health?." *Food quality and preference* 17, no. 1-2, 2006, 126-131.

L25

LIPID OXIDATION AND POSSIBLE HEALTH CONSEQUENCES

Murkovic M.

Institute of Biochemistry, Graz University of Technology, Austria

Oxidation of plant oils occurs during rafination, storage and cooking. Isomerisation reactions occur at high temperatures during raffination and also frying or roasting. Oxidation is present at practically any time during the life cycle of the unsaturated fatty acids. As long as oxygen is present the reaction continues which can run until complete polymerisation (hardening). A series of different peroxides, alcohols occur and the volatile compounds – which indicates the oxidation process for the consumer who experience the typically rancid aroma – are formed at a later stage.

It is not yet clear which compounds or which compound class is responsible for the associated health risk, being colon cancer and/or non-alcoholic liver inflammation.



Especially the liquid chromatography with mass selective detection is helpful for the analysis of these non-volatile oxidation products. The lipids are practically not absorbing in the UV range and the additional information which can be obtained by MS allows a clear identification of the oxidation products, even when they are not very stable as the peroxides. Profiling the oxidation products will help to estimate the health risk of the oxidised lipids.

L26

VYUŽITÍ OLFAKTOMETRIE PRO HODNOCENÍ VŮNĚ ŘEPKOVÝCH OLEJŮ

Čížková H. (1), Kružík V. (1), Minářová T. (1), Šístková I. (1), Kyselka J. (2), Rajchl A. (1)

(1) Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha

(2) Ústav mléka, tuků a kosmetiky, VŠCHT Praha

Úvod

Řepkový olej je využíván pro potravinářské i průmyslové účely. Z hlediska složení přítomných mastných kyselin převažuje kyselina olejová, dále obsahuje polynenasycené mastné kyseliny, a to kyselinu linolovou a linolenovou. S ohledem na vysokou oxidační stabilitu je tento olej doporučován na úpravu pokrmů za zvýšené teploty. V ČR je rozšířený především rafinovaný řepkový olej, ale zajímavou alternativou k dováženému panenskému olivovému oleji může být i řepkový olej lisovaný za studena vyráběný z místní suroviny.

Při průmyslovém zpracování jsou používány dva způsoby extrakce oleje ze semen. Prvním způsobem je fyzikální cesta lisováním, které se provádí za studena nebo za tepla. Při lisování za studena jsou semena mechanicky stlačována bez aplikace tepelného nebo chemického ošetření. Charakteristická chuť tohoto typu oleje je označovaná jako mírně palčivá s náznakem ořechů a semen. Pokud je lisování provedeno za tepla, získává olej intenzivnější barvu a charakteristickou štiplavější chuť. Tepelné ošetření má vliv nejen na barvu oleje, ale i výtěžnost a oxidační stabilitu. Dochází při něm k Maillardově reakci, která vede k tvorbě těkavých látek, jako jsou pyraziny (např. 2-isopropyl-3-methoxypyrazin vykazující zemitou, hráškovou vůni). Druhým způsobem, pro řepkový olej obvyklým a zajišťujícím vysokou výtěžnost oleje, je kombinace lisování (tzv. předlis) a extrakce výlisků organickým rozpouštědlem; po něm následuje proces rafinace nezbytný pro stabilizaci a senzoryckou optimalizaci oleje. Součástí rafinace je technologie hlubokého odslizení neboli hydratace, při které dochází k odstranění polárních látek jako jsou fosfolipidy ze surového oleje. Následně dochází k neutralizaci za účelem odstranění volných mastných kyselin, které mohly vzniknout v průběhu zpracování. Barevné látky např. karotenoidy a jiná barviva se odstraňují procesem bělení. Posledním krokem rafinace je deodorace, přičemž se jedná o odstranění těkavých látek vodní parou a dosažení neutrální vůně a chutě oleje.

Rozdílné složení těkavých a senzorycky aktivních látek finálního oleje může být zapříčiněno mnoha faktory, které zahrnují geografický původ, odrůdu, zralost řepkových semen a podmínky při zpracování a skladování. Mezi klíčové těkavé látky, lze zařadit aldehydy jako je hexanal, oktanal a 2,6-nonadienal. Tyto sloučeniny vykazují obvykle typické příjemné vůně, které mohou připomínat vjemy svěží, čerstvé, zelené a okurkové. Pro nerafinované řepkové oleje jsou také charakteristické, ne příliš příjemné, štiplavé chutě a vůně, za které jsou zodpovědné isothiokyanáty zejména 4-isothiokyanobut-1-en a další sírné sloučeniny (např. dimethylsulfid, dimethyldisulfid nebo dimethyltrisulfid), jejichž vjemy jsou popisovány jako cibule, zelí a síra.

Plynová chromatografie-olfaktometrie (GC-O) představuje integraci senzorycké a instrumentální analýzy vonných látek. Metoda kombinuje separaci senzorycky aktivních látek



pomocí plynové chromatografie a detekci pomocí čichového ústrojí v lidském nose. Cílem práce bylo využít tuto metodu pro stanovení výskytu senzoričky aktivních látek řepkových olejů v závislosti na způsobu jejich získávání a míry rafinace.

Experimentální část

Analyzované vzorky

Pro olfaktometrické hodnocení byly vybrány 3 vzorky řepkových olejů dodaných společností Fabio produkt, spol. s.r.o. (Obrázek 1): lisovaný za studena (surový olej z předlisu), lisovaný za tepla (surový olej z dolisu), rafinovaný.



Obrázek 1 Vzorky řepkových olejů, lisovaný za studena (vlevo), lisovaný za tepla (uprostřed) a rafinovaný (vpravo)

Senzorické hodnocení olejů metodou senzorického profilu

Hodnocení vůně se zúčastnilo 12 proškolených hodnotitelů, byla využita stupnice od 1 (neznatelná intenzita, velmi příjemný) do 5 (velmi silná intenzita, zcela nepříjemný) a byly sledovány tyto atributy vůně: oříšková, hořká, štiplavá, zelená, žluklá a celková příjemnost.

Stanovení profilu těkavých a senzoričky aktivních látek

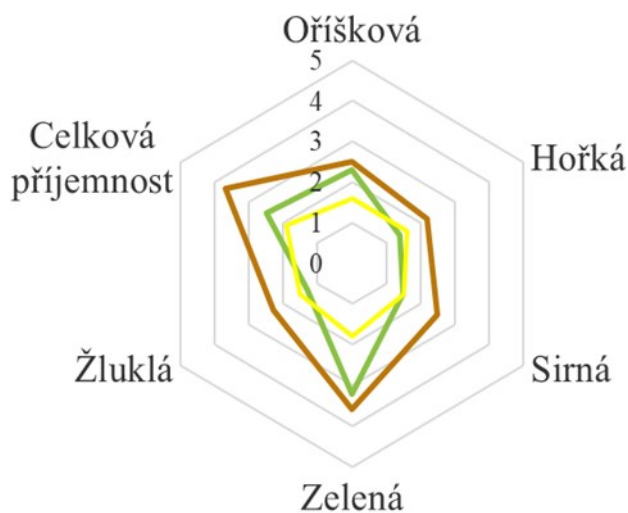
Extrakce těkavých látek byla provedena pomocí aparatury SAFE (solvent assisted flavor evaporation) a probíhala za následujících podmínek: 30 g vzorku oleje bylo smícháno se 100 ml organického rozpouštědla (dichlormethan), teplota celé aparatury na 40 °C, tlak $2,3 \cdot 10^{-1}$ mbar nebo nižší. Získaný extrakt byl zakonzentrován při 55°C pomocí Kuderna-Danish koncentrátoru na 2 ml z původních 100 ml.

Stanovení těkavých látek bylo provedeno pomocí GC-MS na koloně DB-5ms (30 m x 250 μ m x 0,25 μ m). Podmínky kolony: teplotní program 40 °C (výdrž 2 min), 10 °C/min do 250 °C (výdrž 0 min), 20 °C/min do 325 °C (výdrž 0 min), 325 °C (výdrž 0 min), mobilní fáze hélium, průtok 1,96 ml/min, detekce hmotnostním detektorem (MS quad 150 °C, MS zdroj 230 °C), nástřik 1 μ l, teplota 300 °C, inlet splitless, solvent delay 4,2 min a celkový čas analýzy 27 min. Jednotlivé sloučeniny byly identifikovány na základě srovnání spekter s NIST knihovnou hmotnostních spekter (NIST 14) a pomocí Kovatsových retenčních indexů RI.

Olfaktometrická analýza byla provedena 10 zkušenými hodnotiteli. Olfaktometr (JAS, USA) byl vyhříván na 180 °C, dělič toku byl nastaven na poměr analytů vůči hmotnostnímu detektoru a olfaktometru (MS/O) na 1:1. Analýza probíhala nejdříve na základě metody detekce frekvence (hodnotitel látku cítí/necítí) a vyhodnocení parametru NIF (nasal impact frequency). Následovala ředící analýza AEDA (aroma extract dilution) při které byl dopočten faktor ředění FD (factor dillution), který označuje maximální ředění, kdy byla vůně ještě detekovaná.

Výsledky a diskuse

Charakterizace olejů byla nejprve provedena pomocí sensorické analýzy zaměřené na atributy vůně spojené s vůní olejů lisovaných za studena. Výsadky sensorického profilu jsou uvedeny na obr. 2. Podle očekávání vykazoval rafinovaný olej příjemnou, neutrální vůni, hodnocenou v rozmezí 1,5 do 1,9 (na stupnici od 1 do 5). Nejvyšší intenzita jednotlivých vůní byla zaznamenána u oleje lisovaného za tepla a pro většinu hodnotitelů již byla tato míra nepřijatelná. Naopak olej lisovaný ze studena, měl celkovou přijatelnost hodnocenou jako průměrnou (2,5) a intenzivní byly především atributy všeobecně spojené s panenskými oleji (tj. oříšková a zelená vůně).



Obrázek 2 Sensorický profil vůně řepkových olejů; — lisovaný za studena, — lisovaný za tepla, — rafinovaný

Olfaktometrickou analýzou bylo vyhodnoceno 21 sensoricky aktivních látek, z toho 14 sloučenin v oleji lisovaném za studena (aromaticita vyjádřená jako suma všech NIF byla 4,4), 10 v oleji lisovaném za tepla (aromaticita 4,1) a v rafinovaném pouze 3 (aromaticita 1,0). V tabulce I jsou prezentovány látky, jejichž NIF byl minimálně 0,4; ne všechny sensoricky aktivní látky se podařilo pomocí hmotnostního detektoru identifikovat (označeno NI). Podle očekávání obsahoval rafinovaný olej minimum sensoricky aktivních látek; byly detekovány pouze non-2-enal (NIF 0,4) a dekanal (NIF 0,3). Pro mnohé sloučeniny platí, že byly vyhodnoceny v oleji lisovaném za studena i za tepla, ale v oleji lisovaném za tepla byly naměřeny větší plochy píků a jejich vůni cítilo více hodnotitelů. Toto platí pro hexanal, heptan-1-ol a 4-isothiokyanobut-1-en. Naopak hexan-1-ol (NIF 0,3) byl zaznamenán pouze v oleji lisovaném za studena. γ -butyrolakton (NIF 0,7), 2-isothiokyanobutan (NIF 0,3) a hex-5-enitril (NIF 0,4), látky vznikající podle literárních zdrojů v důsledku vyšší teploty zpracování, byly zaznamenány pouze u oleje lisovaného za tepla.

Ředící analýzou byl potvrzen významný vliv na aroma oleje v případě 4-isothiokyanobut-1-enu, zvláště u vzorku oleje lisovaného za tepla, kde byl v nejvyšším ředění (FD 27) zaznamenán téměř všemi hodnotiteli. Dále byl ve vyšším ředění zaznamenán hexanal

(FD 27) a hexan-1-ol (FD 9) u oleje lisovaného za studena. Detekce vjemu při ředění 3⁴ (tj FD 81) se bohužel v rozporu s odbornou literaturou nezdařila.

Tabulka I Olfaktometrické hodnocení řepkových olejů (uvedeny jsou pouze látky, jejichž NIF byl $\geq 0,4$)

RI	Sloučenina	Lisovaný za studena		Lisovaný za tepla		Rafinovaný		Popis vůně
		NIF*	FD**	NIF*	FD**	NIF*	FD**	
800	hexanal	0,4	27	0,4	9			svěží, zelená
858	hex-5-ennitril			0,4	1			seno, tráva, štiplavá
915	γ -butyrolakton			0,7	3			krémová, sladká
983	4-isothiokyanobut-1-en	0,7	9	0,9	27			houbová, síra, štiplavá
986	NI	0,4	1	0,5	1			štiplavá, svěží, zelená
1162	non-2-enal					0,4	1	zelená, svěží
Aromaticita (suma všech NIF)		4,4		4,1		1,0		

* Metoda detekce frekvence, NIF (nasal impact frequency, $1/10.n$; n = počet hodnotitelů, kteří danou látku cítili, 10 = celkový počet hodnotitelů)

** AEDA metoda (aroma extract dilution, FD (factor dilution, 3⁰⁻³ tj. 1 až 27, 4 hodnotitelé): nejvyšší ředění vzorku, kdy je ještě vůně detegována)

Závěr

Pro hodnocení vůně pomocí metody plynové chromatografie-olfaktometrie (GC-O) je klíčové splnění dvou podmínek:

- panel proškolených a na dané látky dostatečně a obdobně citlivých hodnotitelů
- dostatečné zakoncentrování vonných látek při kroku izolace.

Oproti klasické sensorické analýze se hodnotitel musí vypořádat s rozdílnými vůněmi objevujícími se po dobu několika sekund v nepravidelných intervalech chromatografické analýzy, která obvykle trvá desítky minut. Je proto doporučeno, aby byl hodnotitel vybrán nejen s ohledem na citlivost a způsobilost vybavit si a rozpoznat vůni, ale zohlednit i jeho motivaci a schopnost se soustředit. Trénink je nutno zaměřit na ověření prahu vnímání a rozpoznání potenciálně klíčových složek aroma, na schopnost soustředění a na sjednocení terminologie.

Metoda odpařování aromat za asistence rozpouštědla je považována za univerzální metodu vhodnou pro izolaci těkavých látek z komplexních potravinových matic. Metoda je šetrná k těkavým látkám s ohledem na aplikaci nízkého tlaku (10^0 až 10^{-3} Pa) a teploty (do 40°C). Metoda má však také řadu omezení jako je např. nízká výtěžnost a silný matriční efekt pro některé sloučeniny, malá opakovatelnost (RSD až 30 %), spotřeba rozpouštědla (dichlormethan) a tekutého dusíku, časová náročnost a nutná přítomnost obsluhy zařízení.

Dominantními sensoricky aktivními látkami řepkového oleje lisovaného za studena byly 4-isothiokyanobut-1-en, hexanal a hexan-1-ol. V oleji lisovaném za tepla byl zaznamenán 4-isothiokyanobut-1-en, γ -butyrolakton, hex-5-ennitril, 2-isothiokyanobutan a hexanal. Vyšší intenzita a charakter vnímané vůně (štiplavá, houbová, síra) při olfaktometrickém hodnocení odpovídá negativním atributům sensorického profilu vůně tohoto vzorku a je třeba se na ní zaměřit při deodoraci oleje. V případě rafinovaného oleje bylo podle očekávání zaznamenáno minimum těkavých a sensoricky aktivních látek.

Poděkování

Tato práce vznikla s finanční podporou NAZV Ministerstva zemědělství České republiky při řešení projektu QK22010135 v programu ZEMĚ.



Literatura

1. Pollner G., Schieberle P., J. Agric. Food Chem., 2016, 64, 627-636.
2. Zhang Y., Wu Y., Chen S., et al., Compr. Rev. Food Sci. Food Saf., 2021, 20, 3983-4018.
3. Zhou Q., Liu S., Liu Y., Song H., Molecules, 2019, 24, 1512.
4. Liang Q., Xiong W., Zhou Q., et al., Food Chem., 2023, 412, 135594.
5. Ghazani S.M., Marangoni A.G., J. Am., Oil, Chem. Soc., 2013, 90, 923-932.
6. Koubaa M., Mhemdi H., Barba F.J., et al., Food Res. Int., 2016, 85, 59-66.
7. Wei F., Yang M., Zhou Q., et al., LWT - Food Sci. Technol., 2012, 48, 323-329.

L27

CHARAKTERIZACE DOPLŇKŮ STRAVY S RYBÍM OLEJEM - POROVNÁNÍ RŮZNÝCH METOD

Nguyenová C. M., Poustka J., Hrbek V., Doležal M.

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

Úvod

Rybí oleje, známé pro vysoký obsah kyseliny eikosapentanové (EPA) a dokosahexanové (DHA), představují důležitou roli pro různé metabolické funkce, jako např. lidský růst, udržování struktury a regulace metabolismu lipidů^{1,2}. Rybí oleje jsou vyrobeny primárně vyrobeny z lososa, mořského jazyka, z tresčích jater a velryb, které obvykle obsahují EPA a DHA ve formě triacylglycerolů. Proces produkce rybího oleje zahrnuje čištění za účelem odstranění volných mastných kyselin, exogenních kontaminantů (PAHy, BRH, PFAS) a dalších nežádoucích látek. Rovněž lze na trhu nalézt doplňky stravy ve formě koncentráту rybího oleje, které obsahují EPA a DHA ve formě ethylesterů. Konverze ethylesterů zpět na triacylglyceroly je možná, nicméně tento proces je nákladný, a proto se tento krok vynechává a koncentráty rybího oleje se prodávají přímo ve formě ethylesterů³⁻⁶. Podle studie bylo dokázáno, že biologická dostupnost triacylglycerolů je lepší než ethylesterů⁷. Nejvíce prodávané formy doplňků stravy na bázi rybího oleje jsou tekutá forma v lahvi a kapsle v želatinovém pouzdru pro dospělé. Rovněž forma želé je dostupná a je často preferována u dětí⁸.

Protože typ esterů v doplňcích stravy se velmi často nedeclaruje, je nutno v rámci autentikace typ esterů v doplňcích stravy charakterizovat. V dnešní době se k analýze tuků a olejů používá mnohdy chromatografická separace, zejména kapalinová chromatografie ve spojení s hmotnostní spektrometrií (LC-HRMS), superkritická fluidní chromatografie ve spojení s hmotnostní spektrometrií (SFC-MS) a plynová chromatografie s plamenově-ionizačním detektorem (GC-FID) nebo hmotnostní spektrometrií (GC-MS)^{5,9-11}. Dále se také používají spektroskopické metody, jako např. infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací (FTIR), Ramanova spektroskopie. Tyto metody jsou v porovnání s chromatografickými metodami jednoduché, rychlé, nedestruktivní a nevyžadují časově náročnou přípravou vzorků^{6,12}. Rovněž lze použít přímou analýzu v reálném čase hmotnostní spektrometrie (DART-MS)¹³.

Cílem této studie je porovnat několik technik z hlediska ověřování forem lipidů pro charakterizaci doplňků stravy na bázi rybího oleje. Srovnání jednotlivých metod bude založeno na jejich možnostech, praktičnosti a časové náročnosti.

Experimentální část

V této studii byly aplikovány tyto metody: měření zeslabeného totálního odrazu infračervené spektroskopie s Fourierovou transformací (ATR-FTIR), přímý nástřik na hmotnostní spektrometrii (DI-ESI-HRMS), ultra-účinná kapalinová chromatografie ve spojení s vysokorozlišovací hmotnostní spektrometrií (UPLC-HRMS) a plynová chromatografie s plamenově-ionizačním detektorem (GC-FID). Analyzováno bylo celkem 11

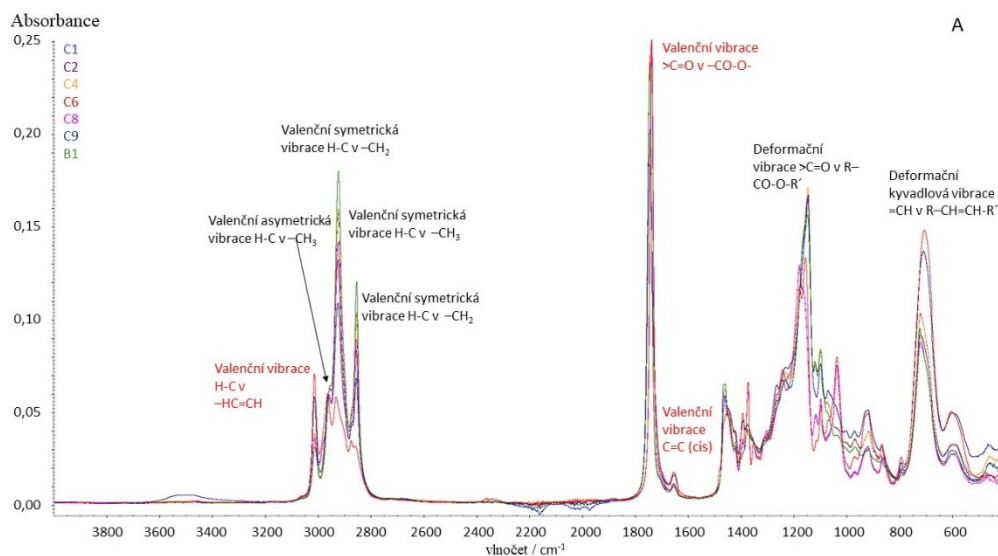


vzorků (2 vzorky rybího oleje v lahvi a 9 ve formě kapslí). Pro účely prokázání rozdílů ve složení byly použity 3 významně odlišné vzorky (rybí olej z lahve obsahující triacylglyceroly, forma kapsle obsahující ethylester a kapsle s neznámým obsahem esteru) pro demonstraci použitelnosti metod.

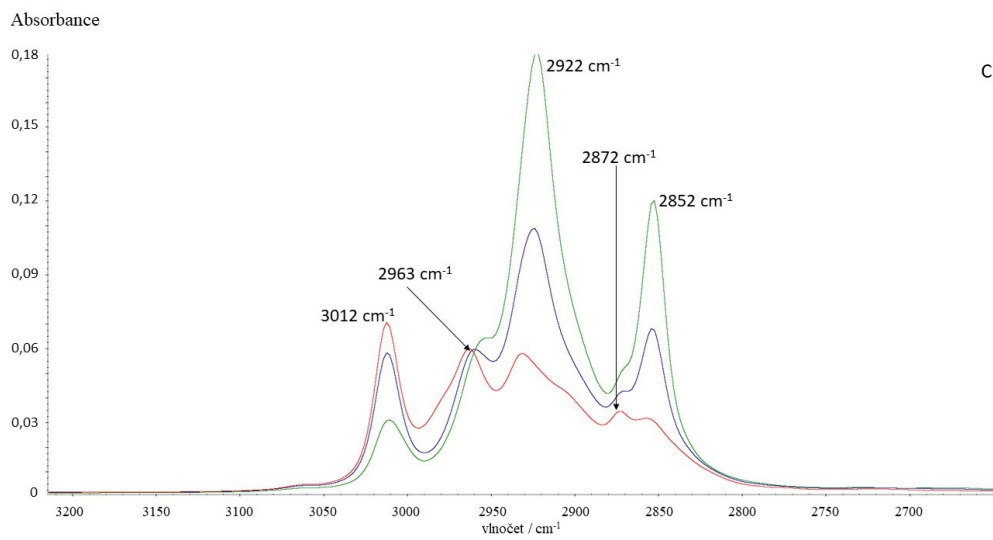
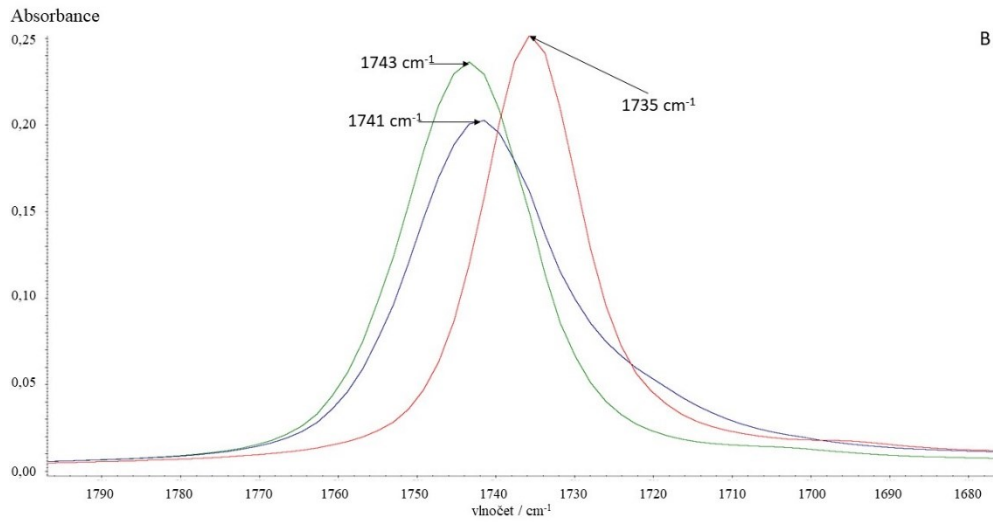
Výsledky a diskuse

Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací

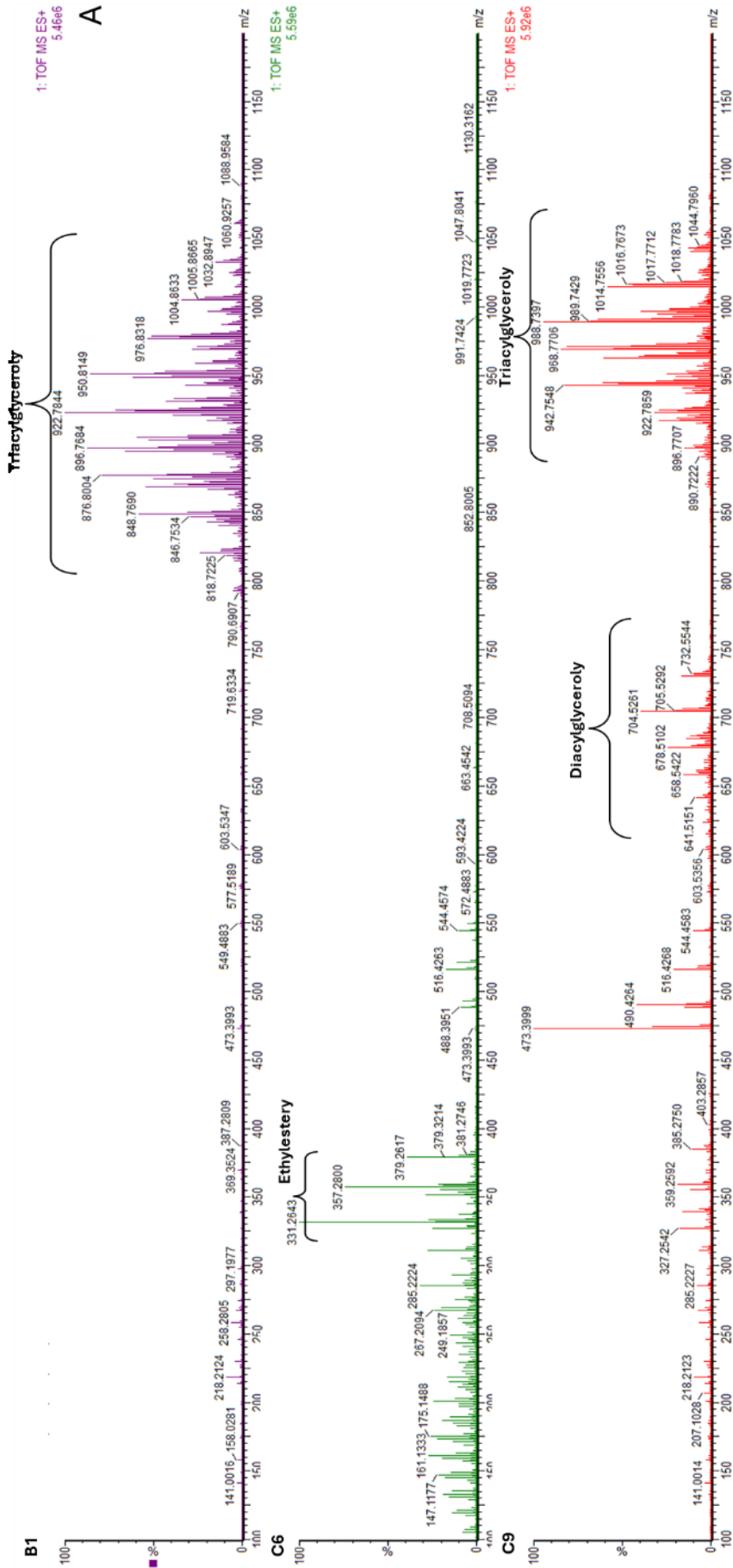
Obrázek 1 znázorňuje infračervené spektrum vybraných vzorků doplňků stravy na bázi rybího v celé střední infračervené oblasti (A), oblast vlnočtu v rozsahu $1780 - 1710 \text{ cm}^{-1}$ (B) a oblast vlnočtu $3100 - 2080 \text{ cm}^{-1}$ (C). Na první pohled jsou ve spektrech vidět výrazné rozdíly v závislosti na způsobu procesování rybího oleje, což vede k odlišnému typu esteru ve vzorcích a množství polynenasycených mastných kyselin. Nejvíce charakteristické rozdíly jsou v oblasti $1743 - 1735 \text{ cm}^{-1}$, pomocí níž lze určit dominující typ esteru ve vzorku, tj. TAG (1743 cm^{-1}) a nebo EE (1735 cm^{-1})⁶. Zajímavostí je vzorek koncentráту rybího oleje (C9), který má pás karbonylové skupiny v oblasti 1741 cm^{-1} , který je mezi pásy triacylglycerolů a ethylesterů. Na základě výsledku není možné určit dominující typ esteru a proto je použití doplňující techniky nezbytností. Dalšími charakteristickými rozdíly jsou oblast alifatických skupin uhlovodíkových řetězců v oblasti $3500 - 2800 \text{ cm}^{-1}$, do kterého patří skupiny C=C, CH₂ a CH₃. Vzorek koncentráту rybího oleje (červený) má nejintenzivnější signály v oblastech 3012 cm^{-1} (C=C); 2963 cm^{-1} a 2876 cm^{-1} ; nejnižší signály v oblastech 2922 cm^{-1} a 2852 cm^{-1} (-CH₂). Vzorek přírodního rybího oleje má oproti tomu nejvyšší signál v oblastech 2922 cm^{-1} a 2852 cm^{-1} a nižší signál v oblasti 3012 cm^{-1} . Tyto rozdíly jsou zapříčiněny v rozdílu zastoupení PUFA kyselin, kde nejvyšší obsah PUFA odpovídá dominantnímu zastoupení dvojných vazeb (3012 cm^{-1}), který je výrazný pro spektrum vzorku C6 obsahující převážně ethylestery EPA a DHA.



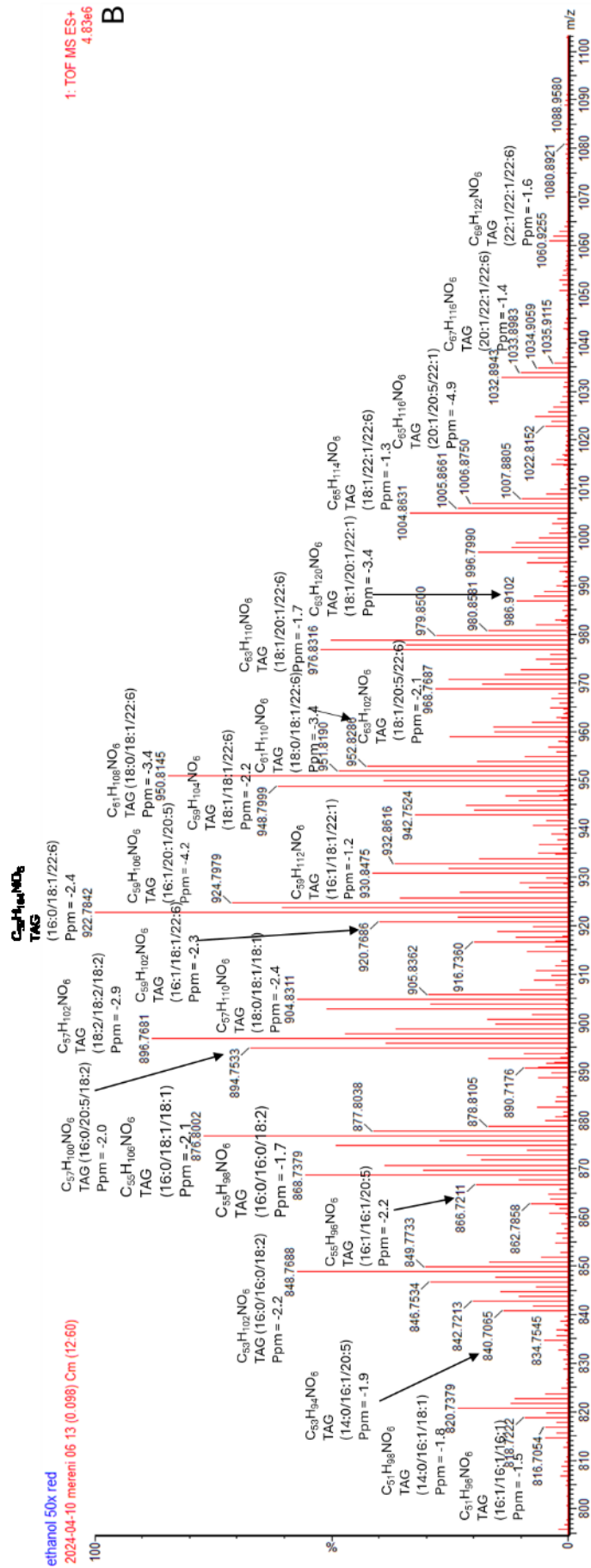
Obrázek 1 FTIR spektra vybraných vzorků doplňků stravy (— - C1, — - C2, — - C4, — - C6, — - C8, — - C9, — - B1) v celé střední infračervené oblasti (A)



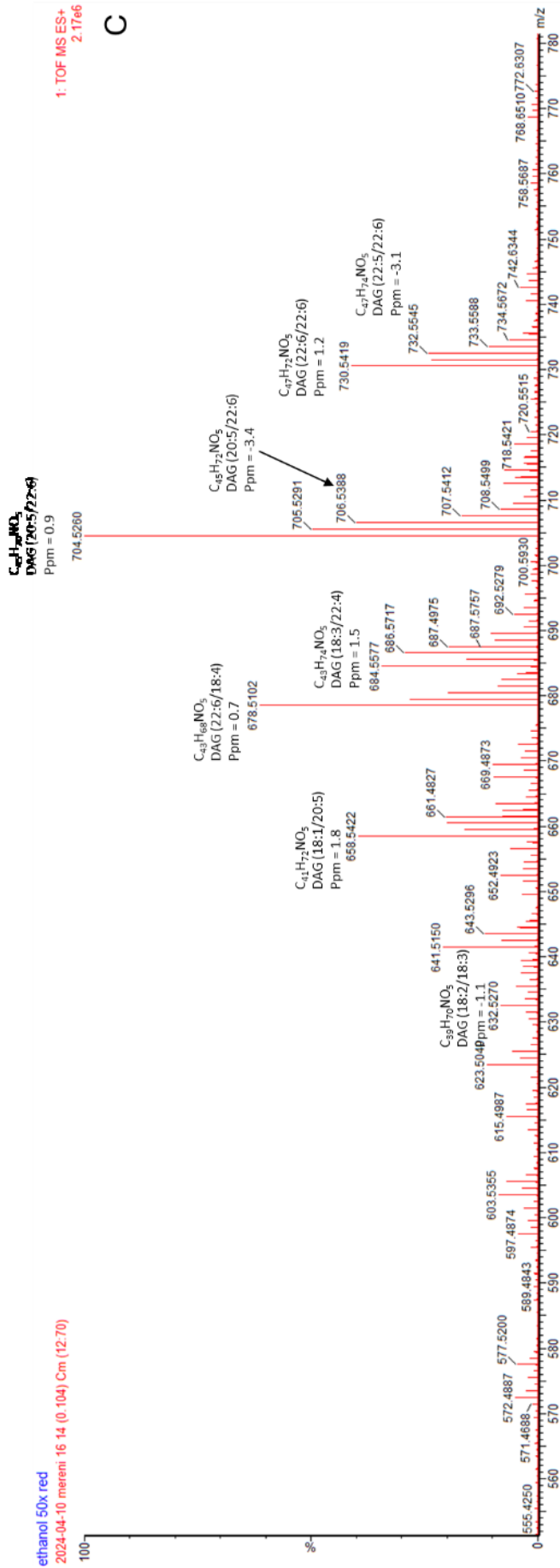
Obrázek 1 FTIR spektra vybraných vzorků doplňků stravy (— - C6, — - B1, — - C9) v oblasti 1780 – 1710 cm⁻¹ (B) a oblasti 3100 – 2080 cm⁻¹ (C)



Obrazek 2 Lipidomický profil z přímé (ESI⁺)-HRMS vybraných vzorků v rozsahu 100 - 1150 m/z (A)



Obrázek 2 Lipidomický profil z přímé (ESI+)-HRMS vybraných vzorků v oblasti 800-1100 m/z (B)



Obrázek 2 Lipidomický profil z přímé (ESI+)-HRMS vybraných vzorků v oblasti 560 – 780 *m/z* (C)

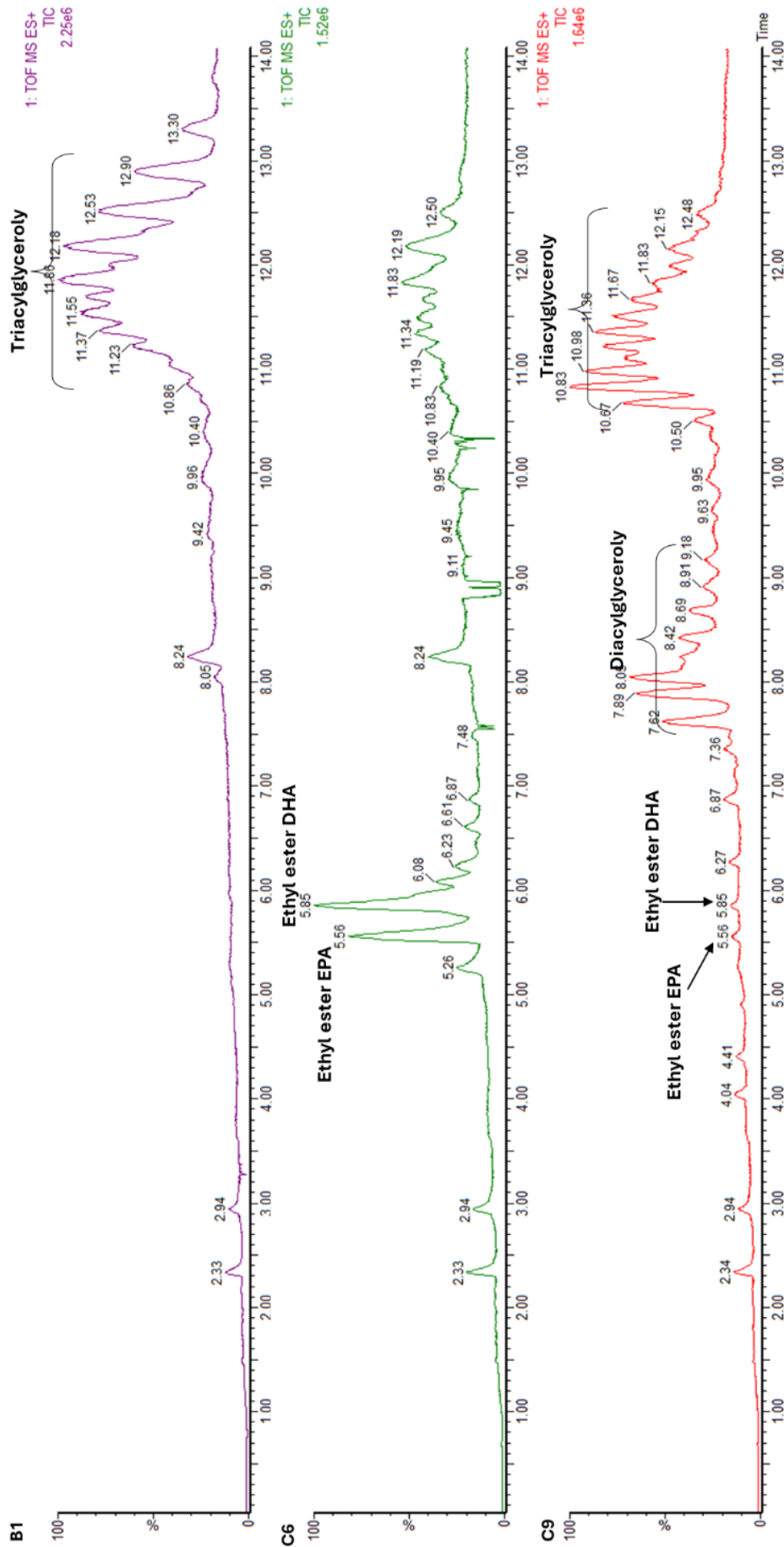
Přímá hmotnostní spektrometrie a vysokoúčinná kapalinová chromatografie

K monitoringu lipidomického profilu rybích olejů byl použit přímý nástřik na (ESI+)-TOF-MS k určení převládajících typu esterů ve vzorcích. Na Obrázku 2A jsou zobrazena profilová MS spektra (ESI+) 3 vybraných vzorků, které mají rozdílné převládající estery. Triacylglyceroly a diacylglyceroly jsou charakterizovány jako amonné aduktové ionty a ethylestery jako vodíkové aduktové ionty. Identifikace triacylglycerolů v rozmezí 800 – 1000 m/z (Obrázek 2B) byla založena na porovnání se studií¹⁴, příp. chemických databází. Kromě triacylglycerolů byly monitorovány ethylestery v oblasti 300 – 400 m/z a diacylglyceroly v oblasti 600 – 800 m/z , které byly detekovány v jednom vzorku koncentráту rybího oleje. Jako komplementární metoda byla použita technika UPLC-HRMS k potvrzení přítomnosti diacylglycerolů v jednom vzorku koncentráту rybího oleje. Na Obrázku 3 jsou zobrazeny chromatogramy 3 vybraných vzorků diskutovaných v této studii.

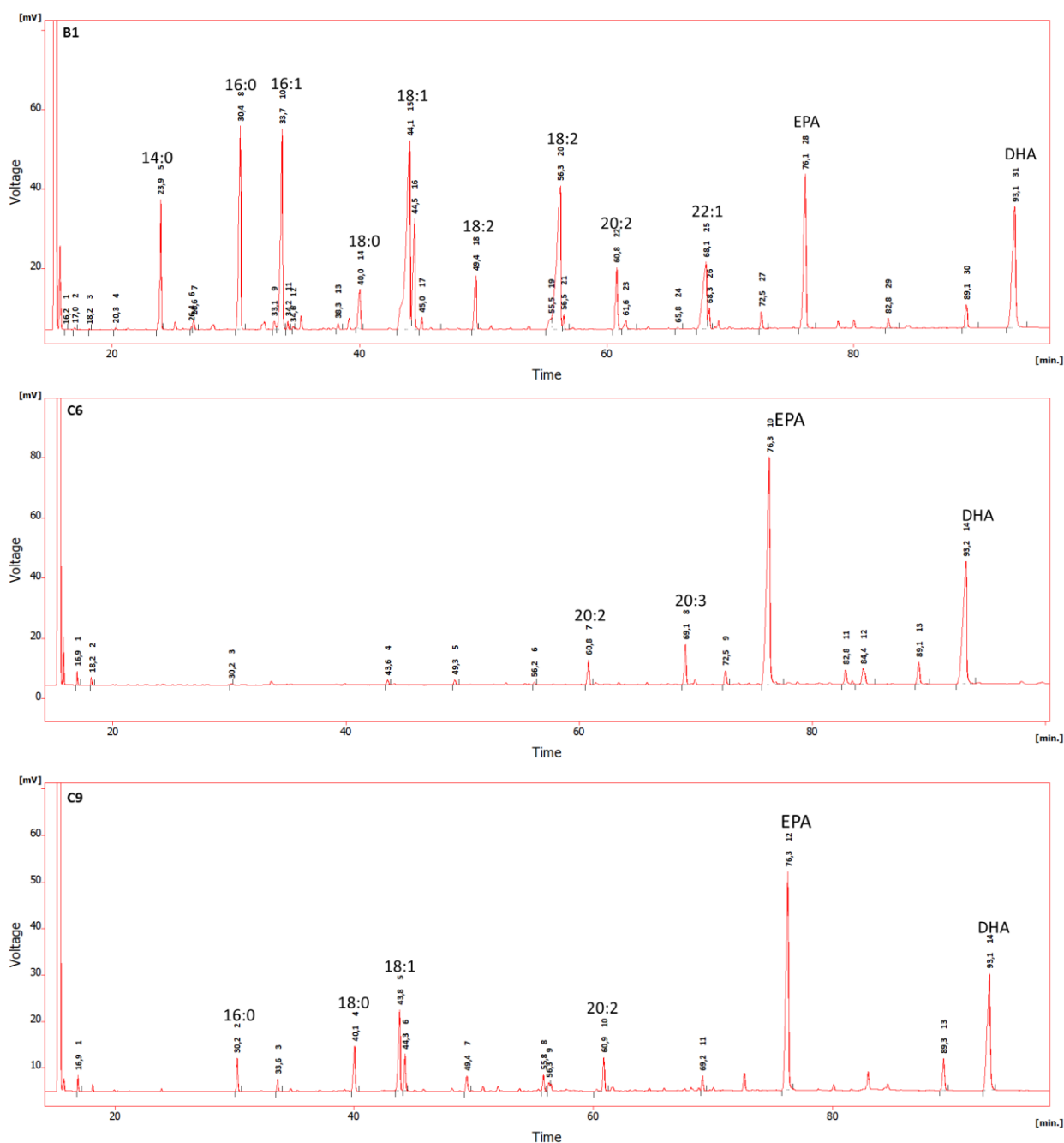
Pokud jde o kombinace mastných kyselin v triacylglycerolech a diacylglycerolech, převládají kombinace nasycených/nenasycených mastných kyselin s EPA nebo DHA. Rovněž byly nalezeny kombinace obsahující EPA a DHA, zejména TAG (16:1/20:5/22:6), TAG (16:0/20:5/22:6), TAG (18:3/20:5/22:6), TAG (18:1/20:5/22:6) a TAG (18:0/20:5/22:6). Tyto kombinace byly nalezeny v některých studiích¹⁴⁻¹⁶. V diacylglycerolech také byla nalezena kombinace obsahující EPA a DHA.

Plynová chromatografie s plamenoionizačním detektorem (GC-FID)

Profilová analýza mastných kyselin ve vzorcích byla provedena za využití techniky GC-FID. Identifikace jednotlivých mastných kyselin byla provedena porovnáním se standardem *Supelco® 37 Component FAME Mix* na základě jednotlivých retenčních časů. Obrázek 4 znázorňuje chromatogramy tří vybraných vzorků, které se liší na základě profilů mastných kyselin. Lze si všimnout, že vzorek přírodního rybího oleje obsahuje kromě EPA a DHA i jiné mastné kyseliny, které se nachází ve formě triacylglycerolů. Mezi tyto nalezené kyseliny se řadí: palmitová, myristová, palmitoolejová, olejová, linolová, linolenová, stearidonová a dokosapentaenová kyselina. Tyto mastné kyseliny byly reportovány v několika studiích a prezentují markery přírodních rybích olejů^{3,17,18}. Vzorek koncentráту rybího oleje (C6) obsahuje jako dominantní mastné kyseliny EPA a DHA ve velmi vysokém zastoupení (celkové zastoupení 81,6 % ze všech mastných kyselin). Hlavní obsah EPA a DHA ve formě ethylesterů v tomto vzorku je zapříčiněn esterifikací triacylglycerolů s ethanolem, kdy následně došlo k destilaci ostatních mastných kyselin.



Obrázek 3 UPLC-HRMS chromatogramy 3 vybraných vzorků



Obrázek 4 GC-FID chromatogram 3 vybraných vzorků

Porovnání všech testovaných metod

Tabulka I zobrazuje porovnání všech analytických metod v této studii, kde jsou shrnuty výhody a nevýhody jednotlivých metod. Jako nejjednodušší a nejrychlejší technika použita v této studii se jeví technika ATR-FTIR. Tato metoda umožňuje velmi rychlé a jednoduché stanovení typu esteru (ethylester vs. triacylglycerol). Nicméně, ve vzorku C9 nebylo možno jednoznačně určit typ esteru a proto byly jako doplňující metody použity přímý nástřik na (ESI+)-TOF-MS a UPLC-HRMS. Pomocí této techniky byla odhalena přítomnost diacylglycerolů a triacylglycerolů. Přítomnost diacylglycerolů pravděpodobně způsobila posun karbonylových pásů v infračerveném spektru. UPLC-HRMS má stejnou vypovídací schopnost jako přímá ESI-HRMS a byla použita pro potvrzení přítomnosti DAG ve vzorku C9. Tato metoda je však na rozdíl od přímé ESI-HRMS časově náročná a vyžaduje také velkou spotřebu rozpouštědel a chromatografického materiálu. GC-FID je časově nejnáročnější metodou

vzhledem k časově náročné a pracné derivatizaci vzorku na FAME. GC-FID poskytuje informaci o profilu mastných kyselin a umožňuje jejich kvantifikaci.

Tabulka I Souhrn všech aplikovaných analytických metod

Parametr	ATR-FTIR	Přímá ESI-HRMS	UPLC-HRMS	GC-FID
Příprava vzorků	Kapsle: uvolnění obsahu olej v lahvi: bez přípravy vzorků	Ředění vzorku oleje v ethanolu	Ředění vzorku oleje v ethanolu	Derivatizace na methylestery mastných kyselin
Analytické schopnosti	Určení dominantního typu esterů ve vzorcích (EE x TAG) Rozlišení přírodního oleje a koncentráту EPA/DHA	Určení složení triacylglycerolů, diacylglycerolů a ethylesterů	Separace látek Určení residuálních látek Určení složení triacylglycerolů, diacylglycerolů a ethylesterů	Profilová analýza mastných kyselin (normalizace) Možnost kvantitativní analýzy
Časová náročnost	Rychlé měření, časově nenáročné	Rychlé měření, časově nenáročné	Časově náročné	Časově náročné
Komplexnost celého procesu	Rychlé, jednoduché, minimální příprava vzorků minimální spotřeba rozpouštědla (pouze na čištění krystalu)	Rychlé, jednoduché měření, spotřeba rozpouštědla	Časově náročné, nutnost velké spotřeby rozpouštědel, opotřebení chromatografické kolony	Časově náročné, pracná příprava vzorků

Závěr

Hlavním cílem této studie bylo porovnat schopnosti jednotlivých testovaných metod v této studii: ATR-FTIR, přímá ESI+ HRMS ionizace, UPLC-(ESI+) HRMS a GC-FID. Pro všechny tyto metody byla demonstrována schopnost rozlišit jednotlivé typy esterů ve třech vybraných vzorcích. Technika ATR-FTIR se zdá být nejjednodušší a nejrychlejší technikou pro určení hlavního typu esteru ve vzorku. Tato technika nevyžaduje časově náročnou přípravu vzorku jako GC-FID, kde je nutno vzorky derivatizovat na methylestery. Bohužel v jednom vzorku koncentráту rybího oleje nebylo možné jednoznačně určit dominující typ esteru ve vzorku a proto byly doplnkově dále aplikovány přímá ESI-HRMS a UPLC-HRMS. Přímá ESI-HRMS se zdá být poměrně rychlou, jednoduchou metodou s relativně malou spotřebou rozpouštědla v porovnání s UPLC-HRMS. Technika přímé ESI-HRMS také umožňuje charakterizaci kombinací mastných kyselin v triacylglycerolech, diacylglycerolech a ethylesterů. GC-FID poskytuje informaci o profilech mastných kyselin a autentikaci rybích olejů právě na základě profilu mastných kyselin.

Poděkování

Práce používá zařízení, které poskytuje výzkumná infrastruktura METROFOOD-CZ (<https://metrofood.cz>) podporovaná Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky (projekt č. LM2023064).

Literatura

1. McMullan, J.E.; Yeates, A.J.; Allsopp, P.J.; Mulhern, M.S.; Strain, J.J.; van Wijngaarden, E.; et al. Fish consumption and its lipid modifying effects – A review of intervention studies. *NeuroToxicology* 2023, 99, 82–96 10.1016/j.neuro.2023.10.003.
2. Chen, J.; Jayachandran, M.; Bai, W.; Xu, B. A critical review on the health benefits of fish consumption and its bioactive constituents. *Food Chemistry* 2022, 369, 130874 10.1016/j.foodchem.2021.130874.
3. Nevigato, T.; Masci, M.; Caproni, R. Quality of Fish-Oil-Based Dietary Supplements Available on the Italian Market: A Preliminary Study. *Molecules (Basel, Switzerland)* 2021, 26(16), 5015 10.3390/molecules26165015.

4. Killeen, D.P.; Marshall, S.N.; Burgess, E.J.; Gordon, K.C.; Perry, N.B. Raman Spectroscopy of Fish Oil Capsules: Polyunsaturated Fatty Acid Quantitation Plus Detection of Ethyl Esters and Oxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry American Chemical Society*: 2017, 65(17), 3551–3558, 10.1021/acs.jafc.7b00099.
5. Brotas, M.S.C.; Carvalho, G.A.; Pereira, P.A.P. Determination, through Derivatization and GC-MS Analysis, of Omega-3 and Omega-6 Fatty Acids in Fish Oil Capsules Sold in Salvador, Bahia. *Journal of the Brazilian Chemical Society Sociedade Brasileira de Química*: 2020, 31, 447–455, 10.21577/0103-5053.20190203.
6. Karunathilaka, S.R.; Choi, S.H.; Mossoba, M.M.; Yakes, B.J.; Brückner, L.; Ellsworth, Z.; et al. Rapid classification and quantification of marine oil omega-3 supplements using ATR-FTIR, FT-NIR and chemometrics. *Journal of Food Composition and Analysis* 2019, 77, 9–19, 10.1016/j.jfca.2018.12.009.
7. Song, R.; Li, W.; Deng, S.; Zhao, Y.; Tao, N. Assessment of lipid composition and eicosapentaenoic acid/docosahexaenoic acid bioavailability in fish oil obtained through different enrichment methods. *Frontiers in Nutrition* 2023, 10, 10.3389/fnut.2023.1136490.
8. Ritter, J.C.S.; Budge, S.M.; Jovica, F. Quality analysis of commercial fish oil preparations. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2013, 93(8), 1935–1939, 10.1002/jsfa.5994.
9. Chatterjee, N.S.; Singh, A.; Vishnu, K.V.; Ajeeshkumar, K.K.; Anandan, R.; Ashok Kumar, K.; et al. Authentication of Two Bio-Active Fish Oils by Qualitative Lipid Profiling Using Semi-Targeted Approach: An Exploratory Study. *Journal of AOAC INTERNATIONAL* 2020, 103(1), 78–82, 10.5740/jaoacint.19-0208.
10. Hedrick, J.; Lau, J.; VanAnda, J.; Brand, T.; Berger, T. Qualitative Analysis of Fish Oil Triglycerides with Supercritical Fluid Chromatography and Q-TOF MS. n.d.
11. Galuch, M.B.; Carbonera, F.; Magon, T.F.S.; Silveira, R. da; Santos, P.D.S. dos; Pizzo, J.S.; et al. Quality Assessment of Omega-3 Supplements Available in the Brazilian Market. *Journal of the Brazilian Chemical Society Sociedade Brasileira de Química*: 2018, 29, 631–638, 10.21577/0103-5053.20170177.
12. Amorim, T.L.; Fuente, M.A. de la; Oliveira, M.A.L. de; Gómez-Cortés, P. ATR-FTIR and Raman Spectroscopies Associated with Chemometrics for Lipid Form Evaluation of Fish Oil Supplements: A Comparative Study. *ACS Food Science & Technology American Chemical Society*: 2021, 1(3), 318–325, 10.1021/acsfoodscitech.0c00122.
13. Vaclavik, L.; Cajka, T.; Hrbek, V.; Hajslova, J. Ambient mass spectrometry employing direct analysis in real time (DART) ion source for olive oil quality and authenticity assessment. *Analytica Chimica Acta* 2009, 645(1), 56–63, 10.1016/j.aca.2009.04.043.
14. Jiao, G.; Hui, J.P.M.; Burton, I.W.; Thibault, M.-H.; Pelletier, C.; Boudreau, J.; et al. Characterization of Shrimp Oil from *Pandalus borealis* by High Performance Liquid Chromatography and High Resolution Mass Spectrometry. *Marine Drugs Multidisciplinary Digital Publishing Institute*: 2015, 13(6), 3849–3876, 10.3390/md13063849.
15. Indelicato, S.; Di Stefano, V.; Avellone, G.; Piazzese, D.; Vazzana, M.; Mauro, M.; et al. HPLC/HRMS and GC/MS for Triacylglycerols Characterization of Tuna Fish Oils Obtained from Green Extraction. *Foods Multidisciplinary Digital Publishing Institute*: 2023, 12(6), 1193, 10.3390/foods12061193.
16. Liu, M.; Liu, Y.; Wang, X. Discrimination between the Triglyceride Form and the Ethyl Ester Form of Fish Oil Using Chromatography–Mass Spectrometry. *Foods Multidisciplinary Digital Publishing Institute*: 2024, 13(7), 1128, 10.3390/foods13071128.
17. Amorim, T.L.; Fuente, M.Á. de la; Leal de Oliveira, M.A.; Gómez-Cortés, P. Evaluation of delivery form of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids during quality control of fish oil supplements. 2020, 10.13039/501100003329.
18. Ozyurt, G.; Ekmen, D.; Durmuş, M.; Ucar, Y. Assessment of the safety of dietary fish oil supplements in terms of content and quality. *Environmental Science and Pollution Research* 2022, 29(17), 25006–25019, 10.1007/s11356-021-17581-5.

L28

THE IMPACT OF EDIBLE PLANT EXTRACTS ON THE ACTIVITY OF ENZYMES WITH IMPORTANT BIOCHEMICAL FUNCTIONS

Tsagkaris A. S. (1), Loučková A. (1,2), Hajšlová J. (1)

(1) Dept. Food Analysis and Nutrition, UCT Prague

(2) Czech Agriculture and Food Inspection Authority, Prague

Plant extract investigation containing various bioactive compounds that might be of concern for different purposes, including production of nutraceutical products, the so-called bioprospecting, has been receiving an ever-increasing attention. To screen for such compounds, simple and cost-efficient optical assays are commonly used, relating the decreased enzyme activity towards the plant material inhibitory potential. Selecting the appropriate enzyme as the biorecognition element is of pivotal importance, as the selected enzyme biochemical function defines the potential application of plant-derived enzyme inhibitors. For example, molecules inhibiting α -glucosidase and/or α -amylase can be potentially implemented into diabetes treatment.

In this lecture, we will present our experience within identifying bioactive molecules from edible sources. We will focus on pancreatic lipase inhibition and the potential of plant extracts to contribute towards obesity control. The combination of enzyme assays towards high resolution mass spectrometry will be discussed. In addition, combining different enzyme assays to acquire an enzyme inhibitory profile for a tested matrix will be addressed. All in all, more efforts are needed to explore phytochemical sources with bioactive properties following the circular economy principles.

L29

MINERÁLNÍ LÁTKY A STOPOVÉ PRVKY V MEDU

Šimánková A., Procházková Z., Drábová L., Koplík R.

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

Med patří k pochutinám a surovinám pro výrobu potravin, které bývají občas předmětem falšování. Kromě zavedených znaků jakosti medu, jako jsou obsah 5-hydroxymethylfurfuralu, měrná vodivost, zastoupení cukrů, kyselin, fenolových látek a vonných látek, může být i prvkové složení medu užitečným ukazatelem druhu medu a jeho geografického nebo botanického původu. Tento příspěvek shrnuje výsledky vstupní studie soustředěné na vzorky medu z České republiky a ze Slovenské republiky.

V 31 vzorcích květových medů, převážně smíšených, pocházejících ze Slovenska (15 vzorků převážně z Bratislavy) a různých míst České republiky (16 vzorků) jsme stanovili 24 chemických prvků. Vzorky medu jsme pro prvkovou analýzu připravili mikrovlnným tlakovým rozkladem s kyselinou dusičnou. Sodík a draslík jsme stanovili plamenovou atomovou absorpční spektrometrií ve zředěných mineralizátech vzorků, k nimž byl přidán chlorid cesný jako deionizační činidlo. Plamenovou AAS jsme použili rovněž pro stanovení hořčíku a vápníku. V tomto případě byla ke zředěným mineralizovaným vzorkům přidána směs chloridu cesného a chloridu lanthanitého, která působí při atomizaci v plameni acetylén-vzduch jako uvolňovací a deionizační činidlo. Prvky lithium, bor, hliník, vanad, chrom, mangan,



železo, kobalt, nikl, měď, zinek, arsen, rubidium, stroncium, molybden, kadmium, cesium, barium, thallium a olovo byly stanoveny technikou ICP-MS.

Mediánové hodnoty obsahu jednotlivých prvků klesají v pořadí: K (713 mg/kg), Ca (60,1 mg/kg), Mg (18,3 mg/kg), Na (6,71 mg/kg), B (6,09 mg/kg), Fe (0,532 mg/kg), Rb (0,522 mg/kg), Zn (0,484 mg/kg), Mn (0,372 mg/kg), Al (0,345 mg/kg), Cu (0,143 mg/kg), Sr (0,114 mg/kg), Ba (0,056 mg/kg) a Ni (0,023 mg/kg). Obsahy Li, Pb, Mo, Cr, Co, Cs, Cd a Tl se pohybovaly v desetinách až jednotkách $\mu\text{g}/\text{kg}$. V případě stanovení vanadu byla většina výsledků pod mezí detekce nebo mezi mezí detekce a stanovitelnosti (pouze pět vzorků bylo řádně kvantifikováno). Obsah arsenu byl řádně kvantifikován pouze ve třech vzorcích, v ostatních byl výsledek menší než mez stanovitelnosti nebo dokonce menší než mez detekce.

Signifikantní rozdíly v obsahu prvků mezi českými a slovenskými vzorky byly prokázány u prvků B, Co, Ni a Tl, přičemž vyšší obsah těchto prvků měly české vzorky. Naopak zřetelně vyšší obsah Mo měly slovenské vzorky, avšak tento rozdíl nebyl statisticky významný. Rozdílnost mezi českými a slovenskými vzorky byla dále testována metodami vícerozměrné statistické analýzy PCA a PLS-DA.

Minerals and trace elements in honey

Honey is one of the delicacies and food ingredients that are sometimes subject to adulteration. In addition to established criteria of honey quality such as 5-hydroxymethylfurfural content, specific conductivity, the profile of sugars, acids, phenolic compounds and fragrant compounds, the elemental composition of honey can be a useful marker of the type of honey and its geographical or botanical origin. This contribution summarizes the results of an initial study focused on honey samples from the Czech Republic and Slovakia.

We determined 24 chemical elements in 31 samples of blossom honeys, mostly mixed, originating from Slovakia (15 samples mainly from Bratislava) and various places in the Czech Republic (16 samples). The honey samples were prepared for elemental analysis by microwave pressure digestion with nitric acid. Sodium and potassium were determined by flame atomic absorption spectrometry in diluted decomposed sample solutions to which caesium chloride was added as a deionizing agent. Flame AAS was also used to determine magnesium and calcium. In this case, a mixture of caesium chloride and lanthanum chloride was added to the diluted decomposed samples to act as a releasing and deionizing agent during atomization in an acetylene-air flame. The elements lithium, boron, aluminium, vanadium, chromium, manganese, iron, cobalt, nickel, copper, zinc, arsenic, rubidium, strontium, molybdenum, cadmium, caesium, barium, thallium and lead were determined by ICP-MS.

The median values of the content of each element decrease in order: K (713 mg/kg), Ca (60.1 mg/kg), Mg (18.3 mg/kg), Na (6.71 mg/kg), B (6.09 mg/kg), Fe (0.532 mg/kg), Rb (0.522 mg/kg), Zn (0.484 mg/kg), Mn (0.372 mg/kg), Al (0.345 mg/kg), Cu (0.143 mg/kg), Sr (0.114 mg/kg), Ba (0.056 mg/kg) and Ni (0.023 mg/kg). The contents of Li, Pb, Mo, Cr, Co, Cs, Cd and Tl ranged from tenths to units of $\mu\text{g}/\text{kg}$. In the case of vanadium, most of the results were below the limit of detection or between the limit of detection and the limit of quantification (only five samples were properly quantified). Only three samples were exactly quantified for arsenic, the others were below the limit of quantification or even below the limit of detection.

Significant differences in elemental content between Czech and Slovak samples were found for the elements B, Co, Ni and Tl, with higher contents of these elements in the Czech samples. On the other hand, the Slovak samples had a clearly higher content of Mo, but this difference was not statistically significant. The difference between Czech and Slovak samples was further tested by multivariate statistical analysis PCA and PLS-DA.

SNÍŽOVÁNÍ MNOŽSTVÍ DIETÁRNÍCH NOSITELŮ KARBONYLOVÉHO STRESU ŘÍZENOU MAILLARDOVOU REAKCÍ

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

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

Úvod

Dietární α -dikarboxylové sloučeniny (α -DCs), mezi které patří například 3-deoxyglukosulosa, methylglyoxal (MGO) nebo glyoxal (GO), jsou chemické sloučeniny, které vznikají při tepelné úpravě potravin, zejména během Maillardovy reakce. Tyto sloučeniny jsou známy svou vysokou reaktivitou a schopností tvořit produkty pokročilé glykace (Advanced glycation end-products, AGEs) v biologických systémech a další modifikace makromolekul v potravinách, které mohou měnit jejich technologickou funkčnost. Jsou spojovány s karboxylovým stresem a přispívají k oxidačnímu poškození biomolekul. To může vést ke vzniku různých chronických onemocnění, jako je diabetes mellitus, neurodegenerativní onemocnění nebo kardiovaskulární choroby¹.

Účinný přístup ke snížení koncentrace reaktivních α -dikarboxylových sloučenin (α -DCs) nejen v potravinových systémech představuje řízená Maillardova reakce. Klíčovou roli v tomto procesu hrají různá nukleofilní činidla, která reagují s α -DCs nukleofilní adicí, tím je vychytávají a snižují jejich reaktivitu vůči biologicky relevantním molekulám.

V rámci řízené Maillardovy reakce lze využít několika mechanismů pro redukci obsahu α -dikarboxylových sloučenin (α -DCs). Jednou z možností je například použití řady běžných antioxidantů a dalších nukleofilních sloučenin, které mohou reagovat s reaktivními karboxylovými skupinami prostřednictvím nukleofilní adice. Mezi takové nukleofily patří například fenolové látky, aminokyseliny s guanidylovými skupinami, nebo sloučeniny s methylenovou aktivní skupinou, jako je jeden z typických (mezi)produktů Maillardovy reakce norfuraneol. Tyto látky působí jako nukleofily, které jsou schopné reagovat s elektrofilními karboxylovými skupinami za vzniku stabilních aduktů, čímž dochází ke snížení množství reaktivních karboxylových sloučenin v potravinách^{2,3}.

Dalšími potenciálně účinnými sloučeninami vhodnými pro redukci α -DCs v potravinách jsou melanoidiny, polymerní produkty vznikající během pokročilých fází Maillardovy reakce. Melanoidiny obsahují různé typy funkčních skupin, včetně reduktonových struktur, které mohou efektivně interagovat s reaktivními karboxylovými sloučeninami, a tím působit jako jejich lapače. Předpokládáme, že některé reduktonové a další nukleofilní funkční skupiny melanoidinů mohou vychytávat α -DCs adičními reakcemi, nebo mohou být zachyceny, a tak pro reakce zneprístupněny i nekovalentně. Díky přítomnosti reduktonových skupin jsou melanoidiny schopné eliminovat také volné radikály (radikály lze zachytit i jejich stabilní asociací s vysoce konjugovanými strukturními doménami melanoidinů), a tím zmírňovat oxidační poškození potravin či jiného biologického systému. Mezi nejznámější nízkomolekulární reduktony, které vykazují podobné vlastnosti jako melanoidiny, patří také 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4(*H*)-pyran-4-on (DDMP) a norfuraneol^{4,5}.

Tato práce se zaměřuje na reakci methylglyoxalu (MGO) s norfuraneolem (NF) a na výsledné produkty této reakce. Důležitým aspektem, kromě míry a způsobu zachytu (reakce), je také otázka, zda si produkty reakce mezi NF a MGO zachovávají stejné redukční účinky jako samotný NF. Pro zjištění redukční kapacity vzniklých produktů byla využita metoda HPLC-ECD (kapalinová chromatografie s elektrochemickou detekcí) s ampérometrickým detektorem pracujícím v oxidačním módu, který měří elektrický proud při oxidaci analytu.



Tento přístup umožňuje kvantifikaci a analýzu sloučenin na základě jejich redox potenciálu, což je užitečné pro hodnocení antioxidační (redukční) aktivity sloučenin. Kromě toho byla pro identifikaci a charakterizaci produktů reakce použita metoda HPLC-PDA, která umožňuje získat UV-Vis spektrum každého analytu, a LC-MS (kapalinová chromatografie s hmotnostní spektrometrií) pro identifikaci hlavních produktů.

Experimentální část

Reakce norfuraneolu (Aldrich, 97 %) s methylglyoxalem (SIGMA, 40 %) byla studována za přirozeného pH roztoků (pH ~3,7) a při pH upraveném na pH = 5. Při teplotě 95 °C byly od času 0 min (příprava roztoků při laboratorní teplotě) po 120 minut vytvořeny kinetické modely reakce.

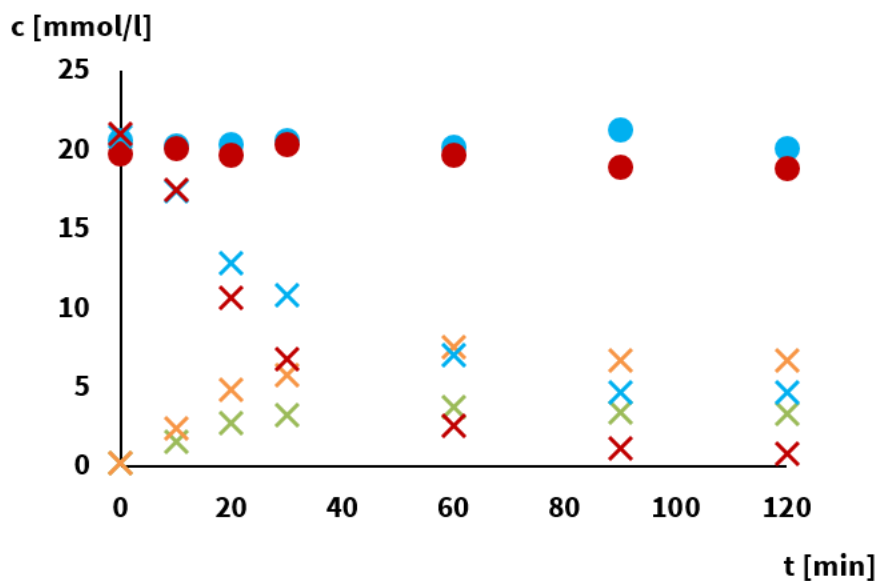
Reaktanty a produkty byly sledovány pomocí HPLC-PDA metody (Alliance Waters 2695 + PDA Waters 2996) s kolonou CORTECS Phenyl 2.7 μm , 3 x 150 mm. Pro zvýšení kvality separace byla HPLC separace provedena v gradientovém režimu, kde mobilní fáze A obsahovala 10 mmol/l mravenčan sodný ve vodě, upraveného na pH = 3 pomocí kyseliny mravenčí. Mobilní fáze B byla tvořena methanolem (MeOH, Merck, gradient grade). Gradientový průtok mobilní fáze byl nastaven na 0,4 ml/min⁶. Analyty byly stanoveny pomocí PDA detektoru při vlnové délce $\lambda = 285$ nm. MGO byl analyzován ve formě 2-methylchinoxalinu, což je odvozený produkt reakce mezi MGO a OPD (*o*-fenylendiamin, Aldrich, 99,5 %) při vlnové délce $\lambda = 316$ nm.

Pro elektrochemickou detekci (ECD) byla použita aparatura Alliance Waters 2695 s ECD Waters TM2465 (3 mm Gold WE, Hy-Ref) s kolonou Atlantis dC18 3 μm , 2.1 x 150 mm. Na zlatou pracovní elektrodu detektoru bylo vkládáno napětí 0,8 V. Mobilní fáze použitá pro tuto metodu zahrnovala gradientový průtok (0,7 ml/min) složený z s fáze A s 20 mmol/l LiClO₄ rozpuštěným ve vodě a fáze B s 20 mmol/l LiClO₄ v methanolu (MeOH, Merck, 99%, gradient grade)⁷.

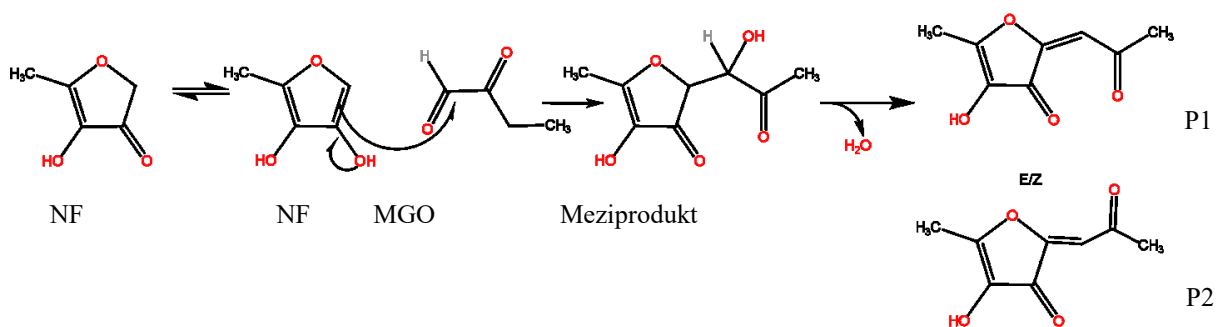
Kvůli identifikaci a charakterizaci byly produkty analyzovány na hmotnostním spektrometru (LC-MS) Acquity UPLCTM Waters v kombinaci s QTOF Synapt G2 za stejných podmínek separace a na stejné koloně jako v případě HPLC-PDA experimentů.

Výsledky a diskuse

Studie se zaměřila na reakci mezi NF a MGO při mírně kyselých podmínkách a na redukční vlastnosti cílových produktů. Experiment zahrnoval tři oddělené roztoky: samotný NF, samotný MGO a směs NF a MGO v poměru 1:1. V roztocích samotného NF a samotného MGO se koncentrace jednotlivých látek během dvou hodin výrazně neměnily. V přítomnosti NF však bylo pozorováno, že se MGO téměř kvantitativně přeměnilo – až 98 % MGO bylo spotřebováno během dvou hodin při pH = 5, což naznačuje vysokou reaktivitu NF vůči MGO. Podobné výsledky byly zaznamenány i při pH ~ 3,7. Tato významná změna koncentrace MGO v přítomnosti NF naznačuje, že NF je efektivním lapačem MGO (viz Obrázek 1). Kinetické studie a analýza hmotnostní spektrometrie naznačují, že primární kondenzační produkty zahrnují izomery (*Z,E*)-4-hydroxy-5-methyl-2-(3-oxopropan-2-yliden)furan-3(2*H*)-onu. Tyto izomery byly identifikovány jako hlavní produkty reakce NF s MGO během zahřívání při 95 °C po dobu 120 minut (viz Obrázek 2). Obrázky 1 a 2 spolu s hmotnostní analýzou ilustrují strukturu reakčních meziproductů a konečných izomerů potvrzujících, že mechanismus interakce probíhá ve dvou krocích: rychlá adiční reakce a pomalejší kondenzační reakce.

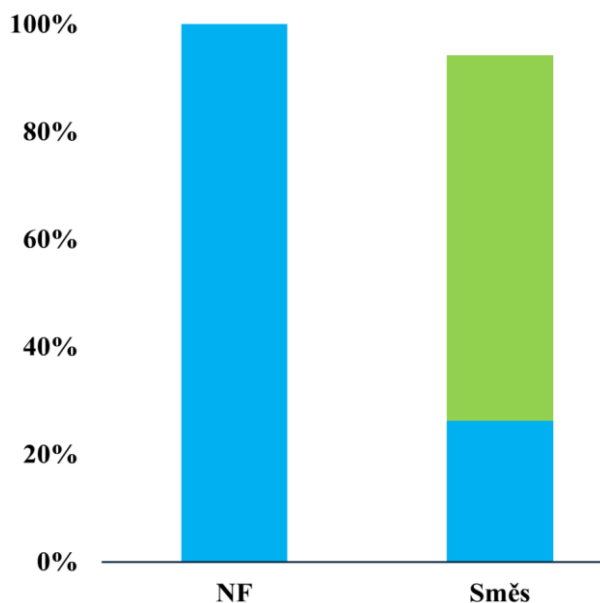


Obrázek 1 Graf závislosti koncentrace reaktantů a produktů na čase při teplotě 95 °C a pH = 5, kde ● NF a ● MGO-qx představují kontrolní vzorky, × P1 a × P2 dva vznikající izomery a × NF a × MGO v reakční směsi



Obrázek 2 Navržená adiční a následně kondenzační reakce vzniku izomerů (Z,E)-4-hydroxy-5-methyl-2-(3-oxopropan-2-ylidene)furan-3(2H)-onu (P1 a P2)⁸

Ampérometrické měření prokázalo, že produkty reakce NF s MGO si zachovávají většinu redukční síly původního NF, a to až 94 %. Ačkoli methylenová skupina NF během reakce zřejmě zaniká, výsledné produkty si nadále uchovávají redukční vlastnosti. Tato vysoká stabilita redukční kapacity naznačuje, že redoxní účinek produktů zajišťují jiné funkční skupiny (hydroxylové). Obrázek 3 dokumentuje porovnání původního NF a směsi s reakčními produkty, kde je patrné, že redukční síla směsi zůstává stabilní i po reakci. Pro lepší pochopení mechanismu redukční aktivity nových produktů bude nezbytné detailně ověřit jejich struktury a posoudit jejich individuální redoxní chování.



Obrázek 3 Porovnání redukční síly roztoku NF po zahřívání při 95 °C po dobu 120 minut a reakční směsi NF a MGO. Sloupcový graf zobrazuje zastoupení složek v signálu: ■ NF a ■ produkty reakce

V souladu s literaturou lze shrnout, že NF může hrát významnou roli jako lapač reaktivních karbonylových sloučenin, jako je MGO. Mechanismus reakce mezi NF a MGO se pravděpodobně skládá z několika kroků. Předpokládá se, že reakce začíná rychlou adiční reakcí, kde se MGO váže na NF, tj. tvorbou intermediárních produktů, následovanou pomalejší kondenzační reakcí².

Vzhledem k dosavadním poznatkům je stále otázkou, jaké konkrétní strukturní změny nastávají a jak přesně si primární adukty zachovávají antioxidační vlastnosti. Nově vzniklé funkční skupiny, především hydroxylové a karbonylové, by mohly být důvodem pro zachování redukční aktivity produktů reakce NF a MGO.

Celkově se NF ukazuje jako účinný lapač reaktivních karbonylových sloučenin, což umožňuje jeho další využití v oblasti potravinářství jako přírodního antioxidantu s potenciálem snižovat negativní dopady karbonylového stresu. Tato zjištění podporují předpoklad, že využití nízkomolekulárních reduktorů, případně výšemolekulárních melanoidinů a dalších nukleofilních látek v potravinách, může poskytnout nové cesty ke snížení obsahu reaktivních karbonylových sloučenin⁷.

Závěr

Norfuraneol (NF) vykazuje výrazné schopnosti reagovat s methylglyoxalem (MGO), což naznačuje jeho potenciál snižovat množství i dalších reaktivních α -dikarbonylových sloučenin (α -DCs) v potravinových systémech. Reakce NF s MGO probíhala za podmínek reakce téměř kvantitativně a primární adiční produkty si uchovaly většinu redukční síly NF. Tento výsledek potvrzuje, že produkty NF si zachovávají své antioxidační vlastnosti i po reakci s MGO. Přítomnost vyšších množství NF a dalších produktů Maillardovy reakce s podobnými kyselými (aktivními) methylenovými skupinami v potravinách vede ke snížení množství reaktivních karbonylových sloučenin, čímž může dojít např. ke zvýšení nutriční hodnoty potravin a zmírnění karbonylového stresu při zachování antioxidačních, resp. redukčních účinků. Tak lze pozitivně ovlivnit nejen kvalitu potravin, ale také zdraví konzumentů.

Poděkování

„Tento výstup vznikl v rámci projektu Specifického vysokoškolského výzkumu – projekt č. A2_FPBT_2024_010 a projekt č. A1_FPBT_2024_006.“

Literatura

1. Hellwig, M.; Gensberger-Reigl, S.; Henle, T.; Pischetsrieder, M. Food-Derived 1,2-Dicarbonyl Compounds and Their Role in Diseases. *Seminars in Cancer Biology* **2018**, *49*, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2017.11.014>.
2. Bork L.V., Haase P.T., Rohn S., Kanzler C. Structural characterization of polar melanoidins deriving from Maillard reaction intermediates – A model approach, *Food Chemistry*, Volume 395, 2022, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133592>.
3. Kanzler C., Schestkova H., Haase P. T., and Kroh L. W. Formation of Reactive Intermediates, Color, and Antioxidant Activity in the Maillard Reaction of Maltose in Comparison to d-Glucose; *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2017** *65* (40), 8957-8965 DOI: [10.1021/acs.jafc.7b04105](https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04105).
4. Kozłowski, H.; Dziadek, K.; Jankowski, K.; Pischetsrieder, M. Mechanisms of the Formation of 3-Deoxyglucosone and Its Influence on the Biological Properties of Food. *RSC Advances* **2021**, *11* (21), 12910–12917, <https://doi.org/10.1039/d1ra06317k>.
5. Bliđi S., Troise A.D., Zazzaroni M., De Pascale S., Mauriello G. Effect of brewer's spent grain melanoidins on Maillard reaction products during storage of whey protein model systems, *Current Research in Food Science*, Volume 5, 2024, Article 100093, ISSN 2665-9271, <https://doi.org/10.1016/j.crf.2023.100093>.
6. Procházková Z., Průšová A., Šírová A., Cejpek K.; Optimalizace stanovení cukrů a jejich transformačních produktů; *51. Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin CzechFoodChem 2023*, pp 61-64, ISBN 978-80-7592-231-1, http://www.czechfoodchem.cz/Sbornik_2023.pdf.
7. Šubrtová M., Reakce reduktonů a příbuzných látek, Diplomová práce, 2011, VŠCHT.
8. Bork L. V., Haase P. T., Rohn S., Clemens Kanzler, Formation of melanoidins – reactions of heterocyclic and short-chain Maillard intermediates; *Food Chemistry*, Volume 380, 2022, 131852, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131852>.

L31

VYUŽITÍ PŘÍRODNÍCH SLADIDEL PŘI VÝROBĚ CUKROVINEK BEZ CUKRU

Palugová N.

Ústav sacharidů a cereálií, VŠCHT Praha

Tradiční cukrovinkový průmysl preferuje sacharosu jako hlavní sladidlo kvůli její lahodné chuti, plnosti a konzervačním schopnostem. Sacharosa je kombinací dvou monosacharidů, glukózy a fruktózy, spojených α (1→2) glykosidickou vazbou. Přemíra sacharosy může způsobit řadu zdravotních obtíží, včetně obezity, cukrovky a problémů se zubním kazem. Tyto nepříznivé účinky na lidské zdraví činí nezbytným hledat alternativní sladidla pro výrobu cukrovinek.

Polyoly, jako je erythritol, xylitol, mannitol a maltitol, nabízejí možnost nahradit sacharosu. Jsou rozpustné ve vodě, absorbují vlhkost a zvyšují viskozitu vodných roztoků. Tato sladidla přinášejí sladkost bez negativních metabolických účinků obvykle spojených s tradičními cukry. Polyoly mají nižší energetickou hodnotu a glykemický index. Jejich použití se rozšiřuje i do cukrovinek bez cukru, kde jejich fyzikálně-chemické vlastnosti, včetně stability, chutnosti a výhod pro zuby, jsou klíčové pro zdravou stravu.

Inulin, oligosacharid s prebiotickými vlastnostmi získávaný z rostlinných zdrojů, je další možností nahrazení cukru v cukrovinkách. Fruktany inulinu jsou tvořeny fruktózovými jednotkami spojenými β (2→1) glykosidickou vazbou. Inulin má přirozenou sladkost, nízkou energetickou hodnotu a přispívá ke zdraví střevní mikroflóry. Představuje jednu z cest k výrobě zdravějších cukrovinek.

Polyoly i inulin mohou přinést zdravotní výhody, včetně regulace hladiny cukru v krvi, podpory zdraví střev a prevence zubního kazu, což odpovídá současným preferencím spotřebitelů směrem k nižšímu příjmu fermentovatelných sacharidů. S narůstající prevalencí nadváhy a obezity mezi dětmi (29 % chlapci, 27 % dívky) a dospělými (60 %) v Evropě, jak dokládají nedávná data Světové zdravotnické organizace, je nezbytné zkoumat a implementovat



tyto alternativní sladidla. To podtrhuje důležitost intervencí ke snížení zdravotních rizik spojených s vysokou spotřebou cukru a zdůrazňuje potřebu inovativních alternativ při výrobě cukrovinek bez cukru.

Navzdory rostoucí poptávce po bezcukrových produktech na evropském trhu stále chybí široká škála bezcukrových želatinových výrobků. Tato výzkumná iniciativa se snaží tento nedostatek vyřešit návrhem inovativního složení bezcukrových želatinových cukrovinek. Cílem uvedeného výzkumu je posunout současný stav znalostí v cukrovinkářském průmyslu a podpořit pozitivní vliv konzumace cukrovinek s polyoly na veřejné zdraví.

The use of natural sweeteners in the production of sugar-free confectionery

The traditional confectionery industry prefers sucrose as the main sweetener because of its delicious taste, fullness and preservative properties. Sucrose is a combination of two monosaccharides, glucose and fructose, linked by an α (1→2) glycosidic bond. Excess sucrose can cause a number of health problems, including obesity, diabetes and tooth decay problems. These adverse effects on human health make it necessary to look for alternative sweeteners for the production of confectionery.

Polyols such as erythritol, xylitol, mannitol and maltitol offer the possibility to replace sucrose. They are soluble in water, absorb moisture and increase the viscosity of aqueous solutions. These sweeteners deliver sweetness without the negative metabolic effects usually associated with traditional sugars. Polyols have a lower energy value and glycemic index. Their use also extends to sugar-free confectionery, where their physicochemical properties, including stability, palatability and dental benefits, are key to a healthy diet.

Inulin, an oligosaccharide with prebiotic properties obtained from plant sources, is another option for replacing sugar in confectionery. Inulin fructans are made up of fructose units connected by a β (2→1) glycosidic bond. Inulin has a natural sweetness, low energy value and contributes to the health of the intestinal microflora. It represents one of the ways to make healthier sweets.

Both polyols and inulin may provide health benefits, including blood sugar regulation, gut health support, and dental caries prevention, matching current consumer preferences toward a lower intake of fermentable carbohydrates. With the increasing prevalence of overweight and obesity among children (29% boys, 27% girls) and adults (60%) in Europe, as evidenced by recent data from the World Health Organization, it is imperative to research and implement these alternative sweeteners. This underlines the importance of interventions to reduce the health risks associated with high sugar consumption and highlights the need for innovative alternatives in the production of sugar-free confectionery.

Despite the growing demand for sugar-free products, the European market still lacks a wide range of sugar-free gelatin products. This research initiative seeks to address this shortcoming by designing an innovative formulation of sugar-free gelatin confections. The aim of the said research is to advance the current state of knowledge in the confectionery industry and to support the positive effect of the consumption of confectionery with polyols on public health.



P1

CZECH JOURNAL OF FOOD SCIENCES - INTERNATIONAL OPEN ACCESS PEER-REVIEWED JOURNAL

Filinová T.

Czech Journal of Food Sciences, Česká akademie zemědělských věd, Praha

Časopis Czech Journal of Food Sciences (CJFS) vydává Česká akademie zemědělských věd. CJFS vychází od roku 1983 (do roku 1997 pod názvem Potravinářské vědy), časopis vychází šestkrát ročně. Úlohou a smyslem CJFS je publikovat původní výzkum, kritické přehledové články a krátká sdělení zabývající se technologií a zpracováním potravin, včetně chemie a biochemie potravin, mikrobiologie, analýzy, inženýrství, výživy a ekonomiky. Příspěvky jsou publikovány v angličtině.

Czech Journal of Food Sciences

Czech Journal of Food Sciences (CJFS) is one of the prominent international open access peer-reviewed journals published by the Czech Academy of Agricultural Sciences and financed by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic. CJFS has been published since 1983 (by 1997 under the title Potravinářské vědy). The journal is published six times a year. The aim and scope of CJFS is original research, critical review articles, and short communications dealing with food technology and processing, including food chemistry and biochemistry, microbiology, analysis, engineering, nutrition and economy. Papers are published in English.

P2

VYUŽITÍ LICHOREŘIŠNICE VĚTŠÍ (*TROPAEOLUM MOJUS*) V POTRAVINÁCH

Kováříková E., Strohal J., Novotná P.

VÚPP, v.v.i., Praha

Úvod

Lichořeřišnice patří mezi rostliny, které lze konzumovat téměř celé (květy, listy, nať, čerstvá a sušená semena). Na trhu jsou k dispozici různé tinktury, kapsle nebo čaj. Ten je možný připravit i z čerstvých listů či květů rostliny. Ačkoli lichořeřišnice není právě nejznámější kuchyňskou ingrediencí, nachází i zde uplatnění. Díky štiplavé chuti ji asi neocení úplně každý, ale mladé listy i květy se hodí do zeleninových salátů např. s rajčaty či bazalkou. Skvělé jsou také do pomazánek, lze je přidat do polévek. Z rostliny můžeme připravit lichořeřišnicový chléb či noky a konzumovat je jako přílohy k různým pokrmům. Lichořeřišnice je rovněž léčivá rostlina s antiseptickými účinky.

Cílem naší práce bylo vyzkoušet přípravu nových výrobků z lichořeřišnice.

Experimentální část

Byla použita lichořeřišnice pěstovaná v půdě.

Homogenát z lichořeřišnice

Listy bez stonků byly smíchány s vodou v poměru 1:1 až 2:3. Někdy se voda nahradila výluhem ze zázvorových výlisků nebo šťávou ze stonků lichořeřišnice. Směs byla rozmixována



pomocí kuchyňského mixéru. Homogenát byl konzervován mražením nebo ošetřením vysokým tlakem. Homogenát se využil pro ostatní aplikace.

Fermentace lichořeřišnice

Nať lichořeřišnice byla rozsekána na kousky menší než 5 mm a ty smíchány s NaCl v množství odpovídající koncentraci 1,5 % hm. Jako inoculum byla použita šťáva z kysaného zelí v množství 1 % hm. Fermentace probíhala v uzavřených PA/PE sáčcích, staticky bez přístupu vzduchu a při teplotě 18 – 20 °C po dobu pěti dní. Efekt kysání byl kontrolován sledováním pH. Po dokysání byla chuť hodnocena jako zajímavá svěží, neobvyklá, ale lahodná.

Želatinové bonbony s lichořeřišnicí

Do želatinového základu byl použit homogenát z lichořeřišnice, dále přidán homogenát z bazalky posvátné a sušený mletý zázvor nebo zázvorový sirup. Bonbony byly lahodně bylinkové, s lehce pálivým dozvukem po zázvoru.

Jablečné pyré s lichořeřišnicí a zázvorem

Do předem připraveného jablečného pyré s vitamínem C byl přidán homogenát z listů lichořeřišnice mixovaný s výluhem ze zázvoru. Jablečné pyré s lichořeřišnicí mělo svěží, neobvyklou chuť a ve sladší variantě bylo chutnější. Toto ochucené pyré je vhodné například do jogurtu. Bylo uchováváno dva měsíce v chladničce, přičemž se postupně ztrácela štiplavá chuť a pyré bylo chuťově příjemnější. Dále bylo připraveno jablečné pyré s vitamínem C se šťávou ze stonků a výluhem ze zázvoru. Bylo rovněž uchováváno v chladničce dva měsíce. Toto pyré bylo od počátku nevýrazné, skladování se chuť dále ztrácela.

Sirup s lichořeřišnicí

Na přípravu sirupu byla použita šťáva ze stonků (19 %), vodný výluh z výlisků zázvoru (19 %), cukr 60 % a kyselina citronová 2 %. Sirup byl připraven bez tepelného ošetření. Po ředění vodou vynikne osvěžující originální bylinková příchuť.

Výsledky



Obrázek 1 Fermentovaná lichořeřišnice



Obrázek 2 Želatinové bonbony s lichořeřišnicí



Obrázek 3 Jablečné pyré s lichořeřišnicí a zázvorem



Obrázek 4 Sirupy z lichořeřišnice

Závěr

Ochucení lichořeřišnicí ve sladké variantě je netypické, ale příjemné. Dobře byla hodnocena kombinace se zázvorem a bazalkou posvátnou. Fermentovaná nať je chuťově výrazná, ale nikoliv nepříjemná. Ve výrobcích se nerozvíjí pachut' po dobu 2 měsíců. Stabilita antimikrobiálních a bioaktivních látek bude předmětem dalšího studia.

Poděkování

Tuto práci podpořilo Ministerstvo zemědělství, institucionální podpora MZE-RO0318 a projekt QK1910103.

PŘÍJEM SOLI U DĚTÍ PŘEDŠKOLNÍHO VĚKU

Bušová M., Prchalová H.

Ústav hygieny a epidemiologie, 1.LF UK
VFN Praha

Sůl má v lidském organismu nezastupitelnou roli. Je hlavním zdrojem sodíku a chloridových iontů, které jsou nezbytné pro správnou funkci metabolismu. Sodík zabraňuje ztrátám vody a udržuje nervosvalovou dráždivost. Chlor je součástí žaludeční šťávy, pomáhá udržovat hladinu tekutin v organismu a rovnováhu elektrolytů. V naší zemi je i významným zdrojem jódu nezbytným pro správnou funkci štítné žlázy. Přestože je sůl v lidské výživě důležitá, její dlouhodobý nadměrný příjem může mít na zdraví člověka negativní dopady.

Závislost na slané chuti se buduje již v dětském věku. U dětí předškolního věku byl zjištěn mnohokrát vyšší příjem soli, než jsou hodnoty doporučené WHO. Děti nemají dostatečně vyvinutý filtrační systém ledvin a kombinace nadbytečného příjmu soli s nízkou fyzickou aktivitou je označováno za významný rizikový faktor vzniku kardiovaskulárních onemocnění a dalších patologií v dospělosti.

Velké množství soli je obsaženo v polotovarech, uzeninách a masných výrobcích, dále v tavených a tvrdých sýrech a pekárenských výrobcích.

S ohledem na rizika, která dlouhodobý příjem vysokých dávek soli přináší, byla naše studie zaměřena na stravování dětí předškolního věku. Studie byla zaměřena na obsah soli v potravinách a stravě v předškolních zařízeních a na příjem soli potravou v domácím prostředí.

Salt intake in preschool children

Salt plays an irreplaceable role in the human body. It is the main source of sodium and chloride ions, which are necessary for the proper functioning of the metabolism. Sodium prevents water loss and maintains neuromuscular excitability. Chlorine is part of the gastric juice, it helps to maintain the fluid level in the body and the balance of electrolytes. In our country, it is also an important source of iodine, which is necessary for the proper functioning of the thyroid gland. Although salt is important in human nutrition, its long-term excessive intake can have negative effects on human health. Dependence on salty taste is built already in childhood. In preschool children, salt intake was found to be many times higher than the values recommended by the WHO. Children do not have a sufficiently developed filtering system of the kidneys, and the combination of excess salt intake with low physical activity is identified as a significant risk factor for the development of cardiovascular diseases and other pathologies in adulthood.

A large amount of salt is contained in semi-finished products, sausages and meat products, as well as in processed and hard cheeses and bakery products. With regard to the risks that long-term intake of high doses of salt brings, our study was focused on the diet of children of preschool age. The study was focused on the salt content of food and diet in pre-school facilities and the intake of salt through food at home.

VLIV SNÍŽENÍ SOLI NA VŮNI SÝRŮ S MODROU PLÍSNÍ

Šístková I. (1), Zelenková A. (1), Kružík V. (1), Němečková I. (2), Čížková H. (1)

(1) Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha

(2) Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o.

Úvod

Trendem poslední doby ve výrobě potravin je změna receptur, tzv. reformulace. Cílem reformulací potravin je nabídnout spotřebitelům tradiční produkty s upravenou recepturou tak, aby odpovídaly moderním požadavkům zdravého životního stylu a stravování. Jedním ze způsobů, jak přeformulovat potraviny, je snížit obsah soli (chloridu sodného), jehož zvýšená konzumace přispívá k vysokému krevnímu tlaku a zvýšenému riziku kardiovaskulárních onemocnění¹. Snížení obsahu soli v sýru má však svá úskalí, protože sůl hraje důležitou roli v technologii výroby – podílí se nejen na chuti a vůni sýra, ale také na jeho výsledné textuře a v neposlední řadě na trvanlivost produktu. Nižší obsah soli v sýrech lze dosáhnout částečným nebo úplným nahrazením chloridu sodného chloridem draselným, použitím citrátů nebo fosforečnanů draselných (u tavených sýrů), zvýšením obsahu vody při současném snížení obsahu tuku nebo zvýšením slanosti použitím specifického aroma (sýrové)². Tyto náhrady však nesmí významně změnit organoleptické vlastnosti konečného produktu, aby byl přeformulovaný produkt přijatelný pro spotřebitele.

Cílem studie bylo zhodnotit vliv snížení obsahu soli v receptuře výrobku na profil těkavých a senzoricky aktivních látek (SAL) modelových vzorků sýrů s modrou plísní (typ niva). Pro analýzu těchto látek byla využita metoda plynové chromatografie s hmotnostním a olfaktometrickým detektorem (SPME-GC-MS-O). Naměřené výsledky byly korelovány s výsledky organoleptického hodnocení a obsahem soli ve výrobku.

Experimentální část***Analyzované vzorky***

Pro olfaktometrické hodnocení byly vybrány 4 vzorky sýrů s modrou plísní (typ niva) a dobou zrání 56 dní vyrobené Výzkumným ústavem mlékárenským s.r.o. Charakteristika vzorků viz Tabulka I. Do doby analýzy byly vzorky uchovávány při -18°C.

Stanovení sodíku a draslíku

Obsah sodíku a draslíku byl stanoven pomocí atomové absorpční spektrometrie (AAS) při 589,0 nm s využitím ČSN EN 1134 (1996). Homogenizovaný vzorek sýra byl spálen v muflové peci při teplotě 525 °C na bílý popel, který byl následně rozpuštěn 1M HCl a po přidávku roztoku CsCl proměřen pomocí atomového absorpčního spektrometru 200 Series AA, 240FS AA (Agilent Technologies).

Stanovení profilu těkavých a senzoricky aktivních látek

Profil těkavých a senzoricky aktivních látek byl získán pomocí plynové chromatografie s hmotnostním a olfaktometrickým detektorem (SPME-GC-MS-O), podmínky analýzy viz Tabulka II. Jednotlivé sloučeniny byly identifikovány na základě srovnání spekter s NIST knihovnou hmotnostních spekter (NIST 14), pomocí Kovatsových retenčních indexů RI (RI; porovnání s literárními daty³ a s vypočtenými RI na základě proměřených C5-C8 a C8-C20 řad alkanů). Použité přístroje: GC-Autosampler CTC Analytics, Pal systém; plynový chromatograf Agilent 7890; Hmotnostní detektor Agilent 5977 A (inert MSD with Triple-Axis Detector).



Olfaktometrické hodnocení bylo provedeno 8 zkušenými hodnotiteli metodou detekce frekvence s následným popisem vjemu hodnotitelem (Nasal Impact Frequency, NIF = 1/počet hodnotitelů, tj. NIF=1 znamená, že danou látku detekovalo 100 % hodnotitelů).

Tabulka I Charakteristika vzorků sýrů s modrou plísní a výsledky organoleptického hodnocení

Označení vzorku	Očekávaný obsah soli [%]	Naměřený obsah Na [%]	Naměřený obsah K [%]	Organoleptické hodnocení ^a
R2/1 (standard)	>3,5	1,59	0,22	povrch nejméně porostlý plísní; konzistence jemná, rozplývavá; vůně stájová; chuť mírně štiplavá, výrazně slaná
R2/2 (reformulace 1)	3,0-2,5	1,35	0,21	konzistence jemná, roztíratelná; vůně senná, ovocnější; chuť příjemná mírně pálivá, slanost nižší než R2/1, ale dostačující
R2/3 (reformulace 2)	2,2-2,0	1,00	0,20	konzistence výrazně měkká, mazlavá-nejvíce ze všech variant; vůně senná; chuť štiplavá, mírně nasládlá, amoniakální, málo slaná
R2/4 (reformulace 3)	2,2-2,0	0,50	0,89 ^b	konzistence podobně jako R2/3, ale méně mazlavá; vůně stájová; chuť výrazněji pálivá, štiplavá, nasládlá, slanost dostačující

^a organoleptické hodnocení bylo provedeno zkušenými hodnotiteli z Výzkumného ústavu mlékárenského s.r.o.,

^b 1/3 molárního množství NaCl nahrazena KCl

Tabulka II Podmínky analýzy těkavých a sensoricky aktivních látek metodou SPME-GC-MS-O

příprava vzorku	3 g vzorku do 10ml SPME vialky	teplota nástříku	250 °C
SPME vlákno	75 μm 24 Ga CAR/PDMS	kolona	VF-WAX MS (30 m x 250 μm x 0,25 μm)
míchání	250 rpm	mobilní fáze	helium, 1,4 ml/min
doba pre-inkubace	1 200 s	teplotní program	40 °C (2 min výdrž), 5 °C/min na 70 °C, 1 min výdrž, poté 10 °C/min až na, 240 °C (4 min výdrž)
extrakce	1 800 s	teplota MS detektoru	250 °C
teplota ekvibrace a extrakce	40 °C	dělič toku MS-O	1:5
doba desorpce	180 s	teplota olfaktometru	180 °C

Výsledky a diskuse

Těkavé sloučeniny podílející se na vůni sýrů vznikají především při zrání sýra a jsou odvozeny primárně ze tří hlavních metabolických drah (rozkladu laktózy, lipidů a bílkovin)⁴. Aktivátory jsou endogenní enzymy mléka, srážecí enzymy a enzymy z mikroorganismů používaných při výrobě. V analyzovaných sýrech s modrou plísní bylo identifikováno celkem 45 těkavých látek, patřící převážně mezi organické kyseliny, ketony, alkoholy, estery, aldehydy a laktony. Majoritní složkou spektra těkavých látek byly volné nižší mastné kyseliny (kyselina máselná, hexanová a oktanová) a jejich estery. Z ketonů byly identifikovány jak látky obecně tvořící aroma mléčných výrobků jako acetoin a 2,3-butandion (diacetyl), tak pro modrý

sýr typický nonan-2-on a heptan-2-on. Použitá metoda naopak nebyla vhodná pro identifikaci sirných sloučenin (dimethylsulfid, dimethydisulfid atd.), které jsou zodpovědné za sýrové a česnekové tóny vůně, a identifikaci dimethylaminu⁴⁻⁶. Na základě olfaktometrického hodnocení 8 zkušenými hodnotiteli z Ústavu konzervace potravin, VŠCHT Praha, bylo určeno 11 sensoricky aktivních látek, které měly NIF \geq 0,25 (NIF $<$ 0,25 je brán jako šum), viz Tabulka III. Tyto látky byly identifikované dle chromatografického záznamu z MS detektoru, případně dle shody retenčních indexů a popisu vjemu s literaturou⁴⁻⁷ (tyto látky jsou v tabulce III označeny *kurzívou*).

Tabulka III Stanovené sensoricky aktivní látky sýrů s modrou plísní

RI	Látka	Původ	Popisy vjemu hodnotiteli	NIF			
				R2/1	R2/2	R2/3	R2/4
920	3-methylbutanal	proteolýza	máslová, sýrová	0	0	0,38	0,25
943	NI (78, 77, 51)	neznámý	zatuchlá, smetanová	0,38	0,25	0	0
1068	Kamfen	z mléka	svěží, trávová, ovocná	0,25	0,38	0,25	0
1089	Methyl pentanoát	proteolýza	smetanová, máselná	0,38	0	0,25	0
1182	Heptan-2-on	β -oxidace MK	zatuchlá	0,13	0	0,13	0,38
1255	<i>Ethyl hexanoát</i>	lipolýza	sladká, ovocná	0,38	0	0	0
1323	Heptan-2-ol	redukce produktů β -ox. MK	sladká, zatuchlá	0,38	0	0	0,13
1349	NI (108, 67, 40)	neznámý	seno, sláma	0,38	0,25	0	0,38
1392	Nonan-2-on	β -oxidace MK	zatuchlá, plísňová	0,38	0,13	0	0,25
1462	<i>Ethyl oktanoát</i>	lipolýza	ovocná, sladká	0,38	0,38	0	0
1551	4-ethylanisol	produkt plísně r. <i>Penicilium</i>	sýrová, mléčná	0,25	0	0	0,38
Σ NIF				3,29	1,39	1,01	1,77

Pozn.: *kurzíva* = látky identifikované na základě shody RI a popisu vjemu (bez záznamu na GC-MS); NI = neidentifikováno, v závorce uvedeny 3 nejvýznamnější fragmenty m/z.

Za klíčovou složku aroma sýrů s modrou plísní byly určeny ketony heptan-2-on a nonan-2-on a estery nižších mastných kyselin (methyl pentanoát, ethyl hexanoát, ethyl oktanoát), které jsou v souladu s literaturou⁴⁻⁷. Jak je z tabulky patrné, nejvíce sensoricky aktivních látek, co do počtu i celkové sumy NIF, bylo stanoveno u standardního vzorku sýru s modrou plísní (R2/1). U reformulovaných vzorků sýrů se s klesajícím obsahem soli počet SAL i suma NIF snižovaly. Mezi obsahem sodíku (soli) v sýru a sumou NIF byla zjištěna středně silná pozitivní korelace (viz Tabulka IV), nebyla však zjištěna korelace mezi sumou NIF a sumou ploch těkavých látek ani obsahem draslíku. Při částečné náhradě chloridu sodného za chlorid draselný (vzorek R2/4) došlo k navýšení sumy NIF oproti vzorkům se sníženým obsahem chloridu sodného, a tím k částečnému obnovení původní vůně standardu.

Zajímavou SAL je látka NI (108, 67, 40) s RI 1349, která svým RI i MS spektrem odpovídá látce 2,3-dimethylpyrazin, ale neshoduje se popis vůně hodnotitelů a literatury. 2,3-dimethylpyrazin je v literatuře⁷ popsán jako typická součást aroma sýru typu parmazán, jenž je odpovědný za oříškovou vůni, hodnotitelé však popisovali vjem jako seno, sláma, který je v korelaci s popisem organoleptického hodnocení sýrů s modrou plísní (viz Tabulka I).

V dostupné literatuře se nepodařilo dohledat SAL s odpovídajícím RI a MS spektrem a charakteristickou slámovou, sennou vůní pro sýry s modrou plísní.

Tabulka IV Korelační matice sumy ploch těkavých látek, obsahu sodíku a draslíku a sumy NIF (hladina pravděpodobnosti 95 %)

	Σ ploch těkavých látek	Na	K	Σ NIF
Σ ploch těkavých látek	1			
Na	0,29	1		
K	0,02	-0,85	1	
Σ NIF	0,13	0,51	-0,04	1

Závěr

Reformulované sýry s modrou plísní se profilem SAL i aromaticitou (suma NIF) liší od standardu.

Byla zjištěna středně silná pozitivní korelace ($R^2=0,51$) mezi obsahem soli a aromaticitou sýrů.

Snížení obsahu soli o 35 % se vedle ztráty typické slané chuti a změny textury projevilo i výraznou změnou vůně, což potvrdilo olfaktometrické měření poklesem NIF pro modrý sýr charakteristických látek (nonan-2-on, heptan-2-ol, 4-ethylanisol).

K dílčímu obnovení původní vůně standardu naopak došlo částečnou náhradou soli chloridem draselným ($R2/4$).

Poděkování

Tato práce vznikla s finanční podporou NAZV Ministerstva zemědělství České republiky při řešení projektu QK1910100 v programu ZEMĚ.

Literatura

1. Rajchl A. (Ed), Reformulace potravin. Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, Praha 2019. [online]. [cit. 27. května 2024]
Dostupné z: <https://www.ctpp.cz/images/files/broz%20reformulace%20web.pdf>
2. Kloss L., Meyer J. D., Graeve L., Vetter W., NFS J., 2015, 9-19.
3. Linstrom P.J., Mallard W.G. (Eds.), NIST Chemistry WebBook, NIST Standard Reference Database Number 69, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg MD, 20899. [online]. [cit. 26. dubna 2024]
Dostupné z: <https://doi.org/10.18434/T4D303>
4. Le Quéré J. L., Buchin S., In McSweeney P. L. H., McNamara J. P., Eds: Encyclopedia of Dairy Sciences, 3rd edition, Academic Press, 2022, 79-90.
5. Sablé S., Cottenceau G., J. Agric. Food Chem., 1999, 47, 4825-4836.
6. Qian M., Nelson C., Bloomer S., J. Amer. Oil Chem. Soc., 2002, 79, 663-667.
7. Quian M., Reineccius G., J. Dairy Sci., 2002, 85, 1362-1369.



JE SÝR S MODROU PLÍSNÍ BEZLEPKOVÝ?

Rysová J.

VÚPP, v.v.i., Praha

Úvod

V České republice přibývá množství osob s intolerancí lepku. Například celiakie je systémové autoimunitní onemocnění, kterým v České republice trpí kolem 1 % populace. Mezi intolerance lepku se řadí spolu s Duhringovou dermatitidou, glutenovou ataxií, alergií na lepek, pekařským astmatem WDEIA s neceliakální glutenovou senzitivitou¹. Základním opatřením v léčbě těchto chorob je bezlepková dieta, to znamená striktní vyloučení pšenice, ječmene, žita a křížených obilovin a výrobků z těchto obilovin z jídelníčku. Podle 828/2014 je slovy „bez lepku“ možné označit takovou potravinu, která obsahuje méně než 20 mg lepku/kg. Lepek, resp. bílkoviny pšenice, patří mezi alergeny, jejichž obsah musí být podle Nařízení 1169/2011² povinně zdůrazněn na obalech potravinářských výrobků.

Většina potravinářských surovin včetně mléka je tzv. přirozeně bezlepková a neměla by tedy představovat pro osoby s intolerancí lepku žádné nebezpečí. Jenže mnoho takových surovin je sklízeno, zpracováváno, baleno a skladováno na stejném strojním zařízení a skladováno ve stejných prostorách jako potraviny s obsahem pšenice a jiných pro celiaky zakázaných plodin. Za těchto podmínek může snadno dojít k nevědomé kontaminaci jinak bezlepkových potravin lepkem. Tato skrytá, velmi často téměř stopová množství lepku představují pro pacienty nebezpečí, protože se mohou vyskytovat v potravinách, kde je nikdo neočekává. Prevencí takových situací je požadavek oddělení bezlepkového provozu od ostatních výrobních prostor a důsledná kontrola vstupních surovin.

V případě sýrů s modrou plísní v těstě je takovým rizikovým faktorem plíseň *Penicillium roqueforti*. Pro výrobu sýrů se používají ověřené kmeny této plísně, které za podmínek výroby neprodukují významné množství toxických látek. Plíseň *Penicillium roqueforti* má pro kvalitu sýra klíčový význam, protože se podílí v průběhu zrání sýra na tvorbě typické konzistence, chuti a aromatu³. Lipolýzou vznikají aldehydy, alkoholy, ketony, kyseliny, laktony a methylestery tvořící typické aroma. Intenzita proteolýzy se u jednotlivých kmenů liší. *P. roqueforti* degraduje většinu bílkovin na peptidy a aminokyseliny a má vliv nejen na aroma, ale i na tvorbu substrátu pro bakterie, degraduje část laktátu a odkyseluje tak hmotu sýra. Vytváří také antimikrobní látky a tak pomáhá regulovat doprovodnou mikroflóru⁴.

Pro kultivaci plísně se využívají substráty na bázi škrobnatých surovin, které nemusí být vždy bezlepkové. Například jeden z našich výrobců sýrů NIVA si množí plíseň na substrátu z ječných krup⁵. Podobné postupy používají nejspíše i výrobci modrých sýrů v zahraničí, přesné postupy však výrobci neuvádějí. Na webových stránkách klubů celiaků a sociálních sítích se tyto informace a dohady probírají^{6,7,8} a názory na modré sýry se liší – od konstatování bezpečnosti až po varování pro konzumenty. Cílem naší práce proto bylo ověření obsahu lepku v NIVĚ a dalších běžně prodávaných plísnivých sýrech tohoto typu.

Materiál a metody

Vzorky sýrů byly zakoupeny v maloobchodní síti. Na stanovení lepku byly použity ELISA kity firmy R-Biopharm AG využívající tzv. R5 protilátku zaměřenou proti repetitivním epitopům QQPFP, QQQFP, LQPFP, QLFPF vyskytujícím se v lepku⁹:

Ridasreen Gliadin, kat. č. R7001, limit kvantifikace 5 mg lepku/kg vzorku



Ridascreen Gliadin competitive, kat. č. R7021, limit kvantifikace 10 mg lepkových bílkovin (peptidů)/kg vzorku

Stanovení gliadinu (lepku) bylo provedeno podle postupu daného výrobcem kitů. Sýry představují komplikovanou matici. Extrakce lepku byla provedena podle návodů firmy¹⁰, při extrakci pro sendvičový kit byl využit patentovaný roztok Cocktail patented (kat. č. R7006) obsahující směs redukčních činidel, při extrakci lepku pro analýzu kompetitivním kitem byl vzorek extrahovaný 60% etanolem zahříván na vodní lázni na 80 °C do přechodu sýrové hmoty do roztoku. Alternativně byl proveden záhřev na 100 °C po dobu 15 minut.

Při ověřování výtěžnosti kompetitivní metody byl jako standardní přídavek použit roztok nejvyššího kalibrátoru ELISA kitu (270 ng/ml), který byl přidán v množství odpovídajícím koncentraci 15 ng/ml až 30 ng/ml k extraktům ze sýrů naředěným ředicím pufrům. Takto upravený vzorek byl analyzován dále obvyklým způsobem. Vyhodnocení metody probíhalo podle kalibrační křivky. Výsledky v Tabulce I jsou průměrem dvou paralelních stanovení s uvedením průměrné odchylky.

Výsledky a diskuse

NIVA a další podobné sýry typu rokfór se zařazují podle komoditní vyhlášky 274/2019 Sb.¹¹ mezi přírodní sýry s plísní uvnitř hmoty. Na výrobu Nivy se používá směs pasterovaného kravského mléka a smetany fermentovaná smetanovou mlékařskou kulturou a kulturou plísně a srážená syřidlem. Po rozkrájení sýřeniny se sýrové zrno tvaruje do bochníků, které se opakovaně solí a napichují jehlami, aby byl zajištěn přístup kyslíku pro růst plísně. Plíseň může být kultivována před inokulací mléka na substrátu obsahujícím sladové extrakty, pufované nebo extrudované obiloviny nebo enzymatické hydrolyzáty¹². Takto připravený starter plísně pak nemusí být bezlepkový.

Výsledky stanovení obsahu lepku v sýrech nejčastěji dostupných v běžné obchodní síti je uveden v Tabulce I. V tabulce je pod označením PAL uvedeno tzv. preventivní značení. Na obalu výrobku bylo pouze v případě taveného sýra uvedeno, že je výrobek bezlepkový (B). Ostatní sýry neměly na obalu uvedeno žádné podobné značení (N). Firma Madeta však na svých webových stránkách uvádí, že tyto sýry splňují požadavky bezlepkové diety.

Tabulka I Výsledky stanovení obsahu lepku v sýrech s modrou plísní

PAL	Vzorek	Lepek(mg/kg)	
		ELISA sendvič	ELISA kompetice
N	Jihočeská zlatá Niva	< 5	<10
N	NIVA sýr s ušlechtilou plísní	< 5	11,9 ± 2,8
N	Fourme d' Ambert CHOP 50 %	< 5	10,7 ± 2,23
N	Gorgonzola DOP piccante	< 5	11,7 ± 3,3
N	Sýr s modrou plísní Natures Promise Bio	< 5	16,3 ± 5,4
N	Gran Bavarese 50 %	< 5	10,1 ± 0,1
B	Jihočeské Lipno s Nivou	< 5	10,2 ± 0,4
N	BlueFou	< 5	12,4 ± 3,4
N	Jihočeská NIVA Fit 30	n	11,4 ± 1,7

Jak je zřejmé z výsledků stanovení sendvičovým ELISA kitem, všechny výsledky jsou nižší, než je limit detekce tohoto kitu. Skutečnost je však taková, že sendvičový kit je určený

pro stanovení intaktních bílkovin lepku nenarušených enzymatickou nebo jinou hydrolýzou. Taková bílkovina má dostatečnou velikost, aby byla schopná vazby na protilátku na stěně mikrotitrační desky a současně vázat detekční protilátku konjugovanou s křenovou peroxidázou (konjugát). Plísně obecně se vyznačují značnou schopností rozkládat živný substrát, proto je možné předpokládat u plísňových sýrů enzymatickou aktivitu včetně aktivity proteolytické. Proto byl následně použit pro analýzy sýrů kompetitivní ELISA kit určený na stanovení hydrolyzovaného lepku v sójových omáčkách, sladových extraktech, pivu, škrobových sirupech a kvasech. Většina výsledků stanovených kompetitivním kitem se pohybuje těsně nad limitem kvantifikace kitu. Všechny výsledky jsou pak nižší, než je legislativní limit pro potraviny bez lepku 20 mg / kg potraviny daný Prováděcím nařízením 828/2014¹³.

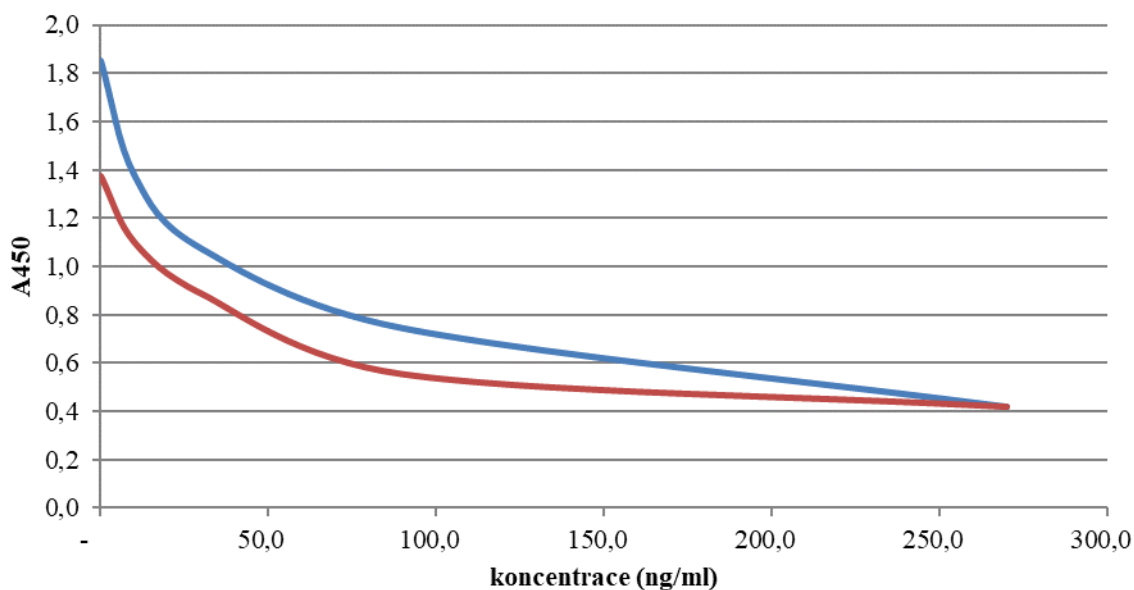
Z pohledu osob s intolerancí lepku je tedy výsledek jasný, sýry s modrou plísní v těstě včetně NIVY je možné bezpečně zařadit do bezlepkové diety. Obsah lepku v sýrech s modrou plísní nebo ve startovacích kulturách plísně nebyl v publikacích nalezen. Pouze na webech o celiakii je citována práce laboratoří Dr. Terryho Koernerera v Health Canada's Food Research Division. Originál není dostupný. Na tomto pracovišti byly připraveny modré sýry s plísněmi kultivovanými na substrátech obsahujících lepek, na substrátu s glukózou získanou z pšeničného škrobu a s plísněmi z bezlepkových substrátů. Byly prý provedeny analýzy lepku třemi komerčními kity, z toho jedním kitem kompetitivním a dvěma kity sendvičovými. Ani v jednom případě lepek nebyl detekován^{6,7,14}.

K dispozici jsou informace o postupech přípravy bezlepkových starterů *Penicillium roquefortii*. Byla testována kultivace na různých substrátech¹⁵ včetně bezlepkových a uspokojujivé výsledky poskytovaly například nažky pohanky. Termostabilní proteáza z *P. roqueforti* byla získána při kultivaci plísně na kakaových slupkách^{16,17,18}. Patent EP 1 873 235 A1¹⁹ chrání postup kultivace *P. roquefortii* na substrátech připravených z rýže nebo brambor, patent EP 2 272 375 A1¹² zveřejnil postup kultivace s využitím rýže, kukuřice, tapioky, jedlých kaštanů, fava bean a jiných luštěniny upravených enzymatickou hydrolýzou nebo i plodiny pufovaných.

Vzhledem k tomu, že kompetitivní ELISA kit není určený primárně na analýzu lepku v tak složité potravinové matici, jakou představuje sýr s plísní v těstě, byly provedeny analýzy vzorků s přidaným standardem. Standard pro tento typ kitu není dostupný, proto byl použit jako standard nejvyšší kalibrátor kitu (270 ng/ml) a byl přidáván k vyextrahovanému vzorku naředěnému ředicím pufrem.

Výtěžnost stanovení byla při zahřátí extrahovaného vzorku na 80 °C silně nadhodnocena, tj. kit poskytoval falešně pozitivní výsledky. Pro pacienty s intolerancí lepku se tím nic v hodnocení sýrů nemění, obsah lepku je i tak na hranici kvantifikace tímto kompetitivním kitem. Metodicky však existuje problém. Teoreticky by bylo možné, že si *P. roqueforti* v sýrech zachovává dostatečně aktivní enzymatický aparát včetně proteáz a část těchto enzymů nebyla inaktivována zahřátím na 80 °C ani v přítomnosti 60% etanolu. Plíseň *P. roqueforti* tvoří komplexní proteolytický systém dvou extracelulárních endopeptidáz a exopeptidáz. Jedna z proteáz je údajně termorezistentní¹⁶. Aspartylproteáza, kyselá proteáza a metalloproteáza degradují kasein na peptidy až volné aminokyseliny²⁰. Aktivita proteáz závisí na kmeni plísně a fázi rozvoje mycelia. Na proteolýze se mírně podílí i renin²¹. Proto byl pokus opakován se vzorky zahřátými na 100 °C po dobu 15 min, jak se doporučuje^{14,22} pro inaktivaci enzymů ve vzorcích enzymatických preparátů. Ani tato úprava nepomohla a recovery dosahuje až dvojnásobku přidaného množství gliadinu (resp. lepku). Nakonec byl zjištěn pravděpodobný vliv ředicího pufru.





Obrázek 1 Porovnání kalibračních křivek získaných z komerční sady kalibrátorů (—) a z naředěných roztoků kalibrátoru 270 ng/ml (—)

Kalibrační křivka získaná ředěním nejvyššího kalibrátoru ředicím pufrem dosahuje významně nižších hodnot absorbance při 450 nm než křivka získaná z původních kalibrátorů kitu (viz Obr. 1). To může být důvod, proč vzorky s přidavkem standardu poskytují příliš vysoké výsledky.

Závěr

Informace v literatuře a dohady na sociálních sítích byly důvodem analýz sýrů s modrou plísní v hmotě na obsah lepku. Celkem bylo analyzováno 9 vzorků sýrů české i zahraniční výroby. Na stanovení lepku byly použity ELISA kity firmy R Biopharm AG. Kit sendvičové konstrukce poskytoval výsledky nižší než je limit kvantifikace, ale jeho využití pro daný účel není nejvhodnější. Výsledky stanovené kitem kompetitivním byly vyšší a dosahovaly hodnot 10,1-16,3 mg lepku/ kg sýra. Tyto výsledky jsou nižší než limit 20 mg/kg pro zařazení do bezpečných potravin. Analyzované vzorky modrých sýrů tedy byly bezpečné. Metodika stanovení však vyžaduje další pozornost.

Poděkování

Práce vznikla v rámci projektu výzkumné infrastruktury METROFOOD-CZ, grant MŠMT: LM2023064 a za podpory Ministerstva zemědělství, institucionálních podpora MZE-RO0323.

Literatura

1. Sapone A, Bai J. C., Ciacci C., Dolinsek J., Green P. H. R., Hadjivassiliou M., Kaukinen K., Rostami, K., Sanders D. S., Schumann M., Ullrich R., Villalta D., Volta U., Catassi C., Fasano A. Spectrum of gluten-related disorders: consensus on new nomenclature and classification.; BMC Medicine 2012, 10, 13.
2. Nařízení evropského parlamentu a rady (EU) 1169/2011 ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům.
3. Vallone L., Giardini A., Soncini G. Secondary metabolites from *Penicillium roqueforti*, a starter for the production of Gorgonzola cheese; Italian J. Food Safety, 2014, 3, 2118.
4. Caron T., Le Piver M., Péron A.C., Lieben P., Lavigne R., Brunel S., Rouyere D., Bonnarne P., Giraud T., Branca A., Landaud S., Chassar Ch. Strong effect of *Penicillium roqueforti* populations on volatile and metabolic compounds responsible for aromas, flavour and texture in blue cheeses; Int. J. Food Microbiol., 2021, 354, 109174.
5. MADETA Mistr sýrař II dostupné na <https://www.youtube.com/watch?v=f4aBE4BTKoA>.
6. Gruss T. Blue Cheese Is Gluten-Free: A Research Update 11/26/2021 dostupné na <https://www.thespruceeats.com/blue-cheese-on-a-gluten-free-diet-1451458>.
7. Rothwell B. (2013) dostupné na <https://groups.google.com/g/cinciceliac/c/NWclfxmMSnE>.
8. Kincaid J Is Cheese Gluten -free? Dostupné z <https://thecheesewanker.com/science/is-cheese-gluten-free/>.

9. Kahlenberg F, Sanchez D, Lachmann I, Tuckova L, Tlaskalova H, Mendez E, Mothes T. Monoclonal antibody R5 for detection of putatively coeliac-toxic gliadin peptide.; *Eur.Food Res.Technol.*,2006, 222(1),78-82.
10. R-Biopharm AG, firemní literatura.
11. Vyhláška č. 274/2019 Sb. kterou se mění vyhláška č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. Dostupné z <https://www.facebook.com/GFreeFoodie/videos/is-blue-cheese-gluten-free-not-always/10154180335922586/>.
12. Mogna G., Strozzi G.P., Bruno F. Gluten-free" blue-veined dairy products intended for persons affected by celiac disease.; *EP 2 272 375 A1*; 2006.
13. Prováděcí nařízení Komise (EU) 828/2014 ze dne 30. července 2014 o požadavcích na poskytování informací o nepřítomnosti či sníženém obsahu lepku v potravinách spotřebitelům.
14. Thompson T., Dennis M., Emerson L. Gluten-Free Labeling: Are Growth Media Containing Wheat, Barley, and Rye Falling through the Cracks?; *J. Academy Nutr. Diet.*, 2018, 118 (11), 2025.
15. Maheva E., Djelveh G., Larroche C., Gros J.B. Sporulation of *Penicillium roqueforti* in solid substrate fermentation.; *Biotech. Letters*,1984, 6 (2), 97-102.
16. Nogueira L.S., de Carvalho Tavares I.M., Santana Production optimization, characterization, and application in milk clotting.; *Biotechnol. Applied Biochem.*, 69 (5), 2021, 2069-2080.
17. Lessa O. A., dos Santos Reis N., Ferreira Leite S.G., Gutarra M.L.E., Souza AA.O., Gualberto S.O., de Oliveira J.R., Aguiar-Oliveira.Effect of the solid state fermentation of cocoa shell on the secondary metabolites, antioxidant activity, and fatty acids; *Food Sci Biotechnol* (2018) 27(1):107–113.
18. Silva T.P., Souza L.O., Reis N.S., Assis S.A., Ferreira M.L.O., Oliveira J.R., Aguiar-Oliveira E., Franco M. Cultivation of *Penicillium roqueforti* in cocoa shell to produce and characterize its lipase extract. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*,2017, 16 (3), 745-756.
19. Patent EP 1 873 235 A1; Mora D., Pintus, P.: A method for the preparation of *Penicillium* spores and the use of the latter in the food field (2006).
20. Mioso R., Toledo Marante F.J., Bravo de Laguna H. *Penicillium roqueforti*: a multifunctional cell factory of high value-added molecules.; *J. Appl. Microbiol.*, 2014,118, 781—791.
21. Kinsella J.E., Hwang D.H., Dwivedi B. Enzymes of *Penicillium roqueforti* involved in the biosynthesis of cheese flavor.; *CRC Crit. Rev.Food Sci.Nutr.*1976, 8(2), 191-228.
22. Siebeneichern M., Deaton J., Cuentas A. Validation of a Competitive Elisa Method on Supplemental Enzyme Matrices.; *J Nutr Food Sci*, 2018, 8(3),1000704.

P6

VLIV DVOU TYPŮ MARINOVÁNÍ NA ANTIOXIDAČNÍ KAPACITU FILETŮ Z LOSOSA PŘI RŮZNÝCH INKUBAČNÍCH DOBÁCH A TEPLOTÁCH

Abdullah F. A. A., Bursová Š.

Ústav hygieny a technologie potravin živočišného původu a gastronomie, VETUNI Brno

Introduction

Marinating technology as a traditional food process is used in order to improve sensorial properties of raw food material (such as flavour, textural and structural) and prolongation of shelf life (Topuz 2016). Gravlax is one of the traditional Nordic dish which are gaining popularity another regions of Europe. Gravlax is typically made by buried raw fish in a dry marinade of salt, sugar, and dill in refrigeration for three days. Different types of fish can be used for Gravlax but the salmon (*Salmo salar L.*) is one of the most used traditionally (Lopes *et al.* 2023). Biopreservation is food technology that use microorganisms (mostly LAB) and their metabolites in order to extend shelf-life and promote food safety (Stiles, 1996). biopreservation is in line with consumer demand for minimally processed food products without chemical additives due to its natural preservative technique which depending on the phage biocontrol. Recently, biopreservation of Seafood is widely studied. Most of such studies are focused on inhibition of *L. monocytogenes* in lightly processed and preserved products such as cold-smoked salmon (Ghanbari *et al.*, 2013; Pilet and Leroi, 2011). Despite confirmation several researches about the success of biopreservation for shelf-life extention and pathogenic



risk limitation in different food, there are only relatively few protective cultures for commercial purpose and real its applications in food industry is limited (Rovira and Melero, 2018). In seafood industry, exist only few commercial cultures or industrial applications so far including of SafePro® Novalox (Wiernas, 2019). The aim of this study was evaluation the impact of gravlax and biopreservation application on the antioxidant capacity in salmon fillets under different incubation times and temperature.

Material and methods

Samples

Nine skinned filets of salmon (*Salmo salar* L.) are used with average weight 1661.11 ± 159.47 grams. The filets were divided to three similar sizes portions (proximal, middle and caudal) as much as possible. The proximal portions of filets were evaluated fresh and used as control. The middle portions were marinated (Gravlax) by using salt, sugar and chopped fresh dill (*Anethum graveolens*) (M1). The caudal portions were marinated (Gravlax) with salt, sugar, fresh dill (*Anethum graveolens*) and biopreservation culture SafePro® NovaLox (M2). This culture which is called SafePro® NovaLo was from production of Chr. Hansen A/S, Boege Alle 10-12, 2970 Hoersholm, Denmark. The culture which is used for fish application has strong antagonistic properties against *Listeria monocytogenes* and a high oxygen consumption capacity. The culture composite of *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* and *Leuconostoc carnosum*. The percentages of marinating ingredients (% to the weight of salmon portion) and average weight of each marinating ingredients are explained in the table I.

Table I Ingredients used for marinating

Ingredients (%)	unit	filet	
		M1	M2
table salt (13,33)	g	77,13±9,16	77,42±5,60
semolina sugar (13,33)	g	77,10±9,23	77,42±5,60
fresh dill (3,33)	g	19,26±2,30	19,34±1,40
SafePro® NovaLox (0,2)	g	-	1,16±0,08

All portions of fish including of control and marinated were weighted. Each fish portion (cranial-control, middle-M1 and caudal-M2) were divided to four approximately equal parts. One part was analysed without incubation and another three parts were analysed after incubation periods 3, 6 and 9 hours. The incubated samples were under 5 °C, 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25°C, 30 °C and 35 °C. All samples were homogenised in grinder in order to be prepared for analysis for determination of antioxidant capacity (DPPH assay).

Antioxidant capacity (DPPH assay)

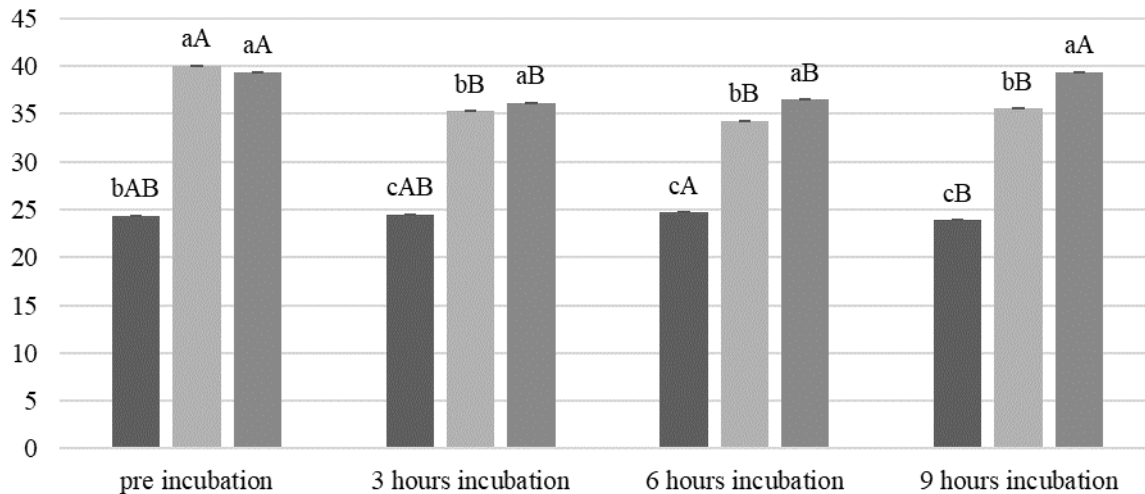
For the preparation of fresh DPPH solution as radical stock, DPPH crystalline powder was dissolved in methanol at a ratio of 0.025 g l^{-1} . The absorbance value of the DPPH solution was measured as A0 against a blank at 515 nm by using spectrophotometer (Thermo Electron Corporation, USA). After 10 min. of sample extract (0.2 ml) addition to the DPPH solution (3.8 ml), the mixture was measured by a spectrophotometer and the absorbance was recorded as A10. The inhibition percentage (%) of the DPPH radical was calculated according to the formula $(A0 - A10 / A0) \times 100$, where A0 was the absorbance of the control at time = 0 min. and A10 was the absorbance of the antioxidant at time = 10 min. (Abdullah *et al.*, 2024).

Statistical analysis

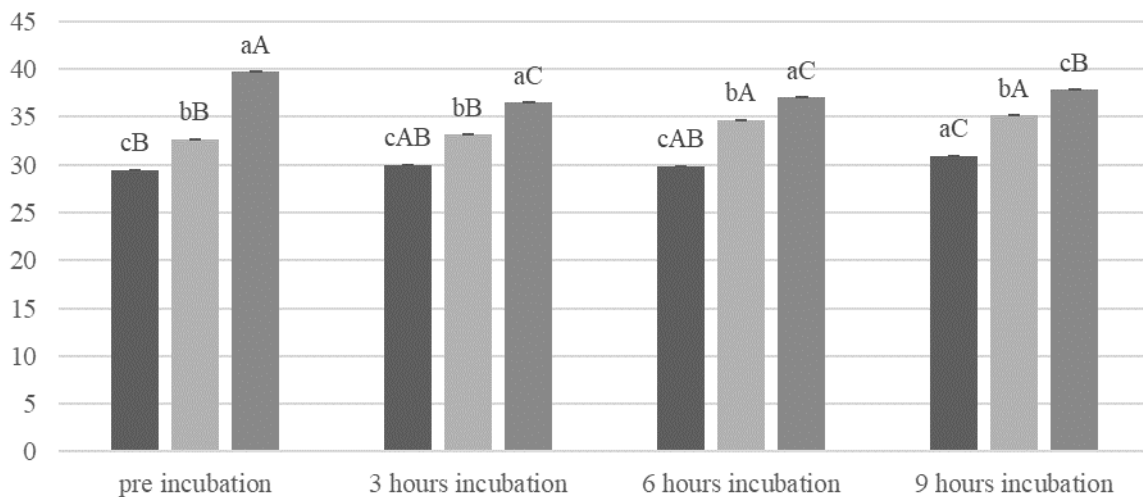
The statistical analysis of the data was conducted using Microsoft Office Excel 2016. Significance differences ($p < 0.05$) between the investigated groups of samples (among: fresh, M1, M2 and among: pre incubation, after 3, 6, 9 hours of incubation) were confirmed by analysis of variance (ANOVA) with a post hoc Tukey test using the statistical software SPSS 20 (IBM Corporation, Armonk, USA). The letters A and a superscript refer to higher values; the letters D and d superscript refer to lower values.

Results and discussion

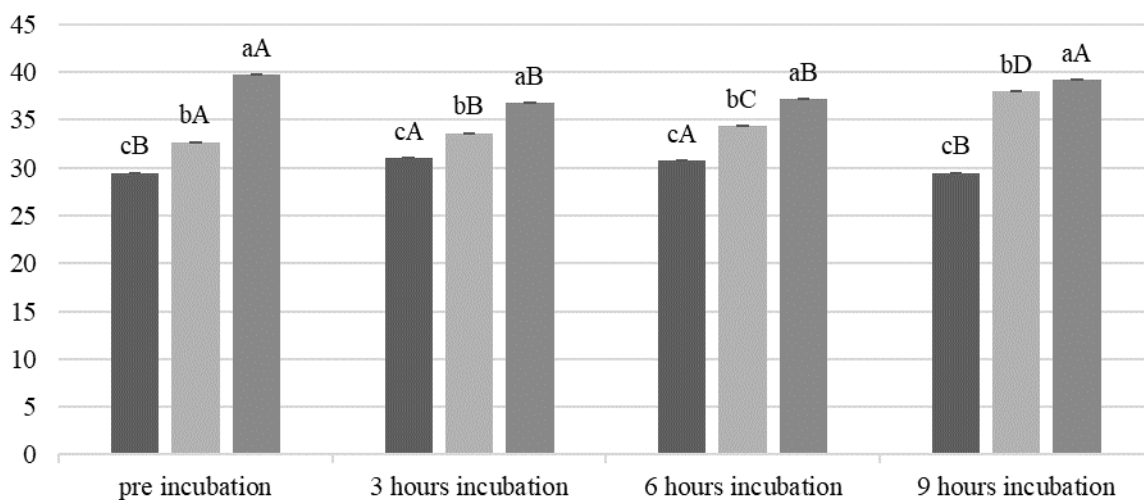
The results of study are shown in the graphs 1-7 (Data series with small letters are significantly different ($p < 0.05$) among fresh, marinating M1 and marinating M2 samples. Data series with capital letters are significantly different ($p < 0.05$) among each sample during incubation period). Comparison to the control samples, antioxidant capacity of salmon samples increased significantly ($p < 0.05$) immediately after marinating technique (both M1 and M2), regardless storage time and temperature. Salt and sugar that used in marinating process reduces water activity, which inhibits microbiological multiplication and protects against oxidative reactions of lipids and proteins (Pittia and Antonello, 2015). In addition to sugar and salt, aromatic dill, which has been proven to have strong antioxidant effects, is used to prepare gravad lax marinades (Isbilir and Sagiroglu 2011; Kazemi, 2015). In most evaluated samples which are storage under different temperatures and times, antioxidant capacity of M2 where higher significantly ($p < 0.05$) than M1 (except in the samples pre incubation under 5 °C, 25 °C and 30 °C. Higher antioxidant capacity of M2 samples could be attributed to a high oxygen consumption capacity of SafePro® NovaLox culture. Antioxidant capacity of M2 tend to decrease after incubation 3-6 hours then elevated after 9 hours of incubation.



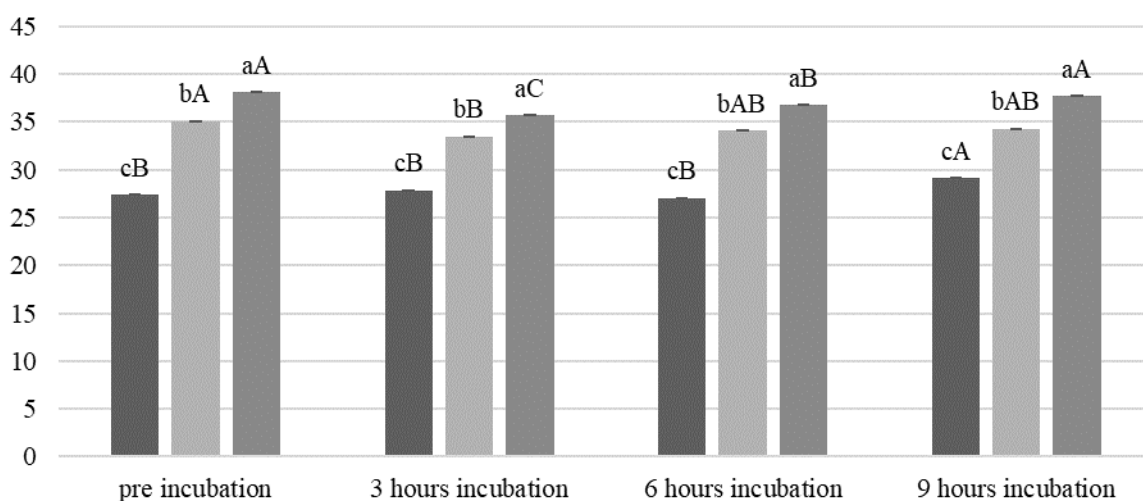
Graph 1 Antioxidant capacity (DPPH inhibition %) of salmon gravlax fresh (■), without biopreservation M1 (▒) and with biopreservation M2 (░) under different incubation times at temperature 5°C



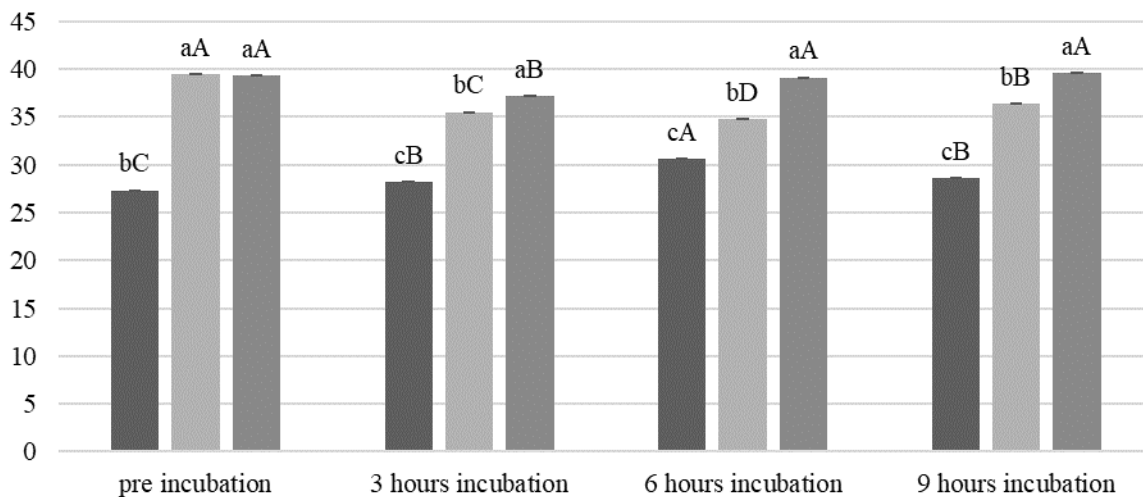
Graph 2 Antioxidant capacity (DPPH inhibition %) of salmon gravlax fresh (■), without biopreservation M1 (▒) and with biopreservation M2 (■) under different incubation times at temperature 10°C



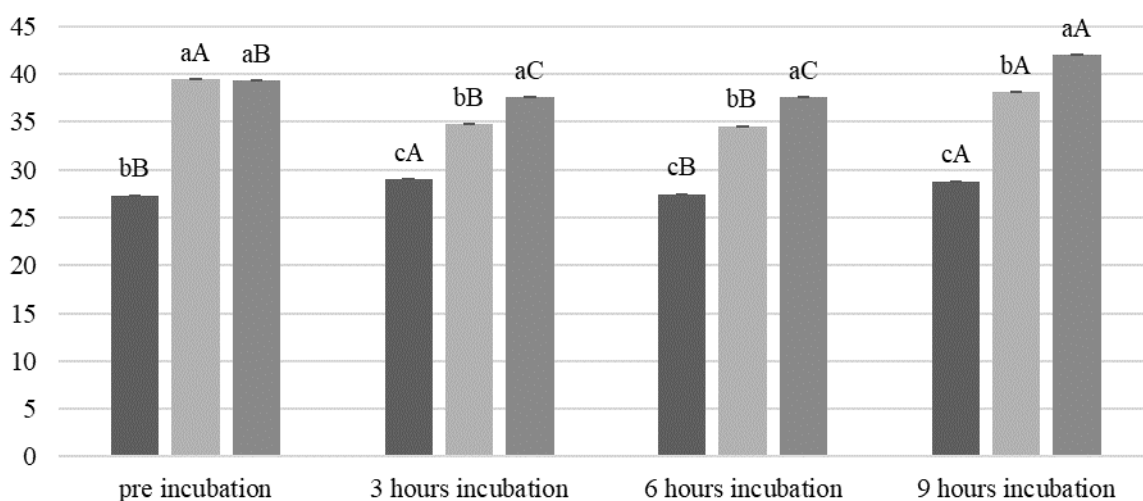
Graph 3 Antioxidant capacity (DPPH inhibition %) of salmon gravlax fresh (■), without biopreservation M1 (▒) and with biopreservation M2 (■) under different incubation times at temperature 15°C



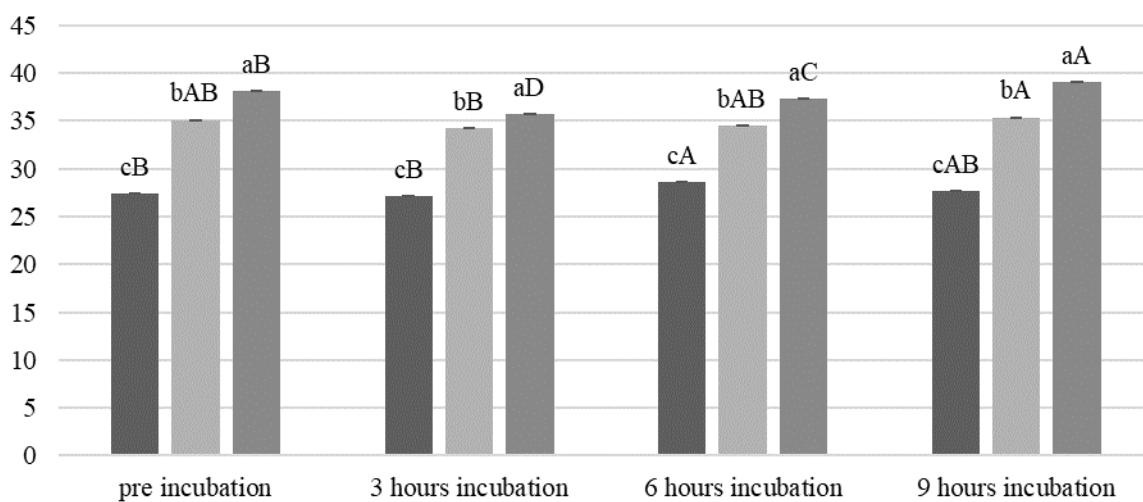
Graph 4 Antioxidant capacity (DPPH inhibition %) of salmon gravlax fresh (■), without biopreservation M1 (▒) and with biopreservation M2 (■) under different incubation times at temperature 20°C



Graph 5 Antioxidant capacity (DPPH inhibition %) of salmon gravlax fresh (■), without biopreservation M1 (▨) and with biopreservation M2 (▩) under different incubation times at temperature 25°C



Graph 6 Antioxidant capacity (DPPH inhibition %) of salmon gravlax fresh (■), without biopreservation M1 (▨) and with biopreservation M2 (▩) under different incubation times at temperature 30°C



Graph 7 Antioxidant capacity (DPPH inhibition %) of salmon gravlax fresh (■), without biopreservation M1 (▨) and with biopreservation M2 (▩) under different incubation times at temperature 35°C

Conclusion

The results of study confirm the positive role of gravlax process (marinating) and biopreservation (SafePro® NovaLox) for improve antioxidative quality of salmon fillets. Application of Natural antioxidant (from fresh dill) and biopreservation may contribute to reducing dependence on synthetic preservatives in the food industry.

Acknowledgement

Financial support for this study was provided by the University of Veterinary Sciences Brno, Palackeho tr. 1946/1, 612 42 Brno, Czech Republic (ITA 2021/ITA/25).

References

1. Abdullah F. A. A., Bursová Š., Bartáková K. The Effect of Sumac (*Rhus coriaria L.*) Application on Oxidation Status, Sensory Attributes, Physicochemical and Microbiological Parameters of Carp (*Cyprinus carpio*) Fish during Chilled Storage. Appl. Sci. 2024, 14, 4448.
2. Ghanbari M., Jami M., Domig K. J., Kneifel W. Seafood biopreservation by lactic acid bacteria – A review. LWT 2013, 54, 315–324.
3. Isbilir S. S., Sagiroglu A. Antioxidant Potential of Different Dill (*Anethum graveolus L.*) Leaf Extracts. Int. J. Food Prop., 2011, 14, 894-902.
4. Kazemi M. Phenolic profile, antioxidant capacity and anti-inflammatory activity of *Anethum graveolus L.* essential oil. Nat. Prod. Res, 2015, 29, 6, 551-553.
5. Lopes S. M., da Silva D. C., Tondo E. C. Survival of *Listeria monocytogenes* in Gravlax Salmon (*Salmo salar*) recipe. Int. J. Gastron. Food Sci., 2023, 34, 100836.
6. Pilet M. F., Leroi, F. Applications of protective cultures, bacteriocins and bacteriophages in fresh seafood and seafood products, in Protective Cultures, Antimicrobial Metabolites and Bacteriophages for Food and Beverage Biopreservation (*C. Lacroix*), 2011, 324–347.
7. Pittia P., Antonello P. Safety by Control of Water Activity: Drying, Smoking, and Salt or Sugar Addition, Regulating Safety of Traditional and Ethnic Foods. Elsevier Inc., 2015.
8. Rovira J. Melero B. Protective Cultures for the Safety of Animal-Derived Foods, in (Diana Di Gioia, Bruno Biavati), 2018, 63–107.
9. Stiles M. E. Biopreservation by lactic acid bacteria. Antonie Van Leeuwenhoek 70, 1996, 331–345.
10. Topuz O.K. Effects of Marinating Time, Acetic Acid and Salt Concentrations on the Quality of Little Tunny Fish (*Euthynnus alletteratus*) Fillet. J. Food Process Preserv., 40, 2016, 1154-1163.
11. Wiernasz N. Seafood quality and safety improvement through hurdle technology, including biopreservation. Impact on microbial ecosystems. doctoral thesis, Comue Universite Bretagne Loire, 2019.

P7

VLIV STARTOVACÍCH KULTUR NA POČÁTEČNÍ FÁZI FERMENTACE MASA

Krátká G., Šestáková M., Huška F., Janoud Š., Horsáková I., Ševčík R.

Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha

Úvod

Fermentace je jednou z nejstarších metod úchovy potravin a zmínky o výrobě fermentovaných masných výrobků pocházejí již z roku 1500 př.n.l.^{1,2}. Vzhledem k odlišným podmínkám plynoucím z různé geografické polohy došlo k vývoji jedinečných druhů fermentovaných masných výrobků, které se liší velikostí, tvarem, strukturou, vzhledem a chutí typických pro danou lokalitu¹.

Fermentované masné výrobky lze rozdělit na dvě základní skupiny, a to celosvalové a výrobky z krájeného či mletého masa. Celosvalové fermentované masné výrobky typicky po nasolení zrají a jsou následně sušeny a/nebo uzeny (např. sušená šunka, sušená vepřová panenka). Druhý typ výrobků je obvykle směs mletého masa a tuku plněná do střívek, který následně projde procesem fermentace, sušením a/nebo uzením (např. fermentované klobásy)^{3,4}.



Vliv na finální produkt nemá jen geografická poloha, ale i technologie výroby a kvalita a typ vstupní suroviny a neméně důležitou roli hraje i mikrobiologie. Doposud jsou při výrobě některých fermentovaných masných produktů preferovány tradičními postupy bez využití startovacích kultur, což vede k nestandardnosti v organoleptických vlastnostech těchto produktů⁵. Oproti tomu spontánní mikroflóra, díky své rozmanitosti, rozvíjí širší škálu chuťových a vonných látek^{6, 7, 8, 9}.

Nevýhodou spontánně fermentovaných masných výrobků je nestandardnost v rámci různých výrobních šarží, která je způsobena díky výše zmíněné rozmanitosti přítomných mikroorganismů. V průmyslové velkovýrobě se proto, jako prevence nestandardnosti, začaly používat startovací kultury. Ty se liší ve svém složení dle konkrétního výrobku a požadovaných vlastností finálního produktu¹. Ve Spojených státech se nejčastěji používají směsné startovací kultury, které obsahují ve svém složení bakterie *Lactiplantibacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* a *P. acidilactici*. V Evropě jsou pak typickými zástupci startovací mikroflóry *Latilactobacillus sakei*, *Lpb. plantarum*, *P. pentosaceus*, a dále i zástupci rodu *Staphylococcus* (*S. xylosus* a *S. carnosus*)^{1,10}. Bakterie mléčného kvašení při výrobě fermentovaných masných výrobků hrají roli při potlačení nežádoucí kazící mikroflóry zejména v pozdější fázi zrání a během skladování. Jako primární produkt svého metabolismu produkují kyselinu mléčnou, která napomáhá k poklesu pH a tím tvoří méně vhodné podmínky pro růst nežádoucích mikroorganismů^{1,11,12}. Rovněž produkují nízkomolekulární antibakteriální látky (např. kyselina octová a propionová, ethanol, peroxid vodíku, bakteriociny)^{10,12,13}. Tyto látky působí proti kazícím a patogenním mikroorganismům jako jsou zástupci rodu *Pseudomonas* spp., *Clostridium tyrobutyricum*, *C. perfringens*, *Brochothrix thermosphacta*, *Escherichia coli*, *Yerowia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, aj.^{15, 16, 17}.

U masných výrobků jsou používány nejčastěji směsné startovací kultury. Ty jsou navrženy tak, že jeden organismus produkuje kyselinu mléčnou (např. bakterie rodu *Lactobacillus*) a jiný produkuje aromatické sloučeniny (např. *Levilactobacillus brevis*, *Lentilactobacillus buchneri*). Častou kombinací je bakterie *Ltb. sakei* s proteolytickými bakteriemi *S. carnosus* a *S. xylosus*. Experimentální studií bylo zjištěno, že bakterie rodu *Staphylococcus* (*S. carnosus* a *S. xylosus*) mohou mít i další pozitivní účinky. Mají například vliv na snížení obsahu biogenních aminů až o 80-90 % ve fermentovaných salámech nebo se vyznačují nitrát-reduktázovou aktivitou, čímž se podílejí na vybarvení fermentovaných masných výrobků a také produkují celou škálu aromatických sloučenin^{1,18, 19}.

Kromě bakterií se při fermentaci masných výrobků uplatňují i kvasinky (např. *Debaryomyces*, *Rhodotorula*, *Hansenula* a *Candida*), které svojí lipolytickou a proteolytickou aktivitou mají vliv na fyzikální i organoleptické vlastnosti fermentovaných masných výrobků^{1,17}. Například *D. hansenii* se podílí na rozvoji aromatického profilu fermentovaných klobás díky produkci 3-methylbutanolu, 3-methylbutanal a 2-propanonu^{1,20}.

Experimentální část

Příprava vzorků

Z vepřové pečeně bez kosti byly připraveny vzorky o hmotnosti 500 g ± 10 hm. %, které byly nejprve zmrazeny při teplotě -15 °C po dobu 3 dnů. Následně byly zmražené vzorky naloženy do nasyceného roztoku chloridu sodného po dobu 5 dní při 4 °C. Po fázi nasolení byly vzorky rozděleny do tří skupin: A – fermentované přirozenou spontánní mikroflórou, B – fermentované za pomoci komerčně dostupné startovací kulturou (BITEC RP-3, Gewürzmüller), C – fermentované pomocí startovací směsné kultury složené z dříve izolovaných a identifikovaných autochtonních mikroorganismů (*Latilactobacillus sakei*, *Staphylococcus saprophyticus*) ze zakoupeného fermentovaného masného výrobku. Očkování příslušnou bakteriální suspenzí bylo provedeno u každého vzorku tak, že byl vždy injektován 1 ml suspenze 10 pravidelně rozmístěnými vpichy. Suspenze komerční kultury byla připravena



navážením odpovídajícího množství kultury ku hmotnosti vzorků a rozpuštěním ve sterilním fyziologickém roztoku, jehož objem byl vypočítán tak, aby vždy na každý vzorek bylo použito 10 ml suspenze. Suspenze autochtonní startovací kultury byl připraven tak, že přečištěné bakteriální buňky bakterie *Lactobacillus sakei* byly resuspendovány ve sterilním fyziologickém roztoku, tak aby výsledná suspenze obsahovala 10^9 KTJ.ml⁻¹. Stejným postupem byla připravena suspenze bakterie *Staphylococcus saprophyticus* a následně byla vytvořena směsná suspenze 1:1. Fermentace a sušení probíhala v termostatu s teplotou 4 °C a relativní vzdušnou vlhkostí 70-80 %.

U vzorků byla měřena aktivita vody (a_w), hodnota pH, barva, textura, a to před zmrazením, po nasolení a po 1. a 2. týdnu fermentace.

Stanovení aktivity vody

Ke stanovení hodnoty aktivity vody byl použit přístroj AquaLab (Decagon Devices, USA), který je založen na principu zjišťování rosného bodu pomocí chlazeného zrcátka. Každý vzorek byl proměřen 3 krát a a_w vzorku byla vyjádřena jako průměr ± směrodatná odchylka.

Stanovení hodnoty pH

Hodnota pH byla měřena pomocí vpichového pH metru pH-STAR (MATTHAUS, Německo). Do vzorku byly provedeny 3 vpichy do různých míst a odečteny hodnoty pH. Výsledek je vyjádřen jako průměr ± směrodatná odchylka.

Stanovení textury

Každý vzorek byl nakrájen na hranolky o přibližně stejných rozměrech, které byly následně pomocí přístroje Instron Model 5544 (Instron Ltd., Velká Británie) přestřiženy nožem s oboustranným skosením. Síla potřebná k přestřižení jednotlivých kusů masa je označována jako maximální střižná síla [N]. Bylo provedeno 20 měření pro každý vzorek. Výsledek je vyjádřen jako průměr ± směrodatná odchylka.

Statistické zpracování dat

Naměřené hodnoty střižné síly byly podrobeny Dean-Dixonovu testu pro vyloučení extrémních hodnot. Pro statistické hodnocení vlivu použitých kultur a době fermentace byla provedena ANOVA (dva faktory s opakováním) a následně T-test pro posouzení odlišnosti střižné síly jednotlivých vzorků. Statistické zpracování bylo provedeno v programu STATISTICA 12.0 CZ (StatSoft, Praha, Česká republika). Hladina významnosti byla vždy zvolena na $\alpha = 0,05$.

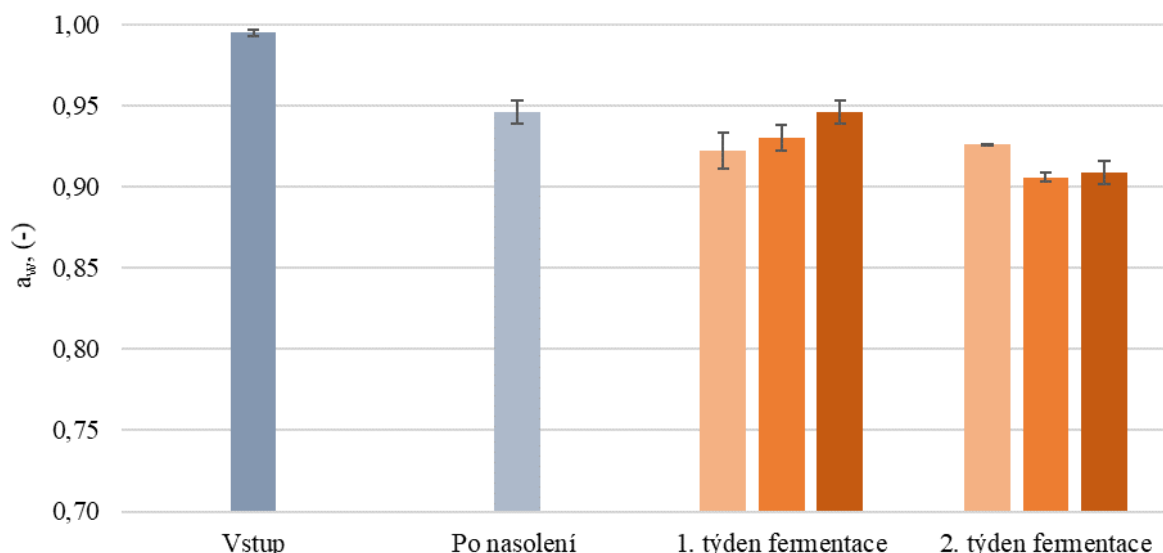
Stanovení barvy

Měření barvy bylo provedeno v barevném prostoru CIE L*a*b* na spektrofotometru (Konica Minolta CM5, Japonsko) se clonou 8 mm (MAV). Ze vzorku byly ukrojeny plátky přibližně stejné šířky, přičemž každý plátek byl proměřen desetkrát z jedné a desetkrát z druhé strany. Výsledné hodnoty světlosti (L*), souřadnice pro červenou (a*) a žlutou barvu (b*) byly zaznamenány pomocí softwaru Spectra Magic NX. Z naměřených dat byla spočtena koeficient barevné difference dle vztahu:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

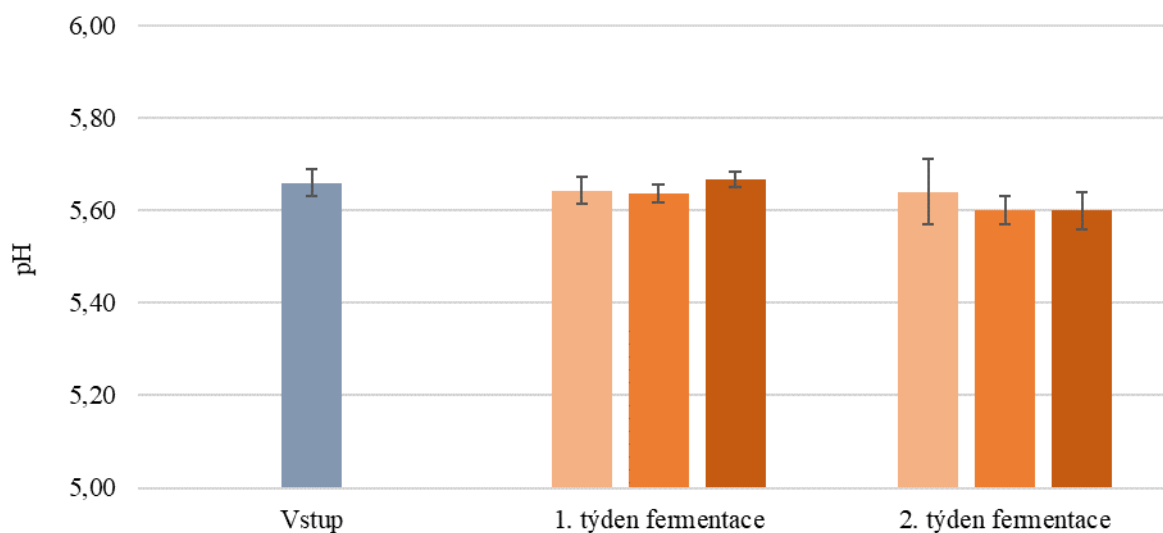
Výsledky a diskuse

Klíčovým krokem, který vede ke snížení hodnoty aktivity vody, lze na základě výsledků uvedených na grafu (Obrázek 1) označit fázi nasolení ($a_w = 0,946 \pm 0,007$). Po prvním týdnu fermentace došlo k největšímu poklesu a_w u vzorku fermentovaného spontánně ($a_w = 0,922 \pm 0,011$). Po druhém týdnu fermentace naopak nižší aktivitu vody vykazovaly vzorky fermentované pomocí komerční startovací kultury ($a_w = 0,906 \pm 0,003$) a vzorky fermentované pomocí směsné autochtonní kultury ($a_w = 0,909 \pm 0,007$).



Obrázek 1 Hodnoty aktivity vody od vstupní suroviny do 2. týdne fermentace vepřové pečeně (vzorky A – spontánní fermentace, B – komerční startovací kultura, C – autochtonní směsná startovací kultura)

Po dvou týdnech fermentace nedošlo u žádné sady vzorků k výraznému poklesu hodnoty pH jak vyplývá z grafu níže (Obrázek 2). Po celou dobu měření nabývalo pH hodnot v rozmezí 5,6 – 5,7. Wang a kol., 2022 ve své studii pozorovali, že během procesu fermentace masných výrobků může po mírném poklesu pH následovat v pozdějších fázích fermentace k opětovnému nárůstu hodnot pH. Tento jev autoři studie připisují proteolýze, jež v masných výrobcích nastává a jejíž metabolity jsou alkalické povahy a vytváří pufrací systém²¹.



Obrázek 2 Vývoje hodnoty pH v průběhu 1. a 2. týdne fermentace vepřové (vzorky A – spontánní fermentace, B – komerční startovací kultura, C – autochtonní směsná startovací kultura)

U naměřených hodnot střížné síly uvedených v tabulce (Tabulka I) vyjádřených jako průměrná hodnota pro každý vzorek můžeme pozorovat poměrně velkou směrodatnou odchylku. To je způsobeno tím, že maso je heterogenní systém obsahující kromě svaloviny i pojivovou a tukovou tkáň. Naměřená data byla podrobena statistice a bylo zjištěno, že po nasolení dochází k významnému ($p < 0,05$) zvýšení střížné síly. Po prvním týdnu fermentace u vzorků fermentovaných komerční a směsnou autochtonní kulturou došlo k významnému ($p < 0,05$) snížení střížné síly oproti vzorku po fázi nasolení. U spontánně fermentovaného

vzorku tak výrazný pokles pozorován nebyl. Po druhém týdnu se již hodnoty střížné síly u všech tří skupin vzorků statisticky významně nelišily.

Tabulka I Hodnoty střížné síly v průběhu fermentace vepřové pečeně (vzorky A – spontánní fermentace, B – komerční startovací kultura, C – autochtonní směsná startovací kultura)

Střížná síla (N)	Vstup	Po nasolení	1.týden fermentace	2. týden fermentace
Vzorky A			43,61 ± 14,93 ^b	21,94 ± 4,92 ^{e,g,h}
Vzorky B	34,01 ± 13,04 ^d	46,46 ± 14,92 ^c	33,38 ± 14,96 ^{a,c}	23,26 ± 4,97 ^{e,f,h}
Vzorky C			26,08 ± 10,21 ^{d,f,g,h}	23,74 ± 5,75 ^{e,f,g}

hodní index označuje vzorky, které se od sebe statisticky významně ($p < 0,05$) neliší

K vyjádření změny barvy v průběhu prvního a druhého týdne fermentace byl zvolen koeficient barevné diferenciaci ΔE^* . Z vypočítaných hodnot uvedených v tabulce (Tabulka II) je patrné, že barevný rozdíl vzorků fermentovaných spontánně a pomocí komerční kultury byl v prvním týdnu fermentace patrný jen při bližším zkoumání školeným pozorovatelem ($\Delta E^* = 1-2$) a v druhém týdnu fermentace se od sebe tyto vzorky barevně nelišily ($\Delta E^* < 1$). Vzorky fermentované pomocí směsné autochtonní kultury se v prvním i druhém týdnu fermentace od ostatních dvou skupin vzorků lišily hned na první pohled ($\Delta E^* = 2-10$) zejména tím, že byly světlejší a červené zbarvení bylo méně intenzivní. V průběhu fermentace byl u všech vzorků pozorován přechod ze světle růžové do našedlého tmavšího odstínu. To je způsobené postupným zkoncentrováním barviv během procesu zrání²².

Tabulka II Hodnoty koeficientu barevné diferenciaci mezi jednotlivými skupinami vzorků po 1. a 2. týdnu fermentace vepřové pečeně (vzorky A – spontánní fermentace, B – komerční startovací kultura, C – autochtonní směsná startovací kultura)

ΔE^*	Vzorky A vs. vzorky B	Vzorky A vs. vzorky C	Vzorky B vs. vzorky C
1. týden fermentace	1,1	7,4	6,4
2. týden fermentace	1,0	2,9	3,8

Závěr

V rámci této práce byly pozorovány zvolené fyzikálně-chemické parametry fermentovaného celosvalového masného výrobku připraveného za pomoci startovacích kultu.

K největšímu poklesu aktivity vody došlo po fázi nasolení ($a_w = 0,946 \pm 0,007$). Během prvních 14 dnů fermentace byl pozorován větší pokles aktivity vody u vzorků fermentovaných komerční startovací kulturou ($a_w = 0,906 \pm 0,003$) a autochtonní startovací kulturou ($a_w = 0,909 \pm 0,007$) v porovnání spontánně fermentovaným vzorkům ($0,926 \pm 0,000$). Hodnoty pH od vstupu do 14. dne fermentace zůstaly téměř neměnné a nabývaly hodnot v rozmezí 5,6-5,7.

Po fázi nasolení došlo u vepřové pečeně k nárůstu střížné síly ($46,46 \pm 16,18$ N). Během prvního týdnu fermentace byl pozorován výrazný pokles střížné síly zejména u vzorku fermentovaného autochtonní startovací kulturou ($26,08 \pm 5,39$ N) oproti ostatním vzorkům. Po 14 dnech fermentace se střížná síla u vzorků fermentovaných různými způsoby statisticky významně nelišila ($p < 0,05$) a nabývala hodnot 21,94-23,74 N.

Barva byla měřena v barevném prostoru CIE $L^*a^*b^*$. U vzorků během fermentace docházelo ke změně barvy ze světle růžového odstínu na našedlý tmavě růžový odstín, přičemž vzorky fermentované směsnou autochtonní kulturou byly nejsvětlejší a s nejméně intenzivní červeným zbarvením.



Z naměřených dat tak plyne, že použití startovacích kultur může vést k zrychlení procesu zejména v prvních dnech fermentace masných výrobků.

Poděkování

Tento výstup vznikl v rámci projektu Specifického vysokoškolského výzkumu – projekt č. A2_FPBT_2024_030.

Literatura

1. Ojha K. S., Kerry J. P., Duffy G., Beresford T., Tiwari B. K. Technological advances for enhancing quality and safety of fermented meat products, *Trends in Food Science & Technology*, 2015, 105-116.
2. Moore J. E., Gastrointestinal outbreaks associated with fermented meats, *Meat Science*, 2004, 565-568.
3. Demeyer D. I., Toldrá F., Fermentation, In: Jensen W., Devine C., Dikemann M., Eds.: *Encyclopedia of meat Science*, 2004, 67-474.
4. Flores M., Toldrá F. Microbial enzymatic activities for improved fermented meats, *Trends in Food Science & Technology*, 2011, 81-90.
5. Fonseca S., Cachaldora A., Gómez M., Franco I., Carballo J., Effect of different autochthonous starter cultures on the volatile compounds profile and sensory properties of Galician chorizo, a traditional Spanish dry fermented sausage. *Food Control*, 2013, 6–14.
6. Talon R., Leroy S., Lebert I., Giammarinaro P., Chacornac J. -P., et al., Safety improvement and preservation of typical sensory qualities of traditional dry fermented sausages using autochthonous starter cultures, *International Journal of Food Microbiology*, 2008, 227–234.
7. Palavecino P. N., Castro M., Cayré M., Garro O., Vignolo G., Autochthonous starter culture selection to keep traditions in the manufacture of dry sausages alive, *Annals of Microbiology*, 2015, 1709–1719.
8. Palavecino P. N., Castro M., Cayré M., Garro O., Vignolo G., Indigenous starter cultures to improve quality of artisanal dry fermented sausages from Chaco (Argentina), *International Journal of Food Science*, 2015, 931970.
9. Palavecino P. N., Garro O., Romero M., Judis M. A., Cayré M., Castro M., Evaluation of an autochthonous starter culture on the production of a traditional dry fermented sausage from Chaco (Argentina) at a small-scale facility, *Meat Science*, 2016, 41-44.
10. Laranjo M., Potes M. E., Elias M. Role of Starter Cultures on the Safety of Fermented Meat Products, *Front. Microbiol.*, 2019, 853.
11. Krockel L., The Role of Lactic Acid Bacteria in Safety and Flavour Development of Meat and Meat Products. 2013.
12. Bassi D., Puglisi E., Cocconcelli P. S., Comparing natural and selected starter cultures in meat and cheese fermentations. *Curr. Opin. Food Sci.*, 2015, 118–122.
13. Young N. W. G., O'sullivan G. R., The influence of ingredients on product stability and shelf life, In: Kilcast D., Subramaniam P., Eds.: *Food and Beverage Stability and Shelf Life*, p. 132-183.
14. Reis J. A., Paula A. T., Casarotti S. N., Penna A. L. B., Lactic acid bacteria antimicrobial compounds: characteristics and applications, *Food Eng. Rev.*, 2012, 124–140.
15. Gänzle M. G., Lactic metabolism revisited: metabolism of lactic acid bacteria in food fermentations and food spoilage, *Curr. Opin. Food Sci.*, 2015, 106–117.
16. Di Gioia D., Mazzola G., Nikodinoska I., Aloisio I., Langerholc T., et al., Lactic acid bacteria as protective cultures in fermented pork meat to prevent *Clostridium* spp. Growth, *Int. J. Food Microbiol.*, 2016, 53–59.
17. Laranjo M., Elias M., Fraqueza M. J., The use of starter cultures in traditional meat products, *J. Food Qual.* 2017, 9546026.
18. Bover-Cid S., Izquierdo-Pulido M., Vidal-Carou C., Mixed Starter Cultures To Control Biogenic Amine Production in Dry Fermented Sausages, *Journal of Food Protection*, 2000, 1556-1562.
19. Tjener K., Stahnke L. H., Andersen L., Martinussen J., Growth and production of volatiles by *Staphylococcus carnosus* in dry sausages: Influence of inoculation level and ripening time, *Meat Science*, 2004, 447-452.
20. Andrade M J., Córdoba J. J., Casado E. M., Córdoba M. G., Rodríguez M., Effect of selected strains of *Debaryomyces hansenii* on the volatile compound production of dry fermented sausage “salchichón”, *Meat Science*, 2010, 256-264.
21. Wang D., Cheng F., Wang Y., Han J., Gao F., Tian J., Zhang K., Jin Y., The Changes Occurring in Proteins during Processing and Storage of Fermented Meat Products and Their Regulation by Lactic Acid Bacteria, *Foods* 2022, 2427.
22. Mitacek R. M., Ke Y., Prenni J. E., Jadeja R., VanOverbeke D. L., Mafi G. G., Ramanathan R., Mitochondrial Degeneration, Depletion of NADH, and Oxidative Stress Decrease Color Stability of Wet-Aged Beef *Longissimus* Steaks, *J Food Sci* 2019, 38-50.

VLIV TEPLoty BĚHEM FERMENTACE KOMBUCHY NA OBSAH NUTRIČNÍCH LÁTEK

Krátká G., Alferyová N., Šviráková E., Horsáková I.

Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha

Kombucha je tradiční nápoj vyráběný fermentací čajového nálevu pomocí symbiotické bakteriální a kvasinkové kultury (SCOBY). V posledních letech tento nápoj získává popularitu díky svým zdravotním benefitům (podpoře trávení a imunity, detoxikaci organismu). Cílem práce je zjištění vlivu teploty fermentace, jako faktoru ovlivňujícího obsah charakteristických sloučenin (kyseliny mléčné, kyseliny octové, monosacharidů a ethanolu), v kombuše.

Fermentace kombuchy byla realizována při teplotách 20, 25 a 30 °C. Následně byly ve vzorcích analyzovány: kyselina mléčná a kyselina octová izotachoforeticky, monosacharidy (sacharóza, glukóza, fruktóza) s využitím HPLC a ethanol s využitím GC. V rámci mikrobiologického rozboru byly stanovovány bakterie mléčného kvašení na agaru MRS a kvasinky na agaru DRBC za účelem zhodnocení vývoje mikroorganismů a jejich metabolické aktivity.

Bylo zjištěno, že k nejvyšší produkci kyseliny octové ($17,7 \pm 0,9$ g/l) došlo při teplotě 30 °C, nejvíce kyseliny mléčné ($129,4 \pm 6,5$ mg/l) bylo produkováno při teplotě 25 °C. Nejvyšší celkový obsah zbytkových cukrů ($22,1 \pm 2,2$ g/l) byl zjištěn u vzorků fermentovaných při teplotě 30 °C, střední obsah ($18,3 \pm 1,8$ g/l) při teplotě 20 °C a nejnižší obsah ($11,9 \pm 1,2$ g/l) při teplotě 25 °C. Ve všech vzorcích byla majoritním cukrem fruktóza. Nejvyšší obsah ethanolu ($2,16 \pm 0,27$ obj. %) byl zjištěn u vzorku fermentovaného při teplotě 25 °C s tím, že všechny ostatní vzorky ethanol také obsahovaly.

Počty bakterií mléčného kvašení a kvasinek se u vzorků na konci fermentace výrazně nelišily a pohybovaly řádově 10^6 KTJ/ml u BMK a 10^6 KTJ/ml u kvasinek. Bylo konstatováno, že k největšímu rozvoji bakterií octového kvašení došlo u vzorků fermentovaných při teplotě 30 °C. Fermentace při této teplotě byla charakterizována produkcí nejnižších obsahů ethanolu a kyseliny mléčné, a naopak nejvyššího obsahu kyseliny octové.

Effect of temperature during kombucha fermentation on nutrient content

Kombucha is a traditional beverage produced by fermenting tea infusion using a symbiotic bacterial and yeast culture (SCOBY). In recent years, this beverage has gained popularity due to its health benefits (support of digestion and immunity, detoxification of the organism). The aim of the work is to determine the influence of fermentation temperature as a factor affecting the content of characteristic compounds (lactic acid, acetic acid, monosaccharides and ethanol) in kombucha.

Kombucha fermentation was carried out at temperatures of 20, 25 and 30 °C. They were subsequently analysed in the samples: lactic acid and acetic acid isotachophoretically, monosaccharides (sucrose, glucose, fructose) using HPLC and ethanol using GC. As part of the microbiological analysis, lactic acid bacteria were determined on MRS agar and yeasts on DRBC agar to evaluate the development of microorganisms and their metabolic activity.

It was found that the highest production of acetic acid (17.7 ± 0.9 g/l) occurred at the temperature of 30 °C, the most lactic acid (129.4 ± 6.5 mg/l) was produced at 25 °C. The highest total content of residual sugars (22.1 ± 2.2 g/l) was found in fermented samples at the temperature of 30 °C, the mean content (18.3 ± 1.8 g/l) at a temperature of 20 °C and the lowest content (11.9 ± 1.2 g/l) at 25 °C. Fructose was the majority sugar in all samples. The highest ethanol content (2.16 ± 0.27 v/v %) was found in the sample fermented at 25 °C, while all other samples also contained ethanol.



The numbers of lactic acid bacteria and yeasts did not differ significantly in the samples after fermentation process and were in the order of 10^6 CFU/ml for LAB and 10^6 CFU/ml for yeasts. It was noted that the greatest development of acetic acid bacteria occurred in samples fermented at the temperature of 30 °C. Fermentation at this temperature was characterized by the production of the lowest contents of ethanol and lactic acid, and conversely the highest content of acetic acid.

P9

ANTIBAKTERIÁLNÍ ÚČINEK PŘÍRODNÍCH KONZERVAČNÍCH LÁTEK V NEALKOHOLICKÝCH NÁPOJÍCH

Šviráková E. (1), Lazoriková K. (2), Horsáková I. (1), Kvasnička F. (1)

(1) Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha

(2) Ústav biochemie a mikrobiologie, VŠCHT Praha

Úvod

Při průmyslové výrobě nealkoholických nápojů je kladen důraz mimo jiné na jejich mikrobiologickou bezpečnost a jakost. Přestože tyto nápoje patří obecně mezi bezpečné, zejména nesycené ochucené nápoje podléhají nežádoucí mikrobiální kontaminaci s následným kažením a i případným vznikem zdravotních problémů u konzumentů. Na kontaminaci nápojů se často podílejí acidotolerantní mikroorganismy, zejména octové bakterie¹ zastoupené např. bakteriemi rodu *Asaia*. Bakterie druhů *Asaia lannensis* a *Asaia bogorensis* mají statut potenciálně patogenních bakterií².

Jedním ze způsobů eliminace nežádoucích octových bakterií se nabízí použití např. přírodní antibakteriálně aktivní látky, kterou je chitosan. Chitosan vykazuje účinek vůči gramnegativním i grampozitivním bakteriím³. Přesný mechanismus jeho antibakteriálního účinku však není prozatím zcela jasný. Jedním z vysvětlení je, že chitosan funguje jako chelatační látka, která se váže na kovy a má na bakterie toxický účinek. Dalším vysvětlením je, že se chitosan váže na negativně nabitě buňky bakterií, proniká přes jejich buněčné membrány, což ve výsledku vede k inhibici replikace DNA⁴. Chitosan je účinný v prostředí o pH < 6,3, je biodegradabilní a vykazuje nízkou toxicitu³. V nápojářství se chitosan používá např. k prodloužení trvanlivosti nealkoholických nápojů typu ovocné džusy (namísto kroku pasterace, z důvodu zabránění jejich hnědnutí a kažení) či k jejich číření (při odstraňování pektinu)⁵. Podle Prováděcího nařízení Komise (EU) 2018/1023 (2018) je chitosan řazen mezi doplňky stravy⁶.

Další cestou účinné eliminace nežádoucích octových bakterií se nabízí použití např. kyseliny sorbové nebo jejích solí, a to při klasické chemické konzervaci nealkoholických nápojů s cílem prodloužit jejich trvanlivost⁷. Kyselina sorbová vykazuje antibakteriální účinek⁸, jenž je nejvyšší v prostředí o pH < 4,5⁹, a který souvisí s jejím inhibičním působením na enzymy bakterií¹⁰. V bakteriích produkuje reaktivní formy kyslíku, které vedou k tvorbě mitochondriálně defektních drobných buněk. Destabilizuje buněčnou stěnu bakterií, což vede k jejich smrti¹¹. Její maximální množství, které je povoleno jako přídavek do nealkoholických nápojů, se pohybuje v rozmezí 250–600 mg·l⁻¹ a je odvislé od konkrétního nápoje. Přídavek kyseliny sorbové (E200), sorbanu draselného (E202) a sorbanu vápenatého (E203) je nutno označovat na etiketách nápojů¹². Kyselina sorbová patří k průmyslově často používaným konzervačním látkám především z důvodu její vysoké účinnosti a relativně nízké ceny⁷.

Cílem práce je zjistit toleranci 8 bakterií *As. lannensis* k chitosanu (0–1,50 hm. %) coby přírodní konzervační látce, a také ke kyselině sorbové (0–0,06 hm. %) coby chemické



konzervační látce, v modelových Sabouraudových bujónech během jejich déledobých kultivací s využitím laboratorního bioreaktoru RTS-8, a také toleranci vybraných bakterií kmene *As. lannensis* BCC 15734 k chitosanu (0,20 a 0,40 hm. %) v modelových ovocných sirupech/cukerných roztocích během skladovacích pokusů s využitím laboratorního denzitometru Densi-la-meter® II.

Experimentální část

Použité bakteriální kmeny

K experimentům bylo použito 8 bakteriálních kmenů *As. lannensis*; jednalo se o jeden sbírkový kmen *As. lannensis* BCC 15734 a 7 izolátů *As. lannensis* (3, 8, 9, 10, 11, 12, 15A). Po předchozích izolacích bakterií z průmyslově vyrobených, nealkoholických, ochucených a neochucených, nápojů byly tyto identifikovány na úroveň druhu s využitím sekvenování genu pro 16S rRNA na Středisku sekvenování DNA (Mikrobiologický ústav AV ČR, v. v. i., Praha, CZE). Kmeny byly uloženy do Sbírký mikroorganismů Ústavu konzervace potravin (Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, CZE) a jsou specifikovány v Tabulce I.

Tabulka I Použité bakteriální kmeny

Bakteriální kmen	Původ kmene
<i>Asaia lannensis</i> BCC 15734	Květy subtropické rostliny <i>Lycoris radiata</i> (THA)
<i>Asaia lannensis</i> 3	Nealkoholický nápoj: bez specifikace (CZE)
<i>Asaia lannensis</i> 8	Nealkoholický nápoj: voda bez příchutě (CZE)
<i>Asaia lannensis</i> 9	Nealkoholický nápoj: voda bez příchutě (CZE)
<i>Asaia lannensis</i> 10	Nealkoholický nápoj: nápoj s příchutí zeleného čaje (CZE)
<i>Asaia lannensis</i> 11	Nealkoholický nápoj: voda s příchutí maliny (CZE)
<i>Asaia lannensis</i> 12	Nealkoholický nápoj: nápoj s příchutí zeleného čaje (CZE)
<i>Asaia lannensis</i> 15A	Nealkoholický nápoj: voda s příchutí maliny (CZE)
<i>Asaia lannensis</i> BCC 15734	Květy subtropické rostliny <i>Lycoris radiata</i> (THA)

BCC... BIOTEC Culture Collection, the National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC) (THA)

Kultivace testovaných bakterií

Bakterie *As. lannensis* byly kultivovány v Sabouraudově bujónu se 2,0 hm. % glukózy (Merck KGaA, DEU) (dále jen bujón SB), který byl zaočkován (inokulum 1,0 obj. %) konkrétními suspenzemi buněk. Bakterie byly aerobně kultivovány při teplotě 25 °C po dobu 48 h a následně použity k experimentům nebo uchovávány v chladničce při teplotě 4 °C. Bakterie byly přeočkovávány (inokulum 1,0 obj. %) 1× týdně do sterilního bujónu SB (5,0 ml).

Stanovení počtů testovaných bakterií

Pro stanovení počtů bakterií *As. lannensis* byla použita plotnová metoda¹³. Po kultivacích bakterií v bujónu SB (viz odstavec výše) následovaly jejich aerobní kultivace na površích Sabouraudova agaru se 4,0 hm. % glukózy (Merck KGaA, DEU) (dále jen agar SA) (inokulum 100 µl, technika roztěru) při teplotě 25 °C po dobu 72 h. Poté byly spočítány narostlé kolonie a byl proveden numerický výpočet počtů bakterií. Výsledky byly vyjádřeny jako počet jednotek tvořících kolonii (KTJ) v 1 ml testované suspenze bakterií¹³.



Zjištění tolerance testovaných bakterií k chitosanu a ke kyselině sorbové – déleodobé kultivace

Byla zjišťována tolerance bakterií *As. lannensis* k chitosanu (0; 0,20; 0,50; 1,00 a 1,50 hm. %) (Porta s.r.o., CZE) a ke kyselině sorbové (0; 0,01; 0,02; 0,04 a 0,06 hm. %), s využitím spektrofotometrické metody (λ_{600}) na laboratorním bioreaktoru RTS-8 (BioSan, LVA), během jejich aerobních kultivací v modelových Sabouraudových bujónech (mSB) s chitosanem (A–F) (viz Tabulka II) a bujónech mSB s kyselinou sorbovou (A–B, G–J) (viz Tabulka III) při teplotě 25 °C během 72 h. Byla měřena optická hustota suspenzí buněk v reálném čase (h).

Tabulka II Složení modelových Sabouraudových bujónů (mSB) s chitosanem (A–F)

Modelový Sabouraudův bujón	Sabouraudův bujón (g·l⁻¹)	K. citronová (bezvodá) (g·l⁻¹)	Chitosan (g·l⁻¹)	pH (–)
A) mSB kontrolní (K0)	5,0	0	0	5,50
B) mSB kontrolní (K1)	5,0	12,5	0	2,75
C) mSB s chitosanem (0,20 hm. %)	5,0	12,5	2,0	2,75
D) mSB s chitosanem (0,50 hm. %)	5,0	30,0	5,0	2,75
E) mSB s chitosanem (1,00 hm. %)	5,0	35,0	10,0	2,75
F) mSB s chitosanem (1,50 hm. %)	5,0	40,0	15,0	2,75

Tabulka III Složení modelových Sabouraudových bujónů (mSB) s kyselinou sorbovou (A–B, G–J)

Modelový Sabouraudův bujón	Sabouraudův bujón (g·l⁻¹)	K. citronová (bezvodá) (g·l⁻¹)	Kyselina sorbová (g·l⁻¹)	pH (–)
A) mSB kontrolní (K0)	5,0	0	0	5,50
B) mSB kontrolní (K1)	5,0	12,5	0	2,75
G) mSB s k. sorbovou (0,01 hm. %)	5,0	12,5	0,1	2,75
H) mSB s k. sorbovou (0,02 hm. %)	5,0	12,5	0,2	2,75
I) mSB s k. sorbovou (0,04 hm. %)	5,0	12,5	0,4	2,75
J) mSB s k. sorbovou (0,06 hm. %)	5,0	12,5	0,6	2,75

Zjištění tolerance testovaných bakterií k chitosanu – skladovací pokusy

Byla zjišťována tolerance bakterií *As. lannensis* BCC 15734 k chitosanu (0,20 a 0,40 hm. %) (Porta s.r.o., CZE), s využitím metody optické absorbance (λ_{600}) realizované na laboratorním denzitometru Densi-la-meter® II (Erba Lachema s.r.o., CZE), během skladovacích pokusů při teplotě 25 °C po dobu 35 dnů, v modelových sirupech/cukerných roztocích ovocných (a–g) (viz Tabulka IV) cíleně jimi zaočkovaných (inokulum 1,0 obj. %). Byla měřena optická absorbance suspenzí buněk (McFarland) na čase (dny).

Tabulka IV Modelové sirupy/cukerné roztoky (c. r.) ovocné (a–g) pro skladovací pokusy

Sirup/c.r.	Složení
a	Sirupy originální s původním obsahem sacharózy (50,00 hm. %)
b	Cukerné roztoky se sníženým obsahem sacharózy (35,00 hm. %)
c	Cukerné roztoky se sníženým obsahem sacharózy (35,00 hm. %) a chitosanem (0,20 hm. %)
d	Cukerné roztoky se sníženým obsahem sacharózy (35,00 hm. %) a chitosanem (0,40 hm. %)
e	Sirupy bez přidané sacharózy a se sirupem s nízkým GI (50,00 hm. %)
f	Sirupy bez přidané sacharózy a se sirupem s nízkým GI (50,00 hm. %) a chitosanem (0,20 hm. %)
g	Sirupy bez přidané sacharózy a se sirupem s nízkým GI (50,00 hm. %) a chitosanem (0,40 hm. %)

GI... glykemický index

Výsledky

Růstová aktivita bakterií Asaia lannensis

U 8 kmenů *As. lannensis* (BCC 15734, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 15A) byla zjištěna růstová aktivita v kvantitativním profilu (KTJ·ml⁻¹). Výsledky jsou uvedené v Tabulce V a představují průměr ze dvou uskutečněných stanovení, provedených paralelně na dvou Petriho miskách.

Tabulka V Růstová aktivita bakterií *Asaia lannensis* – kvantitativní výsledky; aerobní kultivace bakterií na Sabouraudově agaru při teplotě 25 °C po dobu 72 h

Bakteriální kmen	Počet bakterií (KTJ·ml ⁻¹)
<i>Asaia lannensis</i> BCC 15734	7,0 x 10 ⁷
<i>Asaia lannensis</i> 3	4,6 x 10 ⁸
<i>Asaia lannensis</i> 8	3,4 x 10 ⁸
<i>Asaia lannensis</i> 9	7,2 x 10 ⁷
<i>Asaia lannensis</i> 10	3,3 x 10 ⁸
<i>Asaia lannensis</i> 11	3,9 x 10 ⁸
<i>Asaia lannensis</i> 12	2,6 x 10 ⁷
<i>Asaia lannensis</i> 15A	8,9 x 10 ⁷

Z výsledků uvedených v Tabulce V vyplývá, že testované bakterie *As. lannensis* vykazovaly velmi dobrou růstovou aktivitu, a že na agaru SA dosahovaly vysokých počtů v rozmezí řádů 10⁷–10⁸ KTJ·ml⁻¹. Nejvyšších počtů dosáhly bakterie čtyř kmenů *As. lannensis* (3, 8, 10, 11), a to v řádu 10⁸ KTJ·ml⁻¹.

Tolerance bakterií Asaia lannensis k chitosanu a ke kyselině sorbové v modelových Sabouraudových bujónech zjišťovaná během děledobých kultivací

Byla zjišťovaná tolerance bakterií *As. lannensis* (BCC 15734, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 15A) k chitosanu (0; 0,20; 0,50, 1,00 a 1,50 hm. %), a také ke kyselině sorbové (0; 0,01; 0,02; 0,04 a 0,06 hm. %), a to během jejich růstu v modelových Sabouraudových bujónech (mSB) připravených v laboratorních podmínkách (viz Tabulka II a Tabulka III), s využitím



spektrofotometrické metody (λ_{600}) realizované na laboratorním bioreaktoru RTS-8 (BioSan, LVA).

Kvalitativní výsledky tolerance bakterií *As. lannensis* k chitosanu, také ke kyselině sorbové, které jsou vyjádřeny symboly charakterizující jejich růst (++/+) či žádný růst (–) v přítomnosti těchto látek, jsou pro přehlednost uvedeny ve společné Tabulce VI. Kvantitativní výsledky tolerance vybraných bakterií kmene *As. lannensis* BCC 15734 k chitosanu a ke kyselině sorbové, které jsou znázorněny graficky jako závislosti optických hustot bakteriálních suspenzí na době jejich kultivací, jsou uvedeny na Obrázku 1 (platí pro chitosan) a Obrázku 2 (platí pro kyselinu sorbovou). Výsledky představují průměr ze třech uskutečněných experimentů.

Z výsledků (kvalitativního profilu) uvedených v Tabulce VI vyplývá, že všechny bakterie *As. lannensis* tolerovaly chitosan o všech testovaných koncentracích (0,20; 0,50; 1,00 a 1,50 hm. %), a že rostly ve všech modelových bujónech mSB (C–F). Bakterie v přítomnosti chitosanu vykazovaly buď střední růst (++) nebo nízký růst (+), což bylo doloženo zjištěnými, individuálně dlouhými, lag fázemi růstu a optickými hustotami (OD).

Tabulka VI Tolerance bakterií *Asaia lannensis* k chitosanu (0; 0,20; 0,50, 1,00 a 1,50 hm. %) a ke kyselině sorbové (0; 0,01; 0,02; 0,04 a 0,06 hm. %) s využitím laboratorního bioreaktoru RTS-8; kultivace bakterií v modelových Sabouraudových bujónech (mSB) (A–J) při teplotě 25 °C během 72 h aerobně

Bakteriální kmen	Tolerance bakterií k chitosanu a ke kyselině sorbové									
	Kontrola		Koncentrace chitosanu (hm. %)				Koncentrace kyseliny sorbové (hm. %)			
	0 (K0) (A)	0 (K1) (B)	0,20 (C)	0,50 (D)	1,00 (E)	1,50 (F)	0,01 (G)	0,02 (H)	0,04 (I)	0,06 (J)
<i>As. lannensis</i> BCC 15734	++ (7,0)	+ (12,0)	++ (8,0)	+ (9,0)	+ (9,0)	+ (10,0)	+ (9,0)	+ (17,0)	+ (18,0)	–
<i>As. lannensis</i> 3	++ (6,0)	+ (12,0)	++ (7,0)	++ (8,0)	++ (8,0)	+ (9,0)	+ (10,0)	+ (21,0)	+ (25,0)	–
<i>As. lannensis</i> 8	++ (8,0)	+ (14,0)	+ (9,0)	+ (10,0)	+ (10,0)	+ (11,0)	+ (10,0)	+ (13,0)	+ (23,0)	–
<i>As. lannensis</i> 9	++ (8,0)	+ (17,0)	+ (9,0)	+ (10,0)	+ (10,0)	+ (10,0)	+ (9,0)	+ (21,0)	+ (25,0)	–
<i>As. lannensis</i> 10	++ (7,0)	+ (12,0)	++ (8,0)	+ (9,0)	+ (9,0)	+ (10,0)	+ (10,0)	+ (16,0)	+ (22,0)	–
<i>As. lannensis</i> 11	++ (6,0)	+ (12,0)	++ (7,0)	++ (7,0)	++ (8,0)	+ (9,0)	+ (10,0)	+ (16,0)	+ (21,0)	–
<i>As. lannensis</i> 12	++ (7,0)	+ (10,0)	++ (8,0)	+ (9,0)	+ (9,0)	+ (10,0)	+ (9,0)	+ (12,0)	+ (24,0)	–
<i>As. lannensis</i> 15A	++ (7,0)	+ (9,0)	++ (8,0)	+ (9,0)	+ (9,0)	+ (10,0)	+ (11,0)	+ (11,0)	+ (20,0)	–

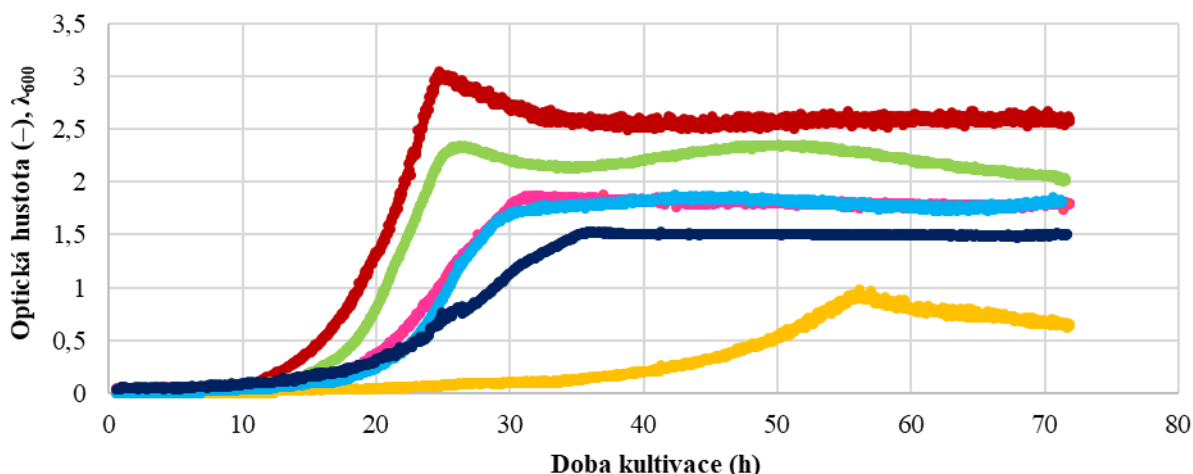
++... střední nárůst bakterií (středně dlouhá lag fáze: 0–8 h, střední hodnoty optických hustot OD), +... nízký nárůst bakterií (dlouhá lag fáze: 9–72 h, nízké hodnoty optických hustot OD), – ... žádný růst bakterií. Číselné hodnoty v závorkách představují lag fáze (h) zjištěné u bakterií.

K0... bujón mSB kontrolní: chitosan (0 hm. %) + kyselina sorbová (0 hm. %) + kyselina citronová (0 hm. %).

K1... bujón mSB kontrolní: chitosan (0 hm. %) + kyselina sorbová (0 hm. %) + kyselina citronová (1,25 hm. %)

Bylo konstatováno, že všechny bakterie *As. lannensis* tolerovaly chitosan i o nejvyšší testované koncentraci (1,50 hm. %) (F), a že se jejich lag fáze pohybovaly v rozmezí 9–11 h. Z výsledků (kvalitativního profilu) uvedených v Tabulce VI vyplývá, že všechny bakterie *As.*

lannensis byly inhibovány kyselinou sorbovou o nejvyšší testované koncentraci (0,06 hm. %) (J) a v její přítomnosti nerostly (-). Bakterie však tolerovaly kyselinu sorbovou o třech nižších testovaných koncentracích (0,01; 0,02 a 0,04 hm. %) a v bujóněch mSB (G–I) vykazovaly nízký růst (+) s tím, že se jejich lag fáze pohybovaly v rozmezí 9–25 h. Z výsledků (kvalitativního profilu) uvedených v Tabulce VI také vyplývá, že všechny bakterie *As. lannensis* rostly v obou kontrolních modelových bujóněch mSB (A–B). V kontrolním bujónu mSB (A) vykazovaly všechny bakterie střední růst (++) a jejich lag fáze pohybovaly v rozmezí 6–8 h. V kontrolním bujónu mSB (B) vykazovaly všechny bakterie nízký růst (+) a jejich lag fáze pohybovaly v rozmezí 9–12 h. Na základě sumarizace výsledků (kvalitativního profilu) při srovnání tolerance bakterií *As. lannensis* k chitosanu (0–1,50 hm. %) a ke kyselině sorbové (0–0,06 hm. %) bylo konstatováno následující. Kyselina sorbová vykazovala na bakterie *As. lannensis* obecně vyšší bakteriostatický účinek při použití koncentrací (0,01–0,04 hm. %) než chitosan při použití koncentrací (0,20–1,50 hm. %). Nejvyššího účinku – jednalo se o bakteriocidní účinek – bylo na bakterie dosaženo při použití kyseliny sorbové o nejvyšší testované koncentraci (0,06 hm. %).



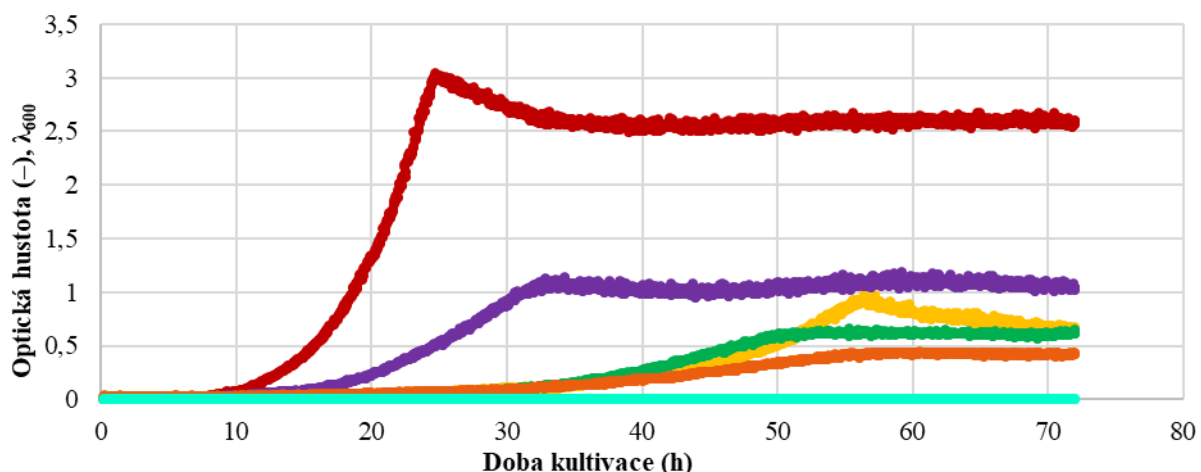
Obrázek 1 Tolerance bakterií *Asaia lannensis* BCC 15734 k chitosanu (0; 0,20; 0,50; 1,00; 1,50 hm. %); aerobní kultivace bakterií v modelovém Sabouraudově bujónu (mSB) s různými přídávky chitosanu (A–F) při teplotě 25 °C během 72 h:

- A) mSB kontrolní (K0): chitosan (0 hm. %) + kyselina citronová (0 hm. %)
- B) mSB kontrolní (K1): chitosan (0 hm. %) + kyselina citronová (1,25hm. %)
- C) mSB s chitosanem (0,20 hm. %): chitosan (0,20 hm. %) + kyselina citronová (1,25 hm. %)
- D) mSB s chitosanem (0,50 hm. %): chitosan (0,50 hm. %) + kyselina citronová (3,00 hm. %)
- E) mSB s chitosanem (1,00 hm. %): chitosan (1,00 hm. %) + kyselina citronová (3,50 hm. %)
- F) mSB s chitosanem (1,50 hm. %): chitosan (1,50 hm. %) + kyselina citronová (4,00 hm. %)

Z výsledků prezentovaných na příkladovém Obrázku 1 je patrné, že bakterie vybraného kmene *As. lannensis* BCC 15734 tolerovaly chitosan o všech testovaných koncentracích (0,20; 0,50; 1,00 a 1,50 hm. %) a v modelových bujóněch mSB (C–F) rostly, podobně jako rostly v obou kontrolních bujóněch mSB (A–B). Účinek chitosanu vůči bakteriím byl vyhodnocen jako bakteriostatický. Se zvyšující se koncentrací chitosanu docházelo ke zvýšení redukce růstu bakterií s tím, že nejvyššího redukčního účinku bylo dosaženo při použití chitosanu o nejvyšší testované koncentraci (1,50 hm. %) v bujónu mSB (F). Při experimentech nebyl zjištěn významný rozdíl v růstu bakterií v přítomnosti chitosanu o dvou koncentracích (0,50 a 1,00 hm. %) v bujóněch mSB (D a E). V kontrolním bujónu mSB (B), který obsahoval pouze kyselinu citronovou (1,25 hm. %) bylo zjištěno, že kyselina citronová vykazovala na bakterie významný redukční účinek, který byl shledán jako vůbec nejvyšší, a to ze všech testovaných bujónů mSB (A–F). Vyšší koncentrace chitosanu (> 1,5 hm. %) již

nebyly testovány z praktického důvodu, že by byl roztok příliš hustý. Uskutečněné experimenty přinesly originální, doposud nepublikované, výsledky.

Na základě výsledků prezentovaných na příkladovém Obrázku 2 bylo konstatováno, že v modelovém bujónu mSB s kyselinou sorbovou o nejvyšší testované koncentraci (0,06 hm. %) (J) nedocházelo k růstu žádných testovaných bakterií *As. lannensis*. Účinek kyseliny sorbové byl inhibiční a byl vyhodnocen jako bakteriocidní. Dále bylo konstatováno, že v bujónech mSB (G–I) s nižšími koncentracemi kyseliny sorbové (0,01; 0,02 a 0,04 hm. %) bakterie rostly a její účinek byl vyhodnocen jako bakteriostatický. S rostoucí koncentrací kyseliny sorbové docházelo k vyšší redukci růstu bakterií. V kontrolním bujónu mSB (A) rostly bakterie standardně. V kontrolním bujónu mSB (B) docházelo díky kyselině citronové k redukci jejich růstu s tím, že tato redukce byla nižší než v bujónech mSB (H, I, J), které obsahovaly kyselinu sorbovou o třech nižších koncentracích (0,02; 0,04 a 0,06 hm. %). Z Tabulky VI a Obrázku 2 je vidět, že účinek kyseliny sorbové o všech testovaných koncentracích byl vůči všem bakteriím *As. lannensis* vyšší než účinek chitosanu o všech testovaných koncentracích. Kyselina sorbová (0,06 hm. %) obsažená v bujónu mSB (G) působila na bakterie bakteriocidně, zatímco chitosan obsažený v bujónech mSB (C–F) na ně působil pouze bakteriostaticky. Roztoky chitosanu o koncentracích vyšších než 1,50 hm. % už nebyly prakticky pro experimenty použitelné, jelikož byly příliš husté. Uskutečněné experimenty přinesly originální, doposud nepublikované, výsledky.



Obrázek 2 Tolerance bakterií kmene *Asaia lannensis* BCC 15734 ke kyselině sorbové (0; 0,01; 0,02; 0,04 a 0,06 hm. %); aerobní kultivace bakterií v modelových Sabouraudových bujónech (mSB) s různými přídávky kyseliny sorbové (A–B, G–J) při teplotě 25 °C během 72 h:

- A) mSB kontrolní (K0): kyselina sorbová (0 hm. %) + kyselina citronová (0 hm. %)
- B) mSB kontrolní (K1): kyselina sorbová (0 hm. %) + kyselina citronová (1,25 hm. %)
- G) mSB s k. sorbovou (0,01 hm. %): kyselina sorbová (0,01 hm. %) + kyselina citronová (1,25 hm. %)
- H) mSB s k. sorbovou (0,02 hm. %): kyselina sorbová (0,02 hm. %) + kyselina citronová (1,25 hm. %)
- I) mSB s k. sorbovou (0,04 hm. %): kyselina sorbová (0,04 hm. %) + kyselina citronová (1,25 hm. %)
- J) mSB s k. sorbovou (0,06 hm. %): kyselina sorbová (0,06 hm. %) + kyselina citronová (1,25 hm. %)

Tolerance vybraných bakterií Asaia lannensis BCC 15734 k chitosanu v modelových sirupech/cukerných roztocích zjišťovaná během skladovacích pokusů

Výsledky tolerance bakterií vybraného sbírkového kmene *As. lannensis* BCC 15734 k chitosanu (0,20 a 0,40 hm. %) v modelových sirupech/cukerných roztocích (a–g) cíleně jimi zaočkovaných (inokulum 1,0 obj. %), během skladovacích pokusů při teplotě 25 °C po dobu 35 dnů, byly zhodnoceny. Bylo experimentováno s modelovými sirupy/cukernými roztoky ovocnými (a–g), konkrétně s příchutěmi jahod a malin, připravenými v laboratoři o složeních: a) sirupy originální, b) cukerné roztoky se sníženým obsahem sacharózy (35,0 hm. %),

c) cukerné roztoky se sníženým obsahem sacharózy (35,0 hm. %) a chitosanem (0,20 hm. %),
d) cukerné roztoky se sníženým obsahem sacharózy (35,0 hm. %) a chitosanem (0,40 hm. %),
e) sirupy bez přidané sacharózy se sirupem s nízkým glykemickým indexem, f) sirupy bez přidané sacharózy se sirupem s nízkým glykemickým indexem a chitosanem (0,20 hm. %),
g) sirupy bez přidané sacharózy se sirupem s nízkým glykemickým indexem a chitosanem (0,40 hm. %). Během skladovacích pokusů modelových sirupů/cukerných roztoků s příchutěmi jahod i malin vykazovaly nejvyšší bakteriální stabilitu tři sirupy: a), f), g). Podle Vyhlášky č. 248/2018 Sb. je jako sirup označován nápojový koncentrát obsahující více než 50,0 hm. % cukru (míněno sacharózy)¹⁴.

Závěr

Bakterie 8 kmenů *As. lannensis* rostly dobře v Sabouraudově bujónu při teplotě 25 °C po dobu 48 h aerobně a na Sabouraudově agaru při teplotě 25 °C za dobu 72 h aerobních kultivací dosáhly vysokých počtů v rozmezí řádů 10^7 – 10^8 KTJ·ml⁻¹.

K tolerancím bakterií *As. lannensis* k chitosanu (0–1,50 hm. %) zjištěných na bioreaktoru RTS-8 bylo sděleno, že během aerobních kultivací v modelových Sabouraudových bujónech při teplotě 25 °C během 72 h docházelo u všech bakterií k postupné redukci jejich růstu se zvyšující se koncentrací chitosanu (0–1,50 hm. %) s tím, že nejvyššího redukčního účinku bylo dosaženo při použití chitosanu o nejvyšší testované koncentraci (1,50 hm. %). Účinek chitosanu byl vyhodnocen jako bakteriostatický. Samotná kyselina citronová (1,25 hm. %), která zde působila jako kontrola a médium pro rozpuštění chitosanu, způsobila vůbec nejvyšší redukci růstu bakterií a její účinek byl bakteriostatický.

K tolerancím bakterií *As. lannensis* ke kyselině sorbové (0–0,06 hm. %) zjištěných na bioreaktoru RTS-8 bylo sděleno, že během aerobních kultivací v modelových Sabouraudových bujónech při teplotě 25 °C během 72 h docházelo u všech bakterií k postupné redukci jejich růstu se zvyšující se koncentrací kyseliny sorbové (0–0,04 hm. %) s tím, že její účinek byl bakteriostatický. Inhibičního účinku vůči všem bakteriím bylo dosaženo při použití kyseliny sorbové o nejvyšší testované koncentraci (0,06 hm. %). Samotná kyselina citronová (1,25 hm. %), která zde působila jako kontrola, způsobila pouze redukci růstu bakterií a její účinek byl vyhodnocen jako bakteriostatický.

Během skladovacích pokusů modelových sirupů/cukerných roztoků ovocných při teplotě 25 °C během 35 dnů vykazovaly nejvyšší bakteriální stabilitu následující tři typy sirupů: sirupy originální, sirupy bez přidané sacharózy s přidavkem sirupu s nízkým glykemickým indexem a chitosanem (0,20 hm. %), sirupy bez přidané sacharózy s přidavkem sirupu s nízkým glykemickým indexem a chitosanem (0,40 hm. %). Bakteriální stabilita modelových sirupů/cukerných roztoků jahodových a malinových byla podobná.

Výsledky této práce mohou být využity v nápojářském průmyslu při výrobě nealkoholických nápojů typu ovocné sirupy, při eliminaci zdravotně a technologicky nežádoucích octových bakterií *As. lannensis*, a to s využitím potenciálu chitosanu coby přírodní antimikrobiálně aktivní látky působící samostatně nebo v kombinaci s jinými antimikrobiálně aktivními látkami typu kyselina sorbová.

Poděkování

Autoři příspěvku děkují Ing. Martinu Kuncovi (GeneProof a.s., CZE) za konzultace k bioreaktoru RTS-8 (BioSan, LVA). Tato práce byla podpořena Ministerstvem zemědělství, Národní agenturou pro zemědělský výzkum, projektem QK1710156 (2017–2021, MZE/QK), v programu QK – Program aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství na období 2017–2025 „ZEMĚ“.

Literatura

1. Silva, M. M. N., Holanda, V. L., Pereira, K. S., Coelho, M. A. Z., Arch. Microbiol., 2022, 204, 194–203.
2. Antolak, H., Jeleň, H., Otlewska, A., Kręgiel D., Food Res. Int., 2019, 121, 379–386.
3. Tyagi, P., Mathew, R., Opperman, C., Jameel, H., Gonzalez, R., Lucia, L., Hubbe, M., Pal, L., Langmuir, 2019, 35, 104–112.



4. Yilmaz Atay, H., *Functional Chitosan*, 1st edition, Springer, 2019.
5. Cosme, F., Vilela, A., *Appl. Sci.*, 2021, 11, 11427.
6. Prováděcí nařízení Komise (EU) 2018/1023, Eur-lex access to european union law. 2018 [online]. [citováno 9. srpna 2024]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2018/1023/oj.
7. Silva, M. M. N., Albuquerque, T. L., Pereira, K. S., Coelho, M. A. Z., *J. Nutri. Health Food Eng.*, 2019, 9, 109–121.
8. Zeece, M., *Introduction to the Chemistry of Food*, 1st edition, Academic Press, 2020.
9. Destanoğlu, O., *Food Addit. Contam. A*, 2023, 40, 812–823.
10. Stopforth, J., Kudron, T. *Antimicrobials in Food*, 4th ed. CRC Press, Abingdon, 2020.
11. Stratford, M., Vallières, C., Geoghegan, I. A., Archer, D. B., Avery, S. V., *Mosphere*, 2020, 5, e00273-20.
12. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, Eur-lex Access to European Union Law. 2024 [online]. [citováno 9. srpna 2024]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/cs/txt/?uri=celex%3a32008r1333>.
13. ČSN EN ISO 7218, Český normalizační institut, 2008.
14. VYHLÁŠKA č. 248/2018 Sb., *Zákony pro lidi – Sběrka zákonů 2018* [online]. [citováno 08. srpna 2024]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-248/zneni-20181201>.

P10

GALAKTOOLIGOSACHARIDY V MLÉČNÝCH VÝROBCÍCH JAKO ZDROJ ALFA-DIKARBONYLOVÝCH SLOUČENIN

Mečířová A., Průšová A., Tobiška V., Procházková Z., Cejpek K.

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

Úvod

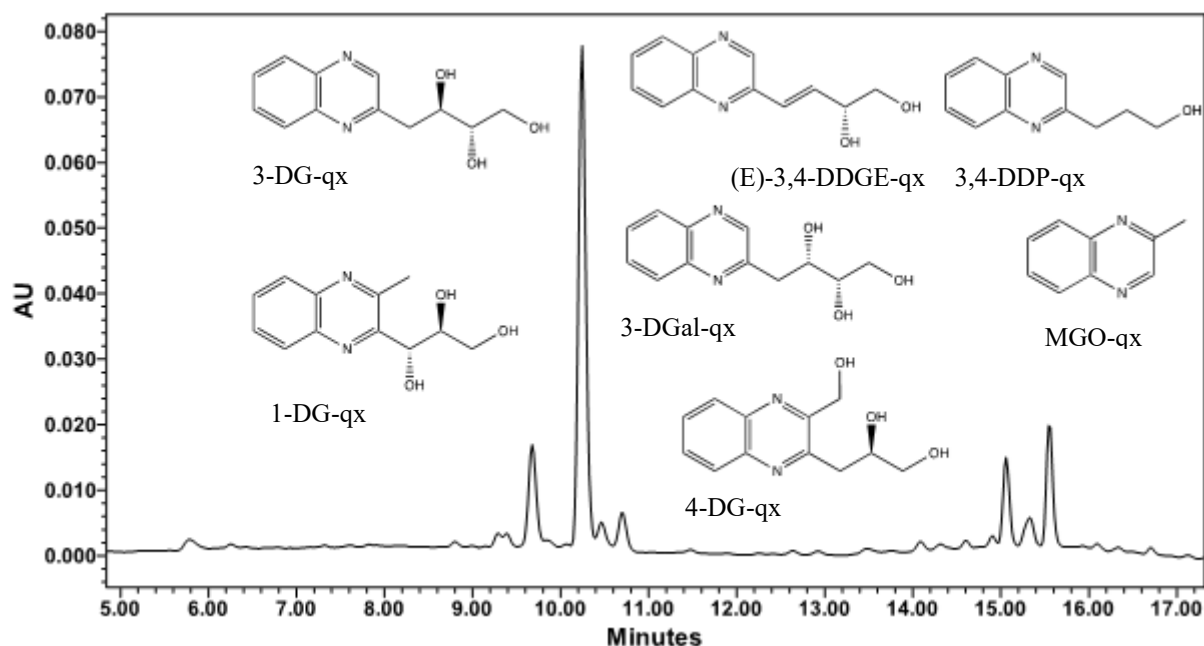
α -Dikarboxylové sloučeniny (α -DC) jsou klíčovými a velmi reaktivními meziproducty karamelizace a Maillardovy reakce. Vznikají transformací sacharidů především při záhřevu nebo dlouhodobém skladování a podílí se na změnách sensorických, technologických i nutričních vlastností potravin. V organismu mohou α -DC vznikat z dietárních cukrů. Nerovnováha mezi vznikem nebo příjmem α -DC na jedné straně a na straně druhé jejich metabolizací či exkrecí je příčinou tzv. karboxylového stresu. Zvýšené koncentrace α -DC *in vivo* poté způsobují nadměrnou glykaci bílkovin a vedou ke vzniku konečných produktů pokročilé glykace (AGEs). Z těchto důvodů jsou dávány do souvislosti s vedlejšími komplikacemi mnoha chronických onemocnění¹.

Většina současných studií se zaměřuje na stanovení pouze několika α -DC, jako jsou glyoxal (GO), methylglyoxal (MGO), biacetyl (BA) a 3-deoxyglukosulosa (3-DG), což může vést k podhodnocení celkového obsahu α -DC. Cílem této práce bylo popsat další α -DC vznikající specificky nebo typicky z galaktooligosacharidů, a poté provést analýzu α -DC ve vybraných mléčných výrobcích.

Experimentální část

Pro analýzu α -DC v mléce a mléčných výrobcích byly zakoupeny vzorky v tržní síti. Dále byly připraveny modelové roztoky cukrů o koncentraci 0,25 mol/l záhřevem na 95 °C po dobu 1-24 hodin. Separace cílové nízkomolekulární frakce z mléčných vzorků i modelových reakčních směsí byla provedena pomocí ultrafiltrace s použitím membrány s nominálním limitem molekulové hmotnosti 1 kDa. Chinoxalinové deriváty α -DC (α -DC-qx) byly získány reakcí s *o*-fenylendiaminem (OPD) po dobu jedné hodiny při laboratorní teplotě. Vzorky byly poté analyzovány pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie ve spojení s detektorem diodového pole (HPLC-PDA). Absorpční maximum α -DC-qx s nasyceným postranním řetězcem je 316 nm, pro nenasycené 335 nm. Kvantifikace α -DC probíhala při použití metody

HPLC-PDA pomocí kalibrační řady MGO po derivatizaci na MGO-qx za předpokladu stejných molárních absorpčních koeficientů všech chinoxalinových derivátů, a to z důvodu komerční nedostupnosti standardů pro většinu α -DC. Jednotlivé α -DC-qx byly tentativně identifikovány pomocí kapalinové chromatografie ve spojení s hmotnostní spektrometrií s elektrosprejovou ionizací a s detektorem doby letu (LC-HRMS-ESI-TOF). Pro separaci α -DC-qx byla v obou případech použita kolona Cortecs Phenyl 2,7 μ m (3,0 \times 150 mm, Waters, USA) a gradientová eluce. Polárnější α -DC-qx s více hydroxylovými skupinami byly eluovány dříve než méně polární α -DC-qx. Příklad chromatografického záznamu je zobrazen na obrázku 1.



Obrázek 1 Chromatografický záznam α -DC-qx v analyzovaném vzorku galaktooligosacharidů se vzorci nejvýznamnějších α -DC-qx (1-DG = 1-deoxyglukosulosa; 3-DG = 3-deoxyglukosulosa; 3-DGal = 3-deoxygalaktosulosa; 4-DG = 4-deoxyglukosulosa; (E)-3,4-DDGE = 3,4-dideoxyglukosulos-3-en; 3,4-DDP = 3,4-dideoxypentosulosa; MGO = methylglyoxal)

Výsledky a diskuse

Modelové experimenty s reakčními směsmi laktosy a laktulosity vedly k identifikaci a popsání 21 α -DC prostřednictvím analýzy hmotnostních spekter, dalších spektrálních a retenčních charakteristik, a srovnáním se známými standardy. Pořadí chromatografické eluce α -DC-qx odpovídá literárním údajům a očekávanému chování na použité stacionární fázi v kombinaci s vlastnostmi mobilní fáze. Pořadí eluce hexosulos postupuje od glykosulos přes deoxyglykosulos až k dideoxyglykosulosám. Pořadí čtyř polohových nebo optických isomerů – 1-deoxyglukosulosy (1-DG), 3-deoxyglukosulosy (3-DG), 3-deoxygalaktosulosy (3-DGal) a 4-deoxyglukosulosy (4-DG) bylo určeno pomocí dalších experimentů. 1-DG typicky vzniká z ketos, jako je fruktosa, zatímco vznik 3-DG je dominantní u glukosy. 3-DGal je nejvíce zastoupena v reakční směsi galaktosy a 4-DG vzniká z laktulosity převážně odlupovacím mechanismem². 3-DG a 3-DGal byly detekovány ve většině analyzovaných vzorků a patří tak mezi běžně se vyskytující α -DC.

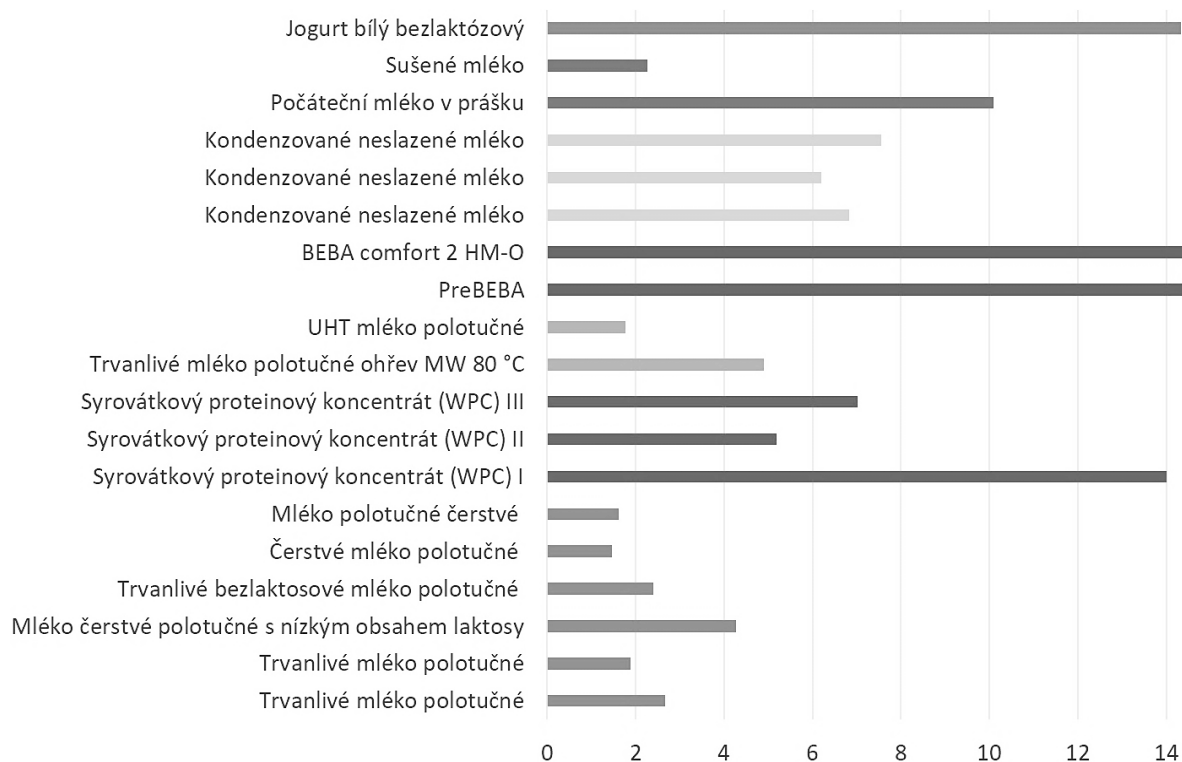
Dále bylo vytvořeno obsáhlé schéma možné transformace laktulosity za vzniku nejprve 1,2- nebo 2,3-endiolů a poté primárních a fragmentárních α -DC. Jmenovitě 1,2-enolizací a dehydratací laktulosity vzniká 3-deoxylaktosulosa (3-DLac) a naopak 2,3-enolizací a dehydratací vzniká 1-deoxylaktosulosa (1-DLac). Po hydrolýze laktosy na monosacharidy galaktosu a fruktosu dochází k následujícím transformacím. Z 1,2-endiolu galaktosy vzniká oxidací galaktosulosa (GalS) nebo dehydratací 3-deoxygalaktosulosa (3-DGal). Obdobně

z 1,2-endiolu fruktosy či glukosy vzniká oxidací glukosulosa (GlcS) a dehydratací 3-deoxyglukosulosa (3-DG). Další dehydratací 3-DG a 3-DGal vzniká shodný α -DC, a to nenasycený 3,4-dideoxyglukosulos-3-en, který může být v konfiguraci (*E*)- nebo (*Z*)-. Ve schématu byl také znázorněn i další významný produkt karamelizace, a to 5-hydroxymethylfuran-2-karbaldehyd (HMF), který vzniká dehydratací *cis* isomeru 3,4-dideoxyglukosulos-3-enu (3,4-DDGE). Z 2,3-endiolu fruktosy či glukosy mohou dehydratací vznikat další α -DC, a to již zmíněné 1-DG a 4-DG. Následnými reakcemi může vznikat šestiuhlíkatá 1,4-dideoxyglukosulosa (1,4-DDG); pětiuhlíkaté α -DC: 1-deoxypentosulosa (1-DP); 3-deoxypentosulosa (3-DP); 1,4-dideoxypentosulosa (1,4-DDP); 3,4-dideoxypentosulosa (3,4-DDP) a v neposlední řadě dvou-, tří- a čtyřuhlíkaté fragmentární α -DC: GO, MGO a BA. Pro všechny zmíněné α -DC byl v modelových vzorcích laktosy a laktulosity nalezen za použití LC-ESI-TOF-MS v příslušném retenčním čase jejich pseudomolekulární ion jako nejvýznamnější ion v hmotnostním spektru.

V rámci experimentů se ukázalo jako praktické kombinovat obě metody – HPLC-PDA a LC-MS. Nejprve byla použita HPLC s PDA detektorem, který dokáže selektivně detekovat sloučeniny absorbující UV záření v typickém tvaru spektra, jako jsou právě α -DC. Poté následovala hmotnostní spektrometrie, která má výhodu v možnosti tentativní identifikace jednotlivých analytů prostřednictvím cílové analýzy, tedy hledání známých hmot *m/z*, jež odpovídají potenciálně přítomným látkám ve vzorku. Pro zcela jednoznačné určení jednotlivých látek by ale bylo nutné použít potvrzovací standardy, buď komerčně dostupné, nebo syntetizované, nebo další spektrální techniky.

V modelových vzorcích byl dále určen procentuální poměr specifických a typických α -DC pro (galakto)oligosacharidy. Mezi specifické patří oligosacharidové α -DC s glykosidovou vazbou, tedy 1-DLac a 3-DLac. Typickými α -DC jsou pak 4-DG, 1-DP, 3-DP a 1,4-DDG. Procentuální poměr těchto šesti α -DC se pohyboval od 7 do 44 % v modelových reakčních systémech laktosy a od 44 do 79 % v modelových reakčních systémech laktulosity. Podhodnocení celkového obsahu α -DC tedy může být výrazné, pokud bychom stanovovali pouze několik α -DC, pro které jsou dostupné standardy.

Výsledky analýzy α -DC v mléce a mléčných výrobcích vykazovaly rozdíly v závislosti na typu potravin a míře zpracování. Ve vzorcích mléka byl celkový obsah α -DC relativně nízký, v rozmezí 0,14-1,94 mg/l, přičemž UHT mléko obsahovalo vyšší koncentrace α -DC než pasterované mléko, což odpovídá zvýšené teplotě při zpracování. Neslazené kondenzované mléko obsahovalo α -DC v koncentracích od $1,25 \pm 0,07$ mg/l do $1,73 \pm 0,10$ mg/l. Tekuté náhradní kojenecké výživy měly hodnoty α -DC okolo $1,83 \pm 0,11$ mg/l, zatímco analyzovaný vzorek kojenecké výživy v prášku $8,1 \pm 0,49$ mg/kg. Mírné rozdíly byly také pozorovány u jogurtů, kde bezlaktózový polotučný jogurt obsahoval vyšší hodnoty α -DC ($1,86 \pm 0,11$ mg/kg) ve srovnání s běžným polotučným jogurtem ($1,16 \pm 0,03$ mg/kg). Vyšší koncentrace α -DC v bezlaktózových produktech lze přičíst hydrolýze laktosy na reaktivnější monosacharidy. Syrovátkové proteinové koncentráty byly analyzovány v průběhu dvou let a obsah α -DC v nich se v průběhu skladování snižoval, což naznačuje postupující Maillardovu reakci. Obrázek 2 ukazuje celkový obsah α -DC v mléce a mléčných výrobcích po přepočtu na sušinu.



Obrázek 2 Celkový obsah α -DC v mléčných výrobcích (mg/kg sušiny)

Nejvyšší hladiny α -DC byly celkově nalezeny v sušených, kondenzovaných a bezlaktózových mléčných výrobcích a také v kojenecké výživě (až 14 ± 1 mg/kg sušiny). I přes to však nejsou obvykle mléčné výrobky významným zdrojem α -DC v porovnání s jinými potravinami, jako je například pečivo, slazené nápoje nebo cukrovinky (pečivo obsahuje 6-90 mg/kg, slazené nápoje 4-25 mg/l a cukrovinky 55-450 mg/kg.)³. Rozsah Maillardovy reakce je ale důležitý pro sensorickou jakost mléčných výrobků, protože může vést k nežádoucímu chuťovému profilu a barvě.

Závěr

Celkem bylo popsáno více než 20 α -DC, a to především díky sérii experimentů s reakčními směsmi laktosy, laktulose i dalších cukrů. Analýza α -DC probíhala pomocí HPLC-PDA a LC-MS a výsledky byly srovnány s vytvořeným komplexním reakčním schématem. Dále práce vedla k určení podílu specifických či typických α -DC z galaktooligosacharidů. Nejvyšší podíl těchto α -DC byl u vzorku laktulose, a to až 79 %. Bylo tedy prokázáno riziko významného podhodnocení celkového obsahu α -DC při zanedbání běžně nestanovovaných α -DC a v dalších experimentech tomu bude věnována náležitá pozornost.

Analýza α -DC ve vybraných vzorcích mléka a mléčných výrobků potvrdila statisticky významně vyšší obsah α -DC tepelně a jinak zpracovaných výrobcích, především v sušených, bezlaktózových a kondenzovaných, ale i v náhradní kojenecké výživě. Srovnání s jinými potravinami ukazuje, že mléčné výrobky obecně nepatří k významným dietárním zdrojům α -DC, avšak zvýšený obsah α -DC může být indikátorem kvality mléčných potravin z hlediska tepelného poškození či nadměrně dlouhé doby skladování.

Poděkování

Tento výstup vznikl v rámci projektu Specifického vysokoškolského výzkumu – projekt č. A2_FPBT_2024_010 a projekt č. A1_FPBT_2024_006.

Literatura

1. Hellwig, M.; Gensberger-Reigl, S.; Henle, T.; Pischetsrieder, M. Food-Derived 1,2-Dicarbonyl Compounds and Their Role in Diseases. *Seminars in Cancer Biology* **2018**, *49*, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2017.11.014>.
2. Yan, S.; Wu, L.; Xue, X. α -Dicarbonyl Compounds in Food Products: Comprehensively Understanding Their Occurrence, Analysis, and Control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **2023**, *22* (2), 1387–1417. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13115>.
3. Maasen, K.; Scheijen, J. L. J. M.; Opperhuizen, A.; Stehouwer, C. D. A.; Van Greevenbroek, M. M.; Schalkwijk, C. G. Quantification of Dicarbonyl Compounds in Commonly Consumed Foods and Drinks; Presentation of a Food Composition Database for Dicarbonyls. *Food Chemistry* **2021**, *339*, 128063. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128063>.

P11

DATABÁZE VÝZNAMNÝCH CHEMICKÝCH REAKCÍ V POTRAVINÁCH NA VŠCHT PRAHA

Procházková Z., Průšová A., Cejpek K.

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

Úvod

Databáze významných chemických reakcí v potravinách (dále jen Databáze) je strukturovaným databázově uspořádaným souborem dat, který představuje rozsáhlý zdroj informací v interaktivním formátu. Je jednou ze studijních opor předmětů v rámci oborů Chemie a analýza potravin a přírodních produktů nebo Chemie a technologie.

Databáze je umístěna na školním oficiálním výukovém portálu e-learning.vscht.cz a umožňuje aktivní zapojení studentů do její tvorby. Student pod dohledem mentora vytváří podklady pro výukové materiály pro ostatní uživatele a získává lepší vhled do dané problematiky chemického popisu změn v potravinách a je tak veden k hlubšímu pochopení reakčních a technologických souvislostí.

Databáze je dostupná nejen studentům oboru, ale všem uživatelům VŠCHT.

Experimentální část

Databáze vzniká na půdě Ústavu analýzy potravin a výživy VŠCHT již několik let, ale v roce 2023 se nám podařilo překlomit ji do interaktivního formátu na portál e-learning.vscht.cz. K tomu bylo zapotřebí nastavit databázová pole tak, aby pojmul různě strukturovaný vkládaný obsah a sestavit zadávací šablony z těchto polí:

1. pro vkládání jednotlivých záznamů
2. pro zobrazení těchto záznamů
3. pro zobrazování přehledu záznamů v interaktivním seznamu
4. pro podrobné vyhledávání v souboru záznamů

Tyto šablony tak umožňují vkládat či upravovat jednotlivé listy záznamů a dále pak listovat v databázi a vyhledávat požadované informace.

Do takto vytvořeného prostředí bylo vloženo cca 50 kompletních pilotních záznamů. K tomuto kroku bylo nutné zkontrolovat správnost dat, přidat relevantní odkazy a zdroje.

V dalším kroku bylo vloženo cca 50 záznamových listů obsahujících pouze název reakčního schéma, vlastní reakční schéma a zařazení do kategorií reakcí v potravinách. Tyto poslouží jako diskusní témata pro studenty a stanou se pro ně projektovým prostředím díky kterému Databáze dále poroste.



Následovalo testování funkčnosti databáze v režimu Student – přidávání záznamů, schvalování, možnosti změn, které nám zajistili dvě studentky oboru. V rámci databáze má student možnost interagovat dvěma způsoby: buď přidáním nového záznamu, který pak čeká na schválení mentorem, anebo přidáním komentáře k záznamu stávajícímu.

Výsledky a diskuse

Jako příklad kompletního pilotního záznamu uvádíme reakci D.6 Vznik černých skvrn u syrových brambor (dle číslování naší Databáze) na Obrázku 1.

Reakce jsou rozděleny podle typu a z něj pak vychází i jejich kódování uvedené v Tab. I:

Tabulka I Rozdělení reakcí a kódování

Typ reakce	ID reakce	
Reakce hlavních a přídatných živin	AN.1-AN.99	reakce antinutričních látek
	L.1-L.99	reakce lipidů
	M.1-M.99	Maillardova reakce
	P.1-P.99	reakce bílkovin
	S.1-S.99	reakce sacharidů
	V.1-V.99	reakce vitaminů
	X.1-X.99	reakce ostatní
Reakce ovlivňující senzoryckou jakost potravin	C.1-C.99	reakce barevných látek (colorants)
	D.1-D.99	reakce způsobující diskolorace ovoce a zeleniny
	F.1-F.99	reakce vonných a chuťových látek (flavour)
Reakce ovlivňující hygienicko-toxikologickou jakost potravin	K.1-K.99	reakce kontaminantů (contaminants)
	T.1-T.99	reakce přirozených toxických látek
Případové studie změn potravin	CS.1-CS.99	reakce popisující komplexní změnu potravin řešené v případové studii (case studies)
Biosyntéza složek potravin	BF.1-BF.99	reakce popisující vznik vonných látek v živých tkáních nebo pletivech
	BP.1-BP.99	reakce popisující vznik bílkovin v živých tkáních nebo pletivech
	BS.1-BS.99	reakce popisující vznik sacharidů v živých tkáních nebo pletivech
	BT.1-BT.99	reakce popisující vznik pro člověka toxických látek v živých tkáních nebo pletivech
	BV.1-BV.99	reakce popisující vznik vitaminů v živých tkáních nebo pletivech



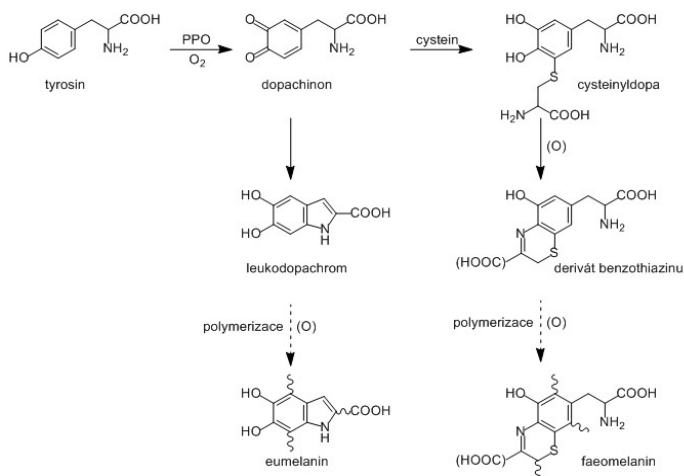
Vznik černých skvrn u syrových brambor

ID reakce: D.6

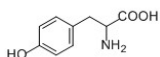
Typ reakce: Reakce ovlivňující senzoryckou jakost potravin

Skupina reakcí:

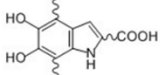
Reakční schéma:



Reaktanty: 556-03-6 Tyrosin



Produkty: 4790-08-3 Eumelanin



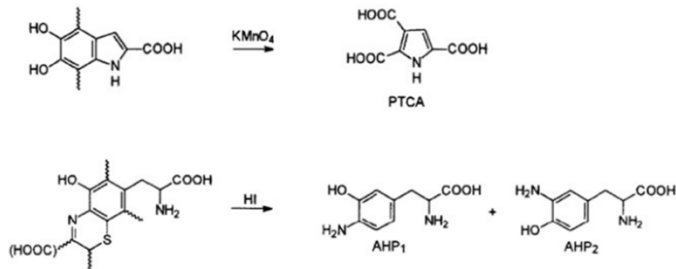
Katalyzátor reakce:

Termodynamické parametry reakce: Subepidermální modrošedé zóny, 1-3 dny skladování po běžném ataku hlízy bez viditelných známek poškození. Víc při chladírenských podmínkách a vyšších hladinách tyrosinu. Na pigmentu se podílí i bílkovinná matrice. Reakce mezi nukleofilními aminokyselinovými zbytky v bílkovinách a chinony.

Kinetické parametry reakce:

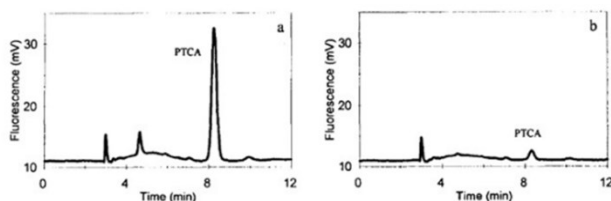
Časový průběh reakce:

Analytický záznam:

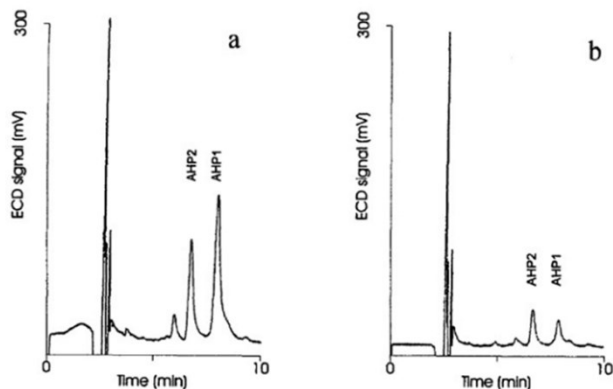


Vznik pyrrol-2,3,5-trikarboxylové kyseliny (PTCA) oxidací eumelaninu manganistanem. Eumelanin obsahuje jednotky 5,6-dihydroxyindol-2-karboxylové kyseliny (DHICA).

Vznik isomeru aminohydroxyfenylalaninu (AHP) hydrolyzou feomelaninu jodovodíkem. Feomelanin obsahuje jednotky benzothiazinu.



HPLC analýza vzorku brambor s černými skvrnami (a) a beze skvrn (b) po degradaci manganistanem (vznik PTCA).



HPLC analýza vzorku brambor s černými skvrnami (a) a beze skvrn (b) po hydrolýze jodovodíkem (vznik isomeru AHP).

Změna nutriční hodnoty: nevýznamná

Změna hygienicko- nevýznamná

toxikologické hodnoty:

Změna senzorické hodnoty: Diskolorace allomelaninového typu.

Možnosti inhibice reakce:

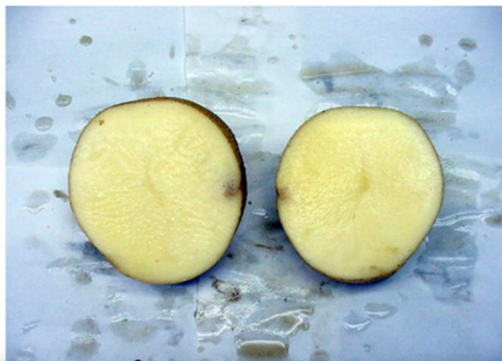
Komodity a technologie, brambory

ve kterých lze reakci

očekávat:

Literární zdroje: Stevens L. H., Davelaar E., Kolb R. M., Pennings E. J. M., Smit N. P. M. Tyrosine and cysteine are substrates for blackspot synthesis in potato. *Phytochem.* 49, 703-707, 1998.

Obrazová dokumentace:



Štítky:



► Komentáře (0)

Obrázek 1 Příklad vyplněného záznamového listu k reakci D.6 Vznik černých skvrn u syrových brambor

Práce s databází

V rámci kompetencí je databáze nastavena na uživatele typu Student a Teacher. Oba typy uživatelů mohou databázi pozměňovat, ale konečné slovo, má vždy uživatel s kompetencí Teacher (tj. vlastní mentor).

Např. po vložení nového záznamu uživatelem s kompetencemi Student, se tento záznam uloží do databáze v kontrastní barvě a dokud není schválen uživatelem s kompetencemi Teacher, v databázi se ostatním Studentům nezobrazuje. Stávající záznamy může Student komentovat (vložit Komentář), jehož obsah nebo zde uvedený podnět může Teacher jako správce obsahu poté implementovat do záznamu.

Prostředí Moodle nabízí velmi efektivní nástroje vyhledávání v rámci vytvořených databází: po zadání dotazu se vytvoří seznam relevantních odkazů na jednotlivé listy databáze.

Pokud by během používání Databáze vyvstaly požadavky na doplnění šablon, ve smyslu vytvoření možnosti vkládat nový typ informací, lze tak učinit velmi jednoduše úpravou šablony buď pomocí přednastavených polí anebo pomocí html kódu. K prostředí Moodle se váže rozsáhlá komunita uživatelů¹, kteří sami píšou doporučení a návody, jak různé nápady, potřeby a požadavky v prostředí řešit. Jejich zkušenosti pak lze využít při hledání řešení vlastního zadání.

Závěr

Vytvoření databáze na výukovém portálu e-learning.vscht.cz, všeobecně používaném na VŠCHT Praha, přispívá ke zvýšení úrovně chemického způsobu myšlení posluchačů a propojení znalostí z chemických a biochemických disciplín. Právě komplexní znalost významných reakčních pochodů v potravinách posiluje inženýrskou část dovedností studentů potravinářských oborů naší školy. V budoucnu se předpokládá využití obsahu databáze i pro širší odbornou veřejnost. Dostupná a aktualizovaná databáze a její uživatelsky přívětivější prostředí se může stát zároveň jedním ze základních pilířů budoucího komunikačního portálu na téma chemických a biochemických změn v potravinách.

Poděkování

Projekt byl v roce 2023 a 2024 podpořen v rámci pedagogických grantů VŠCHT CI_PIGA_2023_046 a VŠCHT CI_PIGA_2024_02.

Literatura

1. <https://moodle.org/?lang=cs>.

P12

SENZORICKÉ HODNOCENÍ AUTENTICITY MONOFLORÁLNÍCH MEDŮ

Ilko V., Doubková K., Panovská Z., Doležal M.

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

Úvod

Monoflorální medy jsou oblíbené nejen pro své typické sensorické vlastnosti, ale i pro jejich přisuzované blahodárné účinky. Deklarace autenticity monoflorálních medů však bývá často velmi náročná, což vede k rozšiřování praktik falšování. K těmto praktikám patří například přidavek cenově dostupnějších sacharidových roztoků nebo nesprávné označení botanického původu medu, což může spotřebitele zmást a zároveň negativně ovlivnit sensorické kvality této potraviny. Mezi hlavní sensorické deskriptory, jimiž spotřebitelé hodnotí monoflorální medy, patří vůně, barva, konzistence, vzhled, příjemnost textury a chuť –



tedy vlastnosti vnímané smyslovými orgány. Každý monoflorální med by měl být jedinečný ve svém sensorickém projevu, což činí metodu sensorického hodnocení vhodnou pro analýzu různých botanických druhů medů a pro odhalení případných narušení jejich autenticity. K posouzení autenticity monoflorálních medů je účelné sensorickou analýzu doplnit o analytické metody, které poskytují přesnější výsledky. Typickým přístupem v tomto ohledu je analýza těkavých látek, které významně přispívají k charakteristickému aromatu monoflorálních medů. Cílem této studie je prostřednictvím sensorické analýzy zjistit, zda zvolený panel hodnotitelů dokáže identifikovat akátové a lipové monoflorální medy a odhalit jejich falšování polyflorálním medem nebo přidavkem sacharidových roztoků. Dále byl pomocí plynové chromatografie s hmotnostní spektrometrií proveden profil těkavých látek, čímž bylo doplněno celkové hodnocení autenticity těchto medů.

Experimentální část

Celkově bylo zakoupeno osm medů, z čehož čtyři vzorky byly medy lipové a čtyři akátové. Všechny vzorky medů pocházejí z českého trhu a prodejci/výrobci deklarovali medy jako čistě monoflorální. Směsný med použitý k ředění medů monoflorálních pochází z vlastního chovu včel z okresu Chomutov. Seznam vozků a experimentů je uveden v tabulce I.

Tabulka I Přehled provedených sensorických analýz

Číslo experimentu	Hodnocené medy	Provedení
1	Lipový – Milan Čaloun Lipový – Mary Rose Lipový – Product Bohemia s.r.o. Lipový – Medokomerc s.r.o.	Hodnocení původních vzorků bez úpravy
2	Akátový – Pleva s.r.o. Akátový – Mary Rose Akátový – Product Bohemia Akátový – Lidl Česká republika v.o.s.	Hodnocení původních vzorků bez úpravy
3	25 % polyflorální med, 75 % lipový med 50 % polyflorální med, 50 % lipový med 75 % polyflorální med, 25 % lipový med 100 % polyflorální med	Nastavení monoflorálního medu lipového od výrobce Product Bohemia s.r.o. polyflorálním medem
4	10 % roztok sacharidů, 90 % akátový med 20 % roztok sacharidů, 80 % akátový med 30 % roztok sacharidů, 70 % akátový med 40 % roztok sacharidů, 60 % akátový med 50 % roztok sacharidů, 50 % akátový med	Ředění monoflorálního medu akátového od výrobce Product Bohemia s.r.o. roztokem sacharidů
5	10 % roztok sacharidů, 90 % lipový med 20 % roztok sacharidů, 80 % lipový med 30 % roztok sacharidů, 70 % lipový med 40 % roztok sacharidů, 60 % lipový med 50 % roztok sacharidů, 50 % lipový med	Ředění monoflorálního medu lipového od výrobce Product Bohemia s.r.o. roztokem sacharidů

Senzorická analýza

Pro senzorickou analýzu medu byla využita senzorická laboratoř VŠCHT, která svým vybavením splňuje ČSN ISO 8589 mezinárodní normy. Jako hodnotící panel sloužili proškolení hodnotitelé o celkovém počtu 24 a rozložení 7 mužů a 17 žen. Senzorické hodnocení bylo prováděno metodou senzorického profilu dle mezinárodní normy ČSN ISO 11035. Formulář byl zhotoven elektronicky za pomoci programu RedJade® zvláště pro medy akátové a zvláště pro lipové. Použity byly nestrukturované stupnice o rozpětí 0 – 100 bodů. Deskriptory k zhotovení formuláře byly vybrány v souladu s odbornou literaturou. Formuláře byly vyhodnoceny v programech RedJade® a MS Excel. V pořadí nejdříve proběhlo zhodnocení všech zakoupených originálních monoflorálních medů, poté proběhlo hodnocení medu lipového od výrobce Product Bohemia s.r.o. nastavením v daných poměrech polyflorálním medem, dále hodnocení stejného lipového medu naředěného roztokem sacharidů v daném poměru a následně hodnocení akátového medu též od výrobce Product Bohemia s.r.o. nastaveného daných poměrech roztokem sacharidů. Seznam vzorků a experiment je uveden v tabulce I.

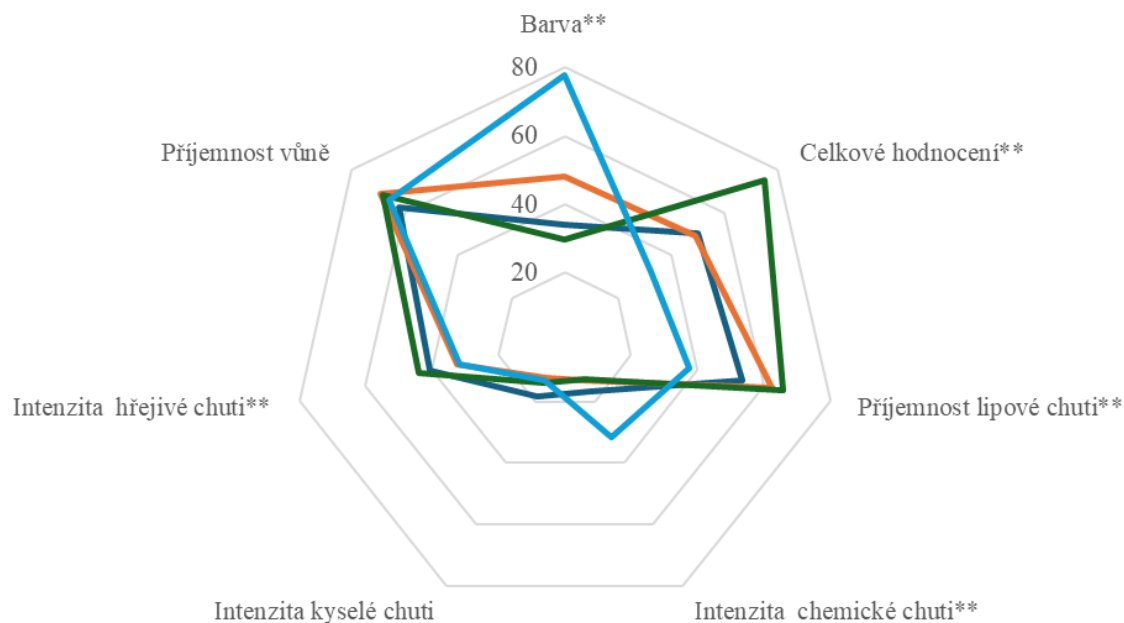
Stanovení profilu těkavých látek pomocí SPME-GC/MS

Pro extrakci bylo do Erlenmeyerovy baňky naváženo 30 g daného vzorku medu a přidáno 10 ml 20 % roztoku chloridu sodného s destilovanou vodou. Takto připravená směs byla vložena do vodní lázně o teplotě 50 °C. Po temperaci směsi byla dovnitř baňky vložena jehla se StableFlex (DVB/CAR/PDMS) vláknem a extrakce probíhala po dobu 45 minut. Po uplynutí této doby bylo vlákno 3 minuty tepelně desorbováno v injektoru plynového chromatografu. Jako nosný plyn bylo využito helium s průtokem 1 ml/min. Nástřik probíhal v režimu splitless při teplotě 250 °C. Byla použita polární kapilární kolona HP-INNOWax Polyethylene Glycol o rozměrech 30 m x 0,25 mm x 0,25 μm. Celkově byla analýza nastavena na 44 minut s teplotním programem 40 °C po dobu 3 minut od počátku nástřiku a následné zvyšování teploty o 5 °C za minutu do hodnoty 220 °C. Hmotnostní detektor pracoval v módu scan s hmotnostním rozsahem 34 - 350 m/z. Identifikace sloučenin byla provedena s využitím knihovny hmotnostních spekter (NIST Mass Spectral Search Program).

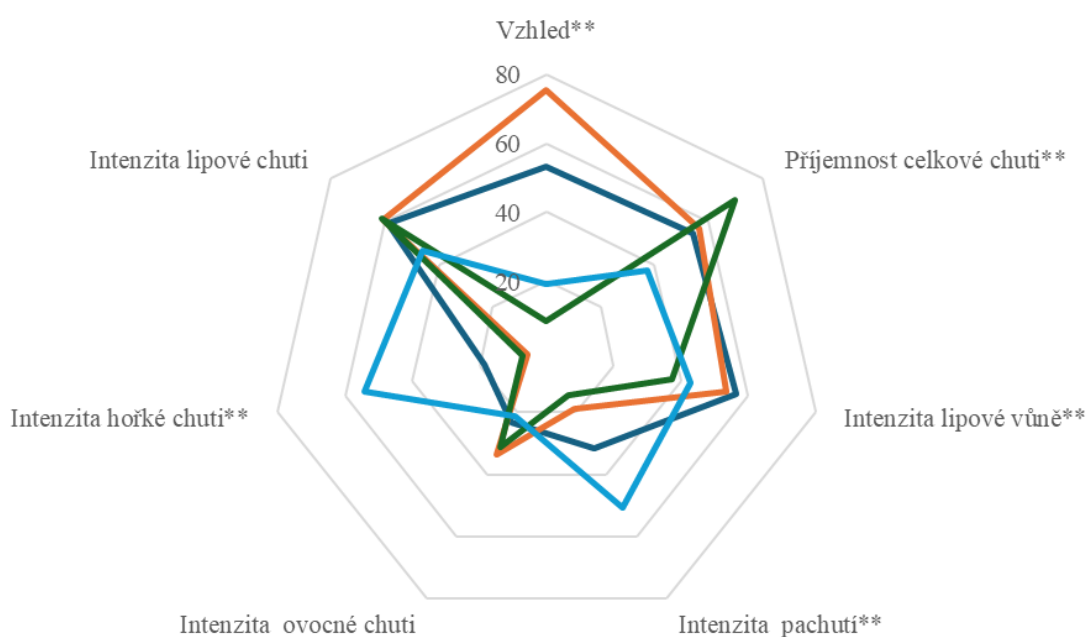
Výsledky a diskuse

Ukázalo se, že již samotná deklarace botanického původu není jednotná v tom, co deklarují prodejci na svých internetových obchodech a tím, co je uvedeno na obalu medu. Například medy výrobce Product Bohemia s.r.o. nedeklarují na obalu med jako čistě monoflorální, nýbrž jako pouze květový, avšak prodejce na svých stránkách deklaruje med jako včelí květový akátový 100 %. Stejně tak v případě medů výrobce Mary Rose, Milana Čalouna i Medokomerc s.r.o. nejsou informace prodejci uváděné výhradně v souladu s jejich složením na obalu.





Obrázek 1 Zobrazení senzorickeho profilu u experimentu 1. ** značí statisticky významný rozdíl mezi hodnotami $p < 0,05$, — - Vášnivý včelař Milan Čaloun, — - Product Bohemia s.r.o., — - Mary Rose, — - Medokomerc s.r.o.



Obrázek 2 Zobrazení senzorickeho profilu u experimentu 1. ** značí statisticky významný rozdíl mezi hodnotami $p < 0,05$; , — - Vášnivý včelař Milan Čaloun, — - Product Bohemia s.r.o., — - Mary Rose, — - Medokomerc s.r.o.

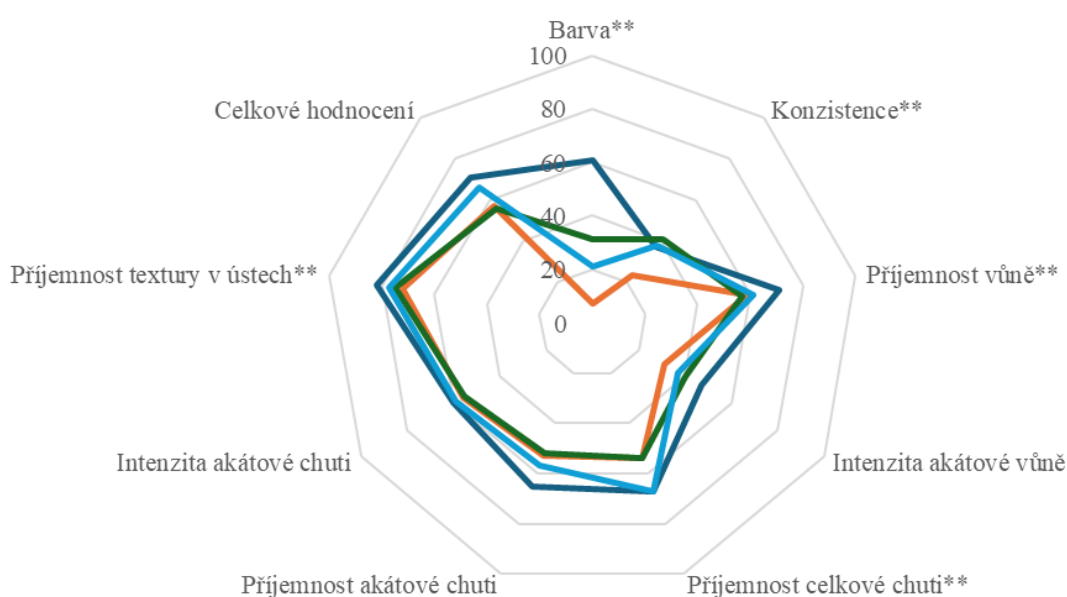
Senzorické hodnocení deklarovaných lipových medů (experiment 1)

Senzorická analýza lipových medů odhalila významné rozdíly mezi vzorky (Obrázek 1 a 2). Med od firmy Medokomerc se lišil nejtmavší barvou a nejméně příjemnou chutí, což bylo způsobeno vyšší intenzitou pachutí a hořkých, trpkých, chemických tónů. Med od firmy Mary Rose byl hodnocen jako středně tmavý a s tužší konzistencí, což ovlivnilo jeho nižší příjemnost.

Medy od Milana Čalouna a P. Bohemia byly spíše světlejší a čiré, s viskózní konzistencí. P. Bohemia získal nejvyšší hodnocení celkové chuti a textury. Výsledky naznačují preferenci hodnotitelů pro řidší, tekuté medy.

Senzorické hodnocení deklarovaných akátových medů (experiment 2)

Senzorická analýza akátových medů odhalila největší rozdíly mezi vzorky v kategorii barvy, kde se všechny medy významně lišily. Med od Mary Rose byl nejsvětější, zatímco med od Pleva nejtmaší. Všechny vzorky byly hodnoceny jako čiré. Med Mary Rose měl nejřidší konzistenci, zatímco med Pleva získal nejvyšší hodnocení za příjemnost vůně. Akátová vůně byla obecně nevýrazná, ale hodnotitelé ji vnímali spíše pozitivně. Chuťově byly medy Pleva a Lidl hodnoceny jako příjemnější než Mary Rose a P. Bohemia, ale bez významných rozdílů v jednotlivých chuťových deskriptorech. Textura medů byla obecně hodnocena pozitivně, přičemž med Pleva vynikal. Barevné odlišnosti mezi medy zřejmě neovlivnily celkové hodnocení. Květinová vůně byla nejčastěji přítomná, následovaná ovocnou a rostlinnou, bez výrazných rozdílů mezi vzorky.

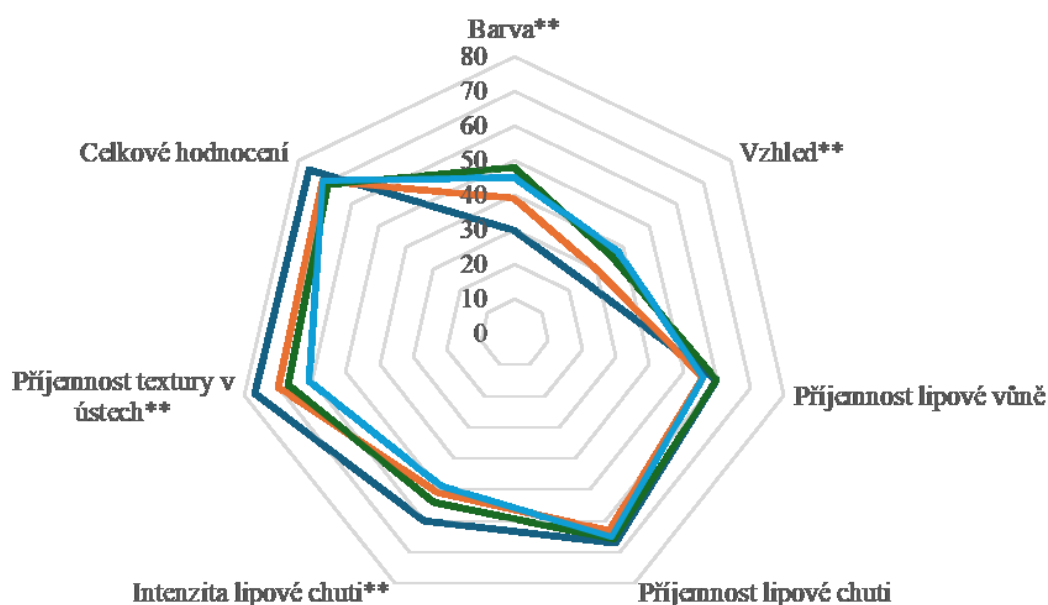


Obrázek 3 Zobrazení senzoričského profilu u experimentu 2. ** značí statisticky významný rozdíl mezi hodnotami $p < 0,05$; , — - Pleva s.r.o., — - Product Bohemia s.r.o., — - Mary Rose, — - Lidl Česká Republika

Senzorické hodnocení nastavovaného monoflorálního medu lipového polyflorálním medem (experiment 3)

Při hodnocení barvy medů hodnotitelé dokázali odlišit nejméně nastavený med (25 % vzorku tvořil med polyflorální) od ostatních vzorků, jelikož ho zhodnotili ze všech vzorků jako nejsvětější. Ještě dokázali rozeznat z 50 % nastavený lipový med od 75 %, avšak už nebyli schopni rozeznat rozdíl mezi 100 % polyflorálním medem a z 50 % a ze 75 % nastaveným lipovým medem. Vzhledově se ukázal být nejméně nastavený med statisticky odlišitelný už od 75 % nastaveným lipovým medem. Med s největším podílem monoflorálního lipového medu měl z ostatních vzorků nejvíce čirý vzhled. Hodnotitelé nedokázali rozeznat medy od sebe podle vůně ani chuti. Pouze směs tvořená z 25 % polyflorálním medem měla odlišitelně slabší intenzitu hřejivé chuti. Obdobně jako u vzhledu, tak příjemností textury v ústech hodnotitelé odlišili bezpečně med monoflorální nejméně nastavený od 50 % nastaveného i od čistě polyflorálního. Nevnímali ale už rozdíl monoflorálního medu ze 75 % nastaveného od 50 %

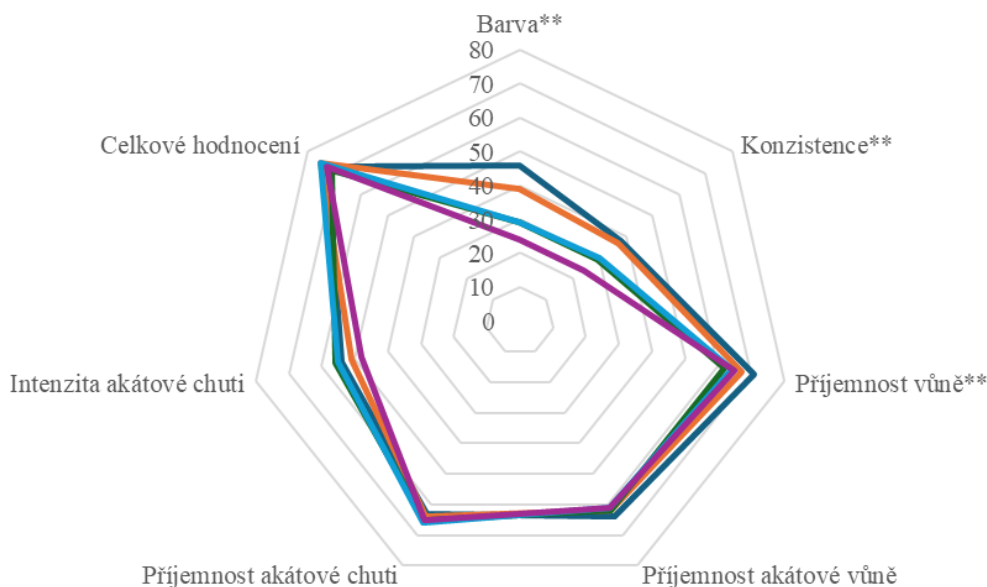
nastaveného a od čistě polyflorálního medu. Z celkového hodnocení vyplývá, že hodnotitelé nedokáží prokazatelně rozeznat čistě polyflorální med od vzorků monoflorálních nastavených jen z určité části polyflorálním medem. Určité možnosti ve statisticky významném odlišení medů čistě polyflorálních od medů monoflorálních z 25 % nastavených polyflorálním medem poskytují deskriptory jako barva a vzhled. I přestože mezi medy v profilovém hodnocení nebyli podle vůně hodnotitelé schopni rozeznat rozdíly, tak z hodnocení dalších vůní vyšla u nejméně nastaveného lipového medu největší četnost květinové vůně, a naopak čistě polyflorální med byl nejčastěji označen jako bez další vůně (viz Obr. 4).



Obrázek 4 Zobrazení senzorickeho profilu u experimentu 3. ** značí statisticky významný rozdíl mezi hodnotami $p < 0,05$; — - 25% polyflorální med, — - 75% polyflorální med, — - 50% polyflorální med, — - 100% polyflorální med

Senzorické hodnocení ředění monoflorálního medu akátového roztokem sacharidů (experiment 4)

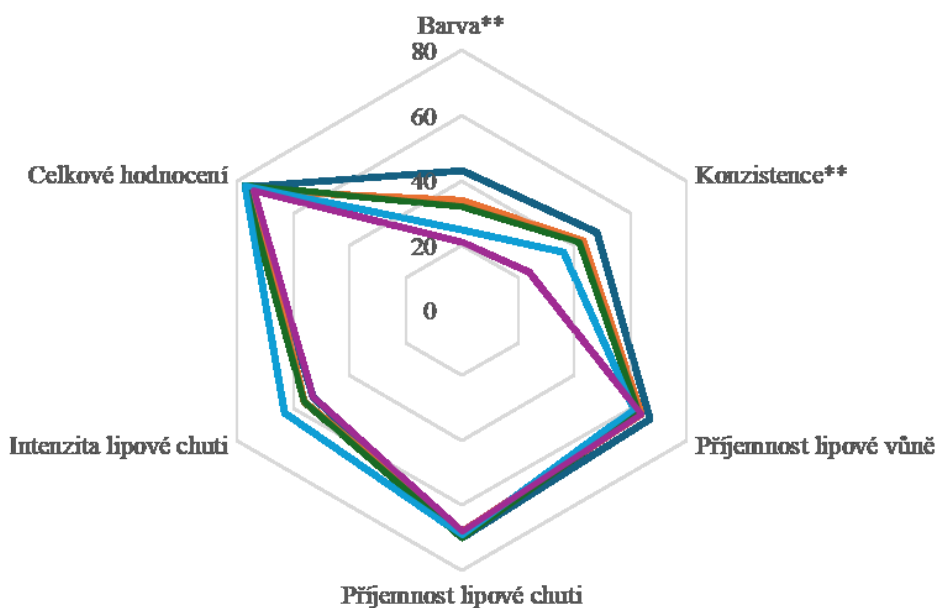
Z výsledků je patrné, že hodnotitelé vnímali rozdíl mezi vzorky naředěnými roztokem sacharidů z 10 %, 20 % od medů naředěných z 30 %, 40 % a 50 %. Zároveň rozeznali rozdíly v barvě mezi medem naředěným z 10 % a 20 %, ale medy naředěné ze 30 %, 40 % a 50 % pro ně byly barevně neodlišitelné. Nejméně naředěný med byl hodnocen jako nejtmavší. Podobný trend platí i u konzistence. Nejvíce jednoznačně odlišitelný byl naředěný med z 10 % od 50 %. Nejméně naředěný med byl odlišitelný konzistencí i od medů naředěných z 30 % a 40 %. Mezi ostatními vzorky již významné rozdíly nebyly. Přijemností vůně se sice medy od sebe liší, avšak výsledky nedávají žádný logický výsledek, který by mohl udat pozorovatelný trend hodnotitelů. V žádných jiných deskriptorech nebyly vzorky od sebe odlišitelné, tedy se ukázalo, že jediné, čím bylo možné odlišit míru naředění medů, byla barva a konzistence. Očekávatelná změna v intenzitě vůně nenastala pravděpodobně z důvodu nízké intenzity již u původního vzorku. Četnosti dalších vůní v naředěných medech nevykazovaly žádné vypovídající rozdíly mezi vzorky (viz Obr. 5).



Obrázek 5 Zobrazení senzorickeho profilu u experimentu 4. ** značí statisticky významný rozdíl mezi hodnotami $p < 0,05$; — - 10% ředění, — - 20% ředění, — - 30% ředění, — - 40% ředění, — - 50% ředění

Senzorické hodnocení ředění monoflorálního medu lipového roztokem sacharidů (experiment 5)

Vzorky vykazovaly významný rozdíl pouze v barvě a konzistenci. S nárůstem procentuálního zastoupení roztoku sacharidů se i zesvětlovala barva medů a konzistence se stávala řidší, což dělalo medy odlišitelné. Medy se u deskriptoru barvy rozdělily do tří skupin. Med lipový naředěný roztokem sacharidů z 10 % byl ohodnocen jako výrazně tmavší než všechny ostatní vzorky. Tmavší se jevíly medy ředěné z 20 % a 30 %, které mezi sebou odlišitelné nebyly, ale od ostatních medů ano. Poslední dva vzorky, tedy medy naředěné z 40 % a 50 % se obdobně mezi sebou významně nelišily, ale od ostatních vzorků byly rozpoznatelné. U konzistenci se nejméně naředěný med (10 %) odlišoval pro hodnotitele rozpoznatelně, až když naředění vzorků medů překročilo 30 % hranici. Med, který byl naředěn z 20 % se pro hodnotitele nelišil od medů s naředěním 10 % a 30 % natolik, aby tyto medy podle konzistence od sebe rozeznali. Žádnými jinými deskriptory se od sebe naředěné medy neodlišovaly a celkově byly medy hodnoceny jako senzoricke podobné (obr. 6).



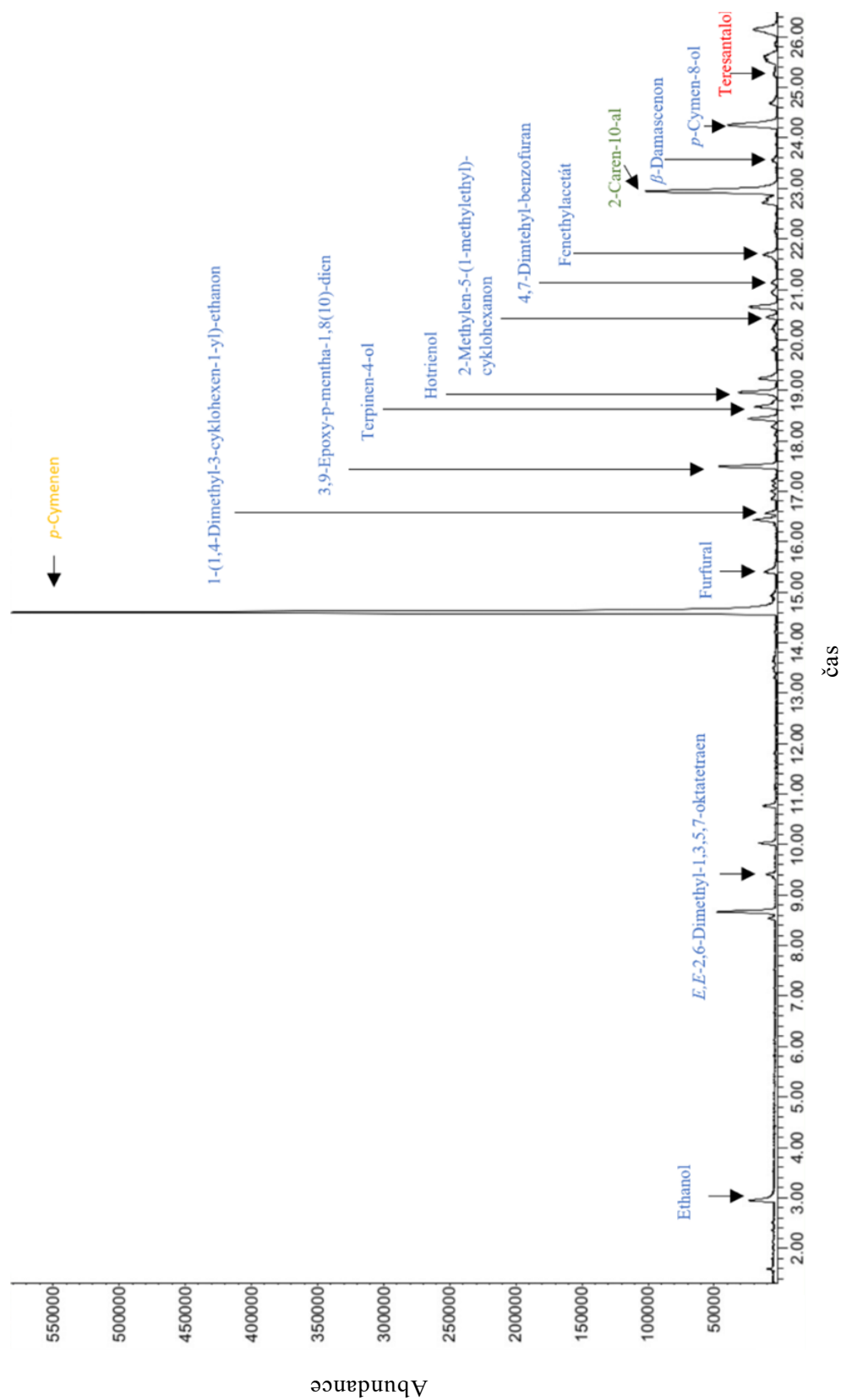
Obrázek 6 Zobrazení sensorického profilu u experimentu 5. ** značí statisticky významný rozdíl mezi hodnotami $p < 0,05$; — - 10% ředění, — - 20% ředění, — - 30% ředění, — - 40% ředění, — - 50% ředění

Mikroextrakce tuhou fází následovaná plynovou chromatografií s hmotnostním spektrometrem

Výsledky analýzy ukázaly, že většina látek se vyskytuje nespecificky a nesouvisí výhradně s určitým typem monoflorálního medu. Některé látky, jako například p-cymenen, karvakrol a γ -terpinen, byly identifikovány jako markery lipových medů, přičemž p-cymenen byl nejzastoupenější. Látky jako p-cymen-8-ol a thymol byly ve vyšší míře přítomny v lipových medech oproti ostatním. Exkluzivně v lipových medech se vyskytoval 2-careen-10-al, a v lipovém medu původem z Polska (Mary Rose) byly identifikovány kyselina geranová a tetrahydro-4-methyl-2-(2-methylpropenyl)-2H-pyran, což odpovídá polským studiím o lipových medech.

Monoterpenoid teresantalol byl nalezen v medech výrobců Product Bohemia a Milan Čaloun, který se nachází běžně ve stromu santalovníku, ale neovlivnil sensorické hodnocení dřevnaté vůně. Také byl identifikován 2-methylen-5-(1-methylethyl)-cyklohexanon, běžný v rostlině *Murraya paniculata*. Obě látky byly přítomny v menších množstvích. Analyzované lipové medy neobsahovaly žádné markery akátových medů, avšak dvě sloučeniny typické pro jiné monoflorální medy byly nalezeny ve vzorcích Mary Rose a Medokomerc. V medu Mary Rose byl detekován dihydroxyaceton, typický pro manuka medy, a (E)-2-decenal, který se vyskytuje v citronovém medu. V medu Medokomerc byly identifikovány 2,4-dekadial a kyselina pentanová, látky charakteristické pro řepkové a pohankové medy. Přítomnost těchto aromatických látek mohla přispět k negativnímu sensorickému hodnocení medu Medokomerc, zejména v chuti a vůni.

V rámci analyzovaných akátových medů všechny vzorky obsahovaly sloučeniny, které jsou v literatuře považovány za markery tohoto typu medu. Mezi tyto sloučeniny patří cis-linalool oxid a β -linalool. Například med Mary Rose obsahoval obě tyto látky, med Pleva pouze β -linalool, med Product Bohemia obsahoval cis-linalool oxid a 3-methyl-3-buten-1-ol, zatímco med Lidl Česká republika v.o.s. měl ve svém složení β -linalool, linalool oxid, cis-linalool oxid a 3-methyl-3-buten-1-ol. Podíl těchto látek se v jednotlivých vzorcích akátových medů pohyboval mezi 0,5 % a 14,1 %, což ukazuje na variabilitu jejich zastoupení.



Obrázek 7 Chromatogram lipového medu; Barevné odlišení: Látky necharakteristické, Marker lipových medů, **Netypické látky**, V rámci analýzy přítomna pouze v lipových medech

I když analyzované akátové medy obsahovaly sloučeniny specifické pro akátové medy, objevily se také látky, které pro tento typ medu běžné nejsou. Například med Mary Rose obsahoval dihydroxyaceton a (E)-2-decenal, které však podle senzorické analýzy neměly negativní vliv na výsledné vlastnosti medu. Med Pleva obsahoval vedle dihydroxyacetonu také 4,8 % glycerinaldehydu, což je látka typická pro pampeliškový med. Nejvíce netypických markerů monoflorálních medů, které nejsou obvyklé pro akátový med, bylo nalezeno ve vzorku medu Lidl Česká republika v.o.s. Tento vzorek obsahoval 3-methyl-3-buten-1-ol, (E)-2-decenal, 3-methyl-pentanovou kyselinu (charakteristickou pro pampeliškový med) a 3-furaldehyd (marker pro medovicové medy). Přestože tyto látky byly v medu přítomny, jejich koncentrace byla převážně nízká a senzorická analýza neprokázala žádné významné odlišnosti tohoto medu oproti ostatním vzorkům.

Závěr

Při hodnocení autenticity monoflorálních medů se ukázala senzorická analýza v kombinaci s plynovou chromatografií spojenou s hmotnostní spektrometrií jako efektivní metoda. Klíčovým aspektem je zaměření na kritické oblasti, které mohou narušovat autenticitu medů, a vyhodnocení schopnosti hodnotitelů odhalit případné falšování nebo potvrdit pravost monoflorálních medů.

Výsledky senzorické analýzy odhalily významné rozdíly mezi vzorky lipových medů, přičemž med od výrobce Medomomerc s.r.o. se výrazně odlišoval od ostatních vzorků jak chutí, tak vůní. V některých lipových medech byl také nalezen vzorek ve zkrystalizovaném stavu, což negativně ovlivnilo hodnocení textury a potvrdilo, že čeští spotřebitelé preferují nezkrystalizované medy. Naopak, akátové medy nevykazovaly mezi sebou statisticky významné rozdíly.

Falšování medů přidavkem polyflorálního medu nebo roztoku sacharidů neumožnilo hodnotitelům spolehlivě rozpoznat narušení autenticity monoflorálních medů. Nicméně barva a vzhled se ukázaly jako vhodné deskriptory pro odlišení medů s přidavkem polyflorálního medu, zatímco barva a konzistence byly klíčovými faktory při detekci ředění medů sacharidovým roztokem. Hodnotitelé také úspěšně rozlišili medy nejvíce narušené přidavkem dalších složek od těch s menší mírou narušení.

Doplnění senzorické analýzy plynovou chromatografií a hmotnostní spektrometrií odhalilo profily těkavých látek, které jsou charakteristické pro lipové a akátové medy a významně přispívají k jejich typickému aroma. Ve všech vzorcích byly identifikovány látky, které jsou v literatuře uváděny jako charakteristické pro dané botanické druhy. Byly rovněž nalezeny některé látky typické pro jiné monoflorální medy, avšak jejich vliv na celkový senzorický profil nebyl prokázán, což naznačuje, že nedošlo k zásadnímu narušení autenticity.

Poděkování

Tato práce byla realizována za podpory projektu Specifického vysokoškolského výzkumu – projekt č. AI_FPBT_2024_006.

Literatura

1. Alimentarius, C. International Standard for Honey CXS 12-19811 Adopted in 1981. *Amended in 2019*, 1-8.
2. ČSN EN ISO 8589 (560036) *Senzorická analýza - Obecné pokyny pro uspořádání senzorického pracoviště*. TECHNOR, 2023.
3. ČSN ISO 11035 (560061) *Senzorická analýza - Identifikace a výběr deskriptorů pro stanovení senzorického profilu pomocí mnohorozměrového přístupu*. TECHNOR, 2023.
4. Marcazzan, G. L.; et al. A review of methods for honey sensory analysis. *Journal of Apicultural Research* 2018, 57 (1), 75-87.
5. Nguyen, T. Q. N.; et al. Determination of volatile compound profiles and physico-chemical analysis of linden and acacia Czech honey. *Journal of Apicultural Research* 2023, 62 (2), 374-382.
6. Grégrová, A.; et al. Vybrané těkavé markery českých řepkových a lipových medů. *Chemické listy* 2021, 115 (10), 524-529.

7. Špánik, I.; et al. Characterisation of VOC composition of Slovak monofloral honeys by GC× GC-TOF-MS. *Chemical Papers* **2013**, *67*, 127-134.
8. Natalya, T.; et al. Aromatherapy with essential oils treating chronic fatigue syndrome. *Биология растений и садоводство: теория, инновации* **2015**, (141), 127-130.
9. Papotti, G.; et al. Use of HS-SPME-GC-MS for the classification of Italian lemon, orange and citrus spp. honeys. *International journal of food science & technology* **2012**, *47* (11), 2352-2358.
10. Özenirler, Ç. Dandelion honey: a new monofloral honey record for Turkey. *Uludağ Arıcılık Dergisi* **2018**, *18* (2), 87-93.
11. Yang, Y.; et al. Volatile components as chemical markers of the botanical origin of Corsican honeys. *Flavour and Fragrance Journal* **2018**, *33* (1), 52-62.

P13

VYHODNOCENÍ JAKOSTNÍCH PARAMETRŮ TRVANLIVÝCH KLOBÁS Z MASA BOBRA EVROPSKÉHO (*CASTOR FIBER*) A NUTRIE ŘÍČNÍ (*MYOCASTOR COYPUS*)

Slováček J., Nedomová Š., Janík Piechowiczová M., Jůzl M.

Ústav technologie potravin, Mendelova univerzita v Brně

Cílem práce bylo definovat a srovnat jakostní parametry trvanlivých masných výrobků z masa volně žijících semiakvatických druhů volně žijících zvířat. Jednalo se o bobra evropského (*Castor fiber*) a nutrie říční (*Myocastor coypus*), jejichž výskyt ve volné přírodě je v České republice korigován. V případě bobra se jedná o chráněného živočicha loveného na základě výjimek udělených příslušným územně správním orgánem, v případě nutrie se jedná o invazivního živočicha, který se ve zdejší krajině původně nevyskytoval, a může být loven bez omezení. Jelikož mohou být rezervoárovými druhy pro parazity, závisí na způsobu odlovu a případné kontaminaci v rámci další manipulace s tělem zvířete, tedy je nutné v případě snahy o naplnění zásad udržitelnosti zvolit optimální masný výrobek a postup, aby neodrazoval lovce, a přitom je neohrozil na zdraví. Vzhledem k nízkému množství svaloviny dostupné pro eventuální zpracování do formy vhodných masných výrobků byly vytvořeny příslušné užitné vzory. Tato studie popisuje jakostní parametry a porovnává trvanlivé tepelně opracované masné výrobky, receptury obou výrobků byly navrženy tak, aby obsahovaly majoritní množství masa z obou semiakvatických druhů hlodavců. V případě trvanlivých tepelně opracovaných klobás byl jako kontrola zvolen výrobek pouze z vepřového masa. Byly provedeny základní chemické analýzy, mikrobiologický rozbor, instrumentální měření barvy a textury, a sensorický profil výrobků. Výsledky mikrobiologického rozboru finálních výrobků obou semiakvatických druhů potvrdily obecně platnou zásadu, že dostatečné tepelné opracování (minimálně 70 °C, po dobu 10 minut v celém objemu výrobku) vede k eliminaci většiny kontaminujících mikroorganismů, v kombinaci se sušením (a_w pod 0,93) se jedná o bezpečný masný výrobek s dostatečnou dobou trvanlivosti při velmi dobrých sensorických parametrech.

Comparative Study on Quality Parameters of Wild Beaver (*Castor fiber*) and Nutria (*Myocastor coypus*) Dry-cured Sausages

The aim of the work was to define and compare the quality parameters of dried meat sausages from the meat of free-living semi-aquatic species of wild animals. These were the European beaver (Castor fiber) and the nutria (Myocastor coypus), whose occurrence in the wild is corrected by authorities in the Czech Republic. In the case of the beaver, it is a protected animal hunted on the basis of exceptions by the relevant territorial administrative authority, in the case of the nutria, it is an invasive animal that did not originally occur in the local landscape, and can be hunted without restrictions. As they can be a reservoir species for parasites, it depends on the method of capture and possible contamination within the further



handling of the animal's body, so in the case of striving to fulfill the principles of sustainability, it is necessary to choose the optimal meat product and procedure so that it does not discourage hunters and at the same time does not endanger their health . Due to the low amount of muscle tissue available for possible processing into the form of suitable meat products, appropriate utility models were created. This study describes the quality parameters and compares long-life heat-treated meat products, the recipes of both products were designed to contain the majority of meat from both semi-aquatic rodent species. In the case of durable heat-treated sausages, a product made only of pork meat was chosen as a control. Basic chemical analysis, microbiological analysis, instrumental measurement of color and texture, and sensory profile of the products were performed. The results of the microbiological analysis of the final products of both semi-aquatic species confirmed the generally valid principle that sufficient heat treatment (minimum 70 °C, for 10 minutes in the entire volume of the product) leads to the elimination of most contaminating microorganisms, in combination with drying (a_w below 0.93) it is a safe meat product with a sufficient shelf life with very good sensory parameters.



Adresář prezentujících autorů

Jméno	Pracoviště
Ing. Abdullah Fouad Ali Abdullah Ph.D.	Ústav hygieny a technologie potravin živočišného původu a gastronomie, VETUNI Brno
Ing. Bínová Zuzana	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
prof. Ing. Bojňanská Tatiana CSc.	Ústav potravinářstva, SPU Nitra
Ing. Brzobohatý Rostislav	Mewery s.r.o.
RNDr. Bušová Milena CSc.	Ústav hygieny a epidemiologie, 1.LF UK a VFN Praha
doc. Dr.Ing. Cejpek Karel	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
Ing. Ciesarová Zuzana PhD.	NPPC, Výskumný ústav potravinársky v Bratislave
doc. Ing. Čížková Helena Ph.D.	Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha
doc. Dr. Ing. Doležal Marek	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
prof. Ing. Dostálová Jana CSc.	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
Mgr. Filinová Tereza	Czech Journal of Food Sciences
Ing. Horsáková Iveta Ph.D.	Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha
Ing. Houška Milan CSc.	Výzkumný ústav potravinářský Praha
doc. Ing. Hrušková Marie CSc	Svaz průmyslových mlýnů ČR Praha
Ing. Ilko Vojtech Ph.D.	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
doc. Ing. Jůzl Miroslav Ph.D.	Ústav technologie potravin, MU v Brně
prof. Dr. Ing. Koplík Richard	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
prof. Ing. Kouřimská Lenka Ph.D.	Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU Praha
MUDr. Kožíšek František CSc.	Státní zdravotní ústav, Praha
Ing. Krátká Gabriela	Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha
Ing. Kučerová Vendula	Bene Meat Technologies a.s.
MUDr. Kudlová Eva CSc.	1. lékařská fakulta UK, Praha
doc. Ing. Kuchař Martin Ph.D.	Laboratoř forenzní analýzy biologicky aktivních látek, VŠCHT Praha
Ing. Kukurová Kristína PhD.	NPPC, Výskumný ústav potravinársky v Bratislave
Ing. Kunc Martin	GeneProof a.s.
Ing. Mečířová Anna	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
Ing. Mikeš Ondřej Ph.D.	SZPI, Ústřední inspektorát, Brno
Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Murkovic Michael	Graz University of Technology, Institute of Biochemistry
Ing. Musiienko Daria	Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU Praha
Doc. Ing. Neužil Bunešová Věra Ph.D.	Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU Praha
Ing. Nguyenová Chi Mai	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

Ing. Novotná Pavla	Výzkumný ústav potravinářský Praha
Mgr. Ing. Palugová Natália	Ústav sacharidů a cereálií, VŠCHT Praha
doc. Dr. Ing. Panovská Zdena	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
Ing. Procházková Zuzana Ph.D.	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
Ing. Průšová Anna	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
doc. Ing. Rajchl Aleš Ph.D.	Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha
Rotrekl Tomáš	Chemagazín
Ing. Rysová Jana	Výzkumný ústav potravinářský Praha
Ing. Ryšlavá Edita Ph.D.	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
doc. Ing. Ševčík Rudolf Ph.D.	Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha
Ing. Šístková Iveta Ph.D.	Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha
Ing. Štíhová Marie	Bene Meat Technologies a.s.
Ing. Švec Ivan Ph.D.	Ústav sacharidů a cereálií, VŠCHT Praha
Ing. Šviráková Eva Ph.D.	Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha
Ing. Tomaniová Monika Ph.D.	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
M.Sc. Tsagkaris Aristeidis Ph.D.	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
Ing. Zdeňková Kamila Ph.D.	Ústav biochemie a mikrobiologie, VŠCHT Praha

GeneProof®

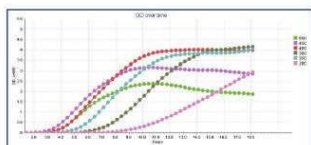
business partner of



OSOBNÍ BIOREAKTORY RTS v nabídce



Osobní bioreaktory RTS jsou zařízení pro mikrobiální kultivaci s automatickým sledováním růstové křivky v reálném čase s možností uživatelské kalibrace na jakýkoliv měřený mikroorganismus.



Typické aplikace:

- Sledování kinetiky růstu během fermentace
- Optimalizace vhodného prostředí
- Sledování chování mikroorganismů v různém prostředí / odlišných podmínkách
- Testování antibiotické rezistence
- Sledování exprese proteinu
- Simulace teplotních šoků
- Kontrola kvality kmene

Patentovaná technologie Reverse-Spin®

RTS-1C



Rozsah měření: 0 - 10 OD
Teplotní rozsah: 4 - 70°C
Objem vzorku: 10 - 30 ml
Rychlost otáček: 50 - 2000 rpm
Počet kanálů: 1

Rozsah měření: 0 - 100 OD
Teplotní rozsah: 15 - 60°C
Objem vzorku: 3 - 50 ml
Rychlost otáček: 150 - 2700 rpm
Počet kanálů: 8

RTS-8



ZAPŮJČENÍ ZDARMA!

PRO ZAPŮJČENÍ ZDARMA NÁS NEVÁHEJTE KONTAKTOVAT

www.geneproof.com

GeneProof a.s.

Vídeňská 101/119 / Dolní Heršpice / 619 00 Brno / Czech Republic
+420 543 211 679 / info@geneproof.com

CHEMAGAZÍN 5

ROČNÍK XXXIII (2023)

TÉMA VYDÁNÍ: **FARMACIE A BIOTECHNOLOGIE**

AI ve službách retrosyntézy

Monitorování procesů v bioreaktorech a studium polymorfů pomocí **Ramanovy spektroskopie**

Ramanovy spektrometry ve farmacii

Kombinované Raman-SEM zobrazování ve farmacii

Analýza a purifikace syntetických oligonukleotidů

Rozpustnost: význam, měření a aplikace
Orbitrap Astral – hvězdný hmotnostní spektrometr

Problematika reprodukovatelnosti výsledků v lyofilizátorech

**METROHM INSTANT
RAMAN ANALYZER
FOR PHARMA**

www.metrohm.cz

**Metrohm
Raman**

Sborník příspěvků

52. Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin

CzechFoodChem 2024

Vydala: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6, ve spolupráci s Výzkumným ústavem potravinářským Praha, v. v. i., Radiová 1285/7, 102 00 Praha 10.

Editor: Karel Cejpek

Rok vydání: 2024

Počet stran: 152

Vydání: První

Elektronická verze publikace ve formátu PDF.