CzechFoodChem 2026

54. symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin

24.–26. května 2026

Sborník příspěvků

Book of Full texts

Karel Cejpek
Editor

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i.

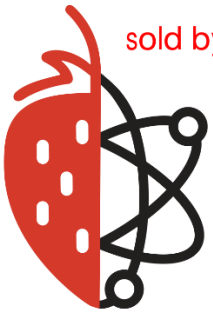
Praha 2026

Publikace neprošla jazykovou ani odbornou úpravou.
Za obsah příspěvků odpovídají autoři.
© Karel Cejpek, Zuzana Procházková, 2026
Tato publikace byla vydána v koedici Vysoké školy chemicko-technologické v Praze
a Národního centra zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i..
ISBN 978-80-7592-350-9
ISSN 1802-1433

PARTNEŘI SYMPOSIA

Altium

profood
JEMO TRADING



sold by AMTEST Test & Measurements

FreezeDry
FUTURE OF FOOD

MOLECULAR SPECTROSCOPY
NICOLET CZ
www.nicoletcz.cz

Česká technologická platforma pro potraviny

CHEMAGAZÍN

Smarts Prague.

LAHOFER
VINAŘSTVÍ

-CH=CH-
ChemChór

ČAZV
ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

PŘEDNÁŠKY

Prezentující autor/ka	Název příspěvku	Strana
Cejpek K.	Potenciál chemických změn při ošetření a zpracování konvenčního a bezlaktosového mléka a mléčných výrobků *Potentiality for chemical changes during treatment and processing of conventional and lactose-free milk and dairy products*	9
Ciesarová Z.	Od surovín k spracovaným potravinám: ako predchádzať tvorbe akrylamidu *From raw ingredients to processed foods: how to prevent the formation of acrylamide*	14
Doležal M.	Eruková kyselina v olejích a pochutinách na českém trhu *Erucic acid in oils and condiments on the Czech market*	15
Fischerová K.	Stanovení tuků pomocí mikrovlnné extrakce *Determination of fats using microwave extraction*	16
Götzová J.	Kontaminanty v potravinách v roce 2025 *Food contaminants in 2025*	17
Hajšlová J.	Ultrazpracované potraviny – špatná výživa nebo špatná definice? *Ultra-processed foods - poor nutrition or poor definition?*	18
Chrpová J.	Kvalita potravin začíná na poli *Food quality starts in the field*	19
Ilko V.	Fermentované rostlinné nápoje: Co slibují a co skutečně nabízejí? *Fermented plant-based beverages: What do they promise and what do they actually offer?*	21
Kočvarová K.	Fermato - Rajčata, bakterie a trochu chaosu: cesta od sklepa k automatizované lince *Fermato - tomatoes, bacteria, and a little chaos: The journey from the cellar to the automated production line*	28
Koplík R.	Obsah minerálních látek v základních potravinách dříve a dnes *Mineral elements content in staple foods in the past and at the current times*	29
Kopuncová M.	Vplyv polosuchej fermentácie na profil prchavej frakcie strukovín *The effect of solid state fermentation on the profile of legumes volatile fraction*	31
Kouřimská L.	Mono-, di- a polysacharidy ve vybraných druzích hmyzu *Mono-, di-, and polysaccharides in selected insect species*	33
Kršková S.	Kontrolní činnost SZPI v oblasti kojenecké výživy *CAFIA inspection activities in the field of infant formula*	36
Krtička M.	FT-NIR spektroskopie jako účinný nástroj pro predikci nutrientů v jedlém hmyzu *FT-NIR Spectroscopy as an efficient tool for rapid nutrient prediction in edible insects*	37

Tento seznam je interaktivní – kliknutím na autora nebo příspěvek se přesunete na příslušný abstrakt.
This list is interactive – click on an author or contribution to go to the relevant abstract.

PŘEDNÁŠKY

Kudlová E.	Ultrazpracované potraviny: hlavní hypotézy a vědecké důkazy *Ultra-processed foods: main hypotheses and scientific evidence*	42
Kukurová K.	Fermentácia strukovín vláknitými hubami ako nástroj regulácie akrylamidu – limity a výzvy zo senzorického hľadiska *Fermentation of legumes by filamentous fungi as a tool for acrylamide mitigation – Sensory limits and challenges*	46
Kyselka J.	Výhody a možná úskalí rafinace rostlinných olejů a bílkovin původem z olejnin *The benefits and potential pitfalls of refining vegetable oils and proteins derived from oilseeds*	47
Musiienko D.	Nutriční a senzorické hodnocení rostlinných alternativ sýrů na českém trhu *Nutritional and sensory evaluation of plant-based cheese alternatives on the Czech market*	48
Nguyenová C.M.	Rychlá predikce trans-nenasycených mastných kyselin v ultra-zpracovaných potravinách pomocí FTIR *A rapid prediction of trans-fatty acids in ultra-processed foods using FTIR*	53
Panovská Z.	Sladidlo Advantam ve zpracovaných potravinách *Advantame sweetener in processed foods*	54
Pivoňka J.	Moderní zpracování potravin: příležitosti a výzvy *Modern food processing: Opportunities and challenges*	59
Průšová A.	Zhodnocení antioxidačního a antiglykačního účinku melanoidinů v přítomnosti α-dikarbonylových produktů Maillardovy reakce *Evaluation of the antioxidant and antiglycation effect of melanoidins in the presence of α-dicarbonyl products of the Maillard reaction*	61
Pulkrabová J.	PFAS v potravinových obalech: Co víme a co přináší nová legislativa *PFAS in food packaging: Current knowledge and new legislation*	66
Sedliaková M.	Od spekter k bezpečnosti: Spektroskopické přístupy ke kontrole kvality potravin *From spectra to safety: Modern approaches in food quality evaluation*	67
Selinger E.	Ultra-zpracované potraviny - pohled veřejného zdraví *Ultra-processed foods – a public health perspective*	68
Slavata L.	Od manuální přípravy k robotizaci 24/7: Zvyšování propustnosti a udržitelnosti v analýze potravin *From manual preparation to 24/7 robotization: Increasing throughput and sustainability in food analysis*	69
Švec I.	Pekařská jakost směsí pšeničné mouky snormálním a waxy škrobem *Baking quality of wheat flour blends with normal and waxy starch*	70

Tento seznam je interaktivní – kliknutím na autora nebo příspěvek se přesunete na příslušný abstrakt.
This list is interactive – click on an author or contribution to go to the relevant abstract.

Zita L.	Králičí maso jako perspektivní základní surovina a potravina v éře udržitelnosti *Rabbit meat as a prospective fundamental raw material and food source in the era of sustainability*	79

Prezentace ve foyer během programu symposia:

Prezentace firmy Profood
Chvílová M., JEMO TRADING s.r.o.

Prezentace firmy NICOLET
Sedliaková M., Nicolet CZ s.r.o.

Prezentace firmy ALTIUM
Fischerová K., Slavata L., Altium International s.r.o.

Prezentace firmy Amtest – Test & Measurements
Kroča J., Amtest-TM s.r.o.

Prezentace časopisu CHEMAGAZÍN
Rotrekl T., CHEMAGAZÍN s.r.o.



Jméno prezentujícího autora	Název příspěvku	Strana
Abdullah F.A.A.	Physiochemical properties of chicken meat from different production systems (organic, free range and conventional)	81
Čížková H.	Stanovení obsahu vajec v majonézách a tatarských omáčkách na základě obsahu cholesterolu a fosforu *Determination of egg content in mayonnaises and tartar sauces based on cholesterol and phosphorus levels*	89
Holkovičová T.	Funkčné a medzifázové vlastnosti rastlinných bielkovinových koncentrátov v cereálnych systémoch *Functional and interfacial properties of plant protein concentrates in cereal-based systems*	94
Jágr M.	Necílená metabolomická analýza odrůd pšenice tvrdé (*Triticum turgidum* subsp.*durum*) *Non-targeted metabolomic analysis of different varieties of durum wheat (*Triticum turgidum *subsp.* durum*)*	99
Jůzl M.	Vliv přídavku rybího masa (*Clarias gariepinus*) na jakostní parametry masného výrobku *Effect of african catfish (*Clarias gariepinus*) meat addition on the food quality parameters of sausages*	101
Kmentová O.	Proteinová fortifikace pečiva: Od suroviny k funkčnímu produktu *Protein fortification of bakery products: From raw material to functional food*	102
Knapovská P.	Voní aromata opravdu jako ovoce? Srovnání profilu těkavých látek v ovoci, přírodních a syntetických aromatech metodou HS-SPME-GC-MS *Do flavourings really smell like fruit? A comparison of volatile compounds in fruit, natural and synthetic flavourings using HS-SPME-GC-MS method*	108
Lauková M.	Vplyv aplikácie ryžového proteínu na kvalitatívne parametre cestovín *The effect of rice protein addition on the qualitative parameters of pasta*	109
Minarovičová L.	Využitie šošovicového bielkovinového koncentrátu pri výrobe chleba *Utilization of lentil protein concentrate in bread production*	114
Náglová Z.	Czech Journal of Food Sciences - mezinárodní recenzovaný časopis s otevřeným přístupem *Czech Journal of Food Sciences - international open access peer-reviewed journal*	120
Novotná P.	Vesnovka obecná – bohatý zdroj sulforafanu *Cardaria draba – a rich source of sulforaphane*	121

Tento seznam je interaktivní – kliknutím na autora nebo příspěvek se přesunete na příslušný abstrakt.
This list is interactive – click on an author or contribution to go to the relevant abstract.

POSTERY

Pavelková A.	Inovatívne technológie balenia mäsa a mäsových výrobkov so zameraním na inteligentné balenie *Innovative packaging technologies for meat and meat products with emphasis on intelligent packaging*	125
Rychetský M.	Komplexní srovnání kvality a biologické aktivity inovativních bylinných cukrovinek a komerčních produktů *Comprehensive comparison of quality and biological activity of innovative herbal confectionery and commercial products*	132
Švec I.	Viskozimetr Rapid ViscoTM Analyser a profil Wheat Flour Ethanol Method – predikce pekařské kvality škrobo-amylasového komplexu a lepkových bílkovin *Rapid Visco Analyser viscometer and the profile Wheat Flour Ethanol Method – prediction of bakery quality of starch-amylase complex and gluten proteins*	133
Šviráková E.	Bakterie rodu *Asaia* kontaminující nealkoholické nápoje produkují biogenní aminy představující zdravotní riziko *Bacteria of the genus* Asaia *contaminating non-alcoholic beverages produce biogenic amines, posing a health risk*	143
Tkáčová J.	Bakteriocíny ako prirodzený nástroj ochrany potravín *Bacteriocins as a natural tool for food protection*	151
Trenzová K.	Vliv teploty na texturu vybraných potravinových komponent pro vojenské použití *Effect of temperature on the texture of selected food components for military use*	156
Adresář účastníků		158

Tento seznam je interaktivní – kliknutím na autora nebo příspěvek se přesunete na příslušný abstrakt.
This list is interactive – click on an author or contribution to go to the relevant abstract.

POTENCIÁL CHEMICKÝCH ZMĚN PŘI OŠETŘENÍ A ZPRACOVÁNÍ KONVENČNÍHO A BEZLAKTOSOVÉHO MLÉKA A MLÉČNÝCH VÝROBKŮ

Cejpek K., Dvořáková K., Průšová A.

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha, CZ

Úvod

Mléko je pro reakce neenzymového hnědnutí takřka ideální potravina. Obsahuje nemalá množství redukujících cukrů (4,5-5 % laktosy) a bílkovin (3,2-3,6 %), včetně reaktivních bílkovin syrovátky (0,5-0,8 %). Zároveň jsou během zpracování mléka používány výrazné tepelné zásahy nebo zásahy snižující aktivitu vody v surovině, takže lze očekávat významný průběh neenzymových reakcí a vznik řady nových látek.

V posledních letech se v mnoha zemích včetně ČR rozšiřuje nabídka bezlaktosového mléka a dalších mléčných výrobků. Důvodem je značný počet lidí trpících intolerancí laktosy; těmto jedincům chybí enzym laktasa, který je přítomen na kartáčovém lemu střevní sliznice a je nezbytný pro hydrolýzu laktosy na glukosu a galaktosu, které se následně vstřebávají v trávicím ústrojí. V důsledku uvedené deficience se laktosa dostává do tlustého střeva, kde podléhá fermentaci, což vyvolává potíže, jako je plynatost, nadýmání a průjem. Nedostatek laktasy různého stupně (hypolaktasie) postihuje téměř 70 % světové populace (10-15 % v ČR) a představuje tak pro člověka nejčastější enzymový deficit.

Tato práce porovnává konvenční a bezlaktosové varianty několika mléčných výrobků z hlediska obsahu a relativního zastoupení klíčových (mezi)produktů Maillardovy reakce, α-dikarbonylových sloučenin (α-DC). Obvykle používanými markery Maillardovy reakce jsou 5-hydroxymethylfuran-2-karbaldehyd (HMF) a pro mléčné výrobky furosin a pyridosin. Na rozdíl od HMF jsou α-DC skupinou většinou velmi časných markerů. Patří mezi ně např. 3-deoxyglykosulosa nebo 1-deoxylaktosulosa. Analýzou těchto nebo jiných markerů lze rozlišit některé technologické postupy, vč. pořadí aplikace tepelného ošetření mléka a přídavku laktasy. Pokud je tepelný zásah v mléce proveden před enzymovou hydrolýzou laktosy, je rozdíl v celkovém obsahu α-DC (i HMF) u obou variant nevýznamný. Vyšší reaktivita bezlaktosového mléka se na úrovni α-DC i HMF projeví až při dalším, např. kulinárním zahřívání mléka. Rovněž u zahuštěného slazeného mléka je množství α-DC v bezlaktosové variantě jen mírně vyšší. U fermentovaných výrobků významně ovlivňuje celkové hladiny α-DC také aktivita mikroorganismů, a tak lze např. v důsledku glukosové represe citrátového cyklu v bezlaktosových systémech očekávat jiné hladiny biacetylu než u konvenčního jogurtu. Je zřejmé, že α-DC vznikající během fermentace mohou vstupovat do neenzymové Maillardovy reakce a ovlivňovat její rozsah i charakter.

Mléko a mléčné výrobky podle NOVA Food Classification

V souladu s nosným tématem letošního ročníku symposia, které se týká zejména tzv. ultrazpracovaných potravin, je komentováno zařazení bezlaktosových výrobků v rámci klasifikačního systému NOVA.

Tento systém hodnotí míru průmyslové formulace (zpracování) a počet a typ přidaných ingrediencí. Některé hranice (např. právě u másla nebo sýrů) jsou do určité míry arbitrární a technologicky ne vždy úplně konzistentní. A tak se do kategorie 4 obvykle řadí i mléčné výrobky připravované jako funkční potraviny, např. ty s přídavkem mléčných fosfolipidů nebo mikropartikulovaných bílkovin syrovátky jako náhradou mléčného tuku, nebo s přidanými probiotiky. Klasifikace tak nereflektuje nutriční nebo zdravotní kvalitu, ale to, že byly přidány cíleně izolované složky. Naopak bezlaktosová mléka lze zařadit do kategorie NOVA 1, kam patří

základní a málo upravené mléčné výrobky (Tab. I), neboť nedochází k zásadní změně charakteru potraviny. Ostatní bezlaktosové mléčné výrobky jsou klasifikovány jako jejich konvenční analogy.

Tabulka I Mléko a mléčné výrobky podle NOVA Food Classification

Klasifikace NOVA	Mléčné výrobky
NOVA 1 - nezpracované nebo minimálně zpracované potraviny	čerstvé mléko
	pasterované mléko
	UHT mléko
	bezlaktosové mléko
	bílý jogurt bez přísad
	kefír
	acidofilní mléko
	přírodní tvaroh
	neochucené kysané výrobky
NOVA 3 - zpracované potraviny	většina běžných sýrů
	máslo
	některé tradiční fermentované výrobky
NOVA 4 – ultrazpracované potraviny	ochucené jogurty s vysokým obsahem cukru
	mléčné dezerty
	tavené sýry
	ochucená mléka
	proteinové mléčné nápoje s aditivy

Technologie výroby bezlaktosového mléka a mléčných výrobků

Výroba bezlaktosového mléka a mléčných výrobků je založena především na dvou technologických principech, kterými jsou enzymová hydrolýza laktosy a její fyzikální odstranění z mléčné matrice, případně kombinace obou postupů. Nejrozšířenější průmyslovou metodou je enzymová hydrolýza laktosy pomocí β-galaktosidasy (laktasy; EC 3.2.1.23) na monosacharidy glukosu a galaktosu. Pro potravinářské účely se využívají zejména mikrobiální enzymové preparáty, například získávané z rodů *Kluyveromyces* a *Aspergillus*. Podle použitého enzymového preparátu se liší optimální reakční pH a teplota, tepelná stabilita a odolnost vůči kyselému prostředí. V průmyslové výrobě mléka se uplatňují dva základní způsoby aplikace laktasy, označované jako dávkový a aseptický proces. Při dávkovém postupu se enzym přidává do tepelně neošetřeného, případně již pasterovaného a ochlazeného mléka, které se následně ponechává po určitou dobu při vhodné teplotě, obvykle v chladírenských podmínkách, aby proběhla hydrolýza laktosy. Teprve po dosažení požadovaného stupně hydrolýzy následuje tepelné ošetření (pasterace, UHT). Výhodou tohoto postupu je dostatečně dlouhá doba působení enzymu, nevýhodou naopak nutnost skladování mléka po dobu hydrolýzy a zvýšené požadavky na mikrobiologickou kontrolu procesu. U aseptického postupu se mléko nejprve tepelně ošetří, zpravidla metodou UHT, a následně se do něj za aseptických podmínek přidá sterilní enzymový preparát. Hydrolýza probíhá během následného skladování produktu, přičemž její rychlost závisí na teplotě skladování, aktivitě a dávkování enzymu. Tento způsob umožňuje minimalizovat mikrobiologická rizika spojená s přidáním enzymu před tepelným ošetřením.

Při výrobě fermentovaných mléčných výrobků, zejména jogurtů a kefírů, lze laktasu přidávat buď před zahájením fermentace, nebo současně s inokulací zákysovou kulturou. V prvním případě

Zpět na seznam příspěvků

dochází k hydrolýze laktosy ještě před fermentací, zatímco při tzv. kohydrolýze probíhá enzymové štěpení laktosy souběžně s činností mikroorganismů mléčného kvašení. Volba postupu musí zohledňovat zejména vliv vznikajících monosacharidů na růst a metabolickou aktivitu použitých mikroorganismů. Významným technologickým omezením je skutečnost, že běžné neutrální laktasy mají při poklesu pH během fermentace omezenou aktivitu, a proto nemusí být zajištěna dostatečná hydrolýza laktosy před dosažením konečné kyselosti výrobku. Z tohoto důvodu je vhodné využívat enzymové preparáty, jejichž aktivita přetrvává i při nižších hodnotách pH. Obdobné principy se uplatňují při výrobě bezlaktosových smetanových výrobků, zmrzlin, tvarohů a dalších mléčných produktů; v případě sýrů je však nutné zohlednit také přirozený úbytek laktosy během fermentace a následného zrání. Při výrobě bezlaktosových sušených mléčných a syrovátkových preparátů je důležitá kontrola zbytkového obsahu laktosy před sušením, protože její přítomnost může ovlivňovat jak výslednou deklaraci výrobku, tak jeho technologickou a skladovací stabilitu.

Alternativou k enzymové hydrolýze je fyzikální odstranění laktosy pomocí membránových separačních procesů. Využívá se především ultrafiltrace, nanofiltrace a dialýza, případně jejich kombinace s elektrodialýzou. Principem je rozdílná propustnost membrán pro jednotlivé složky mléka: bílkoviny a tukové částice jsou zadržovány, zatímco laktosa a další nízkomolekulární složky přecházejí do permeátu. Samotná ultrafiltrace však nemusí zajistit dostatečně vysoký stupeň odstranění laktosy, a proto se často kombinuje s dialýzou. Protože se při těchto procesech současně odstraňují také minerální látky, je nutné věnovat pozornost zachování odpovídající hladiny popelovin ve výsledném produktu. Příkladem pokročilejšího technologického řešení je kombinace ultrafiltrace, elektrodialýzy a nanofiltrace, která umožňuje nejen získat mléčný preparát s nízkým obsahem laktosy, ale také koncentrovat a následně využít odstraněnou laktosu jako vedlejší produkt. Tímto způsobem lze např. připravit sušený mléčný preparát s obsahem laktosy nižším než 0,2 % a současně získat koncentrát laktosy s čistotou 95,7 %.

Další důsledky aplikace laktasy

Z technologického hlediska je důležité, že enzymová hydrolýza laktosy mění nejen sacharidové složení, ale také některé senzorické a chemické vlastnosti výsledného výrobku. Vznikající glukosa a galaktosa mají ve srovnání s laktosou vyšší sladivost, takže bezlaktosové mléko vykazuje zpravidla výraznější sladkou chuť, přestože při hydrolýze nedochází ke zvýšení celkového množství sacharidů. Současně se však zvyšuje koncentrace redukujících monosacharidů, což může při následném tepelném ošetření nebo během skladování podporovat Maillardovu reakci a vznik jejích produktů, včetně některých meziproduktů a pokročilých produktů glykace. Tento aspekt je významný zejména při výrobě UHT mléka, sušených mléčných výrobků apod. Z tohoto důvodu je při optimalizaci výrobního procesu nutné zohlednit nejen dosažení požadovaného stupně hydrolýzy laktosy, ale také následné tepelné ošetření a podmínky skladování.

Vedle hydrolýzy laktosy může aplikace β-galaktosidasy vést také ke vzniku galaktooligosacharidů (GOS) v důsledku transgalaktosylační aktivity enzymu. Za určitých podmínek totiž β-galaktosidasa nevyužívá jako akceptor galaktosylového zbytku pouze vodu (hydrolytická reakce), ale také jiné sacharidy, především laktosu, glukosu nebo již vznikající oligosacharidy. Dochází tak k přenosu galaktosylových jednotek a tvorbě oligosacharidů s různou délkou řetězce a typem glykosidové vazby. Rozsah jejich vzniku závisí zejména na původu a vlastnostech enzymového preparátu, koncentraci substrátu, teplotě, pH a době reakce. Transgalaktosylace je obecně významnější při vyšších koncentracích laktosy, kdy roste pravděpodobnost využití sacharidů jako akceptorů galaktosylových zbytků. Vznikající GOS mohou mít prebiotické vlastnosti. Jejich přítomnost současně znamená při stejném stupni eliminace laktosy nižší hladiny glukosy a galaktosy, a tudíž vzhledem ke konvenčnímu mléku (výrobku) méně výraznou změnu potenciálu pro Maillardovu reakci.

Dalším důsledkem hydrolýzy laktosy je změna průběhu a intenzity fermentačních procesů. Glukosa a galaktosa vznikající hydrolýzou laktosy představují pro řadu mikroorganismů mléčného kvašení snadněji dostupné zdroje uhlíku než původní disacharid. Jejich přítomnost může ovlivňovat rychlost růstu a metabolickou aktivitu zákysových kultur, rychlost tvorby kyseliny mléčné i výsledné pH výrobku. Konkrétní účinek závisí na použité mikrobiální kultuře a jejím metabolismu; některé mikroorganismy přednostně využívají glukosu, zatímco galaktosa může být využívána pomaleji nebo může v určitém množství zůstávat ve výrobku. Změny dostupnosti fermentovatelných sacharidů se tak mohou projevit také v tvorbě vedlejších metabolitů a ve výsledných senzorických vlastnostech fermentovaných výrobků.

Maillardova reakce v konvenčních a bezlaktosových mléčných výrobcích

V konvenčních mléčných výrobcích je hlavním redukujícím sacharidem laktosa, zatímco v bezlaktosových výrobcích vzniká její enzymovou hydrolýzou glukosa a galaktosa. Oba monosacharidy jsou pochopitelně rovněž redukující cukry, k dispozici je tedy dvojnásobné množství redukujících cukrů, a vzhledem k vyšší dostupnosti karbonylové skupiny (podíl acyklické formy Lac je 0,001-0,01 %, Glc 0,002-0,03 % a Gal 0,002-0,05 %) vykazují zpravidla vyšší reaktivitu v Maillardově reakci než laktosa. V důsledku hydrolýzy laktosy tak dochází ke zvýšení potenciálu neenzymového hnědnutí, zejména při tepelném zpracování a následném skladování výrobků. Tento rozdíl se může projevit intenzivnější tvorbou meziproduktů Maillardovy reakce, například α-dikarbonylových sloučenin (α-DC) a produktů degradace cukrů, vyšší tvorbou pokročilých produktů glykace (AGEs) a případně také výraznější tvorbou melanoidinů. Výsledkem může být také snížení nutriční jakosti bílkovin, zejména v důsledku blokování ε-aminoskupin lysinu, jehož biologická dostupnost se tak snižuje. Rozsah těchto změn závisí především na stupni hydrolýzy laktosy, pořadí enzymového a tepelného ošetření a podmínkách následného skladování. Zvláště výrazné rozdíly lze očekávat při hydrolýze před UHT ošetřením, kdy jsou reaktivnější monosacharidy přítomny již během intenzivního tepelného záhřevu. Při hydrolýze až po UHT ošetření se naopak jejich zvýšená reaktivita uplatňuje především během skladování.

Maillardova reakce je v ošetřeném mléce a mléčných výrobcích vnímána často jako problematická (konzumní mléko, sušené mléko, kojenecká výživa, syrovátkové prášky, bílkovinné koncentráty aj. mléčné výrobky s dlouhou skladovatelností), v některých výrobcích ale může být i žádoucí (dulce de leche, karamelové mléčné dezerty, cheesecake, gratinované výrobky, některé sýry během zrání a tepelného zpracování aj.).

Mezi relevantní indikátory (markery) Maillardovy reakce patří Amadoriho produkty (ARP, počáteční fáze), 3-deoxyglukosulosa aj. α-dikarbonylové sloučeniny (vesměs počáteční fáze), laktulosa (počáteční fáze), furosin (počáteční až střední), 5-hydroxymethyl-furan-2-karbaldehyd (HMF, střední fáze) a AGEs (pokročilá fáze). Senzoricky se mohou změny projevit intenzivnějším žlutohnědým zbarvením, změnou aroma a vznikem vařivých či karamelových tónů.

Má se obecně za to, že potenciál Maillardovy reakce v bezlaktosovém mléce a ostatních bezlaktosových výrobcích je vyšší než v konvenčních. Příslušná vědecká literatura tento předpoklad vesměs potvrzuje, řada tvrzení má však omezenou vypovídací hodnotu, neboť buďto sleduje jen omezený počet markerů (často furosin, jen 1-3 α-dikarbonylové sloučeniny, jen vybrané AGEs) nebo jen dlouhodobé skladování nebo neudává informaci, zda hydrolýza proběhla před nebo po tepelném ošetření či fermentaci. Rozsah těchto změn je ale významně ovlivněn pořadím enzymové hydrolýzy a tepelného ošetření, podmínkami skladování a charakterem/rozsahem sledovaných reakčních produktů.

Výsledky srovnání α-dikarbonylových (mezi)produktů transformace cukrů v konvenčních a bezlaktosových výrobcích

V této práci jsme se kromě HMF zaměřili na komparaci celého souboru α-dikarbonylových sloučenin čítajícího na 20 identifikovaných sloučenin, které zahrnují jak typické monosacharidové (1-deoxyglykosulosu, 3-deoxyglykosulosu (3-DG), 3-deoxygalaktosulosu (3-DGal), 1-deoxypentosulosu, E/Z -3,4-dideoxyglukosulosu aj.), oligosacharidové (3-deoxypentosulosu, 4-deoxyglukosulosu aj.), glykosidové (1(3)-deoxylaktosulosa aj.), oxidované (glykosulosa aj.) a fragmentární (methylglyoxal, biacetyl (BiAc) aj.) α-DC.

Z výsledků plyne, že koncentrace 3-DG a 3-DGal v bezlaktosových mlékách je sice asi 2,5krát vyšší než v konvenčních; bereme-li však v potaz sumu všech α-DC, pak jejich koncentrace je v bezlaktosových vyšší jen o max. 15 %, neboť 3-DG a 3-DGal tvoří v konvenčním a bezlaktosovém mléce jen malou část α-DC (cca 10 a 25 %). Při kulinárním záhřevu mléka (nebo při akcelerovaných podmínkách skladování) byl ovšem v bezlaktosovém mléce pozorován výrazný nárůst α-DC, a to téměř výhradně kvůli nárůstu monosacharidových α-DC, zatímco v konvenčním byly zaznamenány jen nevýznamné změny.

Pokud uvažujeme kompletní obsah α-DC, pak bezlaktosové výrobky typu jogurtů obsahují max. o několik málo desítek procent větší obsah α-DC než výrobky konvenční. Je to dáno ale hlavně tím, že v bezlaktosových jogurtech je násobně víc fragmentárních α-DC než v jogurtech konvenčních, což je následek změny metabolismu startovacích kultur.

Pro hodnověrné zhodnocení rozdílné reaktivity konvenčních a bezlaktosových mlék a mléčných výrobků je vhodné hodnotit celé spektrum α-DC, neboť jinde obvykle výhradně sledované 3-DG a 3-DGal, případně MGO a BiAc, mohou mít jinou dynamiku než většina ostatních α-DC. Použijeme-li tento skupinový marker Maillardovy reakce, pak rozdíly mezi konvenčními a bezlaktosovými mléčnými výrobky z hlediska obsahu α-DC jsou menší, než je obecně očekáváno.

Závěr

V mlékařství jsou u většiny výrobků reakce, které vedou ke změně aroma, barvy, rozpustnosti bílkovin a nižší nutriční hodnotě, spíše nežádoucí. Enzymová hydrolýza laktosy na glukosu a galaktosu bezpochyby mění reaktivitu celého systému a ovlivňuje průběh neenzymového hnědnutí mléka. Interpretace těchto skutečností však není jednoduchá a vyžaduje profilování více komplementárních markerů Maillardovy reakce. Reaktivitu mohou také významně modifikovat použité technologické kroky. Nelze proto paušálně a jednoduše konstatovat, že bezlaktosové varianty vykazují intenzivnější projevy Maillardovy reakce než konvenční mléčné výrobky.

Literatura

1. Dekker, P. J. T., Koenders, D., & Bruins, M. J. (2019). Lactose-Free Dairy Products: Market Developments, Production, Nutrition and Health Benefits. Nutrients, 11(3), 551.
2. Jansson et al. (2014), Lactose-Hydrolyzed Milk Is More Prone to Chemical Changes during Storage than Conventional Ultra-High-Temperature (UHT) Milk. J. Agric. Food Chem., 62(31), 7886–7896.
3. Knudsen et al. (2024), Insight into protein crosslinking and casein polymerization in pre- and posthydrolyzed lactose-free ultra-high-temperature milk during long-term storage. J. Dairy Sci., 107(12), 10497–10511.
4. Li, A., Zheng, J., Han, X., Yang, S., Cheng, S., Zhao, J., Zhou, W., & Lu, Y. (2023). Advances in Low-Lactose/Lactose-Free Dairy Products and Their Production. Foods, 12(13), 2553.
5. Zhang et al. (2019), Quantitation of α-Dicarbonyls and Advanced Glycation Endproducts in Conventional and Lactose-Hydrolyzed Ultrahigh Temperature Milk during 1 Year of Storage. J. Agric. Food Chem., 67(46), 12863-12874.

OD SUROVÍN K SPRACOVANÝM POTRAVINÁM: AKO PREDCHÁDZAŤ TVORBE AKRYLAMIDU

Ciesarová Z.

Odbor potravinárstva, NPPC v Bratislave, SK

Akrylamid je procesný kontaminant, ktorý vzniká najmä pri tepelnom spracovaní potravín s vysokým obsahom sacharidov ako vedľajší produkt Maillardovej reakcie medzi voľným asparagínom a redukujúcimi sacharidmi. Jeho výskyt v základných potravinách, ako sú pekárske a zemiakové výrobky, káva a cereálne produkty, predstavuje významnú výzvu vzhľadom na toxikologické riziká a stanovené referenčné hodnoty.

Pozvaná prednáška poskytuje integrovaný pohľad na vznik akrylamidu v celom potravinovom reťazci – od poľnohospodárskych surovín až po finálne spracované potraviny. Upozorňuje na vplyv dostupnosti prekurzorov, podmienenej zložením surovín, odrodovými vlastnosťami plodín, agronomickými postupmi a podmienkami skladovania. Diskutovaný je aj vplyv technologických parametrov spracovania, najmä tepelného zaťaženia, času, aktivity vody, pH a receptúry.

Prednáška ďalej sumarizuje vedecky overené opatrenia na minimalizáciu akrylamidu uplatniteľné v potravinárskej praxi, vrátane cielenej voľby surovín, enzymatického znižovania obsahu voľného asparagínu, reformulácie receptúr a optimalizácie technologických procesov. Vybrané príklady aplikovaného a experimentálneho výskumu realizovaného na NPPC – Odbore potravinárstva dokumentujú účinnosť, možnosti a limity týchto prístupov v rôznych potravinových matriciach.

Záver zdôrazňuje význam koordinovaného prístupu „od poľa po stôl“ ako nevyhnutného predpokladu účinného, udržateľného a technologicky realizovateľného manažmentu rizika akrylamidu v potravinách.

Poďakovanie

Práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja SR na základe zmluvy č. APVV-23-0169.

From raw ingredients to processed foods: how to prevent the formation of acrylamide

Acrylamide is a process-induced contaminant formed predominantly during high-temperature treatment of carbohydrate-rich foods via the Maillard reaction between free asparagine and reducing sugars. Its occurrence in staple foods such as bakery products, potato products, coffee, and cereal-based foods remains a significant concern due to its toxicological relevance and the need to comply with established benchmark levels.

This invited lecture presents an integrated view of acrylamide formation along the food production chain, from primary raw materials to final processed products. It highlights the influence of precursor availability determined by raw material composition, varietal characteristics, agronomic practices, and post-harvest storage conditions. The impact of key technological parameters, including thermal load, processing time, water activity, pH, and recipe composition, on acrylamide development is discussed.

Furthermore, the lecture reviews scientifically validated mitigation strategies applicable in food processing, such as targeted raw material selection, enzymatic reduction of free asparagine, recipe reformulation, and optimization of processing conditions. Selected examples from applied and experimental research conducted at the National Agricultural and Food Centre – Division of Food Science illustrate the effectiveness, applicability, and limitations of these approaches in different food matrices.

The presentation concludes by emphasizing the importance of a coordinated, farm-to-fork strategy to ensure effective, sustainable, and technologically feasible acrylamide risk management in food production.

Acknowledgements: This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the Contract no. APVV 23-0169.

ERUKOVÁ KYSELINA V OLEJÍCH A POCHUTINÁCH NA ČESKÉM TRHU

Doležal M. (1), Šejvlová M. (2), Ilko V. (1)

(1) Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha, CZ
(2) III. interní klinika – klinika endokrinologie a metabolismu 1. LF UK a VFN, CZ

Eruková kyselina je mononenasycená mastná kyselina přirozeně přítomná v semenech brukvovitých rostlin či jojoby kalifornské, ale v malé míře i některých rybích olejů. Na základě experimentálních studií na zvířatech byl prokázán její kardiotoxický a hepatotoxický potenciál. Cílem této práce je identifikovat významné dietární zdroje erukové kyseliny, porovnat je a posoudit ze zdravotního hlediska. Metodou plynové chromatografie s plamenově-ionizačním detektorem (GC-FID) byl stanoven obsah erukové kyseliny ve 22 výrobcích zakoupených na českém trhu: 8 řepkových olejích, 4 hořčičných olejích, 4 hořčicích, 2 lničkových olejích, 2 jojobových olejích, zelném oleji a brokolicovém oleji. Všechny řepkové oleje a stolní hořčice splňovaly nařízení EU č. 2019/1870. Tři ze čtyř hořčičných olejů překročily zákonný limit (5 % hm.) v průměru o 35 % hm. Brokolicový a zelný olej rovněž přesáhly povolený limit. Výsledky poukazují na nutnost zvýšené pozornosti spotřebitelů i kontrolních orgánů u nekonvenčních olejů z brukvovitých rostlin.

Erucic acid in oils and condiments on the Czech market

Erucic acid is a monounsaturated fatty acid naturally occurring in the seeds of Brassicaceae plants and jojoba plant (*Simmondsia chinensis*), but also to a small extent in some fish oils. Based on experimental animal studies, its cardiotoxic and hepatotoxic potential has been demonstrated. Using gas chromatography with flame-ionisation detection (GC-FID), the erucic acid content was determined in 22 products purchased on the Czech market: 8 rapeseed oils, 4 mustard oils, 4 mustard condiments, 2 camelina oils, 2 jojoba oils, one cabbage oil and one broccoli oil. All rapeseed oils and mustard condiments complied with EU Regulation 2019/1870. Three out of four mustard oils exceeded the legal limit (5 % w/w) by approximately 35 % w/w in average. Broccoli and cabbage oils also exceeded the permitted limit. The results highlight the need for increased consumer and regulatory attention regarding unconventional oils from Brassicaceae plants.

STANOVENÍ TUKŮ POMOCÍ MIKROVLNNÉ EXTRAKCE

Fischerová K.

Altium International s.r.o., CZ

Stanovení celkových i volných tuků gravimetrickou metodou asistovanou mikrovlnami je nejmodernější a také nejrychlejší metoda, jak dosáhnout přesných a opakovatelných výsledků na jakýchkoliv matricích. Součástí prezentace bude seznámení s metodou, její výhody, workflow i srovnání výsledků a postupů se současnými metodami.

Determination of fats using microwave extraction

Determination of total and free fats by microwave-assisted gravimetric method is the most advanced and also the fastest method for achieving accurate and repeatable results in any matrix. The presentation will include an introduction of the method, its advantages, workflow, and the comparison of results and procedures with current methods.

KONTAMINANTY V POTRAVINÁCH V ROCE 2025

Götzová J.

Ministerstvo zemědělství České republiky, CZ

Přednáška se zabývá problematikou výskytu kontaminujících látek v potravinách v roce 2025 se zaměřením na výsledky oficiálního monitoringu cizorodých látek v potravních řetězcích. Kontaminanty představují významný faktor ovlivňující bezpečnost potravin a každoroční sledování cizorodých látek (kontaminantů a reziduí) v potravních řetězcích poskytuje ucelený pohled na zatížení agrárního a potravinářského sektoru jednotlivými monitorovanými látkami. Dlouhodobé provádění monitoringu v celé šíři komodit má zároveň preventivní účinek na provozovatele potravinářských podniků při výrobě a uvádění zdravotně nezávadných potravin a krmiv na trh.

V zájmu ochrany veřejného zdraví je nezbytné udržovat množství cizorodých látek na toxikologicky přijatelných úrovních. Z tohoto důvodu jsou stanoveny maximální limity jejich obsahu v potravinách, krmivech a složkách životního prostředí a je nutné jejich skutečný obsah průběžně sledovat v rámci monitoringu.

Cílem příspěvku je poukázat na aktuální poznatky vyplývající ze zprávy o výsledcích sledování a vyhodnocování cizorodých látek v potravních řetězcích, a to na základě dat získaných z činnosti dozorových orgánů v resortu zemědělství, se zaměřením na stav a vývoj jejich výskytu v roce 2025.

Food contaminants in 2025

The lecture addresses the issue of the occurrence of contaminants and residues in food in 2025, with a focus on the results of official monitoring within the food chain. Contaminants and residues represent important factors affecting food safety, and annual monitoring in food chains provides a comprehensive overview of the burden on the agricultural and food sector by individual monitored substances. Long-term monitoring across a wide range of commodities also has a preventive effect on food business operators in the production and marketing of safe food and feed.

In the interest of public health protection, it is essential to maintain levels of contaminants and residues at toxicologically acceptable limits. For this reason, maximum limits for their presence in food, feed and environmental components are established, and their actual levels must be continuously monitored.

The aim of this lecture is to highlight current findings arising from the report on the monitoring and evaluation of contaminants and residues in food chains, based on data obtained from the activities of competent authorities within the agricultural sector, with a focus on the status and trends of their occurrence in 2025.

ULTRAZPRACOVANÉ POTRAVINY - ŠPATNÁ VÝŽIVA NEBO ŠPATNÁ DEFINICE?

Hajšlová J.

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha, CZ

Prezentace se zaměří na problematiku ultra-zpracovaných potravin z pohledu dosud nejčastěji používaného klasifikačního systému NOVA, který rozděluje potraviny do čtyř skupin na základě povahy, rozsahu a účelu průmyslového zpracování, kterým procházejí. Odborníci přichází ale i s řadou výhrad včetně nedostatečné standardizace kategorizačních přístupů, malého zohledňování přínosů zpracování, jako je tvorba některých žádoucích, bioaktivních sloučenin a zvýšení jejich biologické dostupnosti. Na straně druhé je jen malá pozornost věnována otázkám vzniku či přenosu/zakoncentrace nežádoucích toxických sloučenin. Cílem prezentace je iniciace interdisciplinární diskuze v kontextu budoucích trendů.

Ultra-processed food - poor nutrition or poor definition?

The presentation will focus on the issue of ultra-processed foods from the perspective of the most commonly used NOVA classification system, which divides foods into four groups based on the nature, extent and purpose of their industrial processing. However, experts also come with a number of objections, including insufficient standardization of categorization approaches, little consideration of the benefits of processing, such as the formation of some desirable, bioactive compounds and their increased bioavailability. On the other hand, little attention is paid to the issues of the formation or transfer/concentration of undesirable toxic compounds. The aim of the presentation is to initiate an interdisciplinary discussion in the context of future trends.

KVALITA POTRAVIN ZAČÍNÁ NA POLI

Chrpová J., Dumalasová V., Hanzalová A., Palicová J.

Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i., Praha, CZ

Kvalita zrna obilnin je zásadně ovlivněna zdravotním stavem porostu, průběhem počasí a uplatňovanými pěstitelskými postupy. Výskyt chorob nevede jen ke ztrátám na výnosu, ale i k významnému ovlivnění technologické i hygienické kvality zrna.

Napadení porostů obilnin patogeny z rodu *Fusarium* představuje trvalé a každoročně se opakující riziko, jehož intenzita je zásadně ovlivněna průběhem počasí v období před a během kvetení a bezprostředně po něm. Nejčastějším původcem klasových fuzarióz u pšenice je *Fusarium graminearum*, v podmínkách střední Evropy se také pravidelně vyskytují druhy *F. poae, F. culmorum* a *F. avenaceum*. V současnosti bývá v suchých a teplých ročnících dominantní druh *F. poae*[1]. Význam choroby nespočívá pouze ve ztrátách na výnosu, ale také ve zhoršení technologické kvality zrna a v kontaminaci mykotoxiny. Dochází k degradaci lepku a škrobu v napadeném zrnu, což vede ke zhoršení vlastností těsta a špatnému objemu pečiva. Houby rodu *Fusarium* produkují širokou škálu mykotoxinů. Vedle nejznámějších deoxynivalenolu (DON) a zearalenonu (ZEN, ZEA) vytvářejí i další významné sekundární metabolity. DON má výrazně negativní dopady na lidský i zvířecí organismus a na prodejnost úrody. Maximální povolený obsah DON v potravinářské pšenici (nepočítaje pšenici tvrdou – *Triticum durum*) je 1 000 µg/kg [(2)]. Tato hodnota platí pro nezpracované obiloviny uváděné na trh k dalšímu zpracování nebo spotřebě. DON způsobuje nevolnost, zvracení (vomitoxin) a odmítání krmiva, což vede ke ztrátě hmotnosti. Působí imunosupresivně, narušuje střevní bariéru a zvyšuje náchylnost k dalším infekcím. ZEA díky své chemické struktuře, která je velmi podobná ženskému pohlavnímu hormonu (estradiolu), se navazuje na estrogenní receptory v těle a narušuje hormonální rovnováhu, což vede k poruchám reprodukce i k anatomickým změnám. Nejcitlivější vůči ZEA jsou prasata. K nejtoxičtějším fuzariovým toxinům patří T-2 toxin a HT-2 toxin. Silně inhibují syntézu proteinů, poškozují imunitní systém a trávicí trakt zvířat i lidí. V centru pozornosti jsou i další mykotoxiny. V posledních letech jsou detailněji zkoumány "emerging" mykotoxiny, které byly objeveny díky moderním analytickým metodám[3].

Příčinou závažných ztrát na výnosu a kvalitě obilnin mohou být také sněti, především v ekologickém zemědělství, kde jinak běžně rozšířené a účinné fungicidní ošetření osiva není možné. Z hlediska celosvětové zemědělské produkce mají význam především sněti mazlavé a sněti prašné[4]. Přítomnost mazlavých snětí může prozradit typický zápach. Trimetylamin obsažený ve sporách je známý svou výraznou vůní po slanečcích nebo zkažených rybách. Výskyt snětí mazlavých je překážkou využití zrna pro potravinářské účely, zkrmování se vzhledem k negativním důsledkům pro zdravotní stav zvířat nedoporučuje. Jako možnost zbývá průmyslové využití (např. výroba bioplynu).

Výrazně negativní dopad na potravinářské, krmné i technologické parametry sklizně mají obilní černě. Jsou způsobovány komplexem saprofytických a slabě parazitických hub – nejčastěji z rodů *Cladosporium, Alternaria, Epicoccum* nebo *Stemphylium.* K masivnímu rozvoji černí dochází zejména při souběhu několika faktorů. Jedná se především o časté srážky v období dozrávání a před sklizní a opožděnou sklizeň. K rozvoji napadení přispívá vysoká vlhkost při zhoršeném proudění vzduchu v polehlém obilí. Obilní černě mají výrazně negativní dopad na potravinářské, krmné i technologické parametry sklizně. Zrno ztrácí typickou barvu a lesk, mouka bývá tmavší a má zhoršený vzhled, dochází k poklesu technologické a pekařské jakosti. Některé rody hub (především *Alternaria*) mohou produkovat mykotoxiny (např. alternariol, kyselinu tenuazonovou aj.), které mohou být toxické pro hospodářská zvířata i lidi. Přítomnost spor ve vzduchu a prachu při sklizni navíc představuje silný alergen pro pracovníky v zemědělství.

Také listové choroby (rzi, braničnatky, padlí travní) ovlivňují kvalitu sklizně. V důsledku napadení dochází k redukci asimilační plochy, k poruchám fotosyntézy i předčasnému odumírání listů. Při napadení stébel (rez travní) dochází ke zhoršenému transportu živin a vody. Škody závisí na intenzitě napadení. Při silném napadení se snižuje hmotnost tisíce zrn (HTZ) a bývá i snížený obsah bílkovin. K poruše transportu vody a živin dochází i při napadení bází a stébel rostlin, původci napadení jsou patogeny z rodů *Oculimacula*, *Fusarium*, *Microdochium*, *Gaeumannomyces* a *Rhizoctonia*.

Vliv na kvalitu produkce mají i virové choroby obilnin. Např. virus žluté zakrslosti pšenice (BYDV) představuje ekonomicky významný patogen především u ječmene, ale škody působí i u pšenice. Při epidemickém výskytu ohrožuje produkci a kvalitu zrna, a to jak přímo, tak predispozicí k napadení houbovými patogeny (*Alternaria* spp., *Fusarium* spp., *Cladosporium* spp. aj.).

Účinná ochrana porostů proti chorobám spočívá v integrovaném přístupu, který spojuje agrotechnickou prevenci, genetickou odolnost odrůd a cílenou fungicidní ochranu.

Klíčovou roli hraje samotná odrůda a její genetická výbava. Zatímco minoritní geny nabízejí nižší, ale stabilní a trvalou rezistenci, majoritní geny garantují vysokou ochranu, kterou však nové rasy patogenů (zejména rzí) dokážou poměrně rychle překonat. Existují však i trvanlivé majoritní geny, jako je např. *Pch1* proti stéblolamu pšenice (*Oculimacula* spp.).

Zvláštní výzvou zůstává fuzarióza klasu, kde je šlechtění kvůli polygenní rezistenci mimořádně komplikované. Ačkoliv plně rezistentní odrůdy pšenice zatím na trhu nejsou, praxe s výhodou využívá prokázané odrůdové rozdíly v akumulaci mykotoxinů v zrnu.

Cílené šlechtění na odolnost vůči snětím mazlavým v současnosti v České republice neprobíhá. Rezistenci k těmto patogenům se však aktivně věnují výzkumná pracoviště v Německu, Rakousku, Švýcarsku, Dánsku, Rumunsku a Švédsku. Některé evropské odrůdy pšenice nesoucí geny rezistence je možné u nás pěstovat v rámci Společného katalogu odrůd EU (*Plant Variety Database of the European Commission*). Hlavní zdroje rezistence jsou bohužel známy především u severoamerických odrůd a tureckých krajových odrůd, které nejsou adaptované na středoevropské podmínky. Využití těchto genů v praxi proto často komplikují doprovodné nežádoucí vlastnosti zdrojového materiálu[4].

Restrikce a postupný zákaz mnoha účinných látek ve fungicidech (zejména v rámci legislativy EU) představují v současném zemědělství obrovskou výzvu. Nový model ochrany rostlin zahrnuje: 1) šlechtění na rezistenci, tj. investice do odrůd, které jsou geneticky odolnější vůči klíčovým chorobám; 2) precizní zemědělství, které umožní aplikaci fungicidů pouze tam, kde je to nezbytně nutné; 3) agrotechnická opatření zaměřená na pestré osevní postupy, důkladné zapravování posklizňových zbytků a podporu života v půdě; 4) vývoj přípravků, které se dosud používají jako ekologická alternativa k chemickým fungicidům, např. biologické přípravky obsahující mikroorganismy, které působí jako přirození antagonisté patogenů.

Poděkování

Tuto práci podpořilo Ministerstvo zemědělství č. MZE-RO0426.

Literatura

1. Chrpová, J., Šíp, V., Sumíková, T., Salava, J., Palicová, J., Štočková, L., Džuman, Z., Hajšlová, J. Occurrence of *Fusarium* species and mycotoxins in wheat grain collected in the Czech Republic. World Mycotoxin Journal, 2016, 9(2), 317-328. https://doi.org/10.3920/WMJ2015.1917
2. Nařízení komise (EU) 2024/1022 ze dne 8. dubna 2024, kterým se mění nařízení (EU) 2023/915, pokud jde o maximální limity deoxynivalenolu v potravinách.
3. Jestoi, M.. Emerging fusarium-mycotoxins fusaproliferin, beauvericin, enniatins, and moniliformin: a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2008, 48, 21-49. https://doi.org/10.1080/10408390601062021
4. Dumalasová V. Sněti, obilí a šlechtění k rezistenci. Živa, 2017, 6, 278-281.

FERMENTOVANÉ ROSTLINNÉ NÁPOJE: CO SLIBUJÍ A CO SKUTEČNĚ NABÍZEJÍ?

Ilko V. (1), Mainušová N. (2), Procházková Z. (1), Musilová E. (3), Horáčková Š. (3), Doležal M. (1)

(1) Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha, CZ
(2) III. interní klinika, 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, Praha, CZ
(3) Ústav mléka, tuků a kosmetiky, VŠCHT Praha, CZ

Úvod

Mléko a fermentované mléčné výrobky, jako jsou kefír a kefírové mléko, tvoří tradiční součást evropského jídelníčku a představují významný zdroj plnohodnotných bílkovin, dobře stravitelného tuku, vápníku s vysokou biologickou dostupností a vitaminu B_{12}; jeden litr kravského mléka obsahuje v průměru 1240 mg vápníku[1]. Přítomnost živých bakteriálních kultur navíc u zakysaných výrobků přispívá k příznivému složení střevního mikrobiomu a zlepšuje stravitelnost mléčné bílkoviny i laktózy.

V posledních letech současně roste zájem spotřebitelů o rostlinné alternativy mléčných výrobků, a to z etických, environmentálních i zdravotních důvodů[2]; pro část populace navíc představují nutnost danou laktózovou intolerancí nebo alergií na bílkovinu kravského mléka. Rostoucí poptávka je doprovázena širokou nabídkou fermentovaných nápojů na bázi ovsa, kokosu, sóji, mandlí a dalších rostlinných surovin, jejichž složení, technologie výroby i senzorické vlastnosti se však mezi jednotlivými bázemi zásadně liší[3].

Zásadní otázkou zůstává, do jaké míry tyto výrobky nutričně nahrazují zakysané mléčné výrobky. Rostlinné suroviny přirozeně obsahují jen nízké množství vápníku a jeho biologická dostupnost je navíc omezena přítomností antinutričních látek, zejména kyseliny fytové a šťavelanů, které s minerálními látkami tvoří nerozpustné komplexy. Fermentace dokáže obsah těchto látek částečně snížit a zlepšit tak využitelnost minerálních látek i stravitelnost bílkovin, sama o sobě však nezvyšuje absolutní obsah vápníku ani nenahrazuje vitaminy B_{12} a D, které se v rostlinných surovinách prakticky nevyskytují.

Označení „kefír“ a od něj odvozené názvy jsou v Evropské unii vyhrazeny výhradně výrobkům živočišného původu, rostlinné alternativy proto vystupují na trhu pod smyšlenými obchodními názvy. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 zároveň stanovuje požadavky na přesnost nutričního značení potravin včetně přípustných odchylek mezi deklarovanými a skutečně naměřenými hodnotami živin[4], jejichž dodržování je u nově se rozvíjející kategorie rostlinných alternativ méně prověřené než u tradičních mléčných výrobků.

Cílem této práce bylo provést komplexní nutriční, mikrobiologické a senzorické srovnání dvanácti fermentovaných rostlinných nápojů na bázi ovsa, kokosu a sóji se čtrnácti referenčními zakysanými mléčnými výrobky, s důrazem na parametry, ve kterých se obě skupiny výrobků nejvíce liší – profil mastných kyselin, přesnost nutričního značení a obsah vápníku, jehož nedostatečná přirozená hladina a absence fortifikace mohou představovat klíčové omezení zejména pro děti, seniory a těhotné a kojící ženy. Práce navazuje na bakalářskou práci Mainušová (2026)[5], kterou rozšiřuje o stanovení obsahu vápníku metodou AAS.

Experimentální část

Vzorky

K analýzám bylo použito 12 komerčně dostupných fermentovaných rostlinných nápojů: tři ovesné (natural, malinová a mango-ananasová příchuť), osm kokosových (neochucené, ochucené a proteinové varianty obohacené o kombinaci hrachového a rýžového proteinu) a jeden sójový nápoj (Francie). Čtyři vzorky představovaly neochucenou variantu, osm variantu ochucenou. Jako referenční skupina bylo do hodnocení zařazeno 14 zakysaných mléčných výrobků – čtyři kefíry

a deset kefírových mlék od různých výrobců (Tab. I). S výjimkou sójového vzorku a jednoho mléčného vzorku (Německo) pocházely všechny výrobky z České republiky. Vzorky byly zakoupeny v maloobchodní síti, do provedení analýz skladovány v původních neporušených obalech při 4 °C a analyzovány v rámci doby trvanlivosti; bezprostředně před každým stanovením byly důkladně homogenizovány.

Tabulka I Přehled analyzovaných vzorků

Skupina	Počet vzorků	Varianty
Ovesné nápoje	3	1 neochucený, 2 ochucené
Kokosové nápoje	8	2 neochucené, 3 ochucené s proteinem, 3 ochucené
Sójový nápoj	1	neochucený
Kefíry (mléčné)	4	tradiční
Kefírová mléka (mléčné)	10	tradiční

Metody

Obsah sušiny byl stanoven gravimetricky sušením vzorku (1 – 3 g) při 105 °C do konstantní hmotnosti. Obsah popela byl stanoven suchou mineralizací v programovatelné muflové peci při 510 °C po dobu 4,5 hodiny. Hodnota pH byla měřena potenciometricky digitálním pH metrem s kombinovanou skleněnou elektrodou po kalibraci na standardní pufry pH 4,0 a 7,0. Obsah tuku byl stanoven extrakční metodou dle Soxhleta (petrolether, 8 h extrakce) po předchozí dehydrataci vzorku bezvodým síranem sodným.

Profil mastných kyselin byl stanoven plynovou chromatografií s plamenově ionizačním detektorem (GC-FID) na polární kapilární koloně v souladu s normou ČSN EN ISO 12966-2, po převedení mastných kyselin na methylestery činidlem BF_3/methanol. Kvantitativní vyhodnocení bylo provedeno metodou vnitřní normalizace. Obsah mono- a disacharidů (sacharóza, glukóza, fruktóza) byl stanoven vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií s refraktometrickou detekcí (HPLC-RID) metodou externí kalibrace. Celkový obsah sacharidů byl u rostlinných vzorků dopočten z hmotnostní bilance jako rozdíl obsahu sušiny a součtu obsahů popela, tuku, bílkovin a vlákniny, přičemž hodnoty bílkovin a vlákniny byly převzaty z nutričních deklarací výrobců. Obsah vápníku byl stanoven metodou atomové absorpční spektrometrie (AAS) po mineralizaci vzorku.

Mikrobiologická analýza (bakterie mléčného kvašení rozdělené na laktobacily a koky, kvasinky a plísně) byla provedena plotnovou kultivační metodou na selektivních půdách MRS, M17 a GKCh; u vzorků s deklarovanou kulturou ABT byly navíc stanoveny *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* a *Bifidobacterium* spp. Senzorické hodnocení proběhlo v senzorické laboratoři VŠCHT Praha v souladu s normami ČSN EN ISO 8589 a ČSN EN ISO 13299 za účasti proškoleného panelu (12 – 13 hodnotitelů). Intenzita jednotlivých deskriptorů byla hodnocena na nestrukturovaných grafických škálách 0 – 100 bodů, celkový dojem na pětistupňové škále (1 = vynikající, 5 = nevyhovující). Statisticky významné rozdíly mezi vzorky byly vyhodnoceny jednofaktorovou analýzou rozptylu (ANOVA) s následným post-hoc testem na hladině významnosti $p < 0,05$.

Veškerá fyzikálně-chemická stanovení byla provedena paralelně ve dvou opakováních a výsledky jsou vyjádřeny jako aritmetický průměr.

Výsledky a diskuse

Sušina, popel a hodnota pH

Obsah sušiny se u rostlinných vzorků pohyboval v rozmezí 6,84 – 17,70 % (průměr 11,69 %), u mléčných vzorků v podstatně užším rozmezí 8,9 – 12,9 % (průměr 10,59 %); nejvyšší hodnoty vykazovaly ovesné nápoje v důsledku přítomnosti mouky z naklíčeného ovsa a přídavku javorového sirupu, nejnižší neochucené kokosové varianty. Ačkoliv byly průměrné hodnoty obou skupin srovnatelné, rostlinné alternativy vykazovaly výrazně větší rozptyl, což odráží rozmanitost použitých surovin i nižší míru standardizace výroby.

Obsah popela se u většiny rostlinných vzorků pohyboval v rozmezí 0,22 – 0,45 % (průměr 0,36 %); nejvyšší hodnotu (0,74 %) vykázala proteinová kokosová varianta s příchutí slaného karamelu, což odpovídá technologickému přídavku soli – konzumace celého 250ml balení tohoto výrobku představuje příjem přibližně 1,25 g soli, tedy čtvrtinu maximálního doporučeného denního příjmu pro dospělou osobu (5 g)[6].

Hodnoty aktivní kyselosti (pH) se u rostlinných vzorků pohybovaly v rozmezí 3,34 – 4,10 (průměr 3,64), což potvrzuje úspěšný průběh fermentace u všech vzorků; nízké pH přispívá k inhibici patogenních mikroorganismů a spoluvytváří výsledný senzorický charakter výrobku. Nejnižší naměřené hodnoty korespondovaly s nejvyšší intenzitou kyselé chuti zaznamenanou při senzorickém hodnocení odpovídajících vzorků.

Obsah tuku a soulad s nutričním značením

Obsah tuku byl mezi skupinami srovnatelný (rostlinné 0,30 – 3,79 g/100 g, průměr 1,82 g/100 g; mléčné 0,6 – 4,1 g/100 g, průměr 1,79 g/100 g), výrazně se však lišila shoda naměřených a deklarovaných hodnot. Zatímco u mléčných výrobků činila průměrná absolutní odchylka 0,21 g/100 g a legislativní toleranci ± 1,5 g/100 g[7] splnily všechny vzorky, u rostlinných alternativ dosáhla průměrná odchylka 0,88 g/100 g a tři vzorky – všechny z řady kokosových nápojů – tuto toleranci překročily (Tab. II). Zjištěný nesoulad představuje potenciální porušení požadavků na přesnost nutričního značení dle nařízení (EU) č. 1169/2011[4] a je relevantní zejména pro spotřebitele sledující svůj příjem tuku.

Tabulka II Vzorky s odchylkou obsahu tuku přesahující legislativní toleranci

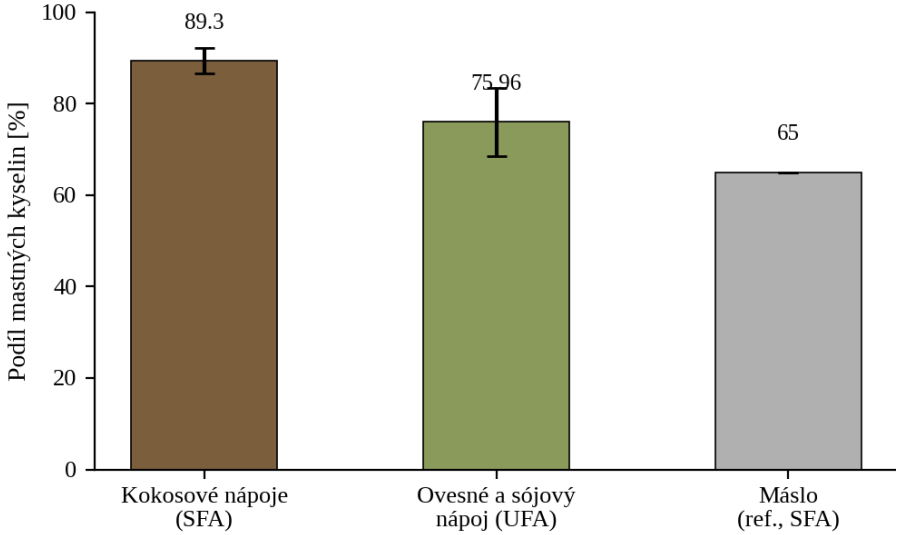
Vzorek	Stanovený obsah [g/100 g]	Deklarovaný obsah [g/100 g]	Odchylka [g/100 g]
2	3,44	1,6	+1,84*
8	1,71	3,4	–1,69*
9	1,86	3,5	–1,64*

* Odchylka přesahující povolenou legislativní toleranci ± 1,5 g/100 g

Profil mastných kyselin

Profil mastných kyselin (MK) úzce souvisel s použitou rostlinnou bází a rozdělil rostlinné vzorky do dvou nutričně odlišných skupin (Obr. 1). Kokosové nápoje obsahovaly 86,50 – 92,11 % nasycených mastných kyselin (SFA) s dominancí kyseliny laurové (37,71 – 45,38 %), myristové (18,96 – 20,85 %) a palmitové (10,04 – 13,31 %); nejvyšší podíl SFA vykázala proteinová varianta se slaným karamelem (92,11 %). Ovesné a sójový vzorek naopak vykazovaly převahu nenasycených mastných kyselin (UFA; 68,49 – 83,42 %) s dominancí kyseliny linolové, u ochucených ovesných variant kyseliny olejové; nejvyšší podíl UFA (83,42 %) i kyseliny α-linolenové (8,08 %) byl zaznamenán u sójového vzorku, který zároveň vykázal nejnižší podíl SFA (16,58 %) ze všech vzorků. Poměr omega-6/omega-3 mastných kyselin se mezi vzorky

výrazně lišil, od 2,01 do 140,17. Obsah *trans*-izomerů zůstal u všech vzorků nutričně nevýznamný, nejvyšší hodnotu (1,21 %) vykázal ochucený ovesný nápoj.



Obrázek 1 Zastoupení nasycených (SFA) a nenasycených (UFA) mastných kyselin v rostlinných nápojích podle typu báze v porovnání s máslem [%]

Ačkoliv bývá kokosový tuk spojován s příznivými triacylglyceroly se středně dlouhým řetězcem (MCT), kyselina laurová se v organismu metabolizuje spíše jako nasycená mastná kyselina s dlouhým řetězcem[8], a vysoký podíl SFA u kokosových nápojů je proto z hlediska aktuálních doporučení WHO pro příjem nasycených mastných kyselin nepříznivý[9]. Pro nutriční terapii pacientů s dyslipidémií nebo vysokým kardiovaskulárním rizikem představují vhodnější volbu ovesné a sójové nápoje díky převaze nenasycených mastných kyselin a přítomnosti kyseliny α-linolenové.

Obsah sacharidů

U ovesných nápojů dominovala fruktóza (9,49 – 9,77 g/100 g), pravděpodobně v důsledku enzymatického štěpení sacharózy z použitého javorového sirupu mikroorganismy fermentační kultury; u proteinových kokosových variant převažovala glukóza (3,58 – 4,72 g/100 g), zatímco zbylé kokosové varianty a sójový vzorek vykazovaly nejnižší obsah jednoduchých cukrů (0,64 – 2,94 g/100 g; Tab. III). Průměrná naměřená suma sacharidů u rostlinných alternativ (4,75 g/100 g) byla přibližně o čtvrtinu vyšší než průměrný obsah laktózy u mléčných výrobků (3,79 g/100 g), přičemž variabilita hodnot byla u rostlinné skupiny výrazně vyšší.

Tabulka III Obsah mono- a disacharidů u rostlinných nápojů a laktózy u mléčných výrobků

Skupina vzorků	Dominantní sacharid	Obsah [g/100 g]
Ovesné nápoje (1, 5, 6)	fruktóza	9,49 – 9,77
Proteinové kokosové varianty (7 – 9)	glukóza	3,58 – 4,72
Ostatní kokosové a sójový vzorek	sacharóza / glukóza / fruktóza	0,64 – 2,94
Mléčné výrobky (n = 14)	laktóza	2,7 – 4,4 (průměr 3,79)

Z hlediska celkového denního příjmu jsou výsledky u některých vzorků nezanedbatelné – 100 ml nejsladšího ovesného nápoje obsahuje přes 11 g jednoduchých cukrů, konzumace běžného

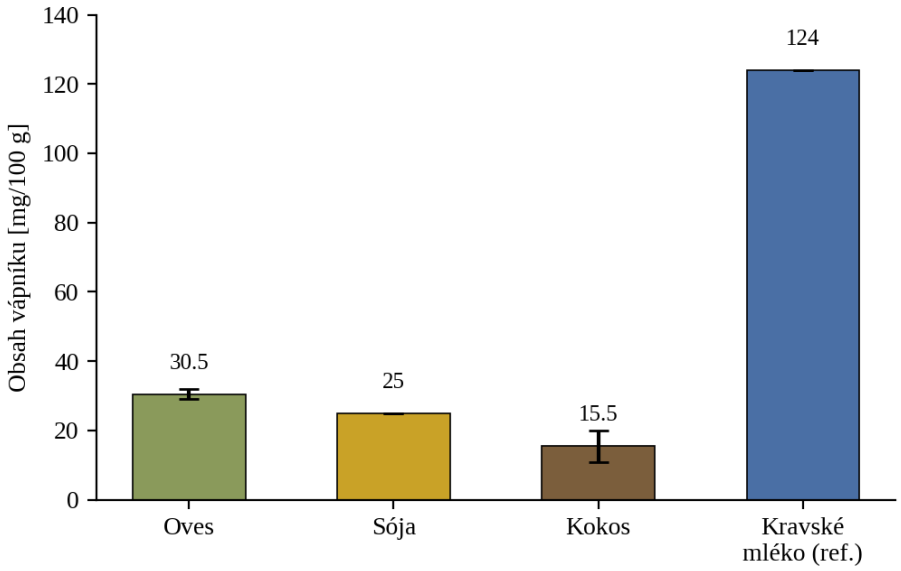
250ml balení tak představuje téměř 28 g cukru, tedy více než polovinu maximálního doporučeného denního limitu pro volné cukry (50 g/den) stanoveného Světovou zdravotnickou organizací[10]. Rozdílné složení sacharidů oproti mléčné skupině zároveň podmiňuje odlišnou metabolickou odezvu organismu, neboť u ovesných nápojů dochází i u variant bez přidaného cukru k uvolňování glukózy během enzymatické hydrolýzy škrobu.

Obsah bílkovin

Kvantitativní zastoupení bílkovin nebylo v rámci této práce stanovováno experimentálně, jedná se však o stěžejní ukazatel celkové výživové kvality. Referenční mléčné výrobky se vyznačovaly stabilním obsahem plnohodnotné bílkoviny v rozmezí 3,0 – 3,6 g/100 g. Naproti tomu neochucené kokosové a ovocné kokosové varianty obsahovaly pouze 0,3 – 0,7 g bílkovin na 100 ml a jejich nutriční využitelnost je navíc snížena nekompletním aminokyselinovým profilem. Sójový vzorek (2,8 g/100 g) představoval jedinou přirozenou výjimku, neboť se množstvím i biologickou hodnotou bílkoviny blíží živočišným zdrojům. Proteinová řada kokosových nápojů obohacená o kombinaci hrachového a rýžového proteinu dosahovala 2,8 – 4,4 g/100 g, tedy hodnot srovnatelných až nadstandardních vůči mléčné skupině, avšak za cenu výrazně nižší senzorické přijatelnosti.

Obsah vápníku

Klíčovým zjištěním práce byl nízký obsah vápníku ve všech hodnocených rostlinných alternativách. Naměřené hodnoty se pohybovaly v rozmezí 11 – 32 mg/100 g; nejvyšší byly zaznamenány u ovesných nápojů (29 – 32 mg/100 g), nejnižší u kokosových (11 – 20 mg/100 g), sójový vzorek dosáhl přibližně 25 mg/100 g. Ve všech případech byl obsah vápníku výrazně nižší než u kravského mléka (~124 mg/100 g)[1] – i u nutričně nejpříznivějšího ovesného vzorku přibližně čtyřikrát nižší (Obr. 2). Žádný z dvanácti hodnocených vzorků přitom nebyl fortifikován vápníkem, vitaminem D ani vitaminem B_{12}, ačkoli evropská legislativa dobrovolnou fortifikaci potravin umožňuje[11] a u obdobných výrobků na zahraničních trzích je běžná.



Obrázek 2 Obsah vápníku v rostlinných nápojích podle typu rostlinné báze v porovnání s kravským mlékem [mg/100 g]

Nízký přirozený obsah vápníku v rostlinných surovinách je dále umocněn přítomností antinutričních látek (kyselina fytová, oxaláty), které snižují jeho biologickou dostupnost[12]. Doporučený denní příjem vápníku pro dospělé činí přibližně 950 – 1000 mg; při reálné porci

300 ml rostlinného nápoje tak i ten nejpříznivější ovesný vzorek pokryje jen zlomek doporučené denní dávky, zatímco srovnatelná porce mléka přispívá řádově vyšším podílem.

Mikrobiologická analýza

Počty bakterií mléčného kvašení (BMK) u rostlinných vzorků dosahovaly $10^7 – 10^8$ KTJ/g, tedy minimální funkční dávky doporučované pro dosažení probiotického účinku[13]. Mléčná skupina vykazovala širší a v průměru vyšší rozmezí ($10^7 – 10^9$ KTJ/g) s maximy u tradičních kefírů (Tab. IV). Kvasinky byly u rostlinných vzorků detekovány v 9 z 12 případů v rozsahu $1{,}0 \cdot 10^6 – 1{,}1 \cdot 10^7$ KTJ/g; u mléčné skupiny byly zjištěny v 9 ze 14 vzorků, avšak v podstatně nižších počtech ($3{,}1 \cdot 10^2 – 2{,}9 \cdot 10^5$ KTJ/g). Při teoretickém posouzení podle legislativních limitů platných pro mléčné výrobky by naměřené počty BMK u rostlinných nápojů bez problémů vyhověly požadavkům jak pro kefírové mléko, tak pro tradiční kefír.

Tabulka IV Souhrnné srovnání výsledků mikrobiologické analýzy

Skupina	BMK celkem [KTJ/g]	Kvasinky detekovány
Rostlinné nápoje (n = 12)	$8{,}7 \cdot 10^7 – 8{,}9 \cdot 10^8$	9 z 12 vzorků ($1{,}0 \cdot 10^6 – 1{,}1 \cdot 10^7$ KTJ/g)
Mléčné výrobky (n = 14)	$1{,}1 \cdot 10^7 – 1{,}6 \cdot 10^9$	9 z 14 vzorků ($3{,}1 \cdot 10^2 – 2{,}9 \cdot 10^5$ KTJ/g)

Mikrobiologicky se tedy rostlinné alternativy z hlediska počtu živých kultur řadí na úroveň průmyslových kefírových mlék, jednoznačně ale nedosahují nejvyšších hodnot zaznamenaných u tradičních kefírů.

Senzorická analýza

Senzorické hodnocení potvrdilo konzistentně vyšší přijatelnost mléčných výrobků napříč všemi sledovanými deskriptory. U neochucených rostlinných vzorků dosáhl nejlepšího hodnocení ovesný nápoj natural, zatímco kokosové varianty byly hodnoceny jako nadměrně kyselé a sójový vzorek jako vodový s výraznou luštěninovou pachutí. Mezi ochucenými variantami dominovaly ovesné nápoje, zejména varianta s ovocnou příchutí, kterou hodnotitelé oceňovali pro vyváženou chuť; naopak proteinové kokosové varianty dosahovaly nejnižšího hodnocení kvůli palčivé slanosti nebo uměle působícímu aromatu. U referenčních mléčných výrobků byla senzorická jakost hodnocena stabilněji, s výjimkou jednoho vzorku vykazujícího technologickou vadu (hrudkovitost, separace syrovátky).

Legislativní aspekty a rizikové skupiny spotřebitelů

Zjištěný nesoulad deklarovaného a naměřeného obsahu tuku u tří kokosových vzorků poukazuje na potřebu důslednější kontroly nutričního značení u nově se rozvíjející kategorie rostlinných alternativ. Absence fortifikace vápníkem, vitaminem D a vitaminem B_{12} u všech hodnocených vzorků je přitom v rozporu s praxí běžnou na některých zahraničních trzích, kde je dobrovolná fortifikace u obdobných výrobků standardem. Tato zjištění mají zvláštní význam pro skupiny se zvýšenými nároky na příjem vápníku, plnohodnotných bílkovin a vitaminu B_{12} – děti, seniory a těhotné a kojící ženy – u nichž může dlouhodobé nahrazení mléčných výrobků nefortifikovanými rostlinnými alternativami bez odborného dietního poradenství vést k nutričním deficitům.

Závěr

Fermentované rostlinné nápoje na bázi ovsa, kokosu a sóji mohou být přínosnou součástí vyvážené stravy, plnohodnotnou náhradou zakysaných mléčných výrobků však nejsou[14]. Jejich nutriční profil se zásadně liší podle typu použité suroviny – ovesné a sójové nápoje nabízejí příznivější profil mastných kyselin s převahou nenasycených složek, kokosové varianty naopak

vysoký podíl nasycených mastných kyselin (86 – 92 %). U tří kokosových vzorků byl navíc zjištěn nesoulad deklarovaného a naměřeného obsahu tuku přesahující legislativní toleranci.

Společným limitujícím faktorem všech hodnocených vzorků je nízký a nefortifikovaný obsah vápníku (11 – 32 mg/100 g oproti ~124 mg/100 g u mléka) a absence vitaminů D a B_{12}, což je zvláště relevantní pro děti, seniory a těhotné a kojící ženy. I přes dosažení minimální funkční dávky bakterií mléčného kvašení (10^7 – 10^8 KTJ/g) a nižší senzorickou přijatelnost ve srovnání s tradičními mléčnými výrobky představují fermentované rostlinné nápoje relevantní volbu především pro spotřebitele s laktózovou intolerancí nebo alergií na bílkovinu kravského mléka. Pro širší populaci by jejich nutriční hodnotu mohla zlepšit zejména dobrovolná fortifikace klíčovými mikronutrienty.

Poděkování

Tato práce byla realizována za podpory projektu Specifického vysokoškolského výzkumu – projekt č. A1_FPBT_2026_001.

Literatura

1. Nutridatabáze.cz, Mléko plnotučné, Ústav zemědělské ekonomiky a informací, Praha, 2025. Dostupné z: https://www.nutridatabaze.cz/potraviny/?id=112.

2. Hidalgo-Fuentes B., de Jesús-José E., Cabrera-Hidalgo A. J., González-Vázquez R., Domínguez-Canales V. S., Martínez-Peña M. D., Cruz-Monterrosa R. G., Foods, 2024, 13(6), 844.

3. Asif N., Anwar O., Arif S., Anwar Z., Iahtisham-ul-Haq, Ercisli S., Mugabi R., Nayik G. A., Journal of Agriculture and Food Research, 2026, doi:10.1016/j.jafr.2026.102189.

4. Evropský parlament a Rada, Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, Úřední věstník Evropské unie, L 304, 2011, 18–63.

5. Mainušová N., Nutriční a senzorická hodnota fermentovaných nápojů na rostlinné bázi jako alternativ mléčných výrobků, Bakalářská práce, Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, Praha, 2026.

6. World Health Organization, Guideline: Sodium intake for adults and children, Geneva, 2012.

7. Evropská komise, Pokyny ke stanovení přípustných odchylek od nutričních hodnot uváděných na etiketě, Brusel, 2012.

8. Marten B., Pfeuffer M., Schrezenmeir J., Int. Dairy J., 2006, 16, 1374–1382.

9. World Health Organization, Saturated fatty acid and trans-fatty acid intake for adults and children: WHO guideline, Geneva, 2023, ISBN 978-92-4-007363-0.

10. World Health Organization, Guideline: Sugars intake for adults and children, Geneva, 2015.

11. Evropský parlament a Rada, Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1925/2006 o přidávání vitaminů a minerálních látek a některých dalších látek do potravin, Úřední věstník Evropské unie, L 404, 2006, 26–38.

12. Popova A., Mihaylova D., The Open Biotechnology Journal, 2019, 13, 68–76.

13. Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization, Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food, Rome, 2002.

14. Horáčková Š., Dostálová J., Mohou rostlinné nápoje nahradit mléko ve výživě? In: Mléko a mléčné výrobky ve výživě II, Potravinářská komora České republiky, Praha, 2017, 44–46.

FERMATO - RAJČATA, BAKTERIE A TROCHU CHAOSU: CESTA OD SKLEPA K AUTOMATIZOVANÉ LINCE

Kočvarová K.

Fermato sauce s.r.o, Brno, CZ

Co se stane, když se osobní fascinace fermentací potká s podnikatelskou ambicí a reálnými omezeními malé výroby? Fermato vzniklo z přesvědčení, že fermentované rajčatové omáčky mohou být víc než domácí specialita a z touhy dokázat, že je lze vyrábět konzistentně a ve větším měřítku. Tato přednáška je o tom, co předcházelo založení samotné firmy, o rozhodnutích, výzvách a systémech, které je nutné budovat v situaci raketového růstu.

Fermato - tomatoes, bacteria, and a little chaos: The journey from the cellar to the automated production line

What happens when a personal fascination with fermentation meets entrepreneurial ambition and the practical constraints of small-scale production? Fermato was born out of the belief that fermented tomato sauces can be more than just a homemade specialty, and out of a desire to prove that they can be produced consistently and on a larger scale. This talk is about what led up to the founding of the company itself – the decisions, challenges, and systems that must be built in the face of rapid growth.

OBSAH MINERÁLNÍCH LÁTEK V ZÁKLADNÍCH POTRAVINÁCH DŘÍVE A DNES

Koplík R.

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha, CZ

Do povědomí některých laiků o výživové hodnotě potravin patří i představa (často i silné přesvědčení), že dnešní potraviny obsahují méně minerálních látek (a vitaminů) než potraviny v dřívějších dobách. Zastánci této hypotézy obvykle argumentují tím, že prvky, které jsou pro rostliny živinami, jsou v zemědělských půdách dnes již značně „vyčerpány“, takže pěstované plodiny mají k dispozici méně těchto esenciálních prvků v dostupných formách.

Takto obecně formulovanou hypotézu je velmi obtížné prokázat nebo vyvrátit. Chceme-li se v tomto problému zorientovat, můžeme jej zkoumat několika přístupy.

Zaprvé lze poměrně snadno porovnat data z historických tabulek výživových hodnot potravin (nebo z jiných obdobných přehledů) s těmi z nedávné doby. U tohoto přístupu ale často vyvstávají pochybnosti o porovnatelnosti dat, pokud jde o jejich původ, podmínky primární zemědělské produkce a zachování stálých receptur u zpracovaných výrobků. Navíc obvykle máme k dispozici pouze průměrné nebo jinak odhadnuté střední hodnoty, které ale mají určitou přirozenou variabilitu, takže individuální relativní změny obsahu menší než asi ±25 % nelze obvykle považovat za významné. Další část nejistoty do takového porovnání vnášejí nestejné analytické metody používané v době před zhruba 80 a více lety a v době nedávné či současné.

Zadruhé můžeme vyhledat studie, které v minulosti poměrně nedávné sledovaly obsah některých prvků v definovaných a srovnatelných typech vzorků v krátké (několik let trvající) časové řadě a při jejichž provedení byly používány jednotné a prověřené analytické metody. Získané závěry zde mohou být podstatně spolehlivější, než je tomu u prvního přístupu. Avšak v krátkých časových řadách tyto výsledky téměř vždy ukazují pouze variabilitu a kolísání obsahů, ale nemohou prokázat trend, protože ten se zřejmě může ukázat až za čas, který značně přesahuje „životnost“ vědeckých kolektivů, které se tomuto fenoménu věnují, a příslušnou dobu grantové podpory.

Zcela ojedinělé jsou práce používající třetí možný přístup, kdy jsou současnými a vysoce spolehlivými analytickými metodami zpětně analyzovány archivované historické vzorky určitých plodin a obsah prvků je tedy zjištěn objektivně. Jsou-li takové archivované vzorky k dispozici za delší časové období a jsou-li srovnatelné, pokud jde o původ a podmínky zemědělské produkce, lze na základě získaných dat učinit platné dílčí závěry.

V přednášce budou ukázány na příkladech situace, kdy pokles obsahu prvků byl či naopak nebyl zmíněnými přístupy prokázán.

Mineral elements content in staple foods in the past and at the current times

Some laypeople’s perceptions of the nutritional value of food includes the notion (and often a strong conviction) that today’s foods contain less minerals (and vitamins) than foods in the past. Proponents of this hypothesis usually claim that the elements that serve as nutrients for plants are now largely “depleted” in agricultural soils, so that cultivated crops have less of these essential elements available in accessible forms.

A hypothesis formulated in such general terms is very difficult to prove or disprove. If we want to gain a better understanding of this issue, we can examine it using several approaches.

First, it is relatively easy to compare data from historical food composition tables (or other similar sources) with more recent data. However, this approach often raises doubts about the comparability of the data in terms of food samples origin, the conditions of primary agricultural production, and the consistency of recipes for processed products. Furthermore, we usually have access only to average or otherwise estimated mean values, which, however, exhibit a certain natural variability, so that the individual relative changes in content of less than about ±25 % cannot generally be considered significant. Additional

uncertainty is introduced into such comparisons by the differing analytical methods used approximately 80 or more years ago and in recent or current times.

Second, we can look for fairly recent studies that have monitored the content of certain elements in defined and comparable types of samples over a short time series (lasting several years) and that employed standard and validated analytical methods. The conclusions drawn from such studies may be considerably more reliable than those from the first approach. However, in short time series, these results almost always show only variability and fluctuations in content, but cannot demonstrate any trend, as this may only become apparent over a period of time that significantly exceeds the "lifespan" of the research teams studying this phenomenon and the duration of the relevant grant funding.

Studies employing the third possible approach are extremely rare; in this case, the archived historical samples of specific crops are retrospectively analyzed using modern, highly reliable analytical methods, thereby objectively determining their elemental composition. If such archived samples are available over a longer period of time and are comparable in terms of origin and agricultural production conditions, valid partial conclusions can be made on the basis of these results.

In the lecture, examples will be used to illustrate situations in which a decrease in element content was – or, conversely, was not –proved by the said approaches.

VPLYV POLOSUCHEJ FERMENTÁCIE NA PROFIL PRCHAVEJ FRAKCIE STRUKOVÍN

Kopuncová M. (1), Ciesarová Z. (1), Klempová T. (2), Čertík M. (2)

(1) Odbor potravinárstva, Sekcia vedy, výskumu a inovácií, NPPC v Bratislave, SK
(2) Ústav biotechnológie, STU v Bratislave, SK

Strukoviny predstavujú významný zdroj bielkovín, vlákniny, mastných kyselín, vitamínov a minerálov. Ich konzumácia znižuje krvný tlak, riziko vzniku srdcovo-cievnych ochorení, cukrovky a rakoviny. Využitie strukovín v potravinárstve limituje vysoký obsah antinutričných zlúčenín, nevhodné technologické vlastnosti a senzorický profil, ktorý je spotrebiteľmi vnímaný skôr negatívne. Polosuché fermentácie vláknitými hubami umožňujú obohatenie strukovín o bioaktívne zlúčeniny, zlepšenie ich antioxidačných vlastností a stráviteľnosti. Informácií o vplyve fermentácie na senzorické vlastnosti strukovín je veľmi málo. Zámerom tejto práce bolo zhodnotiť vplyv polosuchej fermentácie na profil prchavých zlúčenín žltého a zeleného hrachu, červenej šošovice a bielej fazule. Pre fermentáciu boli vybrané *Actinomucor elegans, Umbelopsis isabellina* a *Mortierella alpina*. Prchavá frakcia surových, sterilizovaných a fermentovaných strukovín bola izolovaná mikroextrakciou na tuhú fázu (HS-SPME) a analyzovaná plynovou chromatografiou v spojení s hmotnostne-spektrometrickou, plameňovo-ionizačnou a olfaktometrickou detekciou (GC-MS, GC-FID/O). Profil prchavej frakcie surových strukovín bol chudobný z hľadiska počtu aj koncentrácie zlúčenín, pričom jeho dominantnou zložkou bol hexanal. Už sterilizácia spôsobila zmeny v profile prchavých zlúčenín, predovšetkým pokles hexanalu a vznik benzaldehydu, 2-metylbutanalu a 3-metylbutanalu. Prchavá frakcia fermentovaných strukovín bola jednoznačne najbohatšia z kvantitatívneho i kvalitatívneho hľadiska. Fermentácia viedla ku vzniku širokého spektra prchavých zlúčenín, pričom v profile dominovali pyrazíny – najvyššie zastúpenie mali tetrametylpyrazín a trimetylpyrazín. Odorické vnemy generované väčšinou detegovaných zlúčenín boli negatívne (hnilobná, horká, spotená, spálená, plastová) a nežiadúcim spôsobom ovplyvňovali celkovú arómu fermentovaných strukovín. Toto môže viesť k problémom s akceptáciou nových produktov spotrebiteľmi a bude vyžadovať optimalizáciu prídavku fermentovaných strukovín, respektíve ďalšie technologické úpravy s cieľom minimalizácie ich negatívnych senzorických vlastností.

Poďakovanie

Práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja SR na základe zmluvy č. APVV-23-0169.

The effect of solid state fermentation on the profile of legumes volatile fraction

Legumes are an important source of protein, fiber, fatty acids, vitamins, and minerals. Their consumption lowers blood pressure and reduces the risk of cardiovascular disease, diabetes, and cancer. The use of legumes in the food industry is limited by their high content of antinutritional compounds, unsuitable technological properties and a sensory profile that is generally perceived negatively by consumers. Solid state fermentation with filamentous fungi enriches legumes with bioactive compounds, improves their antioxidant properties and digestibility. Very little information is available on the effect of fermentation on the sensory properties of legumes. The aim of this study was to evaluate the effect of solid state fermentation on the volatile compounds profile of yellow and green peas, red lentils and white beans. *Actinomucor elegans*, *Umbelopsis isabellina* and *Mortierella alpina* were selected for fermentation. The volatile fraction of raw, sterilized, and fermented legumes was isolated by solid-phase microextraction (HS-SPME) and analyzed by gas chromatography coupled with mass spectrometry, flame ionization, and olfactometric detection (GC-MS, GC-FID/O). The volatile fraction of raw legumes was poor in terms of both the number and concentration of compounds, with hexanal as its dominant component. The sterilization itself caused changes in the profile of volatiles, primarily a decrease in hexanal and the formation of benzaldehyde, 2-methylbutanal, and 3-methylbutanal. The volatile fraction of fermented legumes was clearly the richest in terms of both quantity and quality. Fermentation led to the formation

of a wide spectrum of volatile compounds with pyrazines dominating the profile – tetramethylpyrazine and trimethylpyrazine were the most abundant. The odor perceptions generated by most of the detected compounds were negative (rotten, bitter, sweaty, burnt, plastic) and adversely affected the overall aroma of the fermented legumes. This may lead to problems with consumer acceptance of new products and will require optimization of the addition of fermented legumes, or further technological modifications aimed at minimizing their negative sensory properties.

Acknowledgements: This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the Contract no. APVV-23-0169.

MONO-, DI- A POLYSACHARIDY VE VYBRANÝCH DRUZÍCH HMYZU

Kouřimská L. (1), Václavíková E. (2), Beňo F. (2), Škvorová P. (1), Kulma M. (3), Kvasnička F. (2)

(1) Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU v Praze, CZ
(2) Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha, CZ
(3) Katedra zoologie a rybářství, ČZU v Praze, CZ

Úvod

Jedlý hmyz je v současné době považován za perspektivní alternativní zdroj živin s potenciálem přispět k udržitelnému potravinovému systému. Vedle vysokého obsahu kvalitních bílkovin, lipidů, vitaminů a minerálních látek se v posledních letech zvyšuje zájem také o jeho sacharidovou složku. Přestože obsah sacharidů v hmyzu představuje pouze malou část sušiny, některé z nich mají významnou fyziologickou funkci jak pro samotný hmyz, tak z hlediska výživy člověka.

Mezi nejvýznamnější nízkomolekulární sacharidy patří glukóza, fruktóza, maltóza, sacharóza, laktóza a především trehalóza. Trehalóza je charakteristickým disacharidem hmyzu a představuje hlavní cirkulující cukr v hemolymfě. Slouží jako rychle dostupný zdroj energie během letu a dalších energeticky náročných aktivit a současně chrání buňky před stresem způsobeným vysycháním, zmrazením nebo vysokou osmotickou zátěží. Díky vazbě α,α-1,1 mezi dvěma molekulami glukózy se jedná o neredukující disacharid s vysokou chemickou stabilitou, který nepodléhá Maillardovým reakcím.

Z pohledu lidské výživy může být důležitá především přítomnost disacharidů u osob trpících deficitem střevních disacharidáz. Zatímco intolerance laktózy patří mezi nejčastější potravinové intolerance, vrozený deficit trehalázy nebo maltázy je podstatně vzácnější. Přesto může být u některých populací prevalence intolerance trehalózy zvýšená, a proto je vhodné znát její obsah v jednotlivých druzích jedlého hmyzu.

Vedle nízkomolekulárních sacharidů představuje významnou součást hmyzího exoskeletu také chitin. Jedná se o lineární polysacharid tvořený jednotkami N-acetyl-D-glukosaminu propojenými β-(1→4)-glykosidickou vazbou. Chitin je po celulóze druhým nejrozšířenějším přírodním biopolymerem a v lidské výživě je považován za nerozpustnou vlákninu. Přestože je jeho stravitelnost omezená, vykazuje řadu biologicky významných účinků, zejména prebiotické působení, schopnost ovlivňovat střevní mikrobiotu a metabolismus lipidů.

Cílem této práce bylo charakterizovat obsah mono- a disacharidů a současně stanovit obsah chitinu u vybraných druhů jedlého hmyzu s důrazem na jejich nutriční význam a možné souvislosti s potravinovými intolerancemi.

Experimentální část

Pro stanovení mono- a disacharidů bylo analyzováno celkem 19 lyofilizovaných vzorků jedlého hmyzu pocházejících z pěti řádů – rovnokřídlých (Orthoptera), brouků (Coleoptera), švábů (Blattodea), dvoukřídlých (Diptera) a motýlů (Lepidoptera). Soubor zahrnoval různé druhy, vývojová stádia i pohlaví, aby bylo možné posoudit variabilitu sacharidového složení.

Pro stanovení obsahu chitinu bylo využito 10 druhů hmyzu zahrnujících zástupce řádů Orthoptera, Coleoptera, Blattodea a Diptera.

Obsah glukózy, fruktózy, maltózy, sacharózy, laktózy a trehalózy byl stanoven metodou vysokoúčinné aniontově-výměnné chromatografie s pulzní ampérometrickou detekcí (HPAEC-PAD). Tato metoda umožňuje citlivé a selektivní stanovení jednotlivých sacharidů bez nutnosti jejich derivatizace. Obsah chitinu byl analyzován elektroforetickou metodou (online

vázaná kapilární izotachoforéza s kapilární zónovou elektroforézou s konduktometrickou detekcí). Stanovení chitinu bylo založeno na analýze glukosaminu po kyselé hydrolýze vzorku.

Výsledky a diskuse

Obsah mono- a disacharidů

Celkový obsah analyzovaných mono- a disacharidů vykazoval mezi jednotlivými druhy značnou variabilitu a pohyboval se v rozmezí 49 až 1 675 mg/100 g lyofilizovaného vzorku. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny u saranče stěhovavé (*Locusta migratoria*) a mouchy domácí (*Musca domestica*), zatímco nejnižší obsah byl stanoven u bource morušového (*Bombyx mori*) a švába turkestánského (*Blatta lateralis*).

Dominantním monosacharidem byla glukóza, která představuje základní zdroj energie buněčného metabolismu. Její zastoupení bylo u většiny analyzovaných druhů vyšší než obsah fruktózy, což odpovídá významu glukózy v energetickém metabolismu hmyzu.

Z analyzovaných disacharidů vykazovaly nejvyšší koncentrace trehalóza a maltóza. Vyšší obsah trehalózy byl pozorován zejména u subadultních jedinců saranče stěhovavé (*Locusta migratoria*) a u larev potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) a bráněnky (*Hermetia illucens*). Tento výsledek odpovídá známé fyziologické funkci trehalózy jako hlavního transportního sacharidu hmyzu a významného energetického zdroje během růstu a vývoje.

Naopak obsah laktózy a sacharózy byl u většiny druhů velmi nízký. Tento výsledek je očekávaný, protože hmyz tyto disacharidy běžně nesyntetizuje a jejich přítomnost souvisí především se složením krmiva. Absolutní koncentrace laktózy dosahovaly pouze jednotek až desítek mg/100 g sušiny, což je ve srovnání s kravským mlékem, obsahujícím přibližně 4,8 g laktózy ve 100 ml, zanedbatelné množství.

Z nutričního hlediska proto lze většinu analyzovaných druhů jedlého hmyzu považovat za vhodnou potravinu pro osoby s intolerancí laktózy nebo sacharózy. Naproti tomu vyšší obsah trehalózy a maltózy u některých druhů naznačuje, že u jedinců s vrozeným deficitem trehalázy nebo maltázy může být vhodné věnovat zvýšenou pozornost výběru konzumovaného druhu hmyzu. Přestože je intolerance trehalózy v evropské populaci poměrně vzácná, u některých domorodých populací byla popsána podstatně vyšší prevalence, což může mít význam při rozšiřování konzumace jedlého hmyzu na celosvětové úrovni.

Obsah chitinu ve vybraných druzích hmyzu

Obsah chitinu byl stanoven u deseti druhů jedlého hmyzu a pohyboval se v rozmezí 1,64 - 3,03 g/100 g čerstvé hmotnosti. Získané výsledky potvrzují, že množství chitinu se mezi jednotlivými druhy významně liší. Nejnižší obsah byl zjištěn u larev potemníka moučného (*Tenebrio molitor*), kde činil 1,64 g/100 g čerstvé hmotnosti. Naopak nejvyšší hodnoty byly stanoveny u dospělců saranče pustinné (*Schistocerca gregaria*), u nichž obsah chitinu dosahoval přibližně 3,03 g/100 g čerstvé hmotnosti. U dospělců cvrčka domácího (*Acheta domesticus*) byl obsah chitinu přibližně 2,24 g/100 g, zatímco u dalších analyzovaných druhů se pohyboval převážně kolem 2 g/100 g čerstvé hmotnosti.

Zjištěné rozdíly lze vysvětlit především odlišnou stavbou exoskeletu jednotlivých druhů a vývojových stadií. Larvy zpravidla obsahují méně chitinu než dospělci, jejichž kutikula je silněji sklerotizována a mechanicky odolnější.

Ve srovnání s jinými přírodními zdroji představuje jedlý hmyz významný zdroj chitinu. Přestože jeho obsah bývá nižší než u schránek některých korýšů, představuje hmyz zajímavou alternativní surovinu, jejíž význam bude pravděpodobně narůstat společně s rozvojem produkce jedlého hmyzu. Další výhodou je možnost komplexního využití celé biomasy hmyzu, kdy lze vedle proteinů a lipidů efektivně zhodnotit i chitin.

Zpět na seznam příspěvků

Závěr

Výsledky této práce prokázaly značnou variabilitu sacharidového složení mezi jednotlivými druhy, vývojovými stádii i pohlavími jedlého hmyzu. Dominantními nízkomolekulárními sacharidy byly glukóza, trehalóza a maltóza, přičemž nejvyšší celkový obsah analyzovaných sacharidů byl zjištěn u saranče stěhovavé a mouchy domácí. Nízké koncentrace laktózy a sacharózy potvrzují, že většina analyzovaných druhů je vhodná i pro osoby s intolerancí těchto disacharidů, zatímco vyšší obsah trehalózy a maltózy může představovat určité omezení pro jedince s deficitem příslušných enzymů.

Současně bylo potvrzeno, že jedlý hmyz představuje významný zdroj chitinu, jehož obsah se u analyzovaných druhů pohyboval v rozmezí 1,64 – 3,03 g/100 g čerstvé hmotnosti. Vedle své strukturální funkce vykazuje chitin významné biologické účinky a je dnes považován za perspektivní složku potravy s vlastnostmi nerozpustné vlákniny.

Komplexní charakterizace mono-, di- a polysacharidů přispívá k lepšímu poznání nutriční hodnoty jedlého hmyzu a poskytuje důležité informace pro jeho bezpečné využití v potravinářství. S pokračujícím rozvojem produkce hmyzu lze očekávat, že význam sacharidové frakce, zejména chitinu a jeho derivátů, bude dále narůstat nejen z hlediska lidské výživy, ale také v oblasti funkčních potravin, biomedicíny a udržitelného využívání biologických zdrojů.

Poděkování

Podpořeno projektem MŠMT METROFOOD-CZ, č. LM2023064.(Supported by the MEYS METROFOOD-CZ project, no. LM2023064.)

Literatura

1. Becker, A., Schlöder, P., Steele, J. E., & Wegener, G. (1996). The regulation of trehalose metabolism in insects. Experientia 52, 433–439. https://doi.org/10.1007/bf01919312.
2. Kvasnička, F., Kouřimská, L., Bleha, R., Škvorová, P., Kulma, M., & Rajchl, A. (2023). Electrophoretic determination of chitin in insects. Journal of Chromatography A, 1695, Article e463952. https://doi.org/10.1016/j.chroma.2023.463952.
3. Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G., Shelby, K. S., & Coudron, T. A. (2016). Nutritional value of pupae versus larvae of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) as food for rearing *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). Journal of Economic Entomology, 109, 564–571. https://doi.org/10.1093/jee/tov338.
4. Richards, A. B., Krakowka, S., Dexter, L. B., Schmid, H., Wolterbeek, A. P. M., Waalkens-Berendsen, D. H., Shigoyuki, A., & Kurimoto, M. (2002). Trehalose: a review of properties, history of use and human tolerance, and results of multiple safety studies. Food and Chemical Toxicology, 40, 871–898. https://doi.org/10.1016/S0278-6915(02)00011-X.
5. Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. Molecular Nutrition and Food Research, 57, 802–823. https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735.
6. Son, Y. J., Hwang, I. K., Nho, C. W., Kim, S. M., & Kim, S. H. (2021). Determination of carbohydrate composition in mealworm (*Tenebrio molitor* L.) larvae and characterization of mealworm chitin and chitosan. Foods, 10, Article e640. https://doi.org/10.3390/foods10030640.

KONTROLNÍ ČINNOST SZPI V OBLASTI KOJENECKÉ VÝŽIVY

Kršková S., Bartošová L.

Státní zemědělská a potravinářská inspekce, Brno, CZ

Přednáška se zaměří na kontrolní činnost Státní zemědělské a potravinářské inspekce v oblasti počáteční a pokračovací kojenecké výživy. Pozornost bude věnována právním předpisům vztahujícím se ke kojenecké výživě, včetně požadavků na označování, reklamu, složení.

Další část přednášky bude věnována aktuální mezinárodní kauze kontaminace sušené mléčné počáteční a pokračovací kojenecké výživy toxinem cereulidem, který produkuje bakterie *Bacillus cereus*. Budou prezentovány i výsledky mimořádné kontrolní akce sušené mléčné kojenecké výživy na stanovení přítomnosti toxinu cereulidu a *Bacillus cereus*.

CAFIA inspection activities in the field of infant formula

The lecture will focus on the inspection activities of the Czech Agricultural and Food Inspection Authority in the field of infant and follow-on infant formula. Attention will be paid to legal regulations related to infant formula, including requirements for labeling, advertising, composition.

The next part of the lecture will focus on the current international case of the the initial and follow-on powdered infant formula contamination with cereulide toxin, which is produced by the bacteria *Bacillus cereus*. The results of an extraordinary coordinated control action focused at detecting cereulide toxin and *Bacillus cereus* in powdered infant formula will also be presented.

FT-NIR SPEKTROSKOPIE JAKO ÚČINNÝ NÁSTROJ PRO PREDIKCI NUTRIENTŮ V JEDLÉM HMYZU

Krtička M.

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU v Praze, CZ

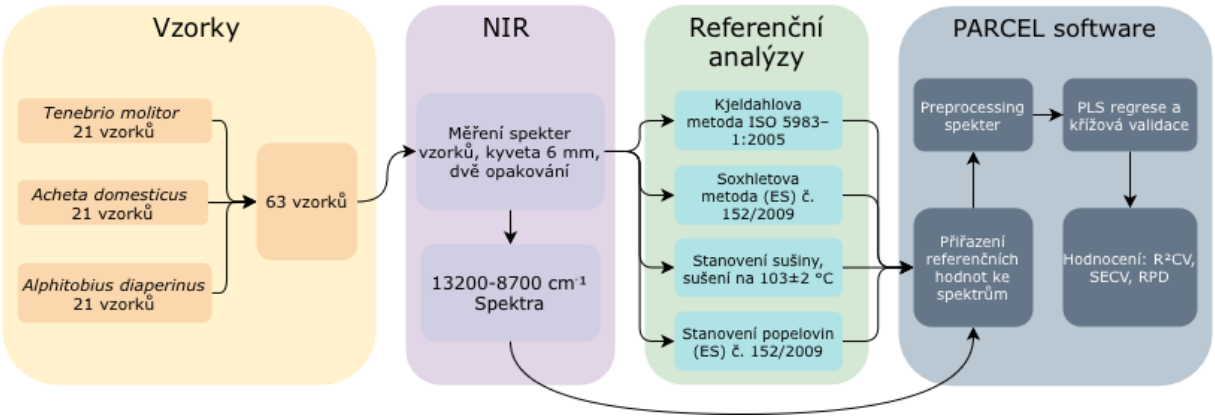
Úvod

Spektroskopie blízké červené oblasti (NIR) je nedestruktivní analytická metoda umožňující rychlou a relativně levnou predikci chemického složení materiálů na základě interakce elektromagnetického záření se vzorkem. Tato technologie se v posledních letech uplatňuje zejména v kvalitativní kontrole a analýze nutričního složení potravinářských produktů. Jedlý hmyz představuje udržitelný a environmentálně šetrný zdroj proteinu a esenciálních živin[1]. Na rozdíl od tradičního zemědělství vyžaduje hmyzí chov méně půdy, vody a energetických zdrojů, přičemž jeho produkce generuje nižší emise skleníkových plynů. Se zvyšujícím se zájmem o hmyzí proteiny roste poptávka po standardizovaných a efektivních metodách pro kontrolu kvality a určování obsahu živin v jedlém hmyzu. Současné aplikace NIR spektroskopie zaměřené na analýzu hmyzu se soustředí převážně na jednotlivé druhy nebo specifické parametry. Vývoj a údržba samostatných kalibrací pro každý druh je finančně i časově náročnější[2]. Multi-species kalibrační modely, které umožňují simultánní analýzu více druhů v jednom systému, představují zajímavé řešení. Navíc řada moderních a přenosných NIR přístrojů operuje v omezeném spektrálním rozsahu, což představuje technickou výzvu pro vývoj robustních predikčních modelů[3]. Cílem této práce bylo vyvinout spolehlivý, robustní FT-NIR kalibrační model pro simultánní predikci obsahu proteinu, tuku, popelovin a sušiny pro tři vybrané druhy jedlého hmyzu (*Acheta domesticus, Tenebrio molitor, Alphitobius diaperinus*) s využitím omezeného spektrálního rozsahu 13200 – 8700 cm^{-1}, typického pro nové generace přenosných spektrometrů. Tento přístup by měl poskytnout praktickou metodu pro efektivnější kvalitativní kontrolu ve výrobě a distribuci hmyzích produktů[4].

Experimentální část

Příprava vzorků

Byly zkoumány tři druhy hmyzu: *Acheta domesticus* (AD), *Tenebrio molitor* (TM) a *Alphitobius diaperinus* (AlD). Vzorky pocházely z chovných zařízení České zemědělské univerzity v Praze (ČZU) nebo byly získány od společnosti PAPEK s.r.o., která je zajišťovala od různých chovatelů. Hmyz byl chován v plastových nádobách za různých podmínek prostředí. Krmení se lišilo podle druhu a chovatele. Druh AD a AlD byly krmeny obilovinou, pšeničnými klíčky nebo otrubami, doplněnými jablkem, mrkví nebo bramborem. Druh TM dostával upravené drůbežní krmivo s pšeničnými otrubami v poměru 1:4. Před usmrcením byl všechen hmyz 24 hodin bez potravy. Usmrcení probíhalo dvěma metodami. První metoda spočívala ve zmrazení při -20 °C. Druhá metoda zahrnovala vaření ve vodě v poměru vzorek ku vodě 1:10 po dobu 5 minut. Vzorky byly následně skladovány v mrazáku při -18 °C. Vzorky hmyzu podstoupily lyofilizaci, počínaje zmrazením při -80 °C po dobu jedné hodiny, následované lyofilizací pod nízkým tlakem (L10-55 PRO, GREGOR Instruments s.r.o., CZ). Lyofilizovaný hmyz byl homogenizován pomocí laboratorního mlýnku (IKA MultiDrive basic, Vekron, CZ) a uskladněn v mrazáku při -80 °C do doby analýzy. Na Obr. 1 je znázorněn experimentální postup zahrnující přípravu vzorků, paralelní NIR měření a referenční analýzy, následovaný předzpracováním dat spekter, tvorbou PLS kalibrace a validací modelů.



Obrázek 1 Schéma experimentálního postupu FT-NIR kalibrace pro stanovení nutrientů v jedlém hmyzu

Referenční metody

Obsah sušiny byl stanoven gravimetrickou metodou. Vzorky byly sušeny v elektrické sušárně (Memmert, Schwabach, DE) při teplotě 103 ± 2 °C po dobu 3,5 hodin. Doba sušení byla stanovena na základě předběžné analýzy, která sledovala dosažení konstantní hmotnosti vzorku, přičemž byl zohledněn vliv oxidace lipidů a případného zvýšení hmotnosti. Obsah popelovin byl analyzován spalováním v muflové peci (Vekron, Praha, CZ) při 550 °C v souladu s Nařízením Evropské komise. Stanovení dusíku proběhlo pomocí Kjeldahlovy metody dle normy ISO 5983–1:2005 za použití analyzátoru Kjeltec 2400 (FOSS, Hillerød, DK). Obsah tuku byl určen Soxhletovou extrakcí v souladu s Nařízením (ES) č. 152/2009, přičemž jako rozpouštědlo byl použit petrolether (max. 0,01 % aromatických uhlovodíků, 40 – 60 °C, VWR International S.A.S., FR). Obsah hrubých bílkovin byl vypočten z naměřeného obsahu dusíku pomocí konverzního faktoru 6,25. Zároveň byly aplikovány také druhově specifické přepočítávací faktory vycházející z dostupné vědecké literatury pro výpočet skutečného proteinu. V případech, kdy literatura obsahovala více faktorů, byla pro výpočty použita jejich průměrná hodnota.

$$\text{Protein} = \text{N\%} \times 6{,}25$$

NIR spektroskopické měření vzorků

Pro vytvoření kalibračního modelu byly vzorky jedlého hmyzu analyzovány na Fourierově transformačním NIR analyzátoru Lumex InfraLUM FT-12 (Lumex Instruments,Mission, CAN) v transmisním módu ve spektrální oblasti 13200 – 8700 cm^{-1}. Před samotným měřením byla v programu Parcel (Open Source Collective, Covina, US) nastavena metoda pro přístroj, přičemž kalibrační kanál byl nastaven na rozlišení 16 cm^{-1} s Besselovou apodizační funkcí, referenční kanál byl nastaven na rozlišení 32 cm^{-1} rovněž s Besselovou apodizací. Před samotnou kalibrací byl přístroj podroben testu způsobilosti systému (System suitability test, SST) s referenční kyvetou pro stanovení základní linie. Celkem bylo k analýze vybráno 63 vzorků a to AD – 21, TM – 21 a AlD – 21. Vzorky vytemperované na pokojovou teplotu byly vloženy do 6mm skleněné kyvety a proměřeny vždy ve dvou opakováních. Pro každé spektrum bylo měřeno vždy 12 skenů. K získaným NIR spektrům byly přiřazeny referenční hodnoty obsahu proteinu, tuku, popelovin a sušiny stanovené standardními analytickými metodami. Naměřená spektra byla exportována z přístroje a zpracována v programu Parcel pro tvorbu kalibračních modelů metodou Partial Least Squares (PLS).

Analýza dat

Spektra byla před vývojem kalibračních modelů podrobena postupům předzpracování dat specifickým pro každý analyzovaný parametr. Pro predikci obsahu proteinů byla aplikována korekce základní linie následovaná normalizací směrodatnou odchylkou a výpočtem první

derivace. Kalibrace pro stanovení tuku zahrnovala multiplikativní korekci, normalizaci směrodatnou odchylkou, vážený průměr a první derivaci. U popelovin byla provedena korekce základní linie, škálování odchylek (deviations scale), normalizace směrodatnou odchylkou, vážený průměr a druhá derivace. Pro predikci sušiny byl použit postup zahrnující korekci základní linie, normalizaci směrodatnou odchylkou, vážený průměr a první derivaci. Pro každý nutrient (protein, tuk, popeloviny, sušina) byl vytvořen kalibrační model na základě vztahu mezi FT-NIR spektry a referenčními hodnotami stanovenými standardními laboratorními metodami. Kvalita modelů byla ověřena metodou křížové validace (cross-validation), která poskytuje realistický odhad predikční schopnosti modelu na nezávislých datech.

Kvalita kalibračních modelů byla hodnocena pomocí tří statistických parametrů vypočítaných pro kalibrační soubor i křížovou validaci. Koeficient determinace (R^2) vyjadřuje míru lineární závislosti mezi referenčními a predikovanými hodnotami, kde n je počet vzorků, y*i* je referenční hodnota vzorku i, $\hat{y}i$ je predikovaná hodnota vzorku i a $\bar{y}$ je průměr referenčních hodnot. Hodnoty R^2 blížící se 1 indikují silnou korelaci mezi modelem a referenčními daty. Pro hodnocení byly rozlišovány R^2cal (kalibrační soubor) a R^2CV (křížová validace).

$$R^2 = 1 - \Sigma(\hat{y}_i - y_i)^2 / \Sigma(y_i - \bar{y})^2$$

Střední kvadratická chyba (RMSE) kvantifikuje průměrnou odchylku predikovaných hodnot od referenčních hodnot vyjádřenou ve stejných jednotkách jako měřený parametr. Nižší hodnoty RMSE indikují vyšší přesnost predikce. Rozlišovaly se SEC (standard error of calibration) pro kalibrační soubor a SECV (standard error of cross-validation) pro křížovou validaci.

$$RMSE = \sqrt{[\Sigma(\hat{y}_i - y_i)^2 / n]}$$

Poměr predikční schopnosti vůči odchylce (RPD) je definován jako poměr směrodatné odchylky (SD) referenčních hodnot k SECV. RPD představuje primární kritérium pro hodnocení použitelnosti NIR kalibrace. Hodnoty RPD byly interpretovány podle standardních kritérií: RPD < 1,5 indikuje nepoužitelnou kalibraci, 1,5–2,0 umožňuje hrubé třídění vzorků, 2,0–2,5 je vhodné pro kvantitativní predikce, 2,5–3,0 představuje dobrou kalibraci a RPD > 3,0 vynikající kalibraci s vysokou predikční přesností.

$$RPD = SD / SECV$$

SECV a R^2CV představovaly primární kritéria pro hodnocení predikční schopnosti modelů, neboť poskytují realistický odhad chyby predikce na nezávislých datech. Poměr SECV/SEC byl použit jako indikátor možného přeučení modelu (tzv. overfitting), přičemž hodnoty > 1,5 signalizují nadměrné přizpůsobení modelu trénovacím datům.

Výsledky a diskuse

Vyvinuté kalibrační modely vykazovaly rozdílnou predikční schopnost v závislosti na analyzovaném nutrientu. Kalibrace pro stanovení obsahu proteinů dosáhla vysoké přesnosti s hodnotou R^2CV = 0,89 a SECV = 0,8 %. Koeficient determinace kalibračního souboru R^2cal = 0,92 byl mírně vyšší než R^2CV, což indikuje dobrou generalizační schopnost modelu. Hodnota RPD = 2,8 klasifikuje tuto kalibraci jako dobrou s dostatečnou přesností pro kvantitativní predikce obsahu proteinů v jedlém hmyzu. Poměr SECV/SEC = 1,33 potvrzuje, že model není nadměrně přizpůsoben trénovacím datům. Predikční chyba SECV = 0,8 % představuje přijatelnou úroveň nepřesnosti pro rutinní analýzu proteinů. Model pro predikci obsahu tuku vykazoval nižší predikční schopnost s R^2CV = 0,86 a SECV = 1,0 %. Hodnota RPD = 2,2 klasifikuje tuto kalibraci jako vhodnou pro kvantitativní stanovení, avšak s nižší přesností ve srovnání s proteiny. Poměr SECV/SEC = 1,43 se blíží horní hranici doporučené hodnoty 1,5, což může indikovat počínající přeučení modelu. Vyšší predikční chyba u tuků pravděpodobně odráží komplexnější spektrální odezvu lipidových složek a jejich vyšší variabilitu mezi jednotlivými druhy hmyzu. Kalibrace pro stanovení popelovin dosáhla nejnižší predikční schopnosti ze všech analyzovaných nutrientů s R^2CV = 0,75 a SECV = 0,28 %. Přestože hodnota RPD = 2,11 stále umožňuje kvantitativní

predikce, nižší koeficient determinace a vysoký poměr SECV/SEC = 1,87 signalizují přeučení modelu. Nízká absolutní hodnota SECV je způsobena nízkým obsahem a úzkou distribuční šířkou popelovin ve vzorcích, což se projevuje v nižší robustnosti kalibračního modelu. Tento model vyžaduje opatrnou interpretaci predikovaných hodnot a potenciálně další optimalizaci postupů předzpracování dat. Kalibrace pro predikci sušiny vykazovala nejlepší výsledky ze všech analyzovaných parametrů s $R^2CV = 0,93$, SECV = 0,65 % a RPD = 3,2. Hodnota RPD překračující 3,0 klasifikuje tento model jako vynikající kalibraci s vysokou predikční přesností. Poměr SECV/SEC = 1,3 je nejnižší ze všech modelů, což potvrzuje vynikající generalizační schopnost. Vysoká kvalita této kalibrace je pravděpodobně způsobena širokým distribučním rozsahem obsahu sušiny ve vzorcích a silným spektrálním signálem vody v blízké infračervené oblasti. Data jsou rovněž popsána v Tabulce I.

Porovnání poměrů SECV/SEC napříč všemi modely (protein 1,33, tuk 1,43, popeloviny 1,87, sušina 1,3) ukazuje, že modely pro proteiny a sušinu vykazují nejlepší rovnováhu mezi proložením kalibrační křivky a predikční schopností, zatímco model pro popeloviny trpí nadměrným přizpůsobením trénovacím datům. Vyvinuté vícedruhové FT-NIR kalibrace prokázaly použitelnost pro kvantitativní rychlou kontrolu nutrientů v jedlém hmyzu, přičemž modely pro sušinu a proteiny dosáhly vynikající až dobré kvality, model pro tuky přijatelné kvality a model pro popeloviny vyžaduje další optimalizaci.

Tabulka I Statistické parametry kalibračních modelů pro FT-NIR predikci obsahu nutrientů v jedlém hmyzu

Nutrient	R^2cal	R^2CV	SEC (%)	SECV (%)	RPD	SECV/SEC	SD (%)
Protein	0,92	0,89	0,6	0,8	2,8	1,33	2,24
Tuk	0,9	0,86	0,7	1,0	2,2	1,43	2,2
Popeloviny	0,82	0,75	0,15	0,28	2,11	1,87	0,59
Sušina	0,95	0,93	0,5	0,65	3,2	1,3	2,08

Legenda: R^2cal – koeficient determinace kalibračního souboru; R^2CV – koeficient determinace křížové validace; SEC – střední kvadratická chyba kalibrace; SECV – střední kvadratická chyba křížové validace; RPD – poměr predikční schopnosti vůči odchylce; SD – směrodatná odchylka referenčních hodnot

Závěr

V této práci byl úspěšně vyvinut vícedruhový FT-NIR kalibrační model pro rychlou predikci obsahu sušiny, hrubé bílkoviny, tuku a popelovin u tří druhů jedlého hmyzu. Použití omezeného spektrálního rozsahu 13200 – 8700 cm^{-1} umožnilo simulovat podmínky běžné pro moderní přenosné NIR spektrometry, aniž by došlo k zásadnímu snížení kvality kalibrací pro hlavní nutriční parametry. Nejvyšší predikční schopnosti bylo dosaženo u kalibrace sušiny, která vykazovala vynikající hodnoty koeficientu determinace a poměru RPD, což potvrzuje silný a stabilní spektrální signál vody v blízké infračervené oblasti. Kalibrace pro stanovení obsahu proteinů dosáhla dobré úrovně přesnosti a je vhodná pro kvantitativní použití v rutinní analýze. Model pro predikci tuků poskytoval přijatelné výsledky, avšak s nižší přesností, pravděpodobně v důsledku vyšší variability lipidového složení mezi jednotlivými druhy hmyzu. Nejnižší kvalitu vykazovala kalibrace popelovin, u níž byla identifikována známka nadměrného přizpůsobení modelu, což omezuje její praktickou využitelnost bez další optimalizace.

Celkově lze konstatovat, že přístup vícedruhové FT-NIR kalibrace představuje efektivní a perspektivní nástroj pro rychlou kontrolu kvality jedlého hmyzu, zejména pro stanovení sušiny a proteinů. Další zlepšení predikční schopnosti modelů, především u tuků a popelovin, lze

očekávat rozšířením kalibračního souboru, optimalizací postupů předzpracování dat a zpřesněním referenčních dat.

Poděkování

Děkuji kolegům z Katedry mikrobiologie, výživy a dietetiky prof. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D. a Ing. Pavlovi Kouřimskému za ochotu a pomoc při práci. Tato práce vznikla za podpory projektu MŠMT METROFOOD-CZ, č. LM2023064.

Literatura

1. Johnson J. B., *J. Stored Prod. Res.*, 2020, 86, 101558.
2. Chadalavada K., Anbazhagan K., Ndour A., Choudhary S., Palmer W., Flynn J. R., Mallayee S., Pothu S., Prasad K. V. S. V., Varijakshapanikar P., Jones C. S., Kholová J., *Sensors*, 2022, 22(10), 3710.
3. De Lamo Castellvi S., Méndez Sánchez C., Matos C., Wu Y., Plans M., Rodriguez-Saona L., *Microchem. J.*, 2025, 218, 115315.
4. Benes E., Biró B., Fodor M., Gere A., *Food Chem.: X*, 2022, 13, 100266.

ULTRAZPRACOVANÉ POTRAVINY: HLAVNÍ HYPOTÉZY A VĚDECKÉ DŮKAZY

Kudlová E.

Ústav hygieny a epidemiologie, 1. LF a VFN UK v Praze, CZ

Úvod

V posledních desetiletích dochází v mnoha zemích k zásadní proměně stravovacích zvyklostí. Tradiční jídelníčky založené na čerstvých nebo minimálně zpracovaných potravinách a jejich kulinární přípravě jsou stále častěji nahrazovány průmyslově vyráběnými produkty určenými k přímé konzumaci. Tento posun souvisí nejen se změnami životního stylu a technologickým rozvojem, ale také s globalizací potravinářského průmyslu, marketingovými strategiemi nadnárodních firem a regulatorním prostředím.

V důsledku nových technologií zpracování potravin začaly být potraviny hodnoceny i podle rozsahu a účelu průmyslového zpracování. Z několika existujících klasifikačních systémů se rozšířil jediný. Systém Nova identifikuje čtyři skupiny potravin. Ve středu zájmu odborníků je čtvrtá skupina – vysoce průmyslově zpracované neboli ultrazpracované potraviny (UZP). UZP jsou produkty vyrobené z levných surovin, s malým nebo žádným obsahem celých potravin, určené ke konkurenci s ostatními třemi skupinami Nova a jejich přípravou jako pokrmů a jídel a maximalizaci firemních zisků[1].

Rozsáhlá tříčlánková série publikovaná v listopadu 2025 v časopise The Lancet shrnula současné poznatky o UZP, jejich vlivu na lidské zdraví a o politických a systémových opatřeních potřebných k ochraně veřejného zdraví. Předmětem tohoto sdělení je systematické hodnocení důkazů pro tři teze týkající se konzumace UZP uvedené v článku Monteira *et al.*[1] doplněné o studie zveřejněné od té doby.

První teze: globální vytlačování tradičních způsobů stravování[1]

První zkoumaná teze předpokládá, že stravování založené na UZP postupně vytlačuje tradiční systém stravování, založený na čerstvých surovinách a domácí či gastronomické přípravě jídel. Analýzy národních výživových šetření a údajů o prodeji potravin z desítek zemí ukazují, že podíl UZP na celkovém energetickém příjmu se za posledních několik desetiletí významně zvýšil téměř ve všech sledovaných regionech.

Zatímco v některých zemích již dnes UZP tvoří více než polovinu energetického příjmu, jinde (zejména v zemích s nižšími příjmy) jejich spotřeba rychle roste. V rámci států s vysokými příjmy existují výrazné rozdíly, pravděpodobně dané kulturními a sociálními faktory. Celkově však dostupná data potvrzují, že stravování s vysokým podílem UZP se stalo dominantním nebo rychle expandujícím fenoménem globální výživy.

Druhá teze: zhoršení kvality stravy

Druhá teze se zaměřuje na otázku, zda vysoký podíl UZP ve stravě zhoršuje její kvalitu z hlediska prevence chronických onemocnění. Důkazy z národních šetření, observačních studií i intervenčních experimentů jsou v tomto ohledu konzistentní. Strava s vysokým podílem UZP má obvykle vyšší obsah volných cukrů, celkového a nasyceného tuku a vyšší energetickou hustotu. Naopak obsahuje méně vlákniny, kvalitních bílkovin, draslíku, hořčíku, zinku a řady vitaminů. Tyto nerovnováhy přispívají k nadměrnému energetickému příjmu a zhoršenému nutričnímu profilu celé stravy[1].

Nadměrný energetický příjem a zvyšování hmotnosti

Významným mechanismem, kterým UZP ovlivňují zdraví, je podpora nadměrného příjmu energie. Intervenční studie s konzumem množství potravin podle libosti systematicky ukazují

vyšší příjem energie a zvýšení hmotnosti u lidí s vysokým podílem UZP ve srovnání s nízkým, i když byly porovnávané diety podobné z hlediska obsahu makroživin (např. Hall *et al.*[2]). Důvodem je kombinace vysoké energetické hustoty, měkké textury, narušené potravinové matrice a vysoké chutnosti, často označované jako „hyperpalatabilita". UZP se obvykle konzumují rychleji a vyžadují méně žvýkání, což omezuje signály sytosti. Navíc jsou často navrženy tak, aby stimulovaly opakovanou konzumaci, a jejich marketing aktivně podporuje přejídání[3]. Na základě zavedených vědeckých kritérií lze podle několika studií považovat UZP za návykové látky včetně nutkavého užívání a posilování návyku[4].

Ve studii Prestona *et al.*[5], na rozdíl od předcházejících, probandi dostávali stanovené množství energie: buď „dostatečné" nebo „nadměrné", stejné jak na dietě s vysokým podílem UZP, tak s nízkým. Probandi na UZP ve srovnání s nezpracovanými potravinami přibrali jak na dostatečném, tak nadměrném množství energie. Společně s tím, že ve studii Halla *et al.*[2] s konzumací dle libosti byl přírůstek hmotnosti skupiny na UZP vyšší, než by odpovídalo vyššímu příjmu energie to považují Preston *et al.* za důkaz, že energie z nezpracovaných potravin a UZP není ukládána ani metabolizována rovnoměrně, a to ani při stejné zátěži makroživinami. Přejídání není tedy jedinou příčinou přibírání na hmotnosti. Možné faktory změněné energetické bilance jsou nižší metabolizovatelná energie dostupná z nezpracovaných potravin versus z UZP a/nebo změny v rychlosti metabolismu způsobené hormonálními změnami v důsledku stravy.

Snížený příjem ochranných složek potravy

Četné studie dokládají klesající konzumaci ovoce, zeleniny, luštěnin a dalších minimálně zpracovaných potravin, které jsou hlavním zdrojem ochranných fotochemikálií rostoucím podílem UZP ve stravě[6]. Tyto bioaktivní látky hrají důležitou roli v prevenci kardiovaskulárních onemocnění, některých typů rakoviny a dalších chronických stavů. Jejich nedostatek představuje další cestu, kterou stravování s převahou UZP přispívá ke zhoršení zdravotního stavu populace[1].

***Expozice cizorodým a přídatným látkám*[1]**

UZP jsou také významným zdrojem látek, které nejsou přirozenou součástí tradiční stravy. Během průmyslového zpracování mohou vznikat toxické sloučeniny, jako jsou polycyklické aromatické uhlovodíky nebo akrylamid. Další chemické látky, například ftaláty nebo bisfenoly, se mohou uvolňovat z obalových materiálů.

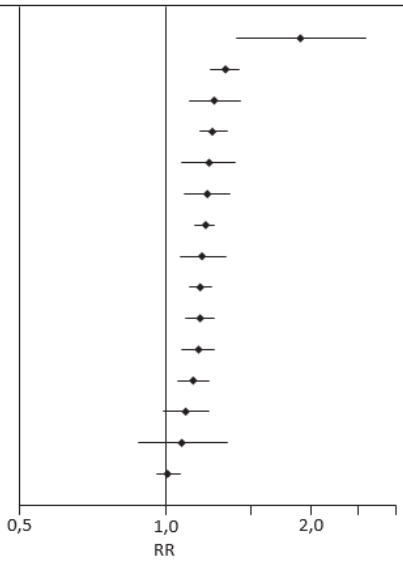
Zvláštní pozornost si zaslouží potravinářské přídatné látky. UZP často obsahují kombinace emulgátorů, barviv, aromat, zvýrazňovačů chuti a nekalorických sladidel. Experimentální a observační studie naznačují, že některé z těchto látek mohou ovlivňovat střevní mikrobiotu, metabolismus glukózy, zánětlivé procesy či hormonální regulaci.

Třetí teze: zvýšené riziko chronických onemocnění

Systematické přehledy a metaanalýzy desítek prospektivních studií ukazují, že vysoký příjem UZP je spojen se zvýšeným rizikem obezity, diabetu 2. typu, hypertenze, dyslipidémie, kardiovaskulárních onemocnění, chronického onemocnění ledvin, deprese a celkové mortality (Tab. I) [1].

Tabulka I Výsledky metaanalýz prospektivních studií hodnotících souvislosti mezi nejvyšší a nejnižší konzumací ultrazpracovaných potravin a rizikem chronických onemocnění. Upraveno podle Monteiro *et al.*[1]

	Počet studií	Počet účastníků	Počet případů	RR (95% CI)
Crohnova nemoc	4	960638	886	1,90 (1,40–2,59)
Břišní obezita	4	47589	3492	1,33 (1,24–1,42)
Dyslipidémie	4	28814	6619	1,26 (1,12–1,43)
Diabetes 2. typu	12	445133	30939	1,25 (1,18–1,34)
Deprese	6	275355	13189	1,23 (1,08–1,39)
Chronické onemocnění ledvin	5	272097	11831	1,22 (1,09–1,36)
Nadváha nebo obezita	8	541297	47143	1,21 (1,15–1,26)
Onemocnění koronárních cév / úmrtí	8	478968	23137	1,19 (1,07–1,33)
Úmrtí celkem	20	859769	123877	1,18 (1,12–1,25)
Kardiovaskulární onemocnění / úmrtí	19	848904	51071	1,18 (1,10–1,26)
Hypertenze	6	114344	15669	1,17 (1,08–1,26)
Cerebrovaskulární nemoc / úmrtí	7	467849	9932	1,14 (1,06–1,23)
Kolorektální nádory	4	954765	11194	1,10 (0,99–1,23)
Ulcerózní kolitida	4	960638	1850	1,08 (0,88–1,34)
Celková úmrtnost na nádory	9	695822	34406	1,01 (0,96–1,07)



RR – poměr rizik; úsečky představují 95% interval spolehlivosti

Tyto asociace přetrvávají i po zohlednění tradičních ukazatelů kvality stravy, jako je příjem soli, cukru, nasycených tuků či ovoce a zeleniny. To naznačuje, že negativní vliv UZP nelze vysvětlit pouze jejich nutričním složením, ale že hrají roli i další charakteristiky související s jejich zpracováním, což potvrzuje i několik krátkodobých intervenčních studií sledujících markery onemocnění. Intervenční studie, na rozdíl od prospektivních observačních studií, prokazují příčinnou souvislost. Například ve studii Prestona *et al.*[5] měla UZP strava ve srovnání s nezpracovanou stravou za následek nezávisle na příjmu energie kromě zvýšené tělesné hmotnosti i zvýšený poměr LDL : HDL cholesterolu, ovlivnění několika hormonů zapojených do energetického metabolismu a spermatogeneze, tendenci ke zhoršení kvality spermií a zvýšené skóre deprese. Studie mechanismu účinku UZP dále naznačují zapojení zánětlivých procesů, poruch regulace glykémie a lipidů, změn střevní mikrobioty a narušení funkce jater a ledvin. Tyto biologické dráhy poskytují plausibilní vysvětlení širokého spektra pozorovaných zdravotních dopadů[1].

Kritické pohledy a další výzkum

Klasifikační systém NOVA i interpretace důkazů o škodlivosti UZP čelí odborné kritice, například kvůli různorodosti této skupiny potravin nebo omezenému počtu intervenčních randomizovaných studií, které prokazují příčinnou souvislost. Monteiro *et al.* však zdůrazňují, že při hodnocení komplexních stravovacích vzorců je nutné kombinovat různé typy důkazů a že současný stav poznání je dostatečný k formulaci veřejně zdravotních doporučení[1].

Závěr

Souhrn dostupných poznatků ukazuje, že UZP zásadním způsobem přispívají k degradaci kvality stravy a ke zvýšení rizika celé řady chronických onemocnění. Zároveň je zřejmé, že odpovědnost nelze přenášet výhradně na jednotlivce. Spotřebitelská volba je silně ovlivňována potravinovým prostředím, cenami, dostupností a marketingem. Účinná prevence proto vyžaduje koordinovaná systémová opatření na úrovni státu i Evropské unie, která omezí dominanci UZP a vytvoří podmínky pro návrat k tradičnějším, nutričně kvalitnějším způsobům stravování. Podpora stravy založené na čerstvých a minimálně zpracovaných potravinách a jejich kulinární

Zpět na seznam příspěvků

přípravě by měla být chápána nejen jako individuální doporučení, ale jako jeden ze základních pilířů moderní zdravotní politiky.

Poděkování

Tuto práci podpořil program Cooperatio, výzkumná oblast Zdravotnické vědy: Veřejné zdraví, Hygiena a epidemiologie, Pracovní lékařství (projekt č. 207031).

Literatura

1. Monteiro CA, Louzada ML, Steele-Martinez E, *et al.* Ultra-processed foods and human health: the main thesis and the evidence. Lancet, 2025, 406, 2667-2684.
2. Hall KD, Ayuketah A, Brychta R*, et al.* Ultra-Processed Diets Cause Excess Calorie Intake and Weight Gain: An Inpatient Randomized Controlled Trial of Ad Libitum Food Intake. Cell Metab. 2019, 30, 67-77
3. McClements DJ. Designing healthier and more sustainable ultraprocessed foods. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2024, 23, e13331. Dostupné z: https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1541-4337.13331
4. Loch LK, Kirch M, Singer DC, Solway E, Roberts JS, Kullgren JT, Gearhardt AN. Ultra-processed food addiction in a nationally representative sample of older adults in the USA. Addiction, 2026 121, 510-521.
5. Preston JM, Iversen J, Hufnagel A, *et al*. Effect of ultra-processed food consumption on male reproductive and metabolic health. Cell Metab., 2025 7, 1950-1960.
6. Martini D, Godos J, Bonaccio M, Vitaglione P, Grosso G. Ultraprocessed foods and nutritional dietary profile: a meta-analysis of nationally representative samples. Nutrients, 2021, 13:3390. Dostupné z: https://www.mdpi.com/2072-6643/13/10/3390

FERMENTÁCIA STRUKOVÍN VLÁKNITÝMI HUBAMI AKO NÁSTROJ REGULÁCIE AKRYLAMIDU – LIMITY A VÝZVY ZO SENZORICKÉHO HĽADISKA

Kukurová K. (1), Ciesarová Z. (1), Lörinc D. (2), Klempová T. (2), Čertík M. (2)

(1) Odbor potravinárstva, Sekcia vedy, výskumu a inovácií, NPPC v Bratislave, SK
(2) Ústav biotechnológie, STU v Bratislave, SK

Polosuché fermentácie vláknitými hubami predstavujú perspektívny biotechnologický nástroj na znižovanie tvorby akrylamidu v tepelne spracovaných potravinách. Predchádzajúce práce poukázali na účinnosť vybraných kmeňov pri rôznych strukovinových surovinách. Cieľom tejto práce bolo detailne posúdiť vplyv výberu kmeňa vláknitej huby na tvorbu akrylamidu a senzorické vlastnosti modelových sušienok z červenej šošovice. Okrem kmeňov *Mortierella alpina* a rodu *Actinomucor elegans* bol do experimentu zahrnutý aj kmeň *Umbelopsis isabellina*, ktorý umožnil lepšie charakterizovať riziká a limity fermentačného procesu. Výsledky poukazujú na výrazný rozdiel medzi kmeňmi, pričom fermentácia mala zásadný dopad nielen na obsah akrylamidu, ale aj na senzorický profil výrobkov.

Poďakovanie

Tato práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja SR na základe zmluvy č. APVV-23-0169.

Fermentation of legumes by filamentous fungi as a tool for acrylamide mitigation – sensory limits and challenges

Solid-state fermentation using filamentous fungi represents a promising biotechnological approach for reducing acrylamide formation in thermally processed foods. Previous studies have demonstrated the effectiveness of selected strains across various legume-based raw materials. The aim of this study was to evaluate in detail the effect of filamentous fungal strain selection on acrylamide formation and the sensory properties of model red lentil cookies. In addition to *Mortierella alpina* and *Actinomucor elegans*, the strain *Umbelopsis isabellina* was also included in the experiment to better characterize the risks and limitations of the fermentation process. The results indicate pronounced differences among strains, with fermentation having a significant impact not only on acrylamide content but also on the sensory profile of the final products.

Acknowledgements: This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the Contract no. APVV-23-0169.

VÝHODY A MOŽNÁ ÚSKALÍ RAFINACE ROSTLINNÝCH OLEJŮ A BÍLKOVIN PŮVODEM Z OLEJNIN

Kyselka J.

Ústav mléka, tuků a kosmetiky, VŠCHT Praha, CZ

Na prahu 21. století se stali nositeli technologického pokroku v oblasti rafinace a modifikace rostlinných olejů a tuků přední světoví výrobci strojních zařízení (Desmet Ballestra, Alfa Laval, GEA, HF Press+LipidTech, Olexa, French), (nano)reaktorů (Cavitation Technology Inc., Arisdyne, BUSS ChemTech), adsorbentů (Clariant, Mineral Technologies Inc., Sepiolsa Minerva Group, Oil-Dri Fluids Purification), hydrogenačních katalyzátorů (BASF Catalysts, Johnson Matthey, Evonik) a v neposlední řadě imobilizovaných enzymů (Novozymes) pro průmyslové aplikace. Aktuální vývoj je motivován strmě rostoucí, zdánlivě udržitelnou produkcí olejnin, požadavky spotřebitelů a přísnými nároky na bezpečnost potravin. V roce 2006 a 2009 byly objeveny nové procesní kontaminanty, estery 3-monochlorpropan-1,2-diolu a glycidolu, současně bylo přijato nařízení Food and Drug Administration (FDA) 68 FR 41434 o povinném značení trans-mastných kyselin. V technologii olejů a tuků rezonuje téma MOSH, MOAH. Tyto změny způsobily, že se opětovně prohloubila spolupráce mezi průmyslovou a akademickou sférou. Tam, kde končí analytická koncovka na moderních instrumentálních přístrojích, začíná aplikovaný výzkum zaměřený na nová strojní zařízení a inovativní technologické postupy. Úspěšné odstranění nežádoucích procesních kontaminantů z olejů a tuků se neobejde bez znalosti reakčního mechanismu jejich vzniku, simulace experimentů v poloprovozním měřítku a také organické syntézy komerčně nedostupných standardů. Pouze takový přístup lze označit za seriózní řešení provozně-inženýrských problémů a vede k optimalizaci technologie výroby.

The benefits and potential pitfalls of refining vegetable oils and proteins derived from oilseeds

At the dawn of the 21st century, leading global manufacturers of machinery (Desmet Ballestra, Alfa Laval, GEA, HF Press+LipidTech, Olexa, French), (nano)reactors (Cavitation Technology Inc., Arisdyne, BUSS ChemTech), adsorbents (Clariant, Mineral Technologies Inc., Sepiolsa Minerva Group, Oil-Dri Fluids Purification), hydrogenation catalysts (BASF Catalysts, Johnson Matthey, Evonik), and, last but not least, immobilized enzymes (Novozymes) for industrial applications. Current developments are driven by the rapidly growing, sustainable production of oilseeds, consumer demands, and strict food safety requirements. In 2006 and 2009, new process contaminants were discovered: esters of 3-monochloropropane-1,2-diol and glycidol; at the same time, Food and Drug Administration (FDA) Regulation 68 FR 41434 on mandatory labeling of trans fatty acids was adopted. The topic of MOSH and MOAH resonates in the field of oils and fats. These changes have led to a renewed deepening of cooperation between industry and academia. Where the analytical capabilities of modern instrumental equipment end, applied research focused on new machinery and innovative technological processes begins. The successful removal of undesirable process contaminants from oils and fats requires knowledge of the reaction mechanisms behind their formation, simulation of experiments on a pilot scale, and the organic synthesis of commercially unavailable standards. Only such an approach can be considered a serious solution to operational and engineering problems and leads to the optimization of production technology.

NUTRIČNÍ A SENZORICKÉ HODNOCENÍ ROSTLINNÝCH ALTERNATIV SÝRŮ NA ČESKÉM TRHU

Musiienko D. (1), Čížková K. (2), Selinger E. (2), Kouřimská L. (1)

(1) Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU v Praze, CZ
(2) Ústav epidemiologie a biostatistiky, 3. LF UK, Praha, CZ

Úvod

Přechod ke stravě s vyšším podílem rostlinných potravin a omezení potravin živočišného původu je považován za jeden z důležitých kroků ke zlepšení udržitelnosti potravinového systému (Prag a Henriksen, 2020). Pro úspěšné přijetí rostlinných alternativ je však nezbytné, aby tyto výrobky splňovaly očekávání spotřebitelů nejen z hlediska environmentálních přínosů, ale také z hlediska chuti, textury, vzhledu a nutriční kvality.

Rostlinné alternativy sýrů patří mezi technologicky nejnáročnější skupiny alternativních výrobků. Tradiční sýry mají komplexní strukturu vytvořenou zejména mléčnými bílkovinami a tukem, zatímco rostlinné alternativy obvykle vyžadují kombinaci několika surovin a technologických přísad (Grossmann a McClements, 2021). Obtížné je přitom nejen napodobení struktury, chuti a aroma sýra, ale také zachování jeho nutriční hodnoty. Mléčné výrobky jsou významným zdrojem bílkovin, vápníku a některých vitaminů, zatímco rostlinné alternativy často nedosahují srovnatelného nutričního složení (Mefleh *et al.*, 2022).

Výsledky předchozích studií ukazují, že spotřebitelé od rostlinných alternativ sýrů očekávají výraznou sýrovou chuť a vůně, krémovou texturu a přiměřenou intenzitu chuti. Komerční výrobky jsou však často popisovány jako nevýrazné, umělé, gumovité, zrnité nebo pastovité (Waehrens *et al.*, 2023; Jaeger *et al.*, 2025). Problematická je rovněž jejich nutriční kvalita. Častými nedostatky jsou vysoký obsah nasycených mastných kyselin, nízký obsah bílkovin a nedostatečná fortifikace vápníkem a dalšími mikronutrienty (Clegg *et al.*, 2021; Katidi *et al.*, 2023).

Cílem studie bylo posoudit senzorické a nutriční charakteristiky rostlinných alternativ sýrů dostupných na českém trhu a identifikovat souvislosti mezi jejich surovinovým složením, nutriční kvalitou a senzorickým hodnocením.

Materiál a metodika

Výběr výrobků

Pro nutriční analýzu bylo vybráno celkem 34 rostlinných alternativ sýrů dostupných na českém trhu. Výrobky byly získány z nabídky hlavních českých internetových prodejců v období od října do prosince 2024. Do souboru byly zařazeny výrobky deklarované jako veganské nebo rostlinné alternativy sýrů ve formě bloků, plátků, měkkých výrobků nebo strouhaných alternativ.

Pro senzorické hodnocení bylo z tohoto souboru vybráno deset výrobků reprezentujících hlavní skupiny produktů dostupných na českém trhu. Podle hlavního surovinového základu byly výrobky rozděleny na alternativy na bázi kokosového oleje (CO), kešu ořechů (CA), mandlí (AL) a luštěnin (LE). Podrobné složení, výživové hodnoty a ceny jednotlivých výrobků byly zaznamenány na základě údajů uvedených na obalech a internetových stránkách výrobců.

Senzorické hodnocení

Senzorického hodnocení se zúčastnilo 34 školených hodnotitelů ve věku 21 – 38 let, z toho 23 žen a 11 mužů. Výběr a školení hodnotitelů probíhaly v souladu s principy normy ISO 8586:2023. Hodnocení se uskutečnilo v senzorické laboratoři odpovídající požadavkům normy ISO 8589:2007.

Vzorky byly podávány v zakrytých Petriho miskách označených náhodnými třímístnými kódy. Pořadí vzorků bylo randomizováno pomocí programu Compusense. Jako neutralizátory byly použity voda a bílé pečivo.

Při profilovém hodnocení byla použita nestrukturovaná lineární stupnice. Hodnocena byla příjemnost vzhledu, barvy, vůně, textury a chuti, dále intenzita chuti, přítomnost dochuti a celkový dojem. Následně byla provedena pořadová zkouška, při níž hodnotitelé seřadili deset vzorků od nejlepšího po nejhorší podle celkového dojmu.

Výsledky profilového hodnocení byly analyzovány pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu a Tukeyho post-hoc testu. Pořadová data byla vyhodnocena Friedmanovým testem. Vztahy mezi senzorickými parametry byly posouzeny pomocí Spearmanova korelačního koeficientu. Hladina statistické významnosti byla stanovena na $p < 0,05$.

Nutriční hodnocení

Z údajů uvedených na obalech výrobků byly zaznamenány energetická hodnota a obsah tuků, nasycených mastných kyselin, sacharidů, cukrů, bílkovin, soli a vlákniny na 100 g výrobku. Dále bylo hodnoceno surovinové složení, přítomnost přídatných látek a fortifikace vitaminy a minerálními látkami.

Výrobky byly klasifikovány podle systému NOVA na základě kritérií popsaných Monteirem *et al.* (2019). Nutri-Score bylo vypočteno pomocí nástroje belgického Federálního úřadu pro veřejné zdraví podle algoritmu aktualizovaného v roce 2023. Fortifikace byla ověřována podle registru Evropské komise.

Výsledky a diskuse

Senzorické hodnocení

Mezi hodnocenými výrobky byly zjištěny statisticky významné rozdíly ve všech sledovaných senzorických parametrech (viz Tab. I). Vzorek CO2 dosáhl nejvyššího hodnocení příjemnosti vzhledu, barvy a vůně. Nejvyšší hodnocení příjemnosti chuti a celkového dojmu získal vzorek CO3. Naopak vzorky AL2, CA2 a CA3 byly opakovaně hodnoceny nejhůře z hlediska vzhledu, textury, chuti a celkového dojmu.

Výsledky pořadové zkoušky odpovídaly výsledkům profilového hodnocení. Vzorky CO3 a CO4 získaly nejnižší součty pořadí, a byly tedy hodnoceny nejpříznivěji. Vzorky CA2 a CA3 dosáhly nejvyšších součtů pořadí a patřily mezi nejméně preferované.

Silné pozitivní korelace byly zjištěny mezi celkovým dojmem a příjemností chuti, textury, barvy a vzhledu. Přítomnost intenzivnější dochuti naopak vykazovala negativní vztah k celkovému dojmu. Výsledky tak potvrzují, že senzorickou přijatelnost rostlinných alternativ sýrů ovlivňuje komplexní interakce vzhledu, textury, vůně a chuti.

Vyšší senzorické hodnocení výrobků na bázi kokosového oleje může souviset s jejich hladší, soudržnější a krémovější texturou. Předchozí studie rovněž ukazují, že spotřebitelé preferují rostlinné alternativy charakterizované jako máslové, hladké a krémové, zatímco zrnité, křídové nebo gumovité textury a netypické pachuti vedou k odmítnutí výrobků (Falkeisen *et al.*, 2022; Waehrens *et al.*, 2023).

Tabulka I Výsledky senzorického hodnocení rostlinných alternativ sýrů – průměrné hodnoty a směrodatné odchylky vybraných deskriptorů

Deskriptor	CO1	CO2	CO3	CO4	LE1
Celková příjemnost vzhledu	4,80 ± 2,20^{cd}	7,68 ± 1,70^{a}	7,39 ± 1,75^{ab}	7,47 ± 1,47^{ab}	6,22 ± 2,57^{abc}
Celková příjemnost barvy	5,84 ± 2,78^{c}	7,73 ± 1,78^{a}	7,42 ± 1,78^{ab}	7,40 ± 1,52^{ab}	6,01 ± 2,42^{bc}
Celková příjemnost vůně	4,27 ± 2,62^{abc}	5,98 ± 2,58^{a}	5,17 ± 2,24^{ab}	4,14 ± 2,82^{bc}	4,14 ± 2,76^{bc}
Celková příjemnost textury	4,40 ± 2,37^{bc}	5,35 ± 2,47^{ab}	6,25 ± 1,78^{a}	6,13 ± 2,01^{a}	4,83 ± 2,72^{abc}
Celková příjemnost chuti	4,83 ± 3,11^{ab}	4,22 ± 2,52^{ab}	5,57 ± 2,08^{a}	5,12 ± 2,61^{ab}	3,52 ± 2,78^{bc}
Celková intenzita chuti	7,59 ± 2,32^{a}	6,05 ± 2,14^{ab}	5,01 ± 1,96^{bc}	5,90 ± 1,87^{ab}	6,23 ± 2,13^{ab}
Přítomnost dochuti	5,42 ± 3,11^{ab}	4,36 ± 2,88^{bc}	2,95 ± 2,33^{c}	4,71 ± 3,03^{abc}	4,49 ± 2,61^{abc}
Celkový dojem	4,77 ± 2,83^{ab}	5,04 ± 2,25^{ab}	6,17 ± 1,87^{a}	5,29 ± 2,71^{ab}	4,09 ± 2,55^{b}

	AL1	AL2	CA1	CA2	CA3
Celková příjemnost vzhledu	6,15 ± 2,27^{bc}	2,74 ± 1,59^{e}	4,36 ± 2,17^{d}	2,25 ± 1,93^{e}	1,91 ± 2,13^{e}
Celková příjemnost barvy	5,85 ± 1,89^{c}	2,58 ± 1,74^{e}	4,15 ± 2,21^{d}	3,02 ± 2,06^{de}	1,60 ± 1,77^{e}
Celková příjemnost vůně	5,21 ± 2,15^{ab}	4,06 ± 2,20^{bc}	3,23 ± 2,43^{cd}	2,95 ± 2,25^{cd}	2,04 ± 1,70^{d}
Celková příjemnost textury	5,55 ± 2,16^{ab}	1,78 ± 1,98^{d}	3,36 ± 2,32^{cd}	2,19 ± 2,20^{d}	2,21 ± 1,65^{d}
Celková příjemnost chuti	4,51 ± 2,53^{ab}	1,90 ± 2,07^{c}	3,67 ± 2,95^{abc}	1,96 ± 2,20^{c}	1,78 ± 1,98^{c}
Celková intenzita chuti	4,05 ± 2,15^{cd}	3,20 ± 2,57^{d}	5,44 ± 2,33^{bc}	6,47 ± 2,21^{ab}	7,47 ± 2,59^{a}
Přítomnost dochuti	4,98 ± 2,90^{abc}	4,49 ± 3,55^{abc}	4,47 ± 3,03^{abc}	6,02 ± 2,95^{ab}	6,74 ± 3,28^{a}
Celkový dojem	4,81 ± 2,50^{ab}	1,89 ± 2,12^{c}	4,07 ± 2,84^{b}	1,97 ± 2,17^{c}	1,76 ± 1,85^{c}

Poznámka: Hodnoty jsou uvedeny jako průměr ± směrodatná odchylka. Rozdílná písmena v rámci jednoho řádku označují statisticky významné rozdíly mezi vzorky podle Tukeyho testu ($p < 0,05$)

Tabulka II Vybrané ukazatele nutriční kvality rostlinných alternativ sýrů dostupných na českém trhu

Ukazatel	Výsledek
Nutri-Score C	14,7 % (n = 5)
Nutri-Score D	17,6 % (n = 6)
Nutri-Score E	67,6 % (n = 23)
NOVA 3	23,0 % (n = 8)
NOVA 4	77,0 % (n = 26)
Energie, medián	1207,5 kJ/100 g
Tuky, medián	23,0 g/100 g
Nasycené mastné kyseliny, medián	19,5 g/100 g
Bílkoviny, medián	0,1 g/100 g
Sůl, medián	1,9 g/100 g
Vláknina, medián	0,0 g/100 g

Surovinové složení a nutriční kvalita

V hodnoceném souboru bylo identifikováno 49 různých surovin. Mezi nejčastěji používané patřily sůl, voda, kokosový olej a olivový extrakt. Kokosový olej obsahovalo 82,4 % výrobků a 61,8 % výrobků obsahovalo modifikované škroby. Pouze menší část výrobků byla založena na celistvých rostlinných surovinách, jako jsou kešu ořechy, mandle nebo luštěniny.

Většina výrobků vykazovala nízkou nutriční kvalitu (viz Tab. II). Do kategorie Nutri-Score E bylo zařazeno 67,6 % výrobků a žádný výrobek nebyl zařazen do kategorií A nebo B. Podle klasifikace NOVA bylo 77,0 % výrobků klasifikováno jako ultrazpracované potraviny skupiny NOVA 4. Výrobky obsahující ořechy nebo luštěniny dosahovaly zpravidla příznivějšího Nutri-Score a méně často byly klasifikovány jako ultrazpracované.

Závažným nedostatkem byl velmi nízký obsah bílkovin. Medián činil pouze 0,1 g/100 g a polovina hodnocených výrobků obsahovala podle údajů výrobců 0 g bílkovin na 100 g. Produkty založené především na kokosovém oleji obsahovaly medián 0,0 g bílkovin/100 g, zatímco výrobky na bázi ořechů obsahovaly podstatně více bílkovin.

Současně byl zjištěn vysoký obsah nasycených mastných kyselin, který byl spojen především s použitím kokosového oleje. Obdobně vysoký obsah nasycených tuků a nízký obsah bílkovin u komerčních rostlinných alternativ sýrů popsali také Clegg *et al.* (2021), Craig *et al.* (2022) a Katidi *et al.* (2023).

Fortifikace byla mezi výrobci nekonzistentní. Alespoň jeden přidaný mikronutrient obsahovalo 58,8 % výrobků, ve většině případů se však jednalo pouze o vitamin B12. Vápníkem byl obohacen pouze jeden výrobek. Vzhledem k tomu, že tradiční mléčné výrobky představují významný zdroj vápníku, vitaminu B12 a dalších mikronutrientů, nelze většinu hodnocených rostlinných alternativ považovat za jejich plnohodnotnou nutriční náhradu (Clegg *et al.*, 2021; Ramsing *et al.*, 2023).

Vztah mezi senzorickou a nutriční kvalitou

Výsledky ukázaly zřetelný konflikt mezi senzorickou přijatelností a nutriční kvalitou výrobků. Alternativy na bázi ořechů nebo luštěnin měly obvykle vyšší obsah bílkovin a příznivější Nutri-Score a příznivější klasifikaci NOVA, avšak z hlediska senzorických vlastností byly hodnoceny hůře.

Naopak výrobky na bázi kokosového oleje a škrobu dosahovaly lepšího hodnocení textury, chuti a celkového dojmu, přestože obsahovaly méně bílkovin a více nasycených mastných kyselin. Obdobný rozpor mezi senzorickou a nutriční kvalitou byl popsán také v předchozích studiích rostlinných alternativ sýrů (Falkeisen *et al.*, 2022; Craig *et al.*, 2022).

Použití kokosového oleje a škrobů umožňuje lépe napodobit hladkou a kompaktní strukturu tradičního sýra. Vysoký obsah kokosového oleje však zároveň zvyšuje množství nasycených mastných kyselin. Perspektivní možností může být částečné nahrazení kokosového oleje nenasycenými rostlinnými oleji nebo použití strukturovaných emulzí. Sanders *et al.* (2024) například prokázali, že značnou část kokosového oleje lze ve zkušební formulaci nahradit slunečnicovým olejem bez výrazného zhoršení textury a tavitelnosti.

Závěr

Rostlinné alternativy sýrů dostupné na českém trhu vykazovaly výrazné rozdíly v senzorických vlastnostech, surovinovém složení a nutriční kvalitě. Výrobky na bázi kokosového oleje a škrobu dosahovaly zpravidla vyššího senzorického hodnocení, ale často obsahovaly velmi malé množství bílkovin, vysoký obsah nasycených mastných kyselin a byly klasifikovány jako ultrazpracované potraviny.

Výrobky obsahující ořechy nebo luštěniny vykazovaly příznivější nutriční profil, jejich chuť a textura však byly hodnoceny méně pozitivně. Další vývoj by se proto měl zaměřit na propojení nutričně hodnotných, méně zpracovaných surovin s technologiemi umožňujícími dosáhnout

přijatelné textury a chuti. Důležitá je rovněž konzistentní fortifikace vápníkem, vitaminem B12, vitaminem D a dalšími mikronutrienty.

Literatura

1. Clegg, M. E., Tarrado Ribes, A., Reynolds, R., Kliem, K., Stergiadis, S. (2021): A comparative assessment of the nutritional composition of dairy and plant-based dairy alternatives available for sale in the UK and implications for consumers' dietary intakes. *Food Research International*, 148, 110586.
2. Craig, W. J., Mangels, A. R., Brothers, C. J. (2022): Nutritional profiles of non-dairy plant-based cheese alternatives. *Nutrients*, 14, 1247.
3. Falkeisen, A., Gorman, M., Knowles, S., Barker, S., Moss, R., McSweeney, M. B. (2022): Consumer perception and emotional responses to plant-based cheeses. *Food Research International*, 158, 111513.
4. Grossmann, L., McClements, D. J. (2021): The science of plant-based foods: approaches to create nutritious and sustainable plant-based cheese analogs. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 207–229.
5. Jaeger, S. R., Jin, D., Roigard, C. M., Cardello, A. V. (2025): Consumer evaluations of commercially available plant-based cheddar cheese alternatives reveal inferior taste, nutrition and emotional appeal. *Food Research International*, 200.
6. Katidi, A., Xypolitaki, K., Vlassopoulos, A., Kapsokefalou, M. (2023): Nutritional quality of plant-based meat and dairy imitation products and comparison with animal-based counterparts. *Nutrients*, 15, 401.
7. Mefleh, M., Pasqualone, A., Caponio, F., Faccia, M. (2022): Legumes as basic ingredients in the production of dairy-free cheese alternatives: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102, 8–18.
8. Monteiro, C. A., Cannon, G., Levy, R. B., Moubarac, J. C., Louzada, M. L., Rauber, F. *et al.* (2019): Ultra-processed foods: what they are and how to identify them. *Public Health Nutrition*, 22, 936–941.
9. Prag, A., Henriksen, C. (2020): Transition from animal-based to plant-based food production to reduce greenhouse gas emissions from agriculture: the case of Denmark. *Sustainability*, 12, 1234.
10. Ramsing, R., Santo, R., Kim, B. F., Altema-Johnson, D., Wooden, A., Chang, K. B. *et al.* (2023): Dairy and plant-based milks: implications for nutrition and planetary health. *Current Environmental Health Reports*, 10, 291-302.
11. Sanders, C., Dobson, S., Marangoni, A. G. (2024): Effect of saturated and unsaturated fat on the physical properties of plant-based cheese. *Current Research in Food Science*, 9, 100832.
12. Waehrens, S. S., Faber, I., Gunn, L., Buldo, P., Bom Frøst, M., Perez-Cueto, F. J. A. (2023): Consumers' sensory-based cognitions of currently available and ideal plant-based food alternatives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103, 3493–3502.

RYCHLÁ PREDIKCE TRANS-NENASYCENÝCH MASTNÝCH KYSELIN V ULTRA-ZPRACOVANÝCH POTRAVINÁCH POMOCÍ FTIR

Nguyenová C.M., Poustka J.

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha, CZ

Trans-nenasycené mastné kyseliny industriálního původu jsou nejčastěji zastoupeny v ultra-zpracovaných produktech, jako jsou sušenky, oplatky, proteinové a cereální tyčinky apod. Tyto produkty se těší velké oblibě díky příjemné chuti a jsou tak často využívané jako „rychlý snack“. Nicméně riziko pro zdraví konzumenta představuje právě obsah trans-mastných kyselin v těchto produktech a z toho důvodu je jejich maximální limit ve výrobcích regulován. Pro jejich kvantifikaci se nejčastěji využívá plynová chromatografie s plamenově-ionizačním detektorem (GC-FID), jejíž limitací jsou časová náročnost a nutnost derivatizace. Jako rychlou, alternativní metodu lze aplikovat infračervenou spektroskopii s Fourierovou transformací (FTIR), která oproti GC-FID nevyžaduje derivatizaci vzorku. V dnešní době pro kvantitativní analýzu pomocí FTIR techniky se aplikuje chemometrická metoda založená na regresi částečných nejmenších čtverců (PLS-R). Pro účely analýzy byly vybrány sladké sušenky, oplatky, slané snacky, proteinové a cereální tyčinky z české tržní sítě. Cílem této práce je vývoj a zhodnocení praktického použití PLS-R modelů v rutinní praxi umožňující rychlou predikci obsahu TFAs pomocí techniky FTIR, a to i na očekávaných nízkých hladinách.

A rapid prediction of trans-fatty acids in ultra-processed foods using FTIR

Trans-fatty acids (TFAs) of industrial origin have been found mostly in ultra-processed foods, such as biscuits, salty snacks, cereal and protein bars. These products are very popular thanks to their pleasant taste and therefore often enjoyed as a "quick snack". However, the health risk to consumer can cause TFAs present in these products. The most used method for quantification of TFAs is gas chromatography coupled with flame ionization detector (GC-FID), which is time-consuming and requires sample derivatization. As a rapid, alternative method, Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) can be used, which unlike GC-FID, does not require sample derivatization. Recently, for the quantitative analysis using FTIR the chemometrics methods based on partial least squares regression (PLS-R). For the purposes of analysis, the samples of sweet biscuits, salty snacks, cereal and protein bars available in Czech retail market were chosen. The aim of this work is the development of PLS-R models enabling a rapid routine method of prediction of the TFAs content using FTIR despite their expected low levels.

SLADIDLO ADVANTAM V ULTRA ZPRACOVANÝCH POTRAVINÁCH

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

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha, CZ

Úvod

Historie moderních sladidel sahá do roku 1879, kdy bylo náhodně objeveno sladidlo sacharin. Od té doby byla objevena další sladidla povolená pro lidskou spotřebu. V současné době je v Evropě povoleno 19 sladidel. Sladivost se určuje pomocí senzorických (organoleptických) testů na základě prahu vnímání a srovnávacích zkoušek, protože neexistuje přístroj, který by přímo změřil vnímanou sladkou chuť. Všechny látky se porovnávají se standardem, kterým je sacharóza. Sladivost je poměr koncentrace sacharózy k látce sladidla, která vyvolá stejně intenzivní vjem sladké chuti. Od roku 2010 byla povolena 3 sladidla, kde zvláště Neotam a Advantam vykazují velmi sladkou chuť. Poslední povolené sladidlo byl Advantam (N-[N-(3-(3-hydroxy-4-methoxyphenyl)propyl)-L-alpha-aspartyl]-L-phenylalanine 1-methyl ester) objevený v roce 2009 a povolený pro potravinářské účely v EU v roce 2014. Na základě prenatálních toxikologických modelů (NOAEL = 500 mg/kg ž.hm./den) byl v Evropě stanoven přijatelný denní příjem (ADI) na 5 mg/kg ž.hm./den. Toto sladidlo je zhruba 20.000 -30.000 x sladší než sacharóza a je tudíž nejsladší povolenou chuťovou látkou, vznikající syntézou z aspartamu a vanilinu.

Ve druhé polovině 20. století se vědci z oboru organické syntézy snažili syntetizovat extrémně sladké látky jako např. lugdunam (220.000 – 300.000 × sladší než sacharóza), carrelam (200.000 × sladší), kyselina sukrononová (sucrononic acid 200.000 × sladší) a bernardam (188.000 × sladší). Ačkoliv tyto látky vykazovaly extrémní afinitu k receptorům, komerčního využití v potravinářství nedosáhly. Byly hlavně využívány na studium vnímání sladké chuti. V roce 2025 byl v časopise Nature publikován článek o vnímání sladké chuti na molekulární úrovni. Bylo zjištěno, že vnímání sladké chuti je zprostředkováno hetero-dimerním receptorem spřaženým s G-proteinem, který se skládá ze dvou podjednotek: TAS1R2 a TAS1R3. Vnější doména tohoto receptoru vykazuje specifickou morfologii označovanou ve strukturní biologii jako „mucholapka“ (Venus Flytrap domain), tvořená dvěma pohyblivými laloky spojenými flexibilním závěsem (hinge region). Zjednodušený mechanismus se dá popsat v následujících krocích:

1. Selektivní vazba: Na rozdíl od sacharózy, která stimuluje obě podjednotky, se vysoce intenzivní sladidla (aspartam, neotam, sukralóza, advantam) vážou s vysokou afinitou téměř výhradně do štěrbiny podjednotky TAS1R2.
2. Konformační změna („zaklapnutí“): Po dosednutí molekuly do oblasti závěsu dojde k formování silných vodíkových můstků a hydrofobních vazeb s aminokyselinami receptoru. Tyto síly přitáhnou laloky k sobě, čímž se doména kolem sladidla uzavře.
3. Signální kaskáda: Mechanické uzavření domény vyvolá konformační šok, který se přenese přes propojovací oblast do *trans*-membránové domény vnořené v buněčné membráně. Aktivovaný receptor následně spustí biochemickou kaskádu generující aferentní nervový signál do CNS.

Současný trh se zaměřuje na látky s vyšší sladivostí, bezpečné a se senzorickými vlastnostmi bez vedlejších pachutí. Na rozdíl od starší generace sladidel vykazuje Advantam vysokou acidorezistenci (stabilitu v sycených kolových nápojích s nízkým pH a toi při dlouhém skladování) a excelentní termostabilitu při teplotách nad 180 °C. Výzkumy potvrzují jeho funkčnost I v alkalickém pekařském prostředí (např. za přítomnosti kypřicích prášků), kde nedochází k degradaci na hořké vedlejší produkty. Vzhledem ke své extrémní sladivosti a vynikající termostabilitě nachází Advantam uplatnění v širokém spektru potravinářských matric. Například v sektoru nealkoholických nápojů se používá v sycených i nesycených ochucených nápojích, instantních nápojových směsích a sirupech. V sektoru pekařských a cukrářských výrobců se

používá v jemném pečivu, sušenkách, žvýkačkách a tvrdých bonbonech. Využívá se i v mléčných výrobcích, kde stabilizuje sladkou chuť v jogurtech, ochucených mlécích, mražených krémech a dezertech, kde dobře snáší pasterační a UHT teploty.

Jsme přesvědčeni, že je potřeba nejen o těchto nových produktech informovat, ale též jejich jakost monitorovat a porovnat. Cílem práce bylo senzoricky vyzkoušet Aspartam v různém prostředí a popsat vnímání jeho sladivosti 55cesulfa.

Experimentální část

Vzorky

Pro laboratorní testování byl použity následující vzorky a chemické látky: Advantam (100 %, Ajinomoto Co., Inc.; JP); černý čaj Yellow Label (Lipton, NL); rozpustná káva Nescafé Classic Crema (Nestlé S.A.,CH); rakytníkový sirup (Ovocňák, CZ) (70 % jablečného koncentrátu + 30 % rakytníkové šťávy včetně oleje) – podle doporučení výrobce byl sirup ředěn vodou v poměru 1:7; sacharosa $C_{12}H_{22}O_{11}$, CAS: 57-50-1 (99,8%, Penta s.r.o.,CZ); 55cesulfame K $C_4H_4KNO_4S$, CAS: 55589-62-3 (99%,Supelco, US); D-glukosa, monohydrát, $C_6H_{12}O_6$. H_2O, CAS: 77938-63-7 (99,5% Ph.Eur., Penta s.r.o.,CZ).

Posuzovatelé

Přehled zúčastněných posuzovatelů je podán v Tab. I.

Tabulka I Přehled panelů zúčastněných posuzovatelů

Panel	Počet posuzovatelů	Odbornost posuzovatelů	Věk	Muži	Ženy
1	13	studenti 1. ročníku VŠCHT Praha	19 – 22 let		
2	9	studenti 1. a 2. ročníku VŠCHT Praha	19 – 22 let		9
3	46	studenti 1. ročníku VŠCHT Praha	19 – 22 let	15	31
4	14	pracovníků pivovaru Plzeňský Prazdroj	35 – 60 let	14	
5	22	studenti 1. ročníku VŠCHT Praha	19 – 23 let	1	22
6	17	studenti 1. ročníku VŠCHT Praha	19 – 22 let		
7	30	studenti 1. a 3. ročníku VŠCHT Praha	19 – 24 let	6	24

Použité senzorické metody

Senzorický profil

Metoda senzorického profilu spočívá v hodnocení předem stanovených deskriptorů (nejčastěji chutí) ve vzorcích, které posuzovatel hodnotí v nedělené stupnici v rozmezí od 0 do 100 (0 – velmi nepříjemná/slabá, nepociťovaná chuť; 100 – velmi příjemná/silně pociťovaná). Tato metoda má za úkol stanovit charakter vjemu.

Pořadová zkouška

Pořadová zkouška spočívá v řazení libovolného počtu vzorků podle předem vybraného kritéria, většinou to bývá intenzita chuti nebo preference. Vyhodnocení se provádí pomocí Friedmanovy zkoušky. Zkouška byla provedena podle normy ČSN ISO 8587 z roku 2008.

Párová zkouška

Párovou zkouškou se zjistí existence rozdílů mezi dvěma vzorky a porovnání organoleptických vlastností, lze stanovit rozdíl nebo určit preferenci jednoho z nich, provedení a vyhodnocení dle normy ČSN ISO 5495 z roku 2009.

Trojúhelníková zkouška

Trojúhelníková zkouška spočívá v předložení nejlépe dvou sad tří kusů různě kombinovaných vzorků, kde je vždy jeden odlišný od dalších dvou. Hodnotitel má za úkol poznat a odlišit dva stejné od třetího odlišného. Výsledky byly zpracovány podle normy ČSN ISO 4120 z roku 2009.

Úlohy

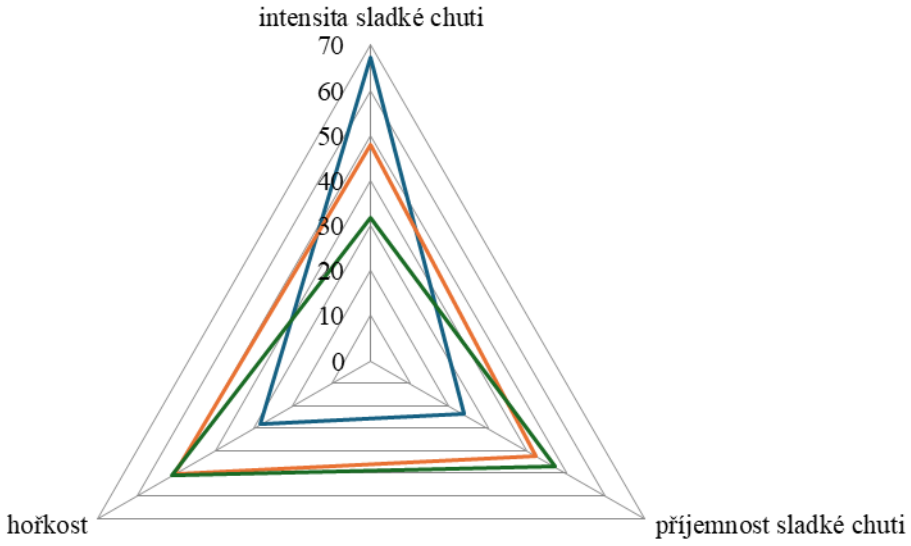
Úloha č. 1: Pořadová zkouška vodných roztoků o různé koncentraci Advantamu
Úloha č. 2: Trojúhelníková zkouška čajů oslazených sacharózou a Advantamem
Úloha č. 3: Pořadová zkouška a stanovení senzorického profilu kávy o různé koncentraci Advantamu
Úloha č. 4: Profil a párová zkouška rakytníkové šťávy oslazené sacharosou a Advantamem
Úloha č. 5: Hodnocení senzorického profilu a pořadová zkouška vzorků oslazených Advantamem, acesulfamem K a glukosou

Výsledky a diskuse

Add úloha 1 (výběr vhodné koncentrace advantamu): z pořadové zkoušky vyplynulo, že nejpreferovanější koncentrace Advantamu ve vodném roztoku byla 50 mg/l.

Add úloha 2: v trojúhelníkové zkoušce rozeznávalo čaj oslazený sacharózou od čaje oslazeného sladidlem Advantam 95 % posuzovatelů.

Add úloha 3 (porovnání káv neslazená káva x káva s Advantamem o koncentraci 1 mg/l a 2 mg/l): nejvíce preferovaná byla neoslazená káva, 50 % hodnotitelů uvedlo na prvním místě neoslazenou kávu a pro 42,5 % hodnotitelů byla nejlepší oslazená káva Advantamem o koncentraci 1 mg/l. Při koncentraci Advantamu 2 mg/l posuzovatelé hodnotili intenzitu sladké chuti jako vysokou a zároveň nejméně příjemnou. Vysoká intenzita sladké chuti zároveň potlačila vnímání hořké chuti, viz Obr. 1.



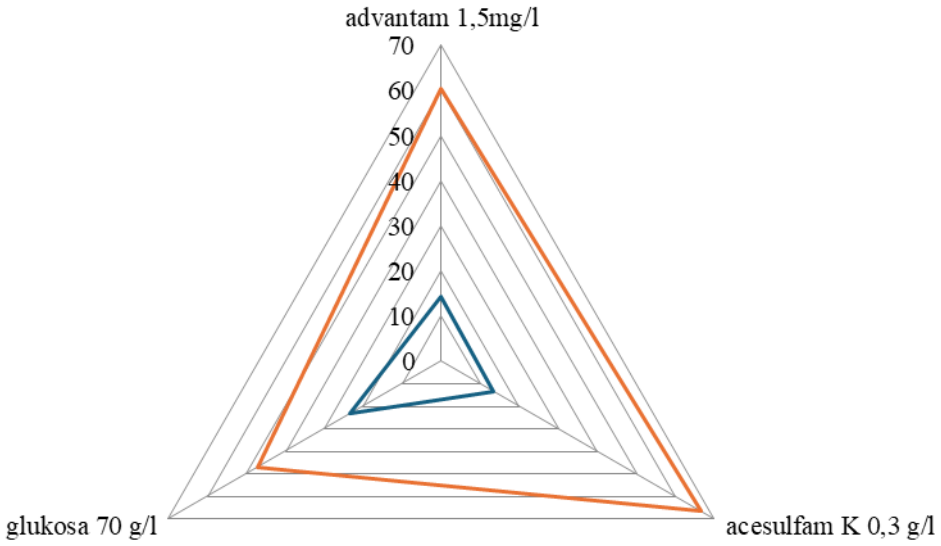
Obrázek 1 Senzorický profil neoslazené (—) a slazené kávy (— 1mg/l, — 2mg/l Advantamu)

Add úloha 4 (rakytníková šťáva): neoslazená (čistá) šťáva měla kyselejší chuť a nevykazovala tak plnou chuť jako slazené šťávy. Oslazená šťáva Advantamem byla uvedena jako jemná, připomínající kompot, s jemnou konzistencí a příjemnou vůní a plnou chutí, avšak umělá a výrazná, ke konci s trpkým dozvukem, připomínající stévii.

Add úloha 5 (hodnocení senzorického profilu a pořadová zkouška vzorků oslazených Advantamem, acesulfamem K a glukosou): senzorický profil sladké a hořké chuti Advantamu, acesulfamu K a glukosy ve vodných roztocích je znázorněn na Obr. 2. Z výsledků jednotlivých

Zpět na seznam příspěvků

senzorických hodnocení vyplynulo, že většina populace je schopna rozlišit sladidlo Advantam od sacharózy bez ohledu na druh nápoje tj. čaj, káva, rakytníková šťáva. Sladidlo, přestože je prezentované jako bez vedlejších chutí, je pro posuzovatele rozpoznatelné, i když nejsou úplně schopni popsat jeho odlišnost od sacharózy, nejčastěji uvádí pachuť, doznívání a hlavně pozdější nástup sladké chuti.



Obrázek 2 Senzorický profil sladké (—) a hořké (—) chuti Advantamu, acesulfamu K a glukosy ve vodných roztocích

Závěr

Cílem práce bylo poskytnout experimentální údaje o senzorické kvalitě Advantamu. Globální trh s Advantamem totiž vykazuje silný růst a podle průmyslových analýz (např. Global Market Insights) se očekává, že trh se samotným Advantamem a Neotamem poroste mezi lety 2026 až 2035 stabilním tempem okolo 10 % ročně. Státy po celém světě se snaží zavést daň z cukru a zdravotní organizace tlačí na snižování kalorického příjmu kvůli epidemiím obezity a diabetu. Potravinářské korporace jsou nuceny měnit receptury svých zavedených produktů. Advantam díky schválení od FDA i EFSA představuje pro firmy bezpečnou a legální cestu, jak se vyhnout cukrovým daním. Do budoucna se očekává zvýšený tlak na přírodní alternativy jako je např. stévie. Přestože jsou limity ADI nastaveny bezpečně, sladidla jako celek čelí neustálému monitoringu ze strany WHO a veřejnosti, což může v budoucnu ovlivnit spotřebitelské chování.

Poděkování

Tato práce byla realizována za podpory projektu Specifického vysokoškolského výzkumu – projekt č. A1_FPBT_2026_001.

Literatura

1. EFSA ANS Panel (EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food). Scientific Opinion on the safety of advantam for the proposed uses as a food additive. *EFSA Journal*. 2013, 11(7), č. 3301. ISSN 1831-4732. DOI: 10.2903/j.efsa.2013.3301.

2. Evropská komise. Nařízení Komise (EU) č. 497/2014 ze dne 14. května 2014, kterým se mění příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, pokud jde o použití advantamu jako sladidla. In: *Úřední věstník Evropské unie*. 2014, L 143, s. 6–10.

3. Shi, Z. *et al.* Structural and molecular basis of sweet taste perception through human TAS1R2/TAS1R3 receptor. *Nature*. 2025, 631(8021), 456–465. ISSN 1476-4687.

4. Belloir, C. *et al.* Functional Characterization of the Venus Flytrap Domain of the Human TAS1R2 Sweet Taste Receptor. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022, 23(16), č. 9216. ISSN 1422-0067. DOI: 10.3390/ijms23169216.

5. O'Donnell, K. a M. W. Kearsley, ed. *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology*. 2. vydání. Chichester: Wiley-Blackwell, 2012. ISBN 978-0-470-65968-7.

6. Nabors, L. O. *Alternative Sweeteners*. 4. vydání. Boca Raton: CRC Press, 2016. ISBN 978-1-4398-4614-8.
7. ČSN ISO 8587. *Senzorická analýza – Metodologie – Pořadová zkouška*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2008.
8. ČSN ISO 5495. *Senzorická analýza – Metodologie – Párová porovnávací zkouška*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
9. ČSN ISO 4120. *Senzorická analýza – Metodologie – Trojúhelníková zkouška*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.

MODERNÍ ZPRACOVÁNÍ POTRAVIN: PŘÍLEŽITOSTI A VÝZVY

Pivoňka J. (1, 2)

(1) Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha, CZ
(2) Výbor pro kvalitu potravin, Česká technologická platforma pro potraviny, CZ

Observační epidemiologické studie v posledních letech poukazují na souvislosti mezi vyšší konzumací ultra-zpracovaných potravin a výskytem některých civilizačních onemocnění. Tato zjištění jsou založena převážně na observačních datech, která neumožňují jednoznačné určení kauzálních mechanismů ani oddělení vlivu technologií zpracování od složení potravin, stravovacích vzorců či dalších faktorů životního stylu. Potravinářské zpracování přitom představuje klíčový a nezastupitelný prvek potravinového řetězce, zásadní z hlediska zdravotní bezpečnosti, trvanlivosti potravin, omezení plýtvání, environmentální udržitelnosti i jejich dostupnosti pro širokou populaci.

Namísto paušálního hodnocení široce a heterogenně vymezených kategorií potravin je proto nezbytné systematicky zkoumat konkrétní technologie zpracování, složení výrobků a jejich skutečné biologické účinky. U nových potravin a inovativních výrobních postupů je žádoucí uvažovat o rozšířeném rámci hodnocení, který by – při respektování jeho metodických limitů – zohledňoval i potenciální dlouhodobý vliv na riziko civilizačních onemocnění. Současný stav diskuse i regulace však může vést k dvojímu riziku: na jedné straně k nadměrnému omezení inovací a rozvoje potravinářského průmyslu na základě dosud nejednoznačných důkazů, na straně druhé k nedostatečnému a systematickému řízení skutečných rizik spojených s výskytem civilizačních nemocí.

Vzhledem ke komplexitě výživy, multifaktoriální etiologii těchto onemocnění a historickým zkušenostem – například s plošným omezováním tuků a jejich nahrazováním sacharidy, které vedlo k nezamýšleným důsledkům – je zřejmé, že zkratkovitá a nekoncepční opatření nepředstavují udržitelné řešení. Klíčovým východiskem by měl zůstat důsledný evidence-based přístup, a to nejen při formulaci výživových doporučení, ale i v oblasti hodnocení rizik a risk managementu, který musí vyvažovat ochranu veřejného zdraví s podporou bezpečných inovací v potravinářském sektoru.

Modern food processing: Opportunities and challenges

Observational epidemiological studies in recent years have indicated associations between higher consumption of ultra-processed foods and the occurrence of certain non-communicable diseases. These findings are based predominantly on observational data, which do not allow for unambiguous identification of causal mechanisms nor for a clear separation of the effects of processing technologies from food composition, dietary patterns, or other lifestyle-related factors. At the same time, food processing represents a key and indispensable component of the food chain, essential for ensuring food safety, shelf life, reduction of food waste, environmental sustainability, and food availability for the general population.

Rather than applying broad and heterogeneous food categorizations, it is therefore necessary to systematically investigate specific processing technologies, product formulations, and their actual biological effects. For novel foods and innovative production processes, consideration should be given to an extended assessment framework that, while acknowledging its methodological limitations, also accounts for potential long-term effects on the risk of non-communicable diseases. However, the current state of scientific debate and regulation may entail a dual risk: on the one hand, excessive constraints on innovation and development within the food industry based on still inconclusive evidence, and on the other hand, inadequate and insufficiently systematic management of genuine risks associated with non-communicable diseases.

Given the complexity of human nutrition, the multifactorial ethology of these diseases, and historical experience—such as the widespread reduction of dietary fat intake and its replacement with carbohydrates, which led to unintended consequences—it is evident that overly simplistic and non-systemic measures

do not represent a sustainable solution. A rigorous evidence-based approach should therefore remain the cornerstone not only of dietary guideline formulation but also of risk assessment and risk management, which must balance the protection of public health with the promotion of safe innovation within the food sector.

ZHODNOCENÍ ANTIOXIDAČNÍHO A ANTIGLYKAČNÍHO ÚČINKU MELANOIDINŮ V PŘÍTOMNOSTI α-DIKARBONYLOVÝCH PRODUKTŮ MAILLARDOVY REAKCE

Průšová A., Procházková Z., Cejpek K.

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha, CZ

Úvod

Maillardova reakce je komplexní soubor neenzymových reakcí mezi redukujícími sacharidy a aminosloučeninami. Při tepelném zpracování potravin vzniká široké spektrum látek ovlivňujících aroma, chuť, zbarvení i redoxní vlastnosti výsledného systému. Mezi pokročilé produkty Maillardovy reakce patří melanoidiny – heterogenní hnědé látky s širokým rozsahem molekulových hmotností a dosud ne zcela objasněnou chemickou strukturou[1–3].

α-Dikarbonylové sloučeniny, jako jsou glyoxal, methylglyoxal (MGO) a 3-deoxyglukosulosa, představují reaktivní intermediáty Maillardovy reakce. MGO je reaktivní elektrofil schopný reagovat s nukleofilními skupinami volných aminokyselin i proteinů, zejména s funkčními skupinami postranních řetězců argininu a lysinu. Tyto reakce mohou vést k nežádoucím modifikacím proteinů, včetně vzniku pokročilých produktů glykace (AGEs), a nepříznivě ovlivňovat jejich funkční a nutriční vlastnosti[4,5]. V potravinovém prostředí však může být MGO také transformován nebo zachycen dalšími produkty Maillardovy reakce, což může omezovat jeho dostupnost pro následnou glykaci proteinů.

Kávové melanoidinové frakce vykazují antioxidační vlastnosti. Zhang *et al*. prokázali schopnost vysokomolekulárních melanoidinových frakcí kávy, kakaa a chleba zachycovat α-dikarbonylové sloučeniny včetně MGO za simulovaných fyziologických podmínek. Vysokomolekulární kávové melanoidinové frakce obsahují sacharidové, proteinové a fenolové složky, jejichž zastoupení souvisí s jejich rozpustností. Tyto poznatky představují východisko pro studium záchytu MGO kávovými melanoidinovými vzorky při tepelné inkubaci a souvisejících změn jejich vlastností[6-8].

Cílem předkládané práce bylo zhodnotit schopnost kávových melanoidinových vzorků snižovat koncentraci MGO při tepelné inkubaci, porovnat výsledky přiřazené jednotlivým molekulově-hmotnostním rozmezím a současně sledovat změny antioxidačních vlastností a zbarvení. Stanovení zbytkového MGO sloužilo jako ukazatel antiglykačního potenciálu, zatímco metoda ABTS, elektrochemická detekce a měření absorbance při 420 nm poskytovaly doplňující informace o změnách vlastností hodnocených vzorků. Použité metody samy o sobě neumožňují určit mechanismus interakce s MGO ani přímo prokázat inhibici glykace proteinů.

Experimentální část

Příprava kávových melanoidinových frakcí

Pro přípravu melanoidinových frakcí byla použita pražená mletá káva Lavazza Crema e Gusto (ITA). Káva byla proseta přes síto o velikosti otvorů 0,125 mm (Preciselekt, CZE); pro další zpracování byl použit podíl, který sítem prošel. Tento podíl byl odtučněn extrakcí petroletherem. Zbytky rozpouštědla byly odstraněny odpařením v digestoři při laboratorní teplotě přibližně 20 °C. Kávový nápoj byl připraven zalitím 50 g odtučněného materiálu 1 litrem destilované vody o teplotě 80 °C. Směs byla promíchána, ponechána 20 min stát a následně přefiltrována přes papírový filtr MN 420D (Macherey-Nagel, DEU). Materiál zachycený na filtru byl označen jako nerozpustná frakce (NRF) a filtrát jako celková rozpustná frakce (CRF).

Celková rozpustná frakce byla podrobena postupné ultrafiltraci pomocí membrán s mezní molekulovou hmotností (MWCO) 30, 10, 3 a 1 kDa. Tak byly získány permeáty <1, <3, <10 a <30 kDa, které označujeme F1, F3, F10 a F30 a v nich byla provedena jednotlivá stanovení. Frakce odpovídající rozmezím 1–3, 3–10 a 10–30 kDa nebyly samostatně izolovány ani

analyzovány; hodnoty pro tato rozmezí byly vypočteny z výsledků analýz permeátů F1 až F30 dle Tab. I.

Tabulka I Popis výpočtu hodnot uváděných pro rozmezí analyzovaných frakcí

Rozmezí	1–3 kDa	3-10 kDa	10-30 kDa	>30 kDa
Výpočet	F3 – F1	F10 – F3	F30 – F10	CRF – F30

Inkubace melanoidinových frakcí s MGO

Celková rozpustná frakce (CRF) a permeáty F1, F3, F10 a F30 byly inkubovány s MGO při jeho počáteční koncentraci 33,3 mmol/l. Reakční směsi byly zahřívány při 95 °C po dobu 0-120 min. Vzorky byly analyzovány dvakrát. Pro odlišení změn vyvolaných samotnou tepelnou inkubací byly připraveny kontrolní vzorky, ve kterých byl MGO nahrazen vodou. Nerozpustný podíl (NRF) byl inkubován v množství 1 g na 9 ml roztoku MGO o koncentraci 33,3 mmol/l.

Stanovení MGO metodou HPLC-PDA

Obsah zbytkového MGO byl stanoven po derivatizaci o-fenylendiaminem, při níž vzniká chinoxalinový derivát vhodný pro PDA detekci. Separace byla provedena na koloně Cortecs Phenyl (3,0 × 150 mm, 2,7 µm) s předkolonou CSH Phenyl-Hexyl XP VanGuard (2,1 × 5 mm, 2,5 µm). Teplota kolony byla 40 °C. Mobilní fázi A tvořil 10 mmol/l roztok mravenčanu amonného upravený pomocí kyseliny mravenčí na pH 3,0 a mobilní fázi B methanol (≥99,9% Merck, DEU). Průtok mobilní fáze byl 0,4 ml/min, objem nástřiku 10 nebo 20 µl (v závislosti na koncentraci vzorku) a kvantifikace byla provedena při 316 nm na UV/VIS detektoru (celá HPLC sestava od fy Waters Corp., USA).

Stanovení barvy a antioxidačních vlastností

Intenzita hnědého zbarvení rozpustných vzorků byla stanovena spektrofotometricky (UV-Vis spektrofotometr Cary, Agilent, USA) jako absorbance při 420 nm a přepočtena na použitý ředicí faktor. Antioxidační kapacita nerozpustných i rozpustných melanoidinů byla hodnocena metodou zhášení radikálového kationtu $ABTS^{\bullet+}$ podle Cejpek *et al*. (metoda ABTS). Stanovení bylo založeno na spektrofotometrickém sledování poklesu absorbance roztoku $ABTS^{\bullet+}$ po kontaktu se vzorkem[9]. Rozpustné vzorky byly dále analyzovány kapalinovým chromatografem Waters Arc s PDA a elektrochemickým detektorem Waters 2465, vybaveným zlatou pracovní elektrodou o průměru 3 mm a referenční elektrodou Hy-Ref. Separace byla provedena na koloně Atlantis dC18 (2,1 × 150 mm; 3 µm) s gradientovou elucí. Potenciál pracovní elektrody byl nastaven na +0,8 V vůči referenční elektrodě. Elektrochemická odezva byla vyhodnocena odečtením signálu kontrolního vzorku, v němž byl MGO nahrazen vodou, od signálu vzorku s MGO ve stejném čase inkubace.

Výsledky a diskuse

Antiglykační potenciál a změny MGO

Nejvyšší míra záchytu MGO byla podle časových profilů pozorována u CRF, tedy filtrátu kávového nápoje před ultrafiltrací. Tato frakce obsahuje složky nízké i vyšší molekulové hmotnosti, které se mohou podílet na interakci s MGO.

Po 120 min inkubace byla nejvyšší hodnota úbytku MGO přiřazeného jednotlivým molekulově-hmotnostním rozmezím zjištěna pro rozmezí 10–30 kDa, nejnižší pro frakci >30 kDa (Tab. II). Rozdíly mezi hodnocenými vzorky mohou souviset s jejich chemickým složením, dostupností reaktivních funkčních skupin i množstvím přítomných látek.

Tabulka II Úbytek MGO přiřazený jednotlivým kávovým melanoidinovým vzorkům a molekulově-hmotnostním rozmezím po 30 min inkubace při 95 °C. Úbytky jsou vztaženy ke koncentraci MGO v čase 0 min příslušného vzorku

Vzorek / molekulově-hmotnostní rozmezí	Úbytek MGO (%)
CRF	52,41
<1 kDa	19,22
1–3 kDa	8,31
3–10 kDa	8,34
10–30 kDa	11,82
>30 kDa	4,72
NRF	9,97

Antioxidační a redoxní vlastnosti

Metodou ABTS byla hodnocena antioxidační kapacita rozpustného a nerozpustného podílu kávových melanoidinů. Rozpustný podíl přispěl k celkové stanovené antioxidační kapacitě (59,9 ± 2,7) % a nerozpustný podíl (40,1 ± 2,7) %.

Elektrochemická detekce (ECD) doplnila metodu ABTS informací o odezvě elektrochemicky aktivních složek rozpustných vzorků. Rozdíly odezvy mezi vzorky s MGO a odpovídajícími kontrolními vzorky bez MGO byly vztaženy k rozdílu odezvy celkové rozpustné frakce (ΔECD) ve stejném čase inkubace (Tab. III). Tím pádem rozdíly mezi časy nevyjadřují přímo změnu absolutní odezvy. Z dílčích molekulově-hmotnostních rozmezí vykazovalo nejvyšší relativní ΔECD v čase 0 min rozmezí 10–30 kDa (48,9%), zatímco po 120 min rozmezí >30 kDa (67,4%). Nejnižší relativní hodnota po 120 min byla zjištěna u frakce <1 kDa (3,8%).

Tabulka III Rozdíly ECD odezvy mezi vzorky s MGO a odpovídajícími kontrolními vzorky bez MGO, vyjádřené v procentech vzhledem k rozdílu odezvy celkové rozpustné frakce ve stejném čase inkubace (100%)

Frakce / molekulově-hmotnostní rozmezí	Rel. ΔECD v čase 0 min (%)	Rel. ΔECD po 120 min (%)
CRF	100,0	100,0
<1 kDa	18,7	3,8
1–3 kDa	9,2	10,6
3–10 kDa	13,7	7,1
10–30 kDa	48,9	30,5
>30 kDa	26,8	67,4

Změna barvy

Intenzita hnědého zbarvení byla hodnocena pomocí absorbance při 420 nm přepočtené na ředění vzorku. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny u frakce >30 kDa. V systémech s MGO byly

hodnoty nižší než v odpovídajících systémech bez MGO (Tab. IV). Přítomnost MGO tak byla u všech hodnocených intervalů spojena s nižší intenzitou hnědého zbarvení.

Pokles absorbance při 420 nm může souviset s přeměnou chromoforních struktur, změnou rozpustnosti barevných složek nebo vznikem produktů s odlišnými absorpčními vlastnostmi. Z výsledků nelze určit, který z těchto procesů převládá. Změnu absorbance proto nelze samu o sobě považovat za důkaz konkrétní reakční dráhy ani za přímé měřítko množství melanoidinů.

Tabulka IV Relativní absorbance při 420 nm jednotlivých molekulově-hmotnostních rozmezí kávových melanoidinů po 120 min inkubace s MGO. Hodnoty jsou vyjádřeny v procentech vzhledem k absorbanci CRF bez MGO (100 %). Absorbance CRF s MGO dosahovala 73,6% této referenční hodnoty

Frakce / molekulově-hmotnostní rozmezí	**Rel. A_{420} (%)**
<1 kDa	20,8
1–3 kDa	8,4
3–10 kDa	0,7
10–30 kDa	8,9
>30 kDa	34,8

Závěr

Z pražené mleté kávy byl připraven kávový nápoj, který byl filtrací rozdělen na rozpustný a nerozpustný podíl. Rozpustný podíl byl následně frakcionován ultrafiltrací pomocí membrán s mezními molekulovými hmotnostmi 30, 10, 3 a 1 kDa. U získaných kávových melanoidinových vzorků byla sledována schopnost snižovat koncentraci methylglyoxalu (MGO) během inkubace při 95 °C a související změny zbarvení a elektrochemické odezvy.

Kávové melanoidinové vzorky za použitých modelových podmínek snižovaly koncentraci MGO. Při porovnání hodnocených molekulově-hmotnostních rozmezí na základě rozdílů mezi sousedními permeáty odpovídal největší úbytek MGO po 120 min inkubace rozmezí 10–30 kDa. Frakce >30 kDa naopak vykazovala nejnižší úbytek MGO, přestože se vyznačovala nejintenzivnějším hnědým zbarvením a po 120 min také největším rozdílem elektrochemické odezvy mezi vzorkem s MGO a kontrolním vzorkem bez MGO. U všech hodnocených rozpustných rozmezí byly hodnoty absorbance při 420 nm v přítomnosti MGO nižší než u odpovídajících kontrolních vzorků. Nejvyšší intenzita zbarvení ani největší rozdíl elektrochemické odezvy tedy nebyly spojeny s nejvyšší schopností snižovat koncentraci MGO.

Výsledky ukazují, že úbytek MGO v přítomnosti kávových melanoidinových vzorků provázejí změny jejich zbarvení a elektrochemické odezvy. K objasnění mechanismu těchto změn a ověření případného ochranného účinku proti glykaci proteinů je nutné další studium.

Literatura

1. Velíšek J., Koplík R., Cejpek K. The Chemistry of Food. 2nd ed. John Wiley & Sons, 2020.
2. Kanzler C., Wustrack F., Rohn S. High-resolution mass spectrometry analysis of melanoidins and their precursors formed in a model study of the Maillard reaction of methylglyoxal with L-alanine or L-lysine. J. Agric. Food Chem., 2021, 69, 11960–11970.
3. Morales F. J., Somoza V., Fogliano V. Physiological relevance of dietary melanoidins. Amino Acids, 2012, 42, 1097–1109. DOI: 10.1007/s00726-010-0774-1.
4. Thornalley P. J. The glyoxalase system in health and disease. Mol. Aspects Med., 1993, 14, 287–371.
5. Henle T. Protein-bound advanced glycation endproducts (AGEs) as bioactive amino acid derivatives in foods. Amino Acids, 2005, 29, 313–322.
6. Borrelli R. C., Visconti A., Mennella C., Anese M., Fogliano V. Chemical characterization and antioxidant properties of coffee melanoidins. J. Agric. Food Chem., 2002, 50, 6527–6533.

7. Zhang H., Zhang H., Troise A. D., Fogliano V. Melanoidins from coffee, cocoa, and bread are able to scavenge α-dicarbonyl compounds under simulated physiological conditions. J. Agric. Food Chem., 2019, 67, 10921–10929. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b03744.
8. Bekedam E. K., Schols H. A., van Boekel M. A. J. S., Smit G. High molecular weight melanoidins from coffee brew. J. Agric. Food Chem., 2006, 54, 7658–7666.
9. Cejpek K., Fabiánová V., Tobolková B., Ciesarová Z., Murkovic M. Comparison of the methods for antioxidant capacity determination in both soluble and insoluble parts of various food samples. Poster, ISSS 2018, Jasná, Slovensko, 17.–20. června 2018.

PFAS V POTRAVINOVÝCH OBALECH: CO VÍME A CO PŘINÁŠÍ NOVÁ LEGISLATIVA

Pulkrabová J., Dvořáková D.

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha, CZ

Dietární expozice představuje jednu z hlavních cest příjmu per- a polyfluoroalkylových látek (PFAS) u člověka. Pozornost je tradičně soustředěna na kontaminaci potravin a pitné vody, avšak významný a dosud nedostatečně kvantifikovaný zdroj představují také materiály určené pro styk s potravinami (FCM), zahrnující kuchyňské náčiní, obaly pro rychlé občerstvení, sáčky pro přípravu popcornu v mikrovlnné troubě, kelímky či brčka. Migrace PFAS z těchto materiálů do potravin nebývá v současných odhadech dietární expozice plně zohledněna, což může vést k podcenění celkové interní expozice populace.

Současné poznatky ukazují, že ve FCM se mohou nacházet tisíce fluorovaných sloučenin a prekurzorů, které běžná cílená analýza nezachytí. Uvádí se, že cílené metody vysvětlují pouze malou část celkového organicky vázaného fluoru přítomného v materiálu, což poukazuje na významné znalostní mezery při hodnocení skutečné expozice spotřebitele.

Zásadním impulsem pro řešení této problematiky je nové nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2025/40 o obalech a obalových odpadech (PPWR), které od 12. srpna 2026 zakazuje uvádět na trh obaly určené pro styk s potravinami, pokud obsahují PFAS nad stanovené mezní hodnoty. K překlenutí této „analytické slepoty“ zavádí nová legislativa tři mezní hodnoty: a) 25 µg/kg pro jakoukoli jednotlivou látku PFAS měřenou cílenou analýzou; b) 250 µg/kg pro sumu PFAS, v příslušných případech včetně prekurzorů po jejich rozkladu; c) 50 mg/kg pro PFAS včetně polymerních forem.

Příspěvek shrne současné poznatky o výskytu PFAS v potravinových obalech, mechanismech jejich přenosu do potravin a hlavních expozičních cestách spotřebitele. Pozornost je věnována analytickým přístupům ke stanovení PFAS v obalových materiálech.

PFAS in food packaging: Current knowledge and new legislation

Dietary exposure is one of the main routes of human exposure to per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). Attention has traditionally focused on contamination of food and drinking water; however, food contact materials (FCMs) – including kitchen utensils, fast-food packaging, microwave popcorn bags, cups, and straws – also represent a significant and insufficiently quantified source. The migration of PFAS from these materials into food is not fully accounted for in current dietary exposure estimates, potentially leading to an underestimation of the population’s total internal exposure.

Current findings indicate that FCMs may contain thousands of fluorinated compounds and precursors that are not detected by standard targeted analysis. Targeted methods account for only a small fraction of the total organically bound fluorine present in the material, highlighting significant knowledge gaps in assessing actual consumer exposure.

A key impetus for addressing this issue is Regulation (EU) 2025/40 of the European Parliament and of the Council on packaging and packaging waste (PPWR), which, from 12 August 2026, prohibits the placing on the market of packaging intended for food contact if it contains PFAS above specified limit values. To address this “analytical blind spot”, the new legislation introduces three limit values: a) 25 µg/kg for any individual PFAS substance measured by targeted analysis; b) 250 µg/kg for the sum of PFAS, including precursors after their degradation, where applicable; c) 50 mg/kg for PFAS, including polymeric forms.

This contribution summarises current knowledge regarding the presence of PFAS in food packaging, the mechanisms of their migration into food, and the main routes of consumer exposure. Attention is given to analytical approaches for determining PFAS in packaging materials.

OD SPEKTER K BEZPEČNOSTI: SPEKTROSKOPICKÉ PŘÍSTUPY KE KONTROLE KVALITY POTRAVIN

Sedliaková M.

Nicolet CZ s. r. o., Praha, CZ

Molekulová spektroskopie nachází stále širší uplatnění i v moderních směrech výroby potravin, zejména při vývoji funkčních a alternativních produktů. Technologie využívající molekulovou spektroskopii umožňují rychlou a nedestruktivní analýzu složení potravin pomocí metod jako je Ramanova nebo infračervená spektroskopie. Tyto přístupy se využívají mimo jiné i při kontrole kvality rostlinných alternativ masa či mléčných výrobků a všude tam, kde je klíčové sledovat obsah bílkovin, tuků, aditiv i dalších parametrů. Pokročilé softwarové platformy umožňují detailní zpracování spektrálních dat a tvorbu kalibračních modelů. V kombinaci s in-line měřením lze efektivně vyhodnocovat komplexní datové soubory a sledovat změny během výroby i skladování. Molekulová spektroskopie tak přispívá k optimalizaci technologických procesů, zvyšování bezpečnosti potravin a odhalování falšování. Významnou roli hraje také při zavádění inovativních výrobních postupů, jako je 3D tisk potravin nebo fermentační technologie.

From spectra to safety: Modern approaches in food quality evaluation

Molecular spectroscopy is increasingly applied in modern directions of food production, particularly in the development of functional and alternative products. Technologies based on molecular spectroscopy enable rapid and non-destructive analysis of food composition using methods such as Raman and infrared spectroscopy. These approaches are used, among other things, for quality control of plant-based alternatives to meat and dairy products, as well as in all cases where it is essential to monitor the content of proteins, fats, additives, and other parameters. Advanced software platforms allow detailed processing of spectral data and the creation of calibration models. In combination with in-line measurements, it is possible to efficiently evaluate complex datasets and monitor changes during production and storage. Molecular spectroscopy thus contributes to the optimization of technological processes, enhances food safety, and helps detect adulteration. It also plays an important role in the implementation of innovative production methods, such as 3D food printing and fermentation technologies.

ULTRA-ZPRACOVANÉ POTRAVINY – POHLED VEŘEJNÉHO ZDRAVÍ

Selinger E.

Oddělení výživy, SZÚ – Centrum podpory veřejného zdraví, CZ

Koncept ultra-zpracovaných potravin (UPF), formulovaný v rámci klasifikace NOVA, vyvolává více než dekádu intenzivní vědeckou i veřejnou debatu. Rostoucí epidemiologická evidence spojuje vysokou spotřebu UPF s řadou chronických onemocnění – kardiovaskulárními chorobami, diabetem 2. typu, obezitou i vybranými typy nádorových onemocnění. Odborná i veřejná diskuze však zůstává rozdělená: kritici poukazují na nedostatek randomizovaných kontrolovaných studií, limitace i heterogenitu dostupných dat i obtížnou operacionalizaci samotné NOVA klasifikace v praxi. Přednáška využívá problematiku UPF jako případovou studii pro ilustraci toho, jak ve veřejném zdraví uvažujeme o kauzalitě a o politikách a intervencích za hranicí „zlatého standardu" RCT. Příspěvek má za cíl představit základní koncepty potřebné k uchopení diskuze ve veřejném zdraví: hierarchii důkazů v závislosti na typu klinické otázky, hodnocení jistoty důkazů, rámce pro hodnocení kauzality z observačních dat i etické koncepty platné pro proporcionální navrhování opatření nebo princip předběžné opatrnosti jako nástroj rozhodování v podmínkách nejistoty. Cílem příspěvku není přinést finální verdikt o dopadech UPF či formulovat jednoznačná doporučení, ale zpřístupnit i nezdravotnickému publiku pravidla, podle kterých veřejnozdravotní přístup funguje.

Ultra-processed foods – a public health perspective

The concept of ultra-processed foods (UPFs), introduced through the NOVA classification, has driven more than a decade of intense scientific and public debate. A growing body of epidemiological evidence links high UPF consumption to a range of chronic conditions – cardiovascular disease, type 2 diabetes, obesity and selected cancers. Both expert and public discussion nevertheless remains divided: critics point to the scarcity of randomised controlled trials, the limitations and heterogeneity of the available data, and the difficulty of operationalising the NOVA classification itself in practice. This talk uses the UPF debate as a case study to illustrate how public health reasons about causality and about policies and interventions beyond the "gold standard" of the RCT. The aim is to introduce the basic concepts needed to make sense of the public health debate: the hierarchy of evidence as a function of the clinical question, the assessment of certainty of evidence, frameworks for inferring causation from observational data, as well as ethical concepts relevant to the proportionate design of interventions and the precautionary principle as a tool for decision-making under uncertainty. The aim is not to deliver a final verdict on the health impacts of UPFs or to formulate clear-cut recommendations, but to make the rules by which the public health approach operates accessible to a non-medical audience.

OD MANUÁLNÍ PŘÍPRAVY K ROBOTIZACI 24/7: ZVYŠOVÁNÍ PROPUSTNOSTI A UDRŽITELNOSTI V ANALÝZE POTRAVIN

Slavata L.

Altium International s.r.o., CZ

Dnešní analýza potravin čelí kritickému tlaku na rychlost dodávání výsledků a nekompromisní kvalitu dat. Přechod od manuálních protokolů k autonomní robotizaci v režimu 24/7 se v současné době stává strategickou nutností pro správu komplexních matric ultrazpracovaných potravin a přísných legislativních limitů. Platforma FREESTYLE představuje modulární ekosystém schopný integrovat extrakci na pevné fázi (SPE), gelovou permeační chromatografii (GPC) a přesnou koncentraci vzorku do jednoho bezproblémového pracovního postupu. Standardizované procesy eliminují variabilitu způsobenou lidským faktorem a zaručují vysokou integritu výsledků u metod vyžadujících ultranízké detekční limity, jako je stanovení PFAS v obalech, screening multimykotoxinů nebo analýza reziduí pesticidů. Implementace technologií navíc přináší radikální úspory v organických rozpouštědlech, čímž splňuje požadavky na udržitelný provoz a ekonomickou efektivitu moderní laboratoře.

From manual preparation to 24/7 robotization: Increasing throughput and sustainability in food analysis

Today's food analytics faces critical pressure for speed of results delivery and uncompromising data quality. The transition from manual protocols to autonomous robotization in 24/7 mode is currently becoming a strategic necessity to manage the complex matrices of ultra-processed foods and strict legislative limits. The FREESTYLE platform represents a modular ecosystem capable of integrating solid-phase extraction (SPE), gel permeation chromatography (GPC) and precise sample concentration into a single seamless workflow. Standardized processes eliminate variability introduced by the human factor and guarantee high integrity of results in methods requiring ultra-low detection limits, such as PFAS determination in packaging, multi-mycotoxin screening or pesticide residue analysis. In addition, the implementation of technologies brings radical savings in organic solvents, thereby meeting the requirements for sustainable operation and economic efficiency of a modern laboratory.

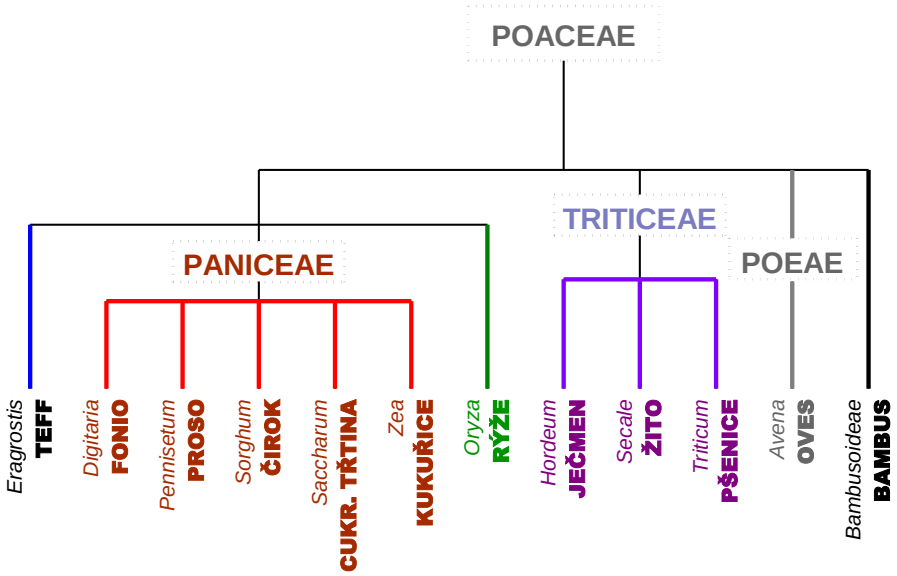
PEKAŘSKÁ JAKOST SMĚSÍ PŠENIČNÉ MOUKY S NORMÁLNÍM A WAXY ŠKROBEM

Sedláček T. (1), Horčička P. (1), Švec I. (2)

(1) Výzkumné centrum SELTON, s.r.o., Sibřina, CZ
(2) Ústav sacharidů a cereálií, VŠCHT Praha, CZ

Úvod

Botanický rod pšenice (*Triticum*), řazený mezi jednoděložné rostliny čeledi trávy – lipnicovité (Poaceae, případně také Gramineae), zahrnuje přibližně 20 samostatných druhů (schematický dendrogram na Obr. 1). Kolénkaté stéblo s úzkými a dlouhými listy je zakončeno květenstvím, označovaným klas; zdřevnatělé stéblo je charakteristické pro bambusy. V dendrogramu jsou zaznamenány také drobnozrnné druhy afrických travin teff a fonio, proso a čirok společně s cukrovou třtinou a kukuřicí. Z příbuznosti pak vyplývá, ve kterých druzích jsou přítomny lepkové bílkoviny, resp. sekvence aminokyselin toxických pro celiaky. Plodem je obilka (technologicky zrno), suchý nepukavý plod, krytý pluchou a pluškou. Pro původní divoké předky pšenice, žita, ječmene, ovsa, kukuřice, ale i prosa i rýže, byla plucha se zrnem pevně sevřená (pluchaté pšenice se nevymlátí čistě), což usnadňovalo přenos a rozšíření v srsti zvířat, zachycení v půdě a také ochranu do vyklíčení. V současnosti souběžně existují pluchaté – plevnaté a bezpluché, tzv. nahé (nahozrnné) odrůdy. Bezpluchost se postupně ustálila domestikací a cíleným výběrem travin členy rodu *Homo* od dob neolitické zemědělské revoluce (počátek ca 10 – 7 tis. let př. n. l.). Pro pšenici jsou zástupci pluchatých druhů jednozrnka, dvouzrnka a špalda (*T. monococcum, T. dicoccum, T. spelta*), zatímco bezpluchých pšenice obecná (setá) *T. aestivum* a pšenice tvrdá (*T. durum*). Kulturní oves a ječmen jsou v drtivé většině pluchaté odrůdy, nahé variety jsou pěstovány okrajově zejména pro speciální výživu.



Obrázek 1 Schematický dendrogram botanické příbuznosti vybraných druhů čeledi trávy – lipnicovité (Poaceae); vytvořeno podle schématu publikovaného autory Pacquet *et al.*[1], zjednodušeno; barevně rozlišeny taxonomické podčeledi, ze kterých jen Triticeae zahrnuje lepkodárné „gluten proteins-forming" druhy

Starobylým druhem hexaploidní pšenice je druh indická kulatozrnná nebo také indická trpasličí pšenice (*Triticum aestivum* L. subsp. *sphaerococcum* (Percival) Mackey). Drobná zrna mají téměř kulový tvar a výraznou rýhu. Jedná se po tisíce let o klíčovou plodinu v oblasti údolí řeky Indus, tedy na území dnešních států Indie a Pákistán. V současnosti je pěstována jen okrajově,

ale je ceněna šlechtiteli pro odolnost vůči suchu a chorobám. Další technologickou výhodou je mimořádně vysoký obsah bílkovin (14–18 % proti běžnému rozpětí 10–13 %; pro kanadské a ukrajinské odrůdy pšenice seté, pěstované na černozemích pak 13,5–14,5 %). Lepek v mouce z této indické pšenice vykazuje vyšší vaznost, alveografický odpor P a menší hodnoty tažnosti L (těsta jsou „kratší“[2]). V tomto existuje podobnost s moukami z tetraploidní *durum* pšenice, v podobě semoliny používané pro výrobu těstovin. Ve své domovině jsou z celozrnné mouky z této kulatozrnné pšenice (*atta*) tradičně vyráběny ploché chleby (placky) *chapati*. Podle článku[3] je tato pšenice, resp. mouka z ní, mimo jiné bohatým zdrojem stopového železa.

Zatímco indická kulatozrnná pšenice představuje genetický návrat k historickým formám s vysokým obsahem bílkovin, moderní šlechtění se zaměřuje i na modifikaci sacharidové složky, což dokumentuje vývoj pšenic s pozměněnou strukturou škrobu. Pšenice obecná (*T. aestivum* subsp. *aestivum*) s waxy škrobem byla vytvořena cíleným křížením, tedy potlačením genů pro syntézu amylosy. Tímto zásahem do genomu pšenice byl obsah amylosy snížen z běžných 25 % na 10–0 % celkového obsahu škrobu. Endosperm zrna v řezu vykazuje voskový (waxy) lesk. Poprvé byl termín *waxy* použit na počátku 20. stol. pro kukuřici, až později byl přenesen na pšenici, rýži nebo ječmen se stejnou genetickou mutací.

Technologickou předností škrobu na bázi amylopektinu je vyšší vaznost, delší čerstvost a pomalejší retrogradace amylopektinu (zpomalení stárnutí pečiva). Nevýhodou je zvýšená lepivost těsta, lepivost a měkkost střídy pekařského výrobku; proto jsou pšeničné mouky s waxy škrobem používány v podílech 10 – 20 %. Toto dávkování rovněž zohledňuje fakt, že amylopektin je díky vyššímu počtu glukosových řetězců a větší schopnosti bobtnat pro enzymy přístupnější – zvyšuje se tak glykemický index. V případě výroby nudlí asijského typu je lepivost do jisté míry žádoucí – dociluje se takto gumovité (*chewy*) konzistence. Waxy pšenice tedy představuje relativně novou, kvalitativně zcela odlišnou třídu pekařské kvality a cílem práce bylo zjistit její chování ve směsi s konvenční moukou.

Experimentální část

Materiály

V rámci šlechtitelských pokusů Výzkumného centra SELTON (Sibřina, CZ) byly vypěstovány pšenice indická kulatozrnná (*Triticum aestivum* L. subsp. *sphaerococcum* odrůda 'Song', dále SONG) a novošlechtění pšenice obecné (*T. aestivum* subsp. *aestivum*) s waxy škrobem (dále TON), přirozeně se lišící v obsahu bílkovin a amylosy. Pšenice SONG je osinatá, charakteristická odolností proti poléhání, vyššími výnosy i vyšším obsahem bílkovin 15–19 % a obvyklým podílem amylosy ve škrobu (25–28 %[4, 5]). Waxy pšenice dosahují nižších výnosů, rovněž vyšších podílů bílkovin (15–18 %), zato neobsahují prakticky žádnou amylosu; zrno na řezu má neprůhledný, matný a hladký (voskový) vzhled. Právě autoři[4] uvádějí, že obsah amylosy kolísá od 1 % pro waxy kukuřici až po 37 % v zrnech vysokoamylosového ječmene.

Mletí zrna na hladkou mouku bylo provedeno na laboratorním mlýnu WWGM (Yücebaş Makine, Izmir, TUR) a bylo připraveno celkem 6 směsí s 20% krokem náhrady standardní mouky (100 SONG / 0 TON, 80 SONG / 20 TON, …, 0 SONG / 100 TON).

Pro pekařský pokus byly dále použity destilovaná voda, čerstvé lisované droždí, kuchyňská sůl, řepný cukr, rozpuštěné vepřové sádlo, sladová mouka diasta a 0,01% roztok kyseliny askorbové *p.a.*[6, 7].

Metody analytické

Podle mezinárodních norem byly ve směsných moukách stanoveny hmotnostní podíly vlhkosti a bílkovin. Také byly pomocí Zelenyho sedimentačního testu a zkoušky Číslo poklesu (ČP; Falling Number 1310) kvalifikovaně odhadnuty pekařská kvalita bílkovin a aktivita amyláz. Pro standardizaci kynutí byly všechny mouky a binární směsi upraveny sladovou moukou (diastou) na hodnotu ČP 220 s. Viskozimetr Falling Number je tělískový, proto bylo provedeno i porovnávací měření na rotačním zařízení Rapid Visco Analyser (PerkinElmer, Shelton, USA)

a stanoveny hodnoty parametru Stirring Number. Pro laboratorní pekařský mini-Rapid Mix Test z 80 g mouky[7] byla na základě retenční kapacity vody predikována farinografická vaznost (recepturní přídavek vody[8]).

Pekařský pokus – mini-RMT

Vlastní pekařský pokus mini-Rapid Mix Test byl proveden ve dvou duplikátech pro každou binární směs mouk během jediného dne. Byla zaznamenána celková hmotnost těsta po vyhnětení (132,0–134,4 g), které bylo rozděleno vždy na tři stejně těžké klonky a ty byly instrumentálně skuleny. Po jednofázovém kynutí, pečení při 205 °C se zapařením a 20min zchladnutí byla pro trojice zjištěna hmotnost a na ultrazvukovém objemoměru BVM-3 (TexVol Instruments, Viken, SWE) objem. Pomocí digitální šuplery byly stanoveny průměr a výška každé ze tří upečených bulek a provedena kvantifikace tuhosti střídy[9, 10]. V tomto případě byl využit penetrometr PNR-10 (Petrotest GmbH., Berlin-Dahlem, DE) a vzorky střídy ve tvaru válečku o průměru 30 mm. Válečky byly zváženy a digitální šuplerou stanovena jejich původní výška. Vážení, měření výšky a penetrace bylo provedeno také třetí den (tj. po 48h skladování) v PE sáčcích v temné komoře (21–23 °C, RH 51–54 %). Pro snazší porovnání byla penetrace přepočtena na relativní stlačitelnost vzhledem k původní výšce výkroje; dny měření jsou označeny „D-0“ resp. „D-3“.

Statistické zpracování dat

V programu Statistica 13.1 (TIBCO Software, USA) byla provedena analýza rozdílů mezi vzorky metodou ANOVA (Tukeyův test, P = 95 %) s faktory Složení – Podíl waxy mouky a Den skladování. Komplexní porovnání pekařské kvality binárních moučných směsí a z nich připraveného pečiva umožnila vícerozměrná průzkumná metoda hlavních komponent (PCA). Výstupem je tradiční dvojice grafů faktorových zátěží proměnných a faktorových skóre případů (hodnocených vzorků) v rovině prvních dvou hlavních komponent PC1 × PC2. Inovativně byla kvantifikována statistická podobnost vzorků samostatně podle první, resp. druhé hlavní komponenty shlukovou analýzou. Shlukování proběhlo podle euklidovské vzdálenosti (v tomto případě v pravoúhlém 2D-prostoru) pomocí shlukovacího algoritmu nejvzdálenějšího souseda (Complete, nebo také Furthest). Účelem vytvoření těchto dvou dendrogramů je rozklad statistické podobnosti vzorků v této rovině PC1 × PC2 na podobnosti podél obou jednotlivých os samostatně.

Výsledky a diskuse

Analytické a technologické znaky mouk

Použití waxy škrobu v pekárenství je technologicky výhodné pro větší hydrofilní kapacitu[11], což se potvrdilo stanovením vlhkosti základních mouk – 11,96 % pro 100SONG a 13,71 % pro waxy protějšek 100TON a později i vaznosti (60,5 resp. 63,7 % vody na mouku; Tab. I). Rovněž hodnoty obsahu bílkovin a objemu jejich sedimentů potvrdily chování podle lineárního směšovacího pravidla (Obr. 2a, 2b). Jak uvádějí Bartovská a Šišková[12] a experimentálně potvrdili Švec *et al.*[13] studiem viskozity měření 40 vzorků pěti mouk různého botanického původu na rotačních zařízeních Amylograf a Viskograf, viskozita disperzí vykazuje na objemovém zlomku pevné fáze polynomickou závislost (tzv. Einsteinova rovnice). V této studii je pro odhady aktivity amyláz pomocí zkoušek Číslo poklesu (ČP) a Stirring Number (SN) patrné jednoznačné odlišení základní mouky 100SONG a směsi 20TON proti ostatním vzorkům, kdy hodnotu ČP 252 s (a odpovídající SN 1366 mPa·s) pro druhý uvedený vzorek lze označit za technologicky optimální (Obr. 2c, 2d). Hodnoty ČP směsí 40TON, 60TON, 80TON a mouky 100TON nižší než 100 s by na příjmu průmyslového pšeničného mlýna vedly k jednoznačnému odmítnutí dodávky zrna; pro potravinářskou pšenici požaduje ČSN 46 1100-2 minimální hodnotu 220 s. V případě parametru SN byl profil změřených hodnot také polynomický, ale proměřené páry dat vykazovaly násobně větší rozptyl, a tudíž horší rozlišení vzorků. Orientačně proměřená čistá individua amylosa a amylopektin vykázaly SN 28 ± 1 resp. 1065 ± 38 mPa·s, kdy druhá uvedená hodnota viskozity je prakticky srovnatelná s waxy moukou 100TON (1168 ± 22 mPa·s).

Tabulka I Jakostní znaky zkoušených směsí pšeničných mouk s normálním (SONG) a waxy škrobem (TON)

Vzorek mouky	Podíl waxy (%)	Vlhkost (%)	Bílkoviny (%)	Zelenyho test (ml)	$Vaznost_{pred}$ (%)	Tvar pečiva *h/d* (1)
100SONG	0	11,96 [a]	15,09 [f]	53 [f]	60,5 [a]	0,706 [a]
20TON	20	12,48 [b]	14,57 [e]	44 [e]	61,5 [b]	0,717 [a]
40TON	40	12,78 [c]	14,07 [d]	39 [d]	61,9 [c]	0,716 [a]
60TON	60	12,96 [d]	13,57 [c]	34 [c]	62,2 [d]	0,726 [a]
80TON	80	13,33 [e]	13,03 [b]	30 [b]	62,7 [e]	0,718 [a]
100TON	100	13,71 [f]	12,51 [a]	25 [a]	63,7 [f]	0,718 [a]
Opakovatelnost metody*		± 0,20	± 0,22	± 1	± 0,3	± 0,20

*pro omezené množství výchozí mouky měření provedena v jednom opakování, přesnost stanovení vymezena opakovatelností metody (např. pro vlhkost 11,96 ± 0,20; 12,485 ± 0,20 atd.)
[a-f] pro sloupce hodnocení nejsou průměry označené stejnými písmeny statisticky odlišné (P = 95 %)

Výsledky pekařského pokusu

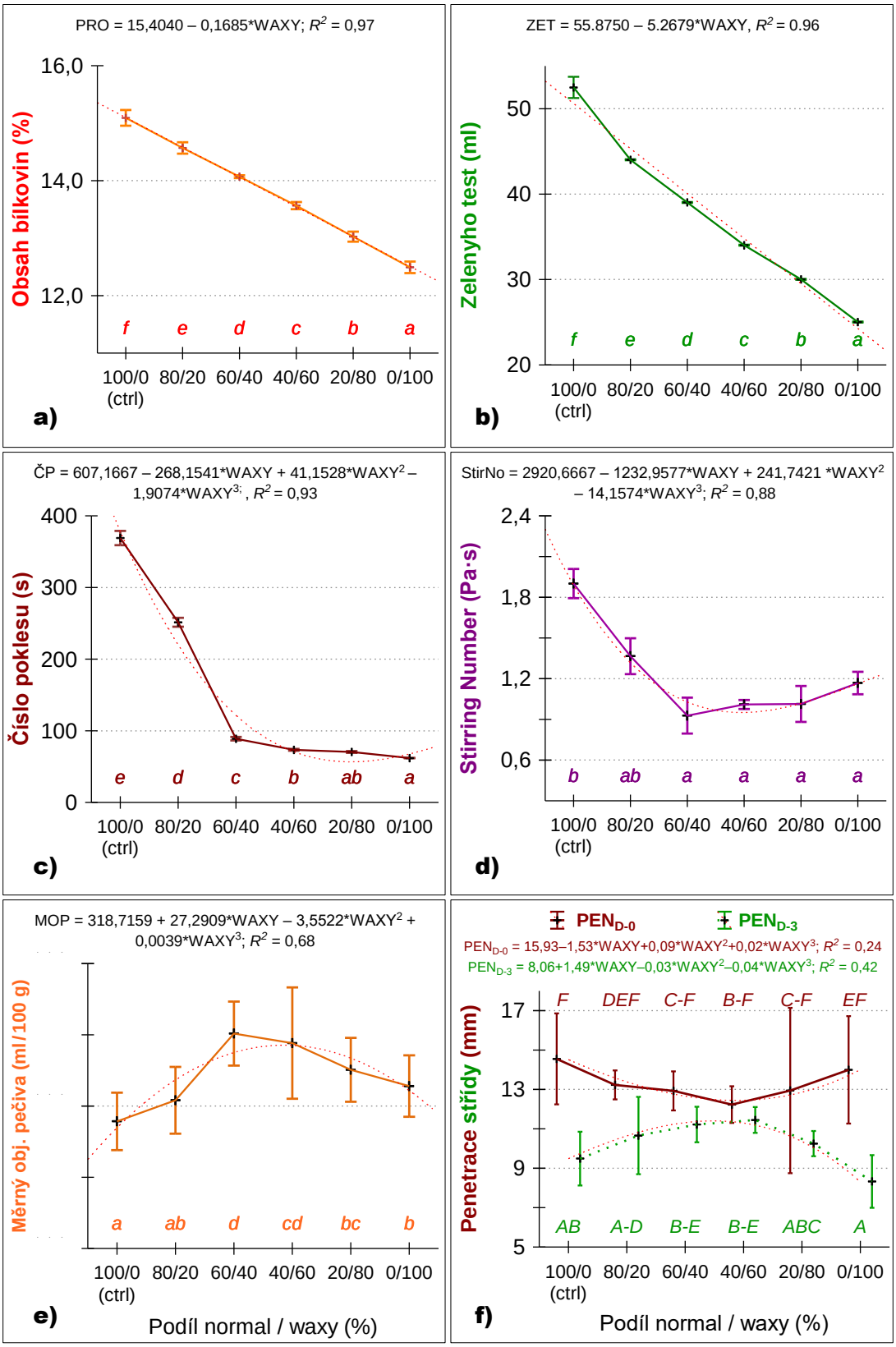
Jak lze postřehnout z Obr. 2e, statisticky nejnižší měrný objem byl stanoven pro kontrolní mouku 100SONG (344 ml/100 g). Dílčí náhrada této mouky s normálním škrobem waxy variantou vedla vždy k zvýšení hodnot, ale průběh je na rozdíl od lineárně klesajících objemů sedimentu v Zelenyho testu zřetelně konkávní. Přírůstky byly postupně 2,5; 8,9; 7,7; 5,3 a 3,7 %. Optimální výsledky pečení a skladování vykázala směs 40TON – měrný objem byl mezi vzorky statisticky průkazně nejvyšší (375 ml/100 g, + 8,9 % proti kontrole 100SONG, + 5,1 % proti 100TON).

Tabulka II Fyzikální parametry výkrojů střídy ze směsí pšeničných mouk se vzrůstajícím podílem waxy škrobu – vliv třídenního skladování (D-0 – v den upečení, D-3 – po 48 hodinách skladování)

Vzorek mouky	Podíl waxy (%)	Výška výkroje střídy (mm)		Hmotnost výkroje střídy (g)		Stlačitelnost střídy (%)	
		D-0	D-3	D-0	D-3	D-0	D-3
100SONG	0	31,7 [e]	31,2 [de]	4,58 [ab]	4,47 [a]	45,9 [ab]	30,5 [c]
20TON	20	31,5 [e]	30,3 [de]	4,95 [abc]	4,69 [ab]	42,2 [abc]	35,2 [bc]
40TON	40	27,8 [d]	28,7 [de]	4,80 [abc]	4,88 [abc]	46,6 [ab]	39,9 [abc]
60TON	60	24,0 [c]	22,8 [bc]	5,21 [bc]	4,96 [abc]	51,1 [ad]	51,4 [ad]
80TON	80	21,1 [abc]	21,1 [abc]	5,50 [c]	5,12 [abc]	63,7 [de]	48,8 [a]
100TON	100	20,1 [ab]	18,6 [a]	5,24 [bc]	4,97 [abc]	69,6 [e]	45,3 [ab]
Opakovatelnost*		–		± 0.62		± 1.8	

*ve shodě s analytickými metodami (Tab. I), přesnost stanovení vymezena opakovatelností metody (např. pro vlhkost 11,96 ± 0,20; 12,485 ± 0,20 atd.)
[a-f] pro sloupce hodnocení D-0 a D-3 nejsou průměry označené stejnými písmeny statisticky odlišné (P = 95 %)

Zpět na seznam příspěvků



Obrázek 2 Analýza rozptylu vlivu náhrady mouky z pšenice s normálním škrobem (kontrolní vzorek „100/0 (ctrl)“) pšeničnou mouku s waxy škrobem (vzorek „0/100“). a) – b) obsah a odhad pekařské kvality bílkovin, c) – d) odhad amylolytické aktivity pomocí tělískového a rotačního viskozimetru, e) – f) výsledky pekařského pokusu (penetrace střídy měřena v den upečení D-0 a po 48 h skladování D-3)
$^{a–f, A–F}$ pro párové průměry, označené stejnými písmeny statisticky odlišné (P = 95 %)
Pozn.: vložené rovnice dokládají linearitu, resp. nelinearitu cílových proměnných, kdy je rozhodující přesnost regresní predikce pomocí koeficientu determinace R^2)

Zpět na seznam příspěvků

Morfologický popis výkrojů střídy jejich hmotností a výškou odráží molekulární strukturu upečeného těsta. Hmotnost odpovídajících si dvojic se po 48 h skladování změnila v menším rozsahu než výška, rozptyl dat byl popsán variacemi *a–c* proti *a–e* (Tab. II).

V pořadí pečiva z mouk a binárních směsí 100SONG – … – 40TON – … – 100TON postupně výšky výkrojů střídy v den upečení klesly až o 33 %; po 48 h skladování vykázaly vzorky pečiva z 80TON a 100TON nižší geometrickou stabilitu díky absenci rigidní amylosové sítě, která je v těstě z konvenční pšenice zodpovědná za udržení tvaru pórů střídy (celkové snížení na 60 %). Lze proto tvrdit, že vyříznutím z pevného rámu kůrky nastala v amylopektinového hydrogelu ztráta turgoru a ve waxy střídě proběhla kontrakce ve vyšší míře. Protože amylopektin vodu váže relativně pevně, hmotnost vzorku zůstala tedy téměř zachována nezávisle na receptuře – skladováním se změnila pouze prostorová uspořádanost střídy (její hustota).

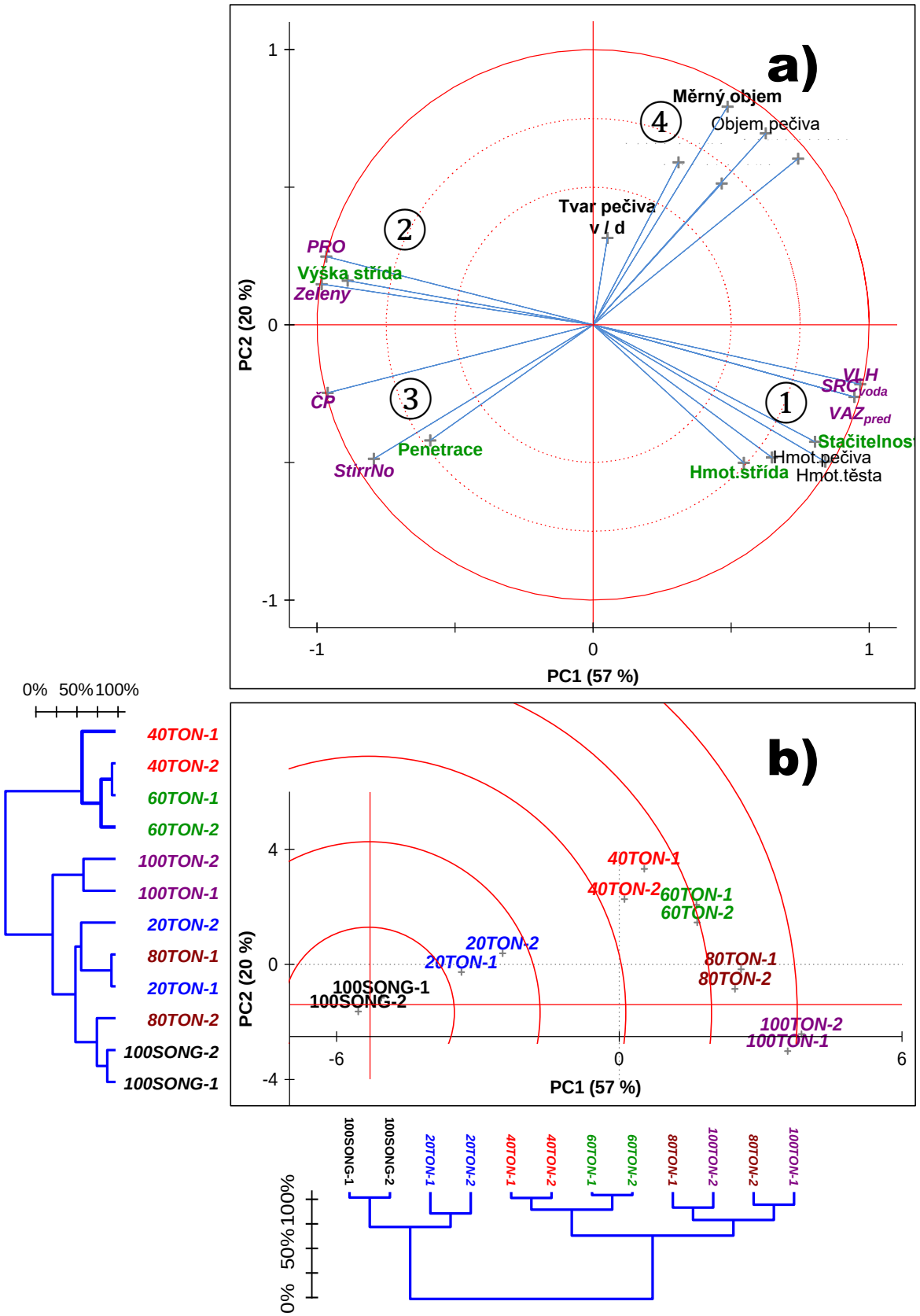
Penetrace střídy pšeničného pečiva, které je z pohledu fyzikální chemie tuhou pěnou, přeneseně tuhost nebo stlačitelnost střídy, je funkcí několika parametrů – celkové receptury, pečením zdenaturované lepkové kostry těsta, viskozity zmazovatělých škrobových a neškrobových polysacharidů a volné vody. Již po vysazení kynutých výrobků z pece, tj. během prvních okamžiků chladnutí, pozvolna začíná retrogradace škrobu. Uvolňování a odpar fixované vody je spojeno se stárnutím – tvrdnutím chleba a pečiva. Obr. 2f dokládá, že i jednoduchý gravitační penetrometr v tomto směru postačuje pro sledování rychlosti stárnutí. Během prvního dne skladovacího pokusu „D-0“ ukázaly zaznamenané hodnoty penetrace na konvexní závislost ve vztahu k obsahu waxy mouky TON; toto je přesně opačná tendence než pro měrné objemy. Stěny pórů, tvořené waxy škrobovým gelem, kladly při zatížení větší odpor než „křehčí“ zmazovatělá amylosa v kontrolním pečivu 100SOG. Lineární řetězce amylosy však vykazují levotočivé rigidní dvoušroubovice. Amylopektin je vysoce organizovaný biopolymer, v němž se střídají krystalické lamely a amorfní oblasti; druhý charakter je typický pro větvení glukosových řetězců. Voda je v amylopektinu vázána pevněji, protože lamely vystavěné z lineárních úseků jsou díky větvení udržovány ve stabilních vzdálenostech. Na druhou stranu, tato skutečnost přináší negativní efekt – zesílení lepivosti střídy. Na základě popsaného se trend hodnot penetrace po 48 h od upečení změnil na konkávní s nejměkčí střídou pro vzorky pečiva s nejvyššími měrnými objemy (20TON, 40TON, 60TON).

Inovativní přepočet penetrace střídy na stlačitelnost přináší jednoznačné potvrzení změkčení střídy pšeničného pečiva s rostoucím podílem mouky TON. Stlačitelnost by měla lépe postihnout senzorickou žvýkatelnost. V den upečení a po 48h skladování se bulky ze 100SONG a směsí 20TON – 40TON v tomto parametru statisticky nelišily – průměry trojic jsou 45 % a 35 %. Pečivo ze směsi 60TON si tři dny zachovalo stejnou, přibližně 50% stlačitelnost jako po upečení a zchladnutí (výška výkrojů se totiž prakticky nezměnila). Díky výšce výkrojů vyšších než 20 mm byly vzorky pečiva 80TON a 100TON průkazně nejměkčí v den D-0; po 48 h se však výše diskutované smrštění projevilo poklesem stlačitelnosti řádově o 15 resp. 24 % (Tab. II).

Průzkum dat metodou hlavních komponent

Transformace primárních kvalitativních dat do prostoru hlavních komponent umožnila v prvním kroku vizualizaci známých vztahů analytických parametrů mouky a fyzikálně-mechanických parametrů pečiva (Obr. 3a). Tradiční PCA grafy faktorových zátěží proměnných a faktorových skóre případů byly inovovány vložením soustředných kružnic. V prvním případě se jedná o vnitřní kružnice se rozptylem dat vysvětlených součtem PC1 + PC2 z 50 % a 75 %, ve druhém o „euklidovské vrstevnice statistické podobnosti 100 – 0 %“, vycentrované nad kontrolní vzorek 100SONG (mouka z pšenice indické kulatozrnné a z ní laboratorně připravené pečivo).

Celkově je 19 zahrnutých proměnných podle předpokladu rozděleno na oblasti korespondující:



Obrázek 3 Metoda hlavních komponent (PCA) – porovnání technologické kvality směsí pšeničných mouk s rostoucím podílem waxy pšeničné a z nich laboratorně připraveného pečiva. a) graf faktorových zátěží proměnných, b) graf faktorových skóre případů (vzorků): 100SONG, 100TON, 20–80: podíly waxy pšeničné mouky TON
Pozn.: Doplňkové dendrogramy kvantifikují statistickou podobnost 6 párů testovaných vzorků 100 – 0 % odděleně podle první, resp. druhé hlavní komponenty (PC1, PC2; rozklad vysvětlené variability dat součtem PC1 + PC2 na 57 a 20 %)

Zpět na seznam příspěvků

① s obsahem vody a vazností (v grafu směr „východojihovýchod“),
② s obsahem a kvalitou bílkovin („západoseverozápad“),
③ s amylolytickou aktivitou („západojihozápad“),
④ se znaky pečiva (zejména hlavními parametry objem a měrný objem, pozice „severovýchod“).

V souhrnu jsou výsledky pekařského pokusu jako přímé a komplexní zkoušky pekařské jakosti testovaných materiálů závislé na všech těchto faktorech – v Obr. 3a jsou proto hlavní znaky pečiva tvar v/d, objem a měrný objem mezi shluky ① – ② a v opozici ke shluku ③ (v grafu právě směr „severovýchod“). Tři sledované hmotnosti (těsta, pečiva, výkroje střídy) jsou závislé na schopnosti biopolymerů absorbovat vodu, k čemuž kromě lepkových bílkovin přispívají poškozený škrob + vláknina v těstě a zmazovatělé polysacharidy v pečivu (proto se nachází naproti shluku ② a současně v záporné polorovině osy PC2 se shlukem ③). Kromě tradičního spojení penetrace střídy s obsahem a kvalitou bílkovin (②) byla v této studii kvůli fortifikaci waxy moukou současně propojena také s aktivitou amyláz (③). Rozdíl zachycený pro penetraci a stlačitelnost střídy spočívá v tom, že penetrace je spojena s okamžitou tuhostí vzorku střídy, zatímco stlačitelnost současně odráží stabilitu struktury střídy a obsah vlhkosti. V souhrnu je obtížné osy PC1 a PC2 identifikovat pomocí jednoho konkrétního jakostního znaku či obecně pojmenovat; rozhodující se zdá ona interakce PC1 × PC2 „severovýchod“; ta je jednoznačně spojena s cílovým kynutým produktem a jeho měrným objemem (který primárně výrobek „prodává“).

V Obr. 3b je toto rozdělení proměnných jasně promítnuto do rozložení 6 testovaných vzorků s výše popsanými změnami v technologické – pekařské kvalitě. Bez diskuzí je rozložení vzorků podřízeno měrnému objemu pečiva – zobrazené „schody“ v principu odpovídají konkávnímu průběhu hodnot měrných objemů v Obr. 2e. Je takto potvrzeno, že nejvyšší praktický potenciál mají směsi 20TON a 40TON – dosáhly nejvyšších měrných objemů, a přitom si zachovaly kvalitu při 48 h skladování. Autoři článku[11] potvrdili velmi podobné vlastnosti pšeničného pečiva při obohacení waxy mokou v rozmezí 7 – 22 % (testováno 0 – 35 %); tyto vzorky pečiva shodně vykázaly vyšší měkkost a čerstvost. Pro nejsilnější zpomalení stárnutí pečiva doporučili směs 85:15.

Závěr

Kombinace starobylé indické kulatozrnné pšenice SONG a moderního waxy typu TON v poměrech 80:20 a 60:40 představuje technologickou synergii, která využívá nadstandardní pekařskou sílu bílkovin historického materiálu (Zelenyho test 53 ml) k eliminaci strukturální slabosti a vysoké amylolytické aktivity waxy složky (Zelenyho test 25 ml, číslo poklesu 62 s). Vzniká tak produkt se zvýšeným měrným objemem, unikátní nutriční hodnotou a příznivější dynamikou stárnutí střídy. Analýza hlavních komponent jasně oddělila technologické profily obou pšenic; zatímco SONG dominuje v parametrech lepkové elasticity a stability škrobu**,** pšenice TON přináší benefit v podobě vyšší hydratace a vláčnosti střídy v průběhu skladování.

Poděkování

Tento výstup vznikl v rámci Programu na podporu aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství ČR „ZEMĚ II“ číslo MZe RO2024 s názvem „Dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace Výzkumné centrum SELTON, s.r.o.“.

Literatura

1. Paquet N., Bernadet M., Morin H., et al., *J. Exp. Bot.*, 2005, 56, 1605-1614. Dostupné z: https://doi.org/10.1093/jxb/eri155.
2. Mori N., Ohta S., Chiba H., et al., *Genet. Resour. Crop Evol.*, 2013, 60, 1771-1775. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/s10722-013-9994-z.
3. Adhikari S., Kumari J., Bhardwaj R., et al. *PeerJ*, 2023, 11, e15334. Dostupné z: https://doi.org/10.7717/peerj.15334

4. Fredriksson H., Silverio J., Andersson R., et al., *Carbohydr. Polym.*, 1998, 35, 119-134. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/S0144-8617(97)00247-6.
5. Seung D. (2020), *New Phytol.*, 228, 1490-1504. Dostupné z: https://doi.org/10.1111/nph.16858.
6. Seibel W., Pfeilsticker K., Schrader B., *Getreide Mehl Brot*, 1987, 39, 174-178.
7. Sedláček T., Horčička P., *Cz. J. Genet. Plant Breed.*, 2011, 47, 123-127. Dostupné z: https://doi.org/10.17221/47/2011-CJGPB.
8. Sedláček T., Švec I., *Croat. J. Food Sci. Technol.*, 2023, 15, 163-172. Dostupné z: https://doi.org/10.17508/CJFST.2023.15.2.04.
9. Dizlek H., Özer M.S., *J. Cer. Sci.*, 2017, 77, 90-96. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.08.003.10.
10. Hrušková M., Švec I., Jurinová I., *Food Nutri. Sci.*, 2012, 3, 1484-1490. Dostupné z: http://dx.doi.org/10.4236/fns.2012.311193.
11. Qin P., Ma Ch.-X., Wa R.-L., et al., *Agric. Sci. China*, 2009, 8, 401-409. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/S1671-2927(08)60225-4.
12. Bartovská L., Šišková M., Co je co v povrchové a koloidní chemii – výkladový slovník. Výukový materiál VŠCHT Praha, 2005., [online], [cit. 21. března 2026]. Dostupné z: https://e-learning.vscht.cz/knihy/uid_es-001/ebook.autori.htm, heslo „Einsteinova rovnice pro viskozitu“
13. Švec I., Sluková M., Smrčková P., Jurkaninová L., *Cereal Technol.*, 2021, 75, 176-184.

KRÁLIČÍ MASO JAKO PERSPEKTIVNÍ ZÁKLADNÍ SUROVINA A POTRAVINA V ÉŘE UDRŽITELNOSTI

Zita L. (1), Volek Z. (2)

(1) Katedra chovu hospodářských zvířat, ČZU v Praze, CZ
(2) Oddělení fyziologie výživy a jakosti produkce, VÚŽV v Praze, CZ

Králičí maso je vysoce kvalitní, nutričně hodnotná potravina, která díky mimořádné produkční efektivitě a nízké ekologické stopě získává význam v kontextu potravinové bezpečnosti a udržitelnosti. Králík je ideální jatečné zvíře díky krátkému životnímu cyklu, vysoké plodnosti a schopnosti přeměnit až 20 % přijatých bílkovin na svalovinu, což je srovnatelné s drůbeží a výrazně efektivnější než u skotu či prasat. Výhodou je i schopnost využívat vlákninou bohatá krmiva a vedlejší produkty agro potravinářského sektoru, takže nekonkuruje lidem o zdroje obilovin. Králičí maso obsahuje 17 – 26 % kvalitních bílkovin s vyváženým spektrem esenciálních aminokyselin, má nízký obsah tuku, cholesterolu a sodíku, příznivý poměr n-6 / n-3 mastných kyselin a je bohatým zdrojem vitaminu B_{12}, fosforu, draslíku a selenu. Díky vysokému podílu PUFA a přítomnosti bioaktivních peptidů s ACE-inhibičními účinky se řadí mezi funkční potraviny, které mohou přispívat k prevenci kardiovaskulárních onemocnění, hypertenze a metabolického syndromu, a jsou vhodné pro děti, seniory i další rizikové skupiny. Přesto spotřeba v mnoha zemích stagnuje či klesá, a to zejména kvůli vyšší ceně oproti drůbežímu masu, specifickému aromatu a etickým bariérám vyplývajícím z vnímání králíka jako domácího mazlíčka. Další překážkou je častý prodej celých jatečných těl, který neodpovídá požadavkům na rychlou a pohodlnou přípravu jídel. Budoucí stabilitu trhu může podpořit vývoj moderních convenience produktů, jež usnadňují přípravu a maskují specifickou chuť masa, stejně jako úprava kvality prostřednictvím krmiva, důraz na welfare, transparentní značení původu a cílená komunikace nutričních benefitů.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení projektu NAZV MZe ČR (QL 240 101 36).

Rabbit meat as a prospective fundamental raw material and food source in the era of sustainability

Rabbit meat is a high-quality, nutritionally valuable food that, thanks to its exceptional production efficiency and low environmental footprint, is gaining importance in the context of food security and sustainability. The rabbit is considered an ideal slaughter animal due to its short life cycle, high fertility, and ability to convert up to 20 % of ingested protein into muscle, which is comparable to poultry and significantly more efficient than in cattle or pigs. Another advantage is its ability to utilize high-fiber feed and agro-food industry by-products, meaning it does not compete with humans for cereal resources. Rabbit meat contains 17–26 % high-quality protein with a balanced profile of essential amino acids; has low levels of fat, cholesterol, and sodium; a favorable n-6/n-3 fatty acid ratio; and is a rich source of vitamin B_{12}, phosphorus, potassium, and selenium. Due to its high PUFA content and the presence of bioactive peptides with ACE inhibitory effects, it is considered a functional food that may help prevent cardiovascular diseases, hypertension, and metabolic syndrome and is suitable for children, seniors, and other at risk groups. Despite these benefits, consumption in many countries is stagnating or declining, mainly due to higher prices compared to poultry, its distinctive aroma, and ethical concerns stemming from the perception of rabbits as pets rather than livestock. Another barrier is the frequent sale of whole carcasses, which does not meet modern expectations for quick and convenient meal preparation. The market's future stability may be supported by the development of modern convenience products that simplify preparation and mask the specific taste of rabbit meat, as well as by improving meat quality through feeding strategies, emphasizing animal welfare, ensuring transparent origin labeling, and communicating nutritional benefits effectively.

Acknowledgment: The present study was financially supported by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic, QL 240 101 36.

profood
JEMO TRADING

TESTOVACÍ SOUPRAVY PRO ANALÝZU POTRAVIN A KRMIV



www.profood.sk
www.jemotrading.cz

PHYSIOCHEMICAL PROPERTIES OF CHICKEN MEAT FROM DIFFERENT PRODUCTION SYSTEMS (FREE RANGE, ORGANIC AND CONVENTIONAL)

Abdullah F.A.A., Bursová Š.

Department of Food Hygiene and Technology of Animal Origin and Gastronomy, VETUNI Brno, CZ

Introduction

Chicken meat consumption has increased worldwide due to its favourable nutritional composition, high protein content, relatively low fat level, short production period, and versatility in food preparation (Marangoni *et al.*, 2015; Petracci *et al.*, 2013). In addition to conventional production, consumer interest in organic and free-range chicken products has increased, mainly because of concerns regarding animal welfare, environmental sustainability, and perceived improvements in meat quality (Castellini *et al.*, 2008; Fanatico *et al.*, 2008). Although free-range farm products may not have official organic certification, some producers apply practices similar to organic systems, including outdoor access, lower stocking density, improved animal welfare conditions, and restrictions on the use of genetically modified feed and synthetic additives (Sundrum, 2001; Castellini *et al.*, 2002).

However, the quality characteristics of free-range chicken meat compared with certified organic and conventional systems remain unclear. Therefore, this study focused on the evaluation of selected physical and chemical properties of chicken meat from free-range, organic, and conventional production systems.

Material and methods

Sample description

A total of 15 chicken carcasses were analysed, comprising five carcasses from each production system. The free-range chicken carcasses were obtained from Farma rodiny Němcovy, Czech Republic, and were classified as quality grade A and supplied as vacuum-packed products. Five organic chicken carcasses were obtained from Biopark s.r.o., Lipová, Czech Republic, complying with the requirements of Commission Regulation (EC) No. 889/2008. The conventional chicken carcasses were provided by Vodňanská drůbež a.s., Vodňany, Czech Republic, and fulfilled food safety and quality requirements according to Regulations (EC) No. 852/2004 and 853/2004. This experimental design allowed the comparison of selected physical and chemical quality characteristics of chicken meat from free-range, organic, and conventional production systems.

Sample analysis

Chicken carcasses were separated into individual anatomical portions, namely breast, thigh, and wing. These portions were subsequently used for the determination of selected physicochemical properties. Texture characteristics of the breast and thigh muscles were evaluated using a Warner–Bratzler shear test performed on an Instron Universal Testing Machine (Model 5544, United Kingdom). Colour attributes of raw skin and muscle surfaces (L*, lightness; a*, redness; b*, yellowness) were assessed for breast, thigh, and wing samples using the CIE L*a*b* system with a Konica Minolta CM-5 spectrophotometer.

Moisture content was determined gravimetrically in accordance with Czech National Standard ČSN ISO 1442:1997 by drying samples in a Binder FD 53 drying oven (Germany). Total protein content (ČSN ISO 937:1978) was quantified as organically bound nitrogen using a Kjeltec 2300 analyzer (FOSS Tecator, Höganäs, Sweden). Collagen content was estimated based on hydroxyproline concentration, which was determined spectrophotometrically using a Thermo Electron Corporation instrument (USA). Total fat content (ČSN ISO 1443:1973) was measured

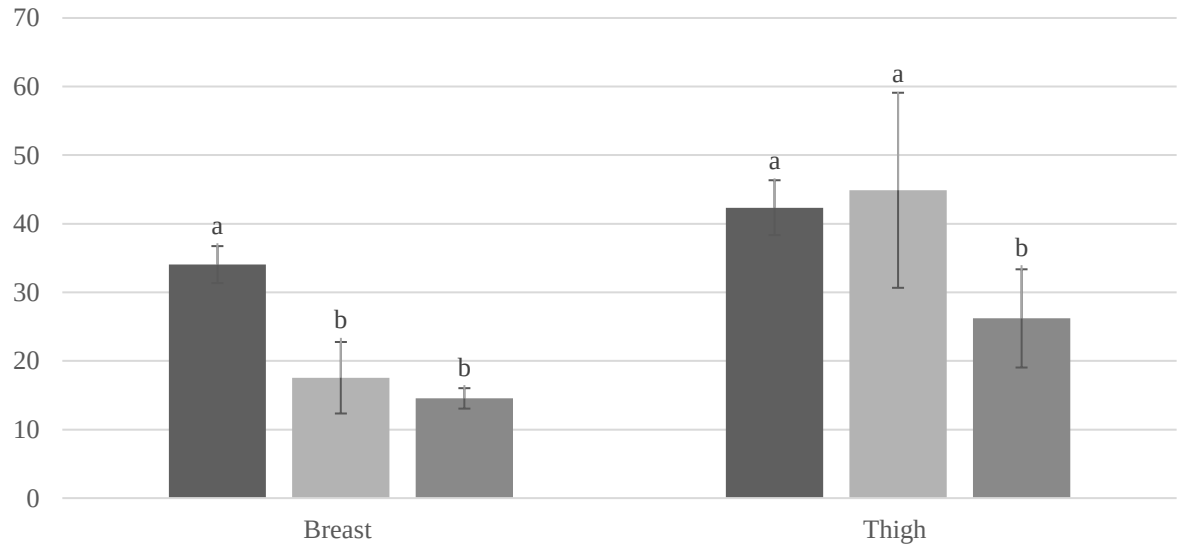
by solvent extraction using a Soxtec 2055 system (FOSS Tecator, Höganäs, Sweden). Ash content was determined gravimetrically (ČSN ISO 936:1978) following sample incineration in a muffle furnace (Elektro LM 212.11, Germany).

Statistical analysis

Results were evaluated (mean ± SD) in the program Microsoft Office Excel 2007. Statistically significant differences of parameters were performed at levels of $\alpha = 0.05$ ($P < 0.05$) using one-way ANOVA followed by Tukey's post hoc test in IBM SPSS Statistics.

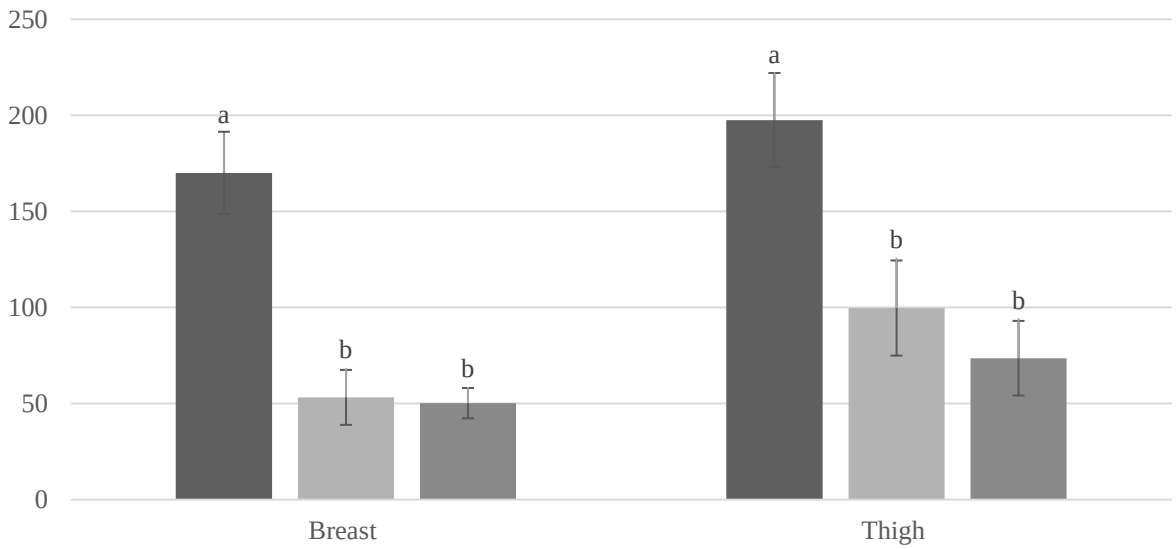
Results and discussion

Free-range chickens showed the toughest breast meat, while organic chickens had the toughest thigh meat. Conventional chickens had the most tender meat (graphs 1 and 2). Meat texture is primarily influenced by genotype and age. Higher activity levels in free-range and organic birds may increase shear force and reduce tenderness (Castellini *et al.*, 2002). In addition, slower-growing broilers are more physiologically mature at slaughter and typically contain higher amounts of collagen, contributing to firmer meat texture (Fletcher, 2002). Other factors, including diet, pre- and post-slaughter handling, and chilling conditions, can also affect meat texture; therefore, the observed differences cannot be attributed solely to the production system (Husak *et al.*, 2008).



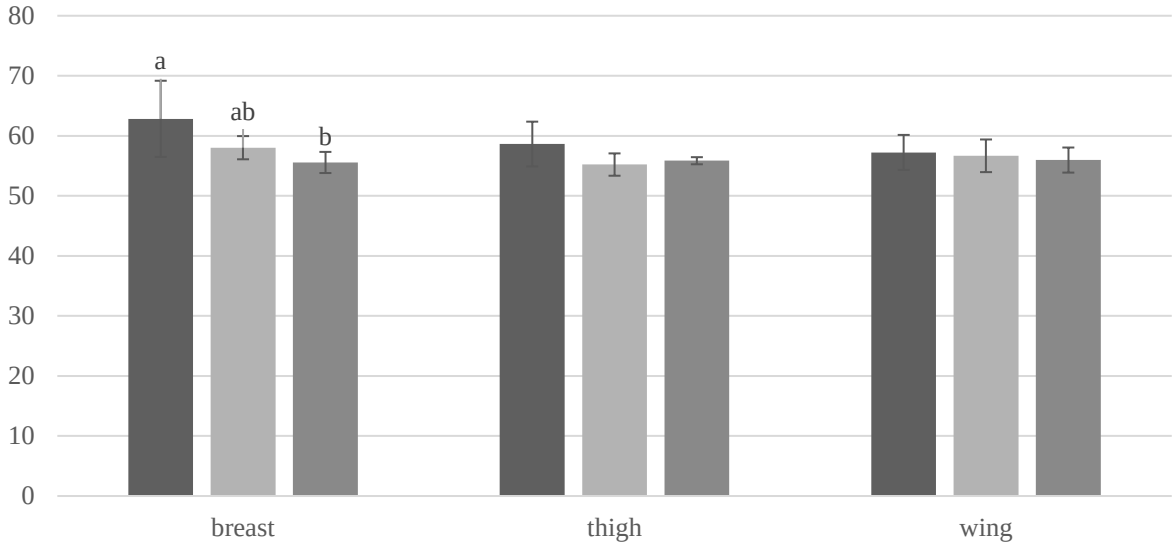
Graph 1 Shear force (N); ■ Free range, ■ Organic and ■ Conventional; Data series with small letters are significantly different ($P < 0.05$) among the evaluated groups

Zpět na seznam příspěvků



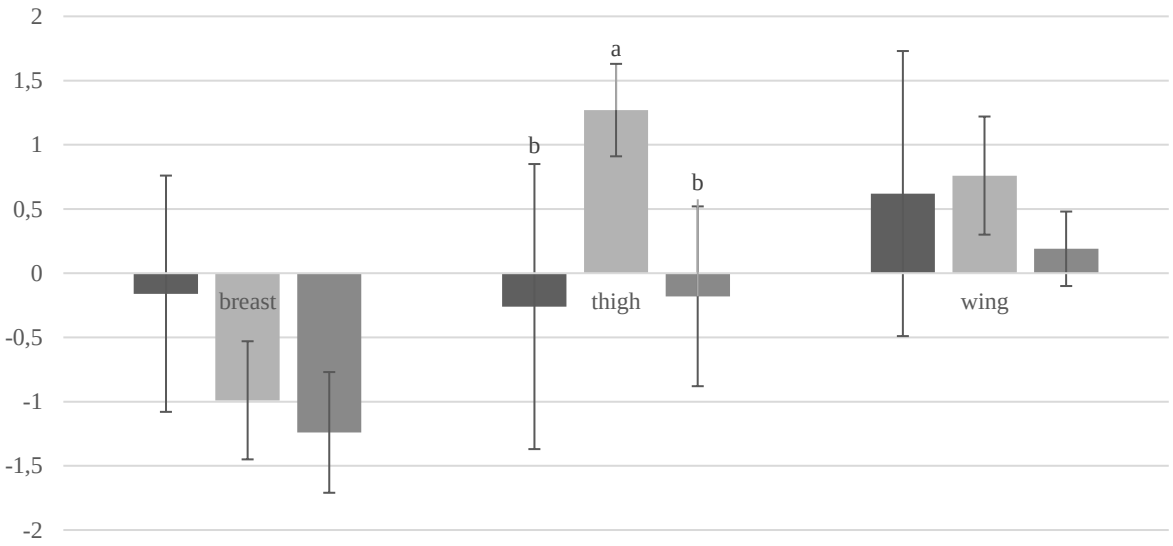
Graph 2 Thoughness; ■ Free range, ■ Organic and ■ Conventional; Data series with small letters are significantly different (P < 0.05) among the evaluated groups

Conventional chickens had the darkest breast muscle, while organic chickens showed the reddest thigh muscle (graphs 3-5). Meat colour is an important quality attribute evaluated by consumers. Differences in muscle colour may be related to growth rate and age, as slower-growing and older birds generally have higher myoglobin content, resulting in darker and redder meat (Berri *et al*., 2001; Gordon and Charles, 2002).

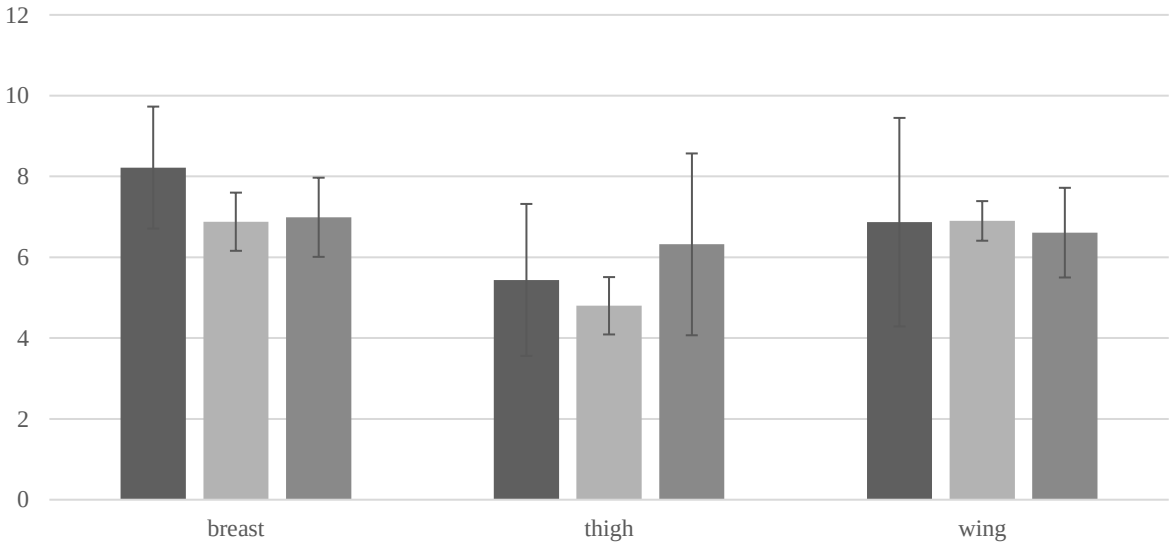


Graph 3 L* parameter; ■ Free range, ■ Organic and ■ Conventional; Data series with small letters are significantly different (P < 0.05) among the evaluated groups

Zpět na seznam příspěvků

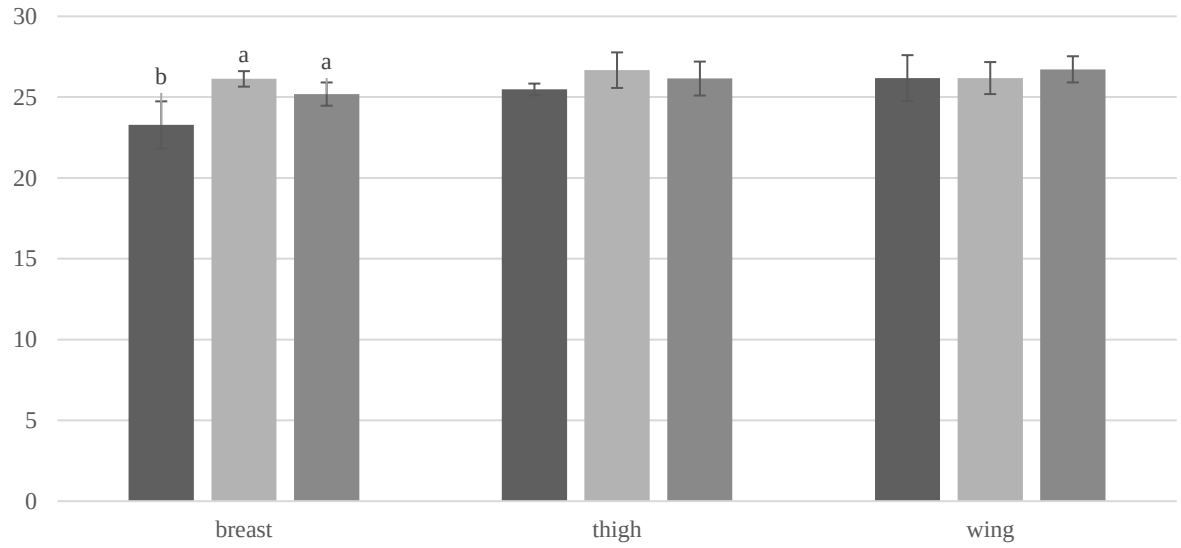


Graph 4 a* parameter; ■ Free range, ■ Organic and ■ Conventional; Data series with small letters are significantly different (P < 0.05) among the evaluated groups

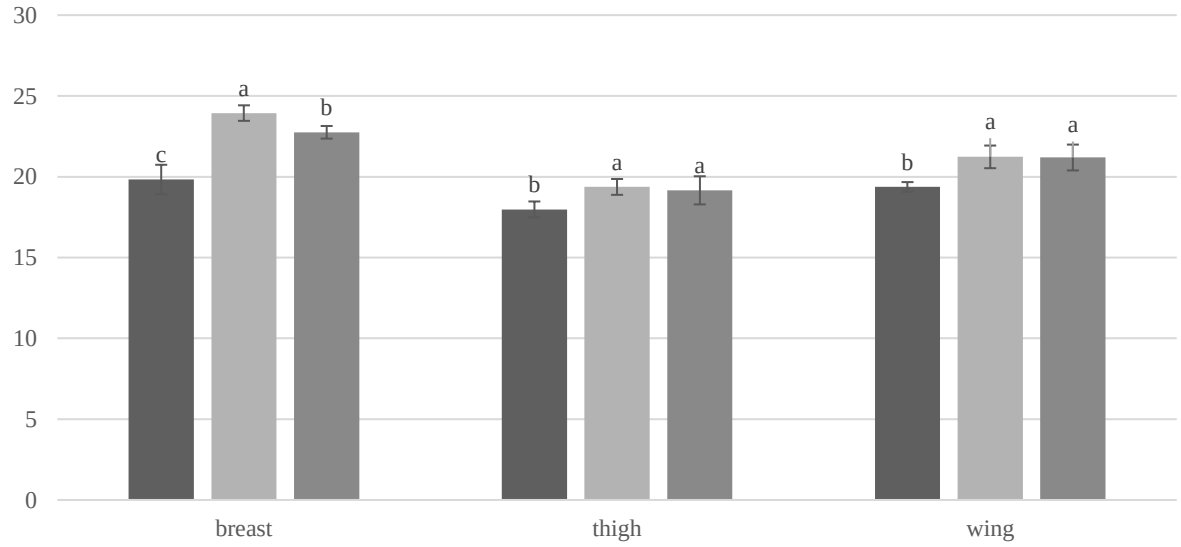


Graph 5 b* parameter; ■ Free range, ■ Organic and ■ Conventional; Data series with small letters are significantly different (P < 0.05) among the evaluated groups

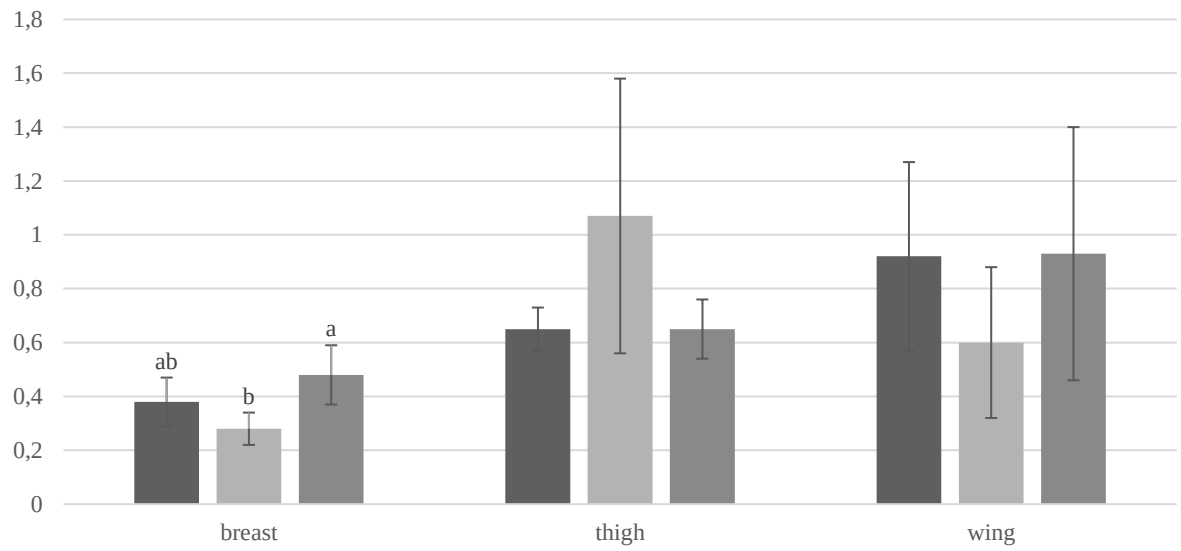
Free-range chickens showed the lowest dry matter and protein content, particularly in breast muscle, while organic chickens had the highest protein levels. Higher protein content in organic birds may be associated with greater activity and slower growth, which promotes muscle development over fat deposition (Fanatico *et al.*, 2009; Castellini *et al.*, 2002). Breast collagen content was highest in conventional chickens and lowest in organic chickens. Free-range chickens had the highest fat content in breast and wing muscles. No significant differences were found in ash content, although the lowest values were recorded in free-range chickens (graphs 6-10). Chemical composition was influenced by genotype, age, physical activity, and feeding conditions (Abdullah and Buchtová 2016; Abdullah and Buchtová 2017).



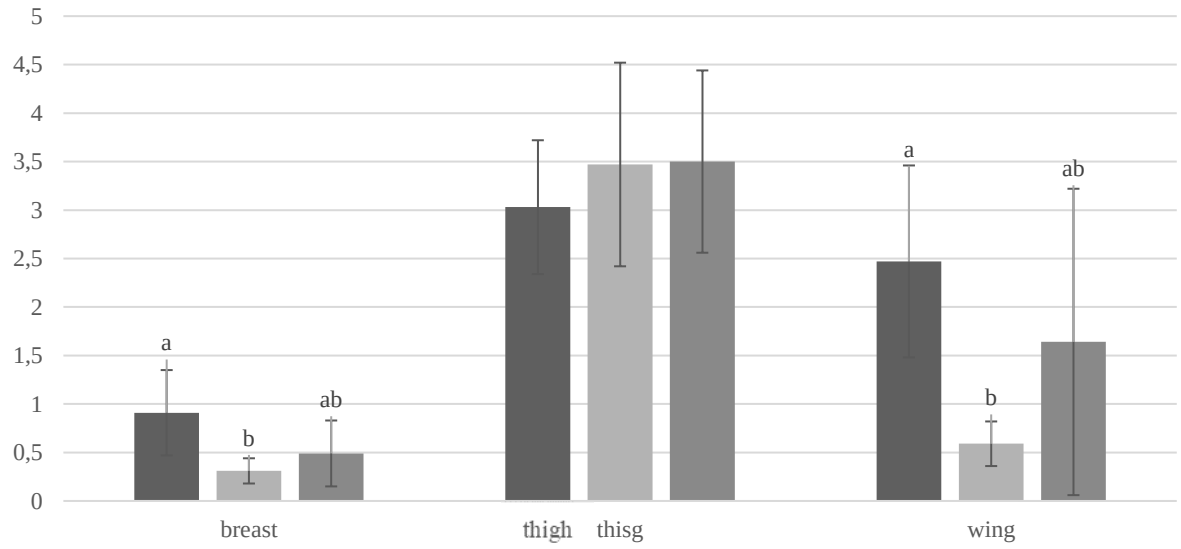
Graph 6 Dry matter in %; ■ Free range, ■ Organic and ■ Conventional; Data series with small letters are significantly different (P < 0.05) among the evaluated groups



Graph 7 Protein in %; ■ Free range, ■ Organic and ■ Conventional; Data series with small letters are significantly different (P < 0.05) among the evaluated groups

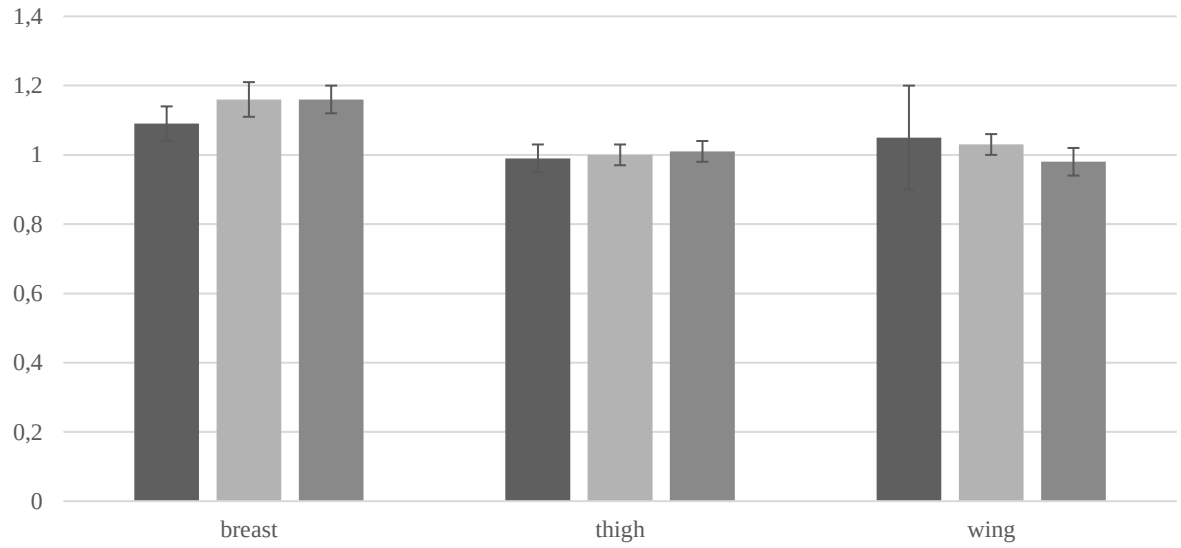


Graph 8 Collagen in %; ■ Free range, ■ Organic and ■ Conventional; Data series with small letters are significantly different (P < 0.05) among the evaluated groups



Graph 9 Fat in %; ■ Free range, ■ Organic and ■ Conventional; Data series with small letters are significantly different (P < 0.05) among the evaluated groups

Zpět na seznam příspěvků



Graph 10 Ash in %; ■ Free range, ■ Organic and ■ Conventional; Data series with small letters are significantly different ($P < 0.05$) among the evaluated groups

Conclusion

The study compared chicken meat from organic, free-range, and conventional production systems. Although free-range farms attempt to mimic organic rearing conditions through outdoor access, longer fattening periods, and reduced use of additives, the quality characteristics of free-range chicken meat were generally more similar to conventional meat. Organic chickens showed higher protein content and lower fat levels, indicating superior nutritional quality. The results demonstrate that production system significantly influences the physical and chemical properties of chicken meat.

Acknowledgement

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

References

1. Abdullah F. A. A., Buchtová H. Comparison of qualitative and quantitative properties of the wings, necks and offal of chicken broilers from organic and conventional production systems. Vet. Med, 2016, 61, 643–651.
2. Abdullah, F. A. A., Buchtová, H. Quantity and quality properties of breast and thigh of chicken broilers from organic and conventional production systems. J. Food Saf. Food Qual., 2017, 68, 53-80.
3. Berri C., Wacrenier N., Millet N., Le Bihan-Duval E. Effect of selection for improved body composition on muscle and meat characteristics of broilersfrom experimental and commercial lines. Poult. Sci., 2001, 80, 833-838.
4. Castellini C., Berri C., Le Bihan-Duval E., Martino G. Qualitative attributes and consumer perception of organic and free-range poultry meat. Worlds Poult. Sci. J., 2008, 64, 500–512.
5. Castellini C., Mugnai C., Dal Bosco A. Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. Meat Sci., 2002, 60, 219-225.
6. Commission Regulation (EC) No 889/2008 of 5 September 2008 laying down detailed rules for the implementation of Council Regulation (EC) No 834/2007 on organic production and labelling of organic products with regard to organic production, labelling and control. O.J. EU, L 250, 18 September 2008, pp. 1–84.
7. Fanatico A. C., Owens C. M., Emmert J. L. Organic poultry production in the United States: Broilers1. J. Appl. Poult. Res., 2009, 18, 355-366.
8. Fanatico A. C., Pillai P. B., Hester P. Y., Falcone C., Mench J. A., Owens C. M., Emmert J. L. Performance, livability, and carcass yield of slow- and fast-growing chicken genotypes fed low-nutrient or standard diets and raised indoors or with outdoor access. Poult. Sci. 2008, 87, 1012–1021.
9. Fletcher D. L. Poultry meat quality. Worlds Poult Sci J 2002, 58, 131–145.
10. Gordon S. H., Charles D. R. Niche and Organic Chicken Products. Nottingham University Press, Nottingham, UK 2002.

11. Husak R. L., Sebranek J. G., Bregendahl K. A survey of commercially available broilers marketed as organic, freerange, and conventional broilers for cooked meat yields, meat composition, and relative value. Poult Sci., 2008, 87, 2367–2376.
12. Marangoni F., Corsello G., Cricelli C., Ferrara N., Ghiselli A., Lucchin L., Poli A. Role of poultry meat in a balanced diet aimed at maintaining health and wellbeing: An Italian consensus document. Food Nutr. Res., 2015, 59, 27606.
13. Petracci M., Bianchi M., Mudalal S., Cavani C. Functional ingredients for poultry meat products. Trends Food Sci. Technol., 2013, 33, 27–39.
14. Regulation (EC) No 852/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the hygiene of foodstuffs. O.J. EU, L 139, 30 April 2004, pp. 1–54.
15. Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 laying down specific hygiene rules for food of animal origin. O.J. EU, L 139, 30 April 2004, pp. 55–205.
16. Sundrum A. Organic livestock farming: A critical review. Livest. Prod. Sci., 2001, 67, 207–215.

STANOVENÍ OBSAHU VAJEC V MAJONÉZÁCH A TATARSKÝCH OMÁČKÁCH NA ZÁKLADĚ OBSAHU CHOLESTEROLU A FOSFORU

Kružík V., Kropáčková V., Škorpilová T., Čížková H.

Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha, CZ

Úvod

Majonézy a tatarské omáčky patří mezi nejvýznamnější emulgované potraviny vyráběné na bázi rostlinného oleje, slepičího vaječného žloutku, octa nebo jiných okyselujících látek a dalších chuťových přísad. Vaječný žloutek představuje z technologického hlediska jednu z nejdůležitějších surovin, neboť obsahuje fosfolipidy, především lecitin, které zajišťují vznik a stabilitu emulze typu olej ve vodě. Vzhledem k tomu, že vaječné žloutky patří mezi ekonomicky významné suroviny, může být jejich skutečný obsah ve finálních výrobcích předmětem kontroly ze strany výrobců i dozorových orgánů. Česká legislativa (vyhláška č. 69/2016 Sb.) stanovuje pro majonézy minimální obsah žloutků ve výši 2 hm. %, přičemž vyšší obsah bývá výrobcem často uváděn jako známka vyšší kvality výrobku. Ověření pravdivosti těchto údajů však není jednoduché.

Mezi nejčastěji používané markery vaječné složky patří cholesterol a fosfor. Cholesterol je charakteristickou složkou živočišných tkání a ve vaječném žloutku se vyskytuje v relativně vysokých koncentracích. Naproti tomu běžně používané rostlinné oleje cholesterol neobsahují nebo jej obsahují pouze ve stopových množstvích, a proto je tento sterol považován za vhodný indikátor přítomnosti vaječné složky. Fosfor je ve vaječném žloutku zastoupen zejména ve formě fosfolipidů, avšak vyskytuje se také v dalších sloučeninách obsahujících fosfor. Stanovení celkového obsahu fosforu proto představuje další možnost odhadu množství použitého žloutku ve výrobcích. Oba parametry jsou již řadu let využívány při laboratorním hodnocení majonéz, přesto však jejich interpretace není zcela jednoduchá. Variabilita obou parametrů je uvedena v Tabulce I.

Cílem této práce bylo ověřit obsah cholesterolu a fosforu v čerstvých a průmyslově sušených vaječných žloutcích a porovnat získané výsledky s literárními údaji běžně využívanými jako referenční hodnoty. Současně byla hodnocena využitelnost obou parametrů pro odhad obsahu vajec v komerčních majonézách a tatarských omáčkách a diskutovány jejich výhody i omezení při hodnocení těchto výrobků. Pro správnou interpretaci výsledků byly hodnoty posuzovány s ohledem na rozdíly mezi čerstvými a sušenými žloutky a na způsob vyjadřování analytických výsledků.

Tabulka I Běžně uváděné koncentrace cholesterolu a fosforu v čerstvém vaječném žloutku

Cholesterol (mg/kg)	Fosfor (mg/kg)	Zdroj
8 400 – 13 100	5 000 – 5 900	Velíšek, Hajšlová (2009)
8 400 – 19 700	5 300	Míková (2000)
10 900	4 430	USDA (2020)
12 810	5 340	Nutridatabaze (2025)
10 700 – 17 000	5 680 – 6 070	Souci, Fachmann, Kraut (2024)

Experimentální část

Materiál

Pro experimentální ověření vhodnosti cholesterolu a fosforu jako markerů vaječné složky bylo analyzováno celkem 24 vzorků rozdělených do tří skupin. První skupinu tvořilo osm vzorků

čerstvých vaječných žloutků (Z1 - Z8), které byly získány z čerstvých slepičích vajec z volného chovu pocházejících od různých českých producentů. Vzorky byly připraveny bezprostředně po oddělení žloutků od bílků a homogenizovány před vlastní analýzou.

Druhou skupinu představovalo osm vzorků průmyslově vyráběných sušených vaječných žloutků (SZ1 - SZ8), pocházejících od rakouského výrobce. Jednalo se o komerčně dostupné výrobky vyráběné z vajec z klecového chovu, běžně používané jako surovina při výrobě emulgovaných potravinářských výrobků. Sušené žloutky byly analyzovány v původním stavu a výsledky byly následně přepočítány na obsah odpovídající čerstvému žloutku na základě stanoveného obsahu sušiny vzorků.

Třetí skupinu tvořilo osm komerčních emulgovaných výrobků dostupných na českém trhu, z toho pět majonéz (M1 - M5) a tři tatarské omáčky (T1 - T3). Výrobky byly vybrány tak, aby reprezentovaly různé výrobce a receptury. U všech vzorků byl z etikety zaznamenán výrobcem deklarovaný obsah vaječných žloutků, který byl následně porovnán s hodnotami vypočtenými na základě analyticky stanoveného obsahu cholesterolu a fosforu.

Metody

Obsah cholesterolu ve všech analyzovaných vzorcích byl stanoven metodou plynové chromatografie s plamenově-ionizačním detektorem (GC/FID). Získané koncentrace byly vyjádřeny v mg/kg analyzovaného vzorku a následně použity pro výpočet předpokládaného obsahu vaječných žloutků.

Obsah fosforu byl stanoven spektrofotometrickou metodou po mineralizaci vzorků. Stanovený celkový obsah fosforu byl rovněž vyjádřen v mg/kg a následně využit jako druhý nezávislý marker pro odhad množství vaječné složky ve sledovaných výrobcích. Je však třeba zohlednit, že fosfor může pocházet i z jiných složek výrobku než pouze z vaječného žloutku.

Součástí hodnocení bylo také stanovení obsahu sušiny čerstvých a sušených žloutků (gravimetrické stanovení), které umožnilo přepočet výsledků získaných u sušených výrobků na hodnoty odpovídající čerstvému vaječnému žloutku.

Výsledky a diskuse

Charakteristika čerstvých vaječných žloutků

Prvním cílem studie bylo ověřit koncentrace cholesterolu a fosforu v čerstvých vaječných žloutcích. U analyzovaných vzorků byl zjištěn průměrný obsah cholesterolu 12411 ± 2212 mg/kg, zatímco průměrná koncentrace fosforu činila 5841 ± 539 mg/kg. Průměrný obsah sušiny byl 47,0 ± 2,1 %. Naměřené hodnoty vykazovaly určitou přirozenou variabilitu mezi jednotlivými vzorky, která je pro vejce typická a odpovídá rozdílům mezi jednotlivými producenty a šaržemi.

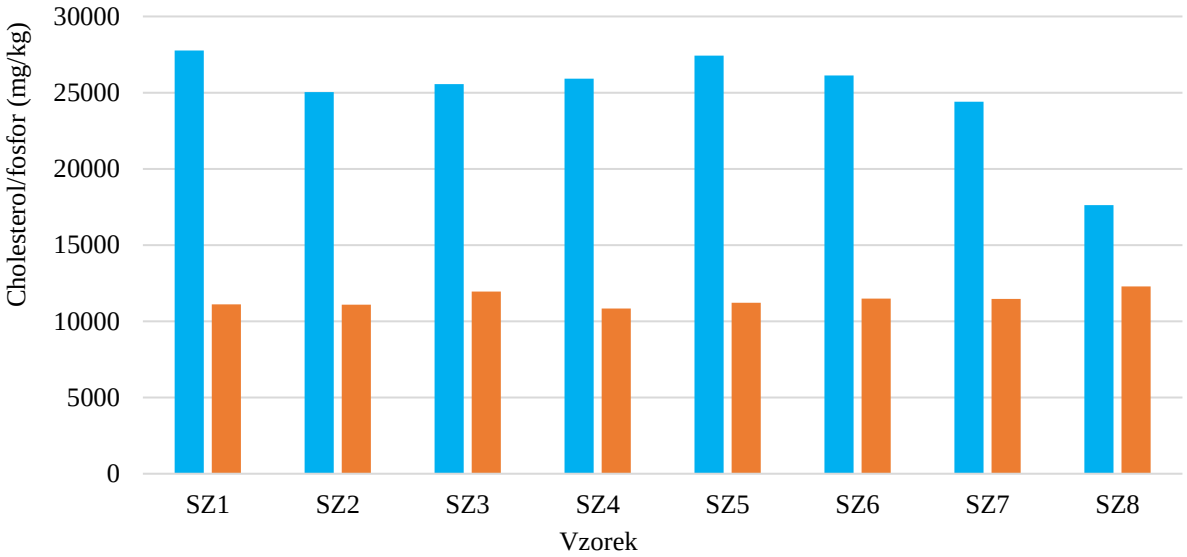
Literatura uvádí koncentrace cholesterolu přibližně v rozmezí 8400 – 19700 mg/kg a obsah fosforu se nejčastěji pohybuje mezi 5000 a 6070 mg/kg (viz Tabulka I). Experimentálně zjištěné hodnoty se nacházely uvnitř těchto intervalů a potvrzují, že analyzované vzorky představují běžné vaječné žloutky bez známek neobvyklého chemického složení.

Získané výsledky současně ukazují, že dosud často používaná referenční hodnota 10000 mg/kg cholesterolu, která je využívána při výpočtech obsahu vajec v emulgovaných výrobcích, je spíše konzervativní. Průměrná experimentální hodnota byla přibližně o čtvrtinu vyšší, což může vést k systematickému nadhodnocování obsahu vaječné složky při použití této referenční koncentrace. Naproti tomu experimentálně stanovený obsah fosforu byl velmi blízký běžně používané referenční hodnotě 5400 mg/kg, což potvrzuje její dobrou použitelnost pro výpočty, je však třeba zohlednit nižší specifičnost tohoto ukazatele ve srovnání s cholesterolem.

Charakteristika průmyslově sušených vaječných žloutků

Průměrný obsah cholesterolu v analyzovaných sušených žloutcích činil 24986 mg/kg, zatímco obsah fosforu byl 11434 mg/kg při průměrné sušině 97,6 %. Po přepočtu na čerstvý vaječný žloutek odpovídaly získané hodnoty přibližně 12030 mg/kg cholesterolu a 5500 mg/kg fosforu,

což velmi dobře souhlasí s výsledky získanými u čerstvých žloutků. Jednotlivé výsledky cholesterolu a fosforu pro vzorky SZ1 - SZ8 jsou uvedeny v Obrázku 1. Tato shoda potvrzuje, že proces průmyslového sušení neměl po přepočtu na srovnatelný obsah vody významný vliv na koncentrace sledovaných analytů. Současně výsledky naznačují, že rozdíly mezi jednotlivými komerčními výrobky jsou relativně malé, což svědčí o dobré standardizaci průmyslové výroby.



Obrázek 1 Variabilita cholesterolu (■) a fosforu (■) pro soubor sušených průmyslových žloutků

Hodnocení majonéz a tatarských omáček

U všech osmi analyzovaných výrobků byl stanoven obsah cholesterolu a fosforu a následně byl vypočten předpokládaný obsah vaječných žloutků (Tabulka II; Obrázek 2). Výsledky byly porovnány s deklarovaným obsahem žloutků uvedeným výrobcem na obalu. Obsah cholesterolu se pohyboval v rozmezí 243 – 658 mg/kg, zatímco koncentrace fosforu činila 168 – 466 mg/kg.

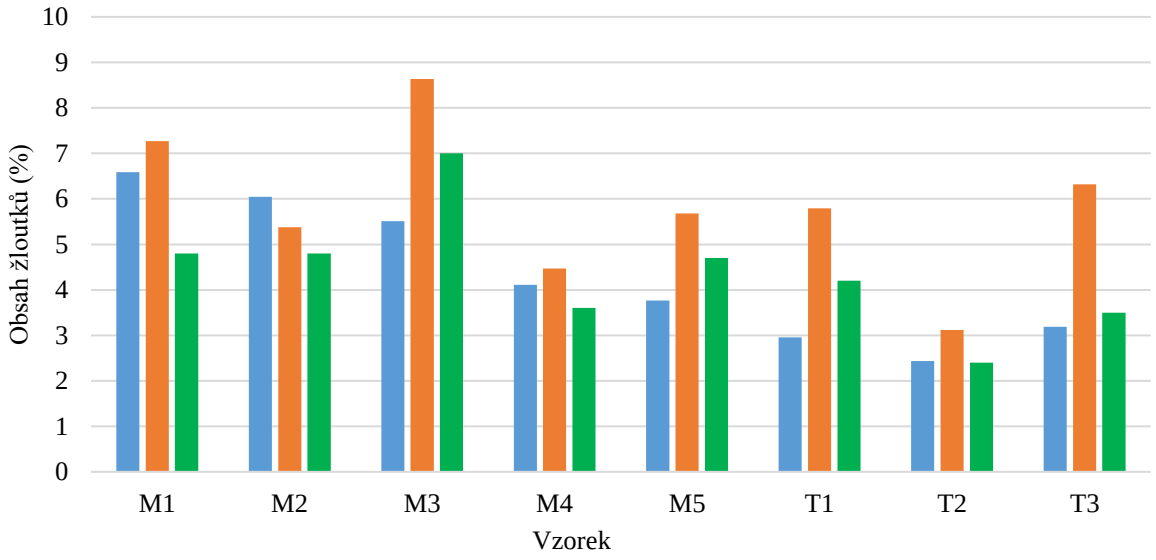
Tabulka II Stanovený obsah cholesterolu a fosforu pro vzorky majonéz a tatarských omáček včetně deklarovaného obsahu žloutků (%)

Vzorek	Cholesterol (mg/kg)	Fosfor (mg/kg)	Deklarace – obsah žloutků (%)
M1	658	392	4,8
M2	604	290	4,8
M3	551	466	7,0
M4	411	241	3,6
M5	376	306	4,7
T1	295	312	4,2
T2	243	168	2,4
T3	318	341	3,5

Odhad založený na obsahu cholesterolu poskytoval ve většině případů hodnoty blízké deklarovanému obsahu žloutků. U některých výrobků byly vypočtené hodnoty mírně vyšší, což

lze vysvětlit použitím nižší referenční koncentrace cholesterolu ve vaječném žloutku. Pokud by byla jako referenční hodnota použita experimentálně zjištěná koncentrace přibližně 12400 mg/kg, rozdíly mezi deklarovanými a vypočtenými hodnotami by se dále snížily. Výsledky tak potvrzují, že cholesterol představuje relativně specifický a vhodný marker pro odhad obsahu vaječného žloutku v emulgovaných výrobcích.

Odhad založený na obsahu fosforu vykazoval větší odchylky. U několika výrobků byl obsah žloutků vypočtený z koncentrace fosforu vyšší než výrobcem deklarovaný podíl žloutků. Tento výsledek potvrzuje, že fosfor není zcela specifickým markerem vaječné složky. K jeho celkovému obsahu mohou přispívat také další složky receptury, zejména přídatné látky obsahující fosforečnany nebo některé rostlinné suroviny. Samotný obsah fosforu proto nelze považovat za jednoznačný ukazatel množství použitého vaječného žloutku. Na druhou stranu může být fosfor vhodným doplňkovým ukazatelem, zejména v kombinaci se stanovením cholesterolu.



Obrázek 2 Vypočítaný obsah žloutků pro majonézy a tatarské omáčky v porovnání s (■) deklarovanými hodnotami (výpočet na základě obvykle používaných referenčních hodnot pro vaječné žloutky: (■) cholesterol 10000 mg/kg; (■) fosfor 5400 mg/kg)

Závěr

Cílem práce bylo ověřit využitelnost cholesterolu a fosforu jako analytických markerů pro stanovení obsahu vaječných žloutků v majonézách a tatarských omáčkách a současně posoudit vhodnost běžně používaných referenčních hodnot při hodnocení těchto výrobků. Výsledky analýzy čerstvých i průmyslově sušených vaječných žloutků prokázaly, že experimentálně stanovené koncentrace obou sledovaných parametrů odpovídají rozmezím uváděným v odborné literatuře.

Průměrný obsah cholesterolu v čerstvých vaječných žloutcích dosáhl hodnoty přibližně 12400 mg/kg, což je výrazně více než dosud často používaná referenční hodnota 10000 mg/kg. Získané výsledky proto naznačují, že tato referenční hodnota je spíše konzervativní a její používání může vést k systematickému nadhodnocování vypočteného obsahu vaječných žloutků v majonézách a dalších emulgovaných výrobcích. Naopak experimentálně stanovený obsah fosforu byl velmi blízký běžně používané referenční hodnotě 5400 mg/kg, což potvrzuje její dobrou použitelnost pro výpočet, je však nutné zohlednit nižší specifičnost tohoto ukazatele.

Výsledky dále ukázaly, že cholesterol představuje specifičtější ukazatel přítomnosti vaječného žloutku než celkový obsah fosforu. Obsah fosforu může být ovlivněn přítomností dalších složek receptury, zejména surovin nebo přídatných látek obsahujících fosfor, což může vést

k nadhodnocení vypočteného obsahu vaječných žloutků. Přesto lze oba parametry považovat za vhodné analytické ukazatele pro kontrolu autenticity majonéz a tatarských omáček, pokud jsou jejich výsledky interpretovány s ohledem na složení hodnoceného výrobku.

Získané poznatky potvrzují význam průběžné aktualizace referenčních hodnot používaných při laboratorním hodnocení emulgovaných výrobků a současně ukazují, že kombinované využití stanovení cholesterolu a fosforu představuje vhodný nástroj pro ověřování deklarovaného obsahu vaječných žloutků v potravinářských výrobcích.

Literatura

1. Čížková H. et al., Cholesterol jako marker vaječného podílu ve výrobcích s deklarovaným obsahem vajec, *Výživa a potraviny*, 2013, 6, 1–3.
2. Míková K., Zpracování vajec. In: Kadlec P. et al., Eds.: *Technologie potravin I*, VŠCHT Praha, 2000, 264–283.
3. Nutridatabaze.cz, *Vejce slepičí – nutriční složení*. [online]. 2025. Dostupné z: https://www.nutridatabaze.cz/
4. Souci S. W., Fachmann W., Kraut H., *Food Composition and Nutrition Tables*, Medpharm, 2024.
5. USDA, *FoodData Central: Eggs and Egg Products – Nutritional Composition*. [online]. Dostupné z: https://fdc.nal.usda.gov/
6. Velíšek J., Hajšlová J., *Chemie potravin I*, 3. vydání, OSSIS, Tábor, 2009.

FUNKČNÉ A MEDZIFÁZOVÉ VLASTNOSTI RASTLINNÝCH BIELKOVINOVÝCH KONCENTRÁTOV V CEREÁLNYCH SYSTÉMOCH

Holkovičová T., Kohajdová Z., Minarovičová L., Lauková M.

Ústav potravinárstva a výživy, STU v Bratislave, CZ

Úvod

Rastúci záujem o vývoj potravín s vyššou nutričnou hodnotou a priaznivejšími technologickými vlastnosťami vedie k intenzívnejšiemu využívaniu rastlinných bielkovinových surovín v cereálnych výrobkoch. Rastlinné bielkovinové koncentráty získané zo strukovín a olejnín predstavujú perspektívne alternatívne zdroje bielkovín, ktoré okrem nutričného prínosu disponujú aj významnými funkčnými vlastnosťami ovplyvňujúcimi spracovanie a kvalitu finálnych produktov[1,2].

Funkčné vlastnosti rastlinných bielkovín, ako sú schopnosť viazať vodu a tuk, schopnosť napučiavať, emulgačné a penotvorné vlastnosti, sú determinované najmä chemickým zložením, obsahom vlákniny, aminokyselinovým profilom a priestorovou štruktúrou bielkovín[3]. Strukovinové bielkoviny sú charakteristické vyšším zastúpením globulínových a albumínových frakcií s amfifilným charakterom, ktoré umožňujú interakcie s vodnou aj lipidovou fázou a podporujú stabilizáciu emulzií a pien. Zároveň sa vyznačujú vyššou hydrofilnosťou v porovnaní s obilnými bielkovinami, čo významne ovplyvňuje hydratáciu a tvorbu štruktúry cesta počas technologického spracovania[4,5].

Emulgačné a penotvorné vlastnosti rastlinných bielkovín sú významné najmä z technologického hľadiska, keďže ovplyvňujú stabilitu disperzných systémov, distribúciu vzduchových bublín a výslednú textúru výrobkov. Tieto vlastnosti sú dôležité pri výrobe cereálnych výrobkov, kde ovplyvňujú objem, pórovitosť, stabilitu a senzorickú kvalitu produktu[6,7].

Cieľom práce bolo charakterizovať funkčné a medzifázové vlastnosti vybraných obilných múk a rastlinných bielkovinových koncentrátov zo strukovín a olejnín a posúdiť ich potenciál využitia v cereálnych systémoch.

Experimentálna časť

Materiál

Hladká pšeničná múka špeciál 00 extra (Mlyn Kolárovo a.s., Železničný rad 11, 946 03 Kolárovo, Slovenská republika) (výživové údaje na 100 g: tuky 1,3 g z toho nasýtené mastné kyseliny 0,2 g; sacharidy 74 g z toho cukry 1,5; bielkoviny 11 g; soľ 0,1 g), ražná múka chlebová T930 (GoodMills Česko s.r.o., Českomoravská 2420/15190 93 Praha 9, Česká republika) (výživové údaje na 100 g: tuky 1,0 g z toho nasýtené mastné kyseliny 0,2 g; sacharidy 70 g z toho cukry 6,0 g; bielkoviny 8,0 g; vláknina 9,0 g; soľ < 0,01 g) a múka z tvrdej pšenice (semolina) (Pastificio, Riscossa, F.LLI Matromauro s. p. a., Corato, Taliansko) (výživové údaje na 100 g: tuky 2 g nasýtené mastné kyseliny 0,4 g; sacharidy 73 g z toho cukry 0,4 g; bielkoviny 13 g; soľ 0,003 g) boli zakúpené vo veľkoobchodnej sieti.

Šošovicový, cícerový a fava fauľový bielkovinový koncentrát boli dodané spoločnosťou Donauchem s.r.o. (Senec, Slovensko), pričom obsah bielkovín predstavoval 55 %, 40 % a 55 %. Tekvicový bielkovinový koncentrát (Erik Márton s.r.o., 97, 930 37 Lehnice, Slovensko), hrachový bielkovinový koncentrát (Farmilion s.r.o., č.d. 97, 930 37, Slovensko, Lehnice) a konopný bielkovinový koncentrát (Iswari, Rua do Progresso 318, 4465-767 Leça do Balio, Portugalsko)

boli zakúpené v maloobchodnej sieti v obchode so zameraním na zdravú výživu. Obsah bielkovín v týchto koncentrátoch predstavoval 56 %, 79,7 % a 50 %.

Metodika

Parametre schopnosť viazať vodu (WHC), zadržiavať vodu (WRC) a napučiavať (SC) boli hodnotené podľa metodiky autorov Raghavendra *et al.*[8], založenej na hydratácii vzorky vo vodnom prostredí a následnom stanovení množstva viazanej vody alebo objemových zmien po hydratácii. Schopnosť viazať tuk (FAC) bola stanovená podľa metodiky Kaur *et al.*[9], kde sa hodnotila schopnosť vzoriek absorbovať olej po mechanickom namáhaní. Objemová hmotnosť (BD) bola stanovená podľa metodiky Vinayashree a Vasu[10] ako pomer hmotnosti vzorky k jej objemu. Penotvorné vlastnosti boli hodnotené rovnakou metodikou, pričom sa sledovala schopnosť vzoriek vytvárať a stabilizovať penu po mechanickom miešaní. Emulgačná aktivita a stabilita emulzie boli stanovené podľa metodiky Siddiq *et al.*[11], založenej na tvorbe emulzie olej-voda a hodnotení stability emulgovanej vrstvy po centrifugácii.

Štatistická analýza

Všetky analýzy boli uskutočnené trikrát a výsledky sú uvádzané ako priemer ± smerodajná odchýlka. Na identifikáciu štatisticky významných rozdielov medzi kontrolnou vzorkou (pšeničná múka) a jednotlivými hodnotenými surovinami (semolina, ražná múka a bielkovinové koncentráty) bola použitá analýza rozptylu (ANOVA) s Fisherovým LSD testom.

Výsledky a diskusia

Funkčné vlastnosti surovín predstavujú súbor fyzikálno-chemických charakteristík, ktoré ovplyvňujú spracovateľnosť a kvalitu finálnych cereálnych výrobkov. Rastlinné bielkovinové koncentráty a izoláty sa spravidla vyznačujú vyššou hydrofilnosťou v porovnaní s obilnými múkami a amfifilnými vlastnosťami, čo má vplyv aj na jednotlivé etapy výrobného procesu, najmä počas miesenia a tepelného spracovania cesta[2,12].

WHC vyjadruje schopnosť materiálu viazať vodu fyzikálnymi a chemickými interakciami, a súvisí s obsahom vlákniny a prítomnosťou hydrofilných skupín v bielkovinách[13]. Použité suroviny sa vyznačovali výrazne vyššou WHC v porovnaní s pšeničnou múkou (1,76 g/g) (Tabuľka I), pričom najvyššie hodnoty WHC boli zistené v strukovinových surovinách (šošovicový koncentrát 4,39 g/g, fava fazuľový koncentrát 4,20 g/g a hrachový koncentrát 4,05 g/g). Vyššie hodnoty WHC u strukovín možno vysvetliť vysokým obsahom vlákniny a globulínových bielkovín s exponovanými polárnymi skupinami, ktoré majú prirodzenú afinitu k molekulám vody[14].

Najvyššia hodnota WRC bola zistená pri hrachovom bielkovinovom koncentráte (3,96 g/g), pričom tekvicový koncentrát dosiahol hodnotu 3,51 g/g a fava fazuľový koncentrát 3,45 g/g, zatiaľ čo najnižšiu hodnotu vykazovala pšeničná múka (1,14 g/g). Vyššia WRC pri strukovinových koncentrátoch súvisí s ich poréznou štruktúrou a vysokým podielom vlákniny, ktorá zadržiava vodu v kapilárnych priestoroch aj po pôsobení vonkajších síl[11,14]. Podobné výsledky WRC ako v tejto práci stanovili aj Siddiq *et al.*[11] pre vzorky fazuľových múk, pričom nimi namerané hodnoty 3,2 – 3,8 g/g sú v súlade s výsledkami zistenými v tejto práci.

FAC je indikátorom schopnosti materiálu viazať tuky cez hydrofóbne väzbové miesta bielkovín[3]. Bielkovinové koncentráty vykazovali výrazne vyššie hodnoty FAC v porovnaní so semolinou (0,86 g/g). Najvyššie hodnoty FAC boli zaznamenané pri strukovinových koncentrátoch, konkrétne pri fava fazuľovom koncentráte (1,76 g/g), hrachovom koncentráte (1,75 g/g), šošovicovom koncentráte (1,68 g/g) a cícerovom koncentráte (1,68 g/g). Vyššie hodnoty FAC sú typické pre bielkovinové koncentráty, ktoré obsahujú hydrofóbne aminokyselinové zvyšky schopné interagovať s uhľovodíkovými reťazcami tukov[15].

SC vyjadruje schopnosť suroviny absorbovať vodu a expandovať, čo súvisí najmä s obsahom vlákniny a amorfných polysacharidov schopných zadržiavať vodu v pórovitých štruktúrach[16].

Zpět na seznam příspěvků

Vo vzorkách koncentrátov bola SC najvyššia pri cícerovom koncentráte (3,98 cm³/g) a hrachovom koncentráte (3,67 cm³/g), zatiaľ čo obilné múky vykazovali hodnoty 2,10 cm³/g pšeničná múka a 1,95 cm³/g semolina. Väčšia SC strukovinových koncentrátov je technologicky významná pri formovaní štruktúry cesta[3].

BD predstavuje vzťah medzi hmotnosťou a objemom sypkej suroviny a ovplyvňuje manipuláciu, dávkovanie aj spôsob balenia produktu[17]. Obilné múky mali vyššiu BD (0,79 – 0,81 g/cm³) než bielkovinové koncentráty (0,41 – 0,62 g/cm³), čo je spôsobené rozdielnou veľkosťou častíc, pórovitosťou a podielom vlákniny. Vyššia BD suroviny je výhodná pri balení, zatiaľ čo nižšia BD zlepšuje miešateľnosť v zmesiach.

Tabuľka I Funkčné vlastnosti obilných múk a rastlinných bielkovinových koncentrátov

	WHC (g/g)	WRC (g/g)	FAC (g/g)	SC (cm³/g)	BD (g/cm³)
Pšeničná múka	1,76 ±0,08	1,14 ±0,05	1,22 ±0,06	2,10 ±0,09	0,81 ±0,02
Semolina	1,97 ±0,10***	1,58 ±0,07*	0,86 ±0,04***	1,95 ±0,06*	0,77 ±0,03
Ražná múka	3,64 ±0,12***	1,87 ±0,08***	1,39 ±0,05*	3,12 ±0,11***	0,79 ±0,02
T	3,63 ±0,15***	3,51 ±0,13***	1,43 ±0,07*	3,07 ±0,10***	0,65 ±0,03***
F	4,20 ±0,18***	3,45 ±0,14***	1,76 ±0,09***	2,24 ±0,08*	0,41 ±0,02***
C	2,60 ±0,11***	1,94 ±0,08***	1,68 ±0,08***	3,98 ±0,15***	0,55 ±0,03***
K	3,83 ±0,16***	3,28 ±0,12***	1,22 ±0,06	3,15 ±0,11***	0,58 ±0,03***
H	4,05 ±0,17***	3,96 ±0,15***	1,75 ±0,09***	3,67 ±0,13***	0,62 ±0,03***
Š	4,39 ±0,19***	2,77 ±0,11***	1,68 ±0,08***	3,13 ±0,12***	0,48 ±0,02***

WHC – schopnosť viazať vodu, WRC – schopnosť zadržiavať vodu, FAC – schopnosť viazať tuk, SC – schopnosť napučiavať, BD – objemová hmotnosť, T – tekvicový koncentrát, F – koncentrát z fava fazule, C – cícerový koncentrát, K – konopný koncentrát, H – hrachový koncentrát, Š – šošovicový koncentrát, *, **, a *** indikujú štatisticky signifikantné rozdiely pri $p < 0,05$, $p < 0,01$, a $p < 0,001$

Tabuľka II Emulgačné a penotvorné vlastnosti obilných múk a rastlinných bielkovinových koncentrátov

	EA (%)	ES (%)	FC (%)	FS (%)
Pšeničná múka	–	–	9,70 ±0,05	35,32 ±0,28
Semolina	–	–	7,85 ±0,04***	–
Ražná múka	18,40 ±0,28	17,89 ±0,28	11,64 ±0,06***	37,40 ±0,30
T	32,63 ±0,45***	30,12 ±0,38***	36,52 ±0,27***	71,25 ±0,55***
F	21,40 ±0,36*	19,50 ±0,24	18,87 ±0,74***	50,34 ±1,36***
C	30,23 ±0,29***	21,46 ±0,31*	20,76 ±0,41***	41,26 ±0,62*
K	35,09 ±0,42***	25,08 ±0,33***	32,59 ±0,35***	78,03 ±0,48***
H	28,54 ±0,37***	17,38 ±0,22	25,01 ±0,28***	65,23 ±0,50***
Š	25,16 ±0,31***	18,90 ±0,27	27,85 ±0,23***	82,60 ±0,55***

EA – emulgačná aktivita, ES – emulgačná stabilita, FC – schopnosť tvoriť penu, FS – stabilita peny, T – tekvicový koncentrát, F – koncentrát z fava fazule, C – cícerový koncentrát, K – konopný koncentrát, H – hrachový koncentrát, Š – šošovicový koncentrát, „–“ – nedetegované, *, **, a *** indikujú štatisticky signifikantné rozdiely pri $p < 0,05$, $p < 0,01$, a $p < 0,001$

Zpět na seznam příspěvků

Emulgačné vlastnosti surovín súvisia s prítomnosťou povrchovo aktívnych zlúčenín, najmä bielkovín, ktoré dokážu znižovať povrchové napätie medzi olejovou a vodnou fázou a stabilizovať vzniknuté emulzie[4]. V tabuľke II sú uvedené emulgačné a penotvorné vlastnosti skúmaných surovín.

EA vyjadruje schopnosť bielkovín vytvárať emulziu a priamo závisí od ich štruktúry, flexibility a amfifilného charakteru[6]. Konopný (35,09 %) a tekvicový koncentrát (32,63 %) preukázali najvyššie hodnoty tohto parametra, čo naznačuje prítomnosť povrchovo aktívnych frakcií schopných efektívne znižovať medzifázové napätie[4]. Hrachový koncentrát dosiahol hodnotu 28,54 %, zatiaľ čo šošovicový 25,16 % a fava koncentrát 21,40 % dosiahli nižšiu aktivitu. Obilné múky okrem ražnej múky (18,40 %) nevykazovali emulgačný potenciál. Nyam *et al.*[18], Pedrosa *et al.*[19] a Pihlanto *et al.*[12] uvádzajú, že konopné, tekvicové a hrachové bielkovinové izoláty vykazujú EA v rozsahu 27 – 36 %. Uvedení autori poukazujú na to, že EA rastlinných bielkovín závisí nielen od botanického pôvodu, ale aj od podmienok prostredia, ako je pH a iónová sila, ktoré ovplyvňujú denaturáciu a povrchovú aktivitu bielkovín. Nižšia EA šošovicového a fava koncentrátu môže súvisieť s odlišným zastúpením globulínových frakcií[20].

ES charakterizuje schopnosť už vytvorenej emulzie udržať svoju štruktúru v čase a závisí od rýchlosti adsorpcie bielkovín na rozhranie a od pevnosti vytvoreného medzifázového filmu[4]. Tekvicový koncentrát (30,12 %) preukázal najvyššiu schopnosť udržiavať stabilnú emulziu, zatiaľ čo konopný (25,08 %) a cícerový koncentrát (21,46 %) vykázali taktiež vysokú stabilitu emulzií. Fava (19,50 %), šošovicový (18,90 %) a hrachový koncentrát (17,38 %) vykázali nižšie hodnoty, zatiaľ čo obilné múky vykazovali len minimálnu alebo žiadnu stabilitu emulzie. Výsledky stanovené v tejto práci sú v zhode s údajmi uvádzanými autormi Pihlanto *et al.*[12] pre konopné bielkovinové koncentráty (23 – 27 %). Nižšie hodnoty ES zaznamenali aj Lee *et al.*[21] a Chen *et al.*[22] pre šošovicové a hrachové izoláty (17,0 – 19,7 %), čo autori pripisujú obmedzenej schopnosti týchto bielkovín vytvárať súdržné medzifázové vrstvy a ich nižšej rozpustnosti pri neutrálnom pH.

FC je indikátorom adsorpcie bielkovín na rozhraní vzduch-voda počas šľahania. Tento parameter závisí od povrchovej aktivity, rozpustnosti a štrukturálnej flexibility bielkovín, ktoré umožňujú stabilizovať vzniknuté bubliny[5]. Tekvicový (36,52 %) a konopný koncentrát (32,59 %) preukázali vysoký penotvorný potenciál, čo súvisí s rýchlou adsorpciou ich bielkovín na rozhraní vzduch–voda a tvorbou stabilného filmu. Šošovicový (27,85 %) a hrachový koncentrát (25,01 %) mali nižšie hodnoty FC, avšak ich penotvorná kapacita bola vyššia v porovnaní s obilnými múkami (7,85 – 11,64 %). Tieto pozorovania sú v súlade so štúdiou Jarpa-Parra[23], ktorí zaznamenali FC bielkovinového koncentrátu z červenej šošovice 24 – 43 %, a Chen *et al.*[22] a Ghribi *et al.*[24], ktorí pre hrachový a cícerový bielkovinový izolát uvádzajú FC v rozmedzí 18 – 30 %.

FS závisí od tvorby kohezívneho, viacvrstvového bielkovinového filmu, ktorý obklopuje vzduchové bubliny a bráni ich spájaniu a odtoku kvapaliny[7]. Najvyššie hodnoty FS boli stanovené pre šošovicový (82,60 %), konopný (78,03 %) a tekvicový koncentrát (71,25 %). Hrachový koncentrát mal stabilitu 65,23 %, zatiaľ čo fava (50,34 %) a cícer (41,26 %) vykazovali nižšie hodnoty. Autori Lee *et al.*[21] uvádzajú FS pre šošovicový bielkovinový izolát v rozmedzí 91 – 99 %, čo predstavuje vyššie FS ako bolo stanovené v tejto práci. Caldeira *et al.*[25] zaznamenali FS 97,6 % pre šošovicový koncentrát, zatiaľ čo de Paiva Gouvêa *et al.*[26] uvádzajú FS 95 % pre fava koncentráty. Rozdiely medzi výsledkami možno pripísať rozdielnemu botanickému pôvodu surovín a odlišným spracovateľským postupom[25,26].

Záver

Získané výsledky poukazujú na významný technologický potenciál využitia rastlinných bielkovinových koncentrátov v cereálnych matriciach. V porovnaní s obilnými múkami vykazovali koncentráty výrazne vyššiu schopnosť viazať a zadržiavať vodu, ako aj vyššiu schopnosť viazať tuk. Výrazné rozdiely boli pozorované aj v oblasti medzifázových vlastností.

Zpět na seznam příspěvků

Konopný a tekvicový koncentrát preukázali najvyššiu emulgačnú aktivitu a stabilitu emulzie, zatiaľ čo šošovicový koncentrát vykazoval najvyššiu stabilitu peny. Tieto vlastnosti naznačujú schopnosť rastlinných bielkovín efektívne stabilizovať disperzné systémy a ovplyvňovať štruktúru potravinových matríc. Na základe získaných výsledkov možno konštatovať, že rastlinné bielkovinové koncentráty predstavujú perspektívne suroviny pre vývoj nutrične hodnotných a technologicky inovatívnych cereálnych výrobkov. Ich aplikácia môže prispieť k zlepšeniu textúrnych, reologických a stabilizačných vlastností pekárskych produktov, ako aj k rozšíreniu ponuky výrobkov s vyššou nutričnou hodnotou a alternatívnym zdrojom rastlinných bielkovín.

Poďakovanie

Autori ďakujú STU za finančnú podporu v rámci Grantovej schémy na podporu excelentných tímov mladých výskumníkov č. 1631.

Literatúra

1. Rolandelli G., Farroni A., Del Pilar Buera M. In: Designing Gluten Free Bakery and Pasta Products, 2023, 19-61.
2. Sharan S., Zanghelini G., Zotzel J., Bonerz D., Aschoff J., Saint-Eve A., Maillard M. N. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf., 2021, 20, 401-428.
3. Awuchi C. G., Igwe V. S., Echeta C. K. Int. J. Adv. Acad. Res., 2019, 5, 139-160.
4. Ravera F., Dziza K., Santini E., Cristofolini L., Liggieri L. Adv. Colloid Interface Sci., 2021, 288, 102344.
5. Janssen F., Monterde V., Wouters A. G. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf., 2023, 22, 1517-1554.
6. Yan S., Xu J., Zhang S., Li Y. LWT – Food Sci. Technol., 2021, 142, 110881.
7. Narsimhan G., Xiang N. Annu. Rev. Food Sci. Technol., 2018, 9, 45-63.
8. Raghavendra S. N., Rastogi N. K., Raghavarao K. S. M. S., Tharanathan R. N. Eur. Food Res. Technol., 2004, 218, 563-567.
9. Kaur M., Sandhu K. S., Arora A., Sharma A. LWT – Food Sci. Technol., 2015, 62, 628-632.
10. Vinayashree S., Vasu P. Food Chem., 2021, 340, 128177.
11. Siddiq M., Ravi R., Harte J. B., Dolan K. D. LWT – Food Sci. Technol., 2010, 43, 232-237.
12. Pihlanto A., Nurmi M., Pap N., Mäkinen J., Mäkinen S. Int. J. Food Sci., 2021, 2021, 8814724.
13. Kudryashov L. S., Kudryashova O. A. Teorija i praktika pererabotki mjasa, 2023, 8, 62-70.
14. Keskin S. O., Ali T. M., Ahmed J., Shaikh M., Siddiq M., Uebersax M. A. Legume Sci., 2022, 4, e117.
15. Ruckmangathan S., Ganapathyswamy H., Sundararajan A., Thiyagamoorthy U., Green R., Subramani T. J. Food Process. Preserv., 2022, 46, e17169.
16. Susi S., Ainuri M., Wagiman W., Falah M. A. F. J. Renew. Mater., 2024, 12.
17. Li T., Scicolone J. V., Sanchez E., Muzzio F. J. J. Pharm. Innov., 2020, 15, 482-495.
18. Nyam K. L., Lau M., Tan C. P. Malays. J. Nutr., 2013, 19.
19. Pedrosa M. M., Varela A., Domínguez-Timón F., Tovar C. A., Moreno H. M., Borderías A. J., Díaz M. T. Plant Foods Hum. Nutr., 2020, 75, 642-650.
20. Shanthakumar P., Klepacka J., Bains A., Chawla P., Dhull S. B., Najda A. Molecules, 2022, 27, 5354.
21. Lee H. W., Lu Y., Zhang Y., Fu C., Huang D. Food Chem., 2021, 358, 129749.
22. Chen X., Dai Y., Huang Z., Zhao L., Du J., Li W., Yu D. Ultrason. Sonochem., 2022, 89, 106157.
23. Jarpa-Parra M. Int. J. Food Sci. Technol., 2018, 53, 892-903.
24. Ghribi A. M., Maklouf I., Blecker C., Attia H., Besbes S. Adv. Food Technol. Nutr. Sci. Open J., 2015, 1, 38-47.
25. Caldeira R. F., De Paiva Gouvêa L., De Lima Azevedo T., Conte C., Galdeano M. C., Felberg I. *et al*. Food Res. Int., 2024, 189, 114569.
26. De Paiva Gouvêa L., Caldeira R., De Lima Azevedo T., Galdeano M. C., Felberg I., Lima J. R., Mellinger C. G. Food Hydrocoll., 2023, 137, 108351

NECÍLENÁ METABOLOMICKÁ ANALÝZA ODRŮD PŠENICE TVRDÉ (*TRITICUM TURGIDUM* SUBSP.*DURUM*)

Jágr M. (1), Smíšek D. (2), Havrlentová M. (3), Gavurníková S. (3), Grausgruber H. (4), Šulc M. (1), Chrpová J. (1), Dvořáček V. (1)

(1) Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i., Praha, CZ
(2) Ústav analytické chemie, VŠCHT Praha, CZ
(3) Výskumný ústav rastlinnej výroby, NPPC v Piešťanoch, SK
(4) Institute of Crop Breeding and Genomics, BOKU University, Vienna, AT

Pšenice tvrdá (*Triticum turgidum* subsp. *durum*) je významnou obilovinou pěstovanou zejména v zemědělských oblastech kolem Středozemního moře. Je plodinou s vysokou technologickou a nutriční hodnotou, ceněnou zejména pro svoje tvrdé, jantarově zabarvené zrno, které se vyznačuje vysokým obsahem bílkovin a lepku. Hodí se zejména pro výrobu těstovin, bulguru, kuskusu a některých speciálních druhů pečiv. Vzhledem ke globální změně klimatu se její pěstování v evropském měřítku posouvá i do severnějších zemí mírného pásma, zejména nížinných oblastí se srážkovými deficity, které v minulosti pro pěstování pšenice tvrdé nebyly vhodné, např. Rakousko, Slovensko a v poslední době i Česká republika. Tyto země se v poslední době věnují šlechtění pšenice tvrdé za účelem tvorby celé řady odrůd adaptovaných na pěstování v lokálních oblastech.

V reakci na tento trend jsme se soustředili na metabolomické zhodnocení šesti moderních odrůd ozimé pšenice tvrdé z ročníku 2025: 'Sambadur', 'Tennodur', 'Plasmadur' (Rakousko) a 'IS Belladur', 'IS Turandur', 'IS Pompadur' (Slovensko), které jsou buď v současné době nejvíce pěstovány nebo jsou považovány z nutričního i pěstitelského hlediska za nejvíce perspektivní. Vzorky byly analyzovány pomocí necílového screeningu za využití ultra vysokoúčinné kapalinové chromatografie ve spojení s vysokorozlišovací tandemovou hmotnostní spektrometrií: UHPLC-HRMS/MS (Orbitrap). Pro vyhodnocení dat byly zařazeny pokročilé statistické metody, včetně vícerozměrných statistických metod. Ze získaných výsledků vyplývá, že je na této úrovni možno vzájemně jednoznačně odlišit jednotlivé odrůdy na základě necílených metabolomických změn, které zřejmě odrážejí interakci jejich genotypu s příslušnými podmínkami prostředí. Zjištěné diference ve skupinách metabolitů tak mohou představovat potenciální markery charakterizující specifické reakce odrůd na dané podmínky, což lze využít ve šlechtění obilovin zaměřeném na různé typy odolnosti vůči biotickým i abiotickým stresům.

Poděkování

Tuto práci podpořilo Ministerstvo zemědělství České republiky, institucionální podpora MZE-RO0426. Mezinárodní spolupráce českého, rakouského a slovenského týmu byla podpořena grantem Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR MSTC Danube 8X25023. Tento príspevok vznikol vďaka finančnej podpore projektu zo zdrojov Agentúry na podporu výskumu a vývoja Slovenskej republiky (DS-FR-24-0021).

Non-targeted metabolomic analysis of different varieties of durum wheat (*Triticum turgidum* subsp. *durum*)

Durum wheat (*Triticum turgidum* subsp. *durum*) is a significant cereal crop cultivated primarily in agricultural regions surrounding the Mediterranean Basin. The crop possesses both technological and nutritional value, and is particularly prized for its hard, amber-coloured grain, which is characterised by a high protein and gluten content. It is particularly suitable for the production of pasta, bulgur, couscous, and a variety of specialty breads. Due to global climate change, its cultivation on a European scale is shifting to more northern countries in the temperate zone, particularly lowland areas with precipitation deficits that were previously unsuitable for durum wheat cultivation, such as Austria, Slovakia, and, more recently, the Czech Republic. These countries have recently been engaged in durum wheat breeding programmes to develop a wide range of varieties adapted to local climatic conditions.

In response to this trend, the present study focused on a metabolomic evaluation of six modern winter durum wheat varieties from the 2025 crop: 'Sambadur', 'Tennodur' and 'Plasmadur' (Austria), and 'IS Belladur', 'IS Turandur' and 'IS Pompadur' (Slovakia). These varieties are currently the most widely cultivated, and are considered as the most promising from both a nutritional and agronomic perspective. The samples were analysed using non-targeted screening via ultra-high-performance liquid chromatography coupled with high-resolution tandem mass spectrometry. UHPLC-HRMS/MS (Orbitrap). Advanced multidimensional statistical methods were employed to analyze the data. The results indicate that, at this level, individual varieties can be clearly distinguished from one another based on non-targeted metabolomic changes. The identified differences in metabolite groups may thus represent potential markers characterizing specific responses of varieties to given conditions, which can be utilized in cereal breeding focused on various types of resistance to biotic and abiotic stresses.

Acknowledgment: This work was funded by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic, institutional support MZE-RO0426. The international cooperation of the Austrian, Czech, and Slovak project Teams was supported by the MSTC Danube project 8X25023 of the Czech Ministry of Education Youth and Sports. This work was funded by the Slovak Research and Development Agency (DS-FR-24-0021).

VLIV PŘÍDAVKU RYBÍHO MASA (*CLARIAS GARIEPINUS*) NA JAKOSTNÍ PARAMETRY MASNÉHO VÝROBKU

Švehlová V., Ohryzek V., Kalhotka L., Slováček J., Veselá R., Harabiš L., Mareš J., Jůzl M.

Ústav technologie potravin, MENDELU v Brně, CZ

Tato práce pojednává o vlivu přídavku rybího masa sumečka afrického (*Clarias gariepinus*) do masného výrobku na jeho technologickou, nutriční a senzorickou jakost. V experimentální části bylo vyrobeno 7 druhů masných výrobků (klobás): s různým přídavkem rybího masa (0, 40 %, 100 %), vyzrálostí rybího masa (24 h a 72 h) a dle věku/velikosti jedinců sumečků (13-15 měsíců 2000-2200 g; 6-8 měsíců, 800-1000 g).

Pro zjištění vlivu přídavku rybího masa do masného výrobku byla provedena analýza celkového tuku, zastoupení vybraných mastných kyselin se zaměřením na polynenasycené mastné kyseliny, instrumentální analýza barvy a senzorická analýza. Vliv přídavku rybího masa způsobil u klobásy se 100% přídavkem rybího masa (RK100) nižší obsah sušiny (26,99 ± 0,18 %; P <0,05) v porovnání s klobásami bez přídavku rybího masa (RK0, 50,42 ± 3,51 %) a s přídavkem 40 % rybího masa (RK40, 46,66 ± 0,25 %). Výsledky stanovení mastných kyselin metodou GC ukázaly, že rybí klobásy se 100% přídavkem rybího masa měly významně nižší obsah sušiny (26,99 ± 0,18 %; P <0,05) v porovnání s klobásami bez přídavku rybího masa (50,42 ± 3,51). Klobásy se 100% přídavkem rybí masa v porovnání s kontrolou (0% přídavek rybího masa) vykazovaly navýšení obsahu EPA i DHA mastné kyseliny (P <0,05). Vliv stáří jedince a vyzrálosti rybího masa na obsah polynenasycených mastných kyselin n-3 nebyl statisticky zaznamenán. Data získaná z instrumentální analýzy barvy ukázaly nejvyšší hodnoty parametru L* na řezu u kontrolního vzorku (bez přídavku rybího masa; 64,97 ± 0,18; P <0,05) v porovnání s 40% přídavkem rybího masa (50,10 ± 0,27) a 100% přídavkem rybího masa (53,96 ± 1,53). Barevnost vzorku od modré (−) po žlutou (+) se u RK0, RK40 a RK100 významně nelišila (P > 0,05). Senzorická analýza byla provedena 10 školenými hodnotiteli a neprokázala statisticky průkazný rozdíl deskriptoru celkového dojmu u klobás s různým přídavkem rybího masa.

Effect of african catfish (*Clarias gariepinus*) meat addition on the food quality parameters of sausages

This work discusses the effect of adding African catfish (*Clarias gariepinus*) fish meat to a meat product on its technological, nutritional and sensory quality. In the experimental part, 7 types of meat products (sausages) were produced: with different additions of fish meat (0, 40 %, 100 %), maturity of fish meat (24 h and 72 h) and age/size of catfish individuals (13–15 months 2000–2200 g; 6-8 months, 800-1000 g).

To determine the effect of adding fish meat to a meat product, an analysis of total fat, the representation of selected fatty acids with a focus on polyunsaturated fatty acids, instrumental color analysis and sensory analysis were performed. The effect of fish meat addition caused a lower dry matter content (26.99 ± 0.18%; P <0.05) in sausages with 100% fish meat addition (RK100) compared to sausages without fish meat addition (RK0, 50.42 ± 3.51%) and with 40% fish meat addition (RK40, 46.66 ± 0.25%). The results of the determination of fatty acids by the GC method showed that fish sausages with 100% fish meat addition had a significantly lower dry matter content (26.99 ± 0.18%; P <0.05) compared to sausages without fish meat addition (50.42 ± 3.51). Sausages with 100% fish meat addition compared to the control (0% fish meat addition) showed an increase in the content of both EPA and DHA fatty acids (P <0.05). The influence of the age of the individual and the maturity of the fish meat on the content of polyunsaturated fatty acids n-3 was not statistically recorded. The data obtained from the instrumental color analysis showed the highest values of the parameter L* on the cut in the control sample (without the addition of fish meat; 64.97 ± 0.18; P <0.05) in comparison with the 40% addition of fish meat (50.10 ± 0.27) and 100% addition of fish meat (53.96 ± 1.53). The color of the sample from blue (−) to yellow (+) did not differ significantly in RK0, RK40 and RK100 (P >0.05). The sensory analysis was performed by 10 trained evaluators and did not show a statistically significant difference in the descriptor of the overall impression in sausages with different additions of fish meat.

POSTER

PROTEINOVÁ FORTIFIKACE PEČIVA: OD SUROVINY K FUNKČNÍMU PRODUKTU

Kmentová O., Diviš P., Pořízka J., Slavíková Z.

Ústav chemie potravin a biotechnologií, FCH VUT Brno, CZ

Úvod

Proteinová fortifikace cereálních výrobků představuje účinný způsob zvýšení jejich nutriční hodnoty, současně však významně ovlivňuje technologické vlastnosti pekařské matrice. Přídavek proteinových ingrediencí může měnit distribuci vody a lipidů, reologické vlastnosti těsta, tvorbu a stabilitu plynné fáze i strukturu výsledného výrobku. Tyto účinky jsou výrazně závislé na původu proteinů, jejich frakčním složení, rozpustnosti, stupni denaturace a schopnosti interagovat s dalšími složkami potraviny. Z tohoto důvodu nelze různé proteinové izoláty a koncentráty považovat za technologicky zaměnitelné ani při srovnatelném obsahu bílkovin.

Vedle tradičních zdrojů, jako jsou sójové, hrachové, rýžové a syrovátkové proteiny, představují perspektivní suroviny také proteinově bohaté vedlejší produkty potravinářského průmyslu. Obilné otruby a další vedlejší frakce zpracování obilovin nebo pokrutiny vznikající při lisování olejnin obsahují významné množství proteinů, jejichž využití může současně přispět k efektivnější valorizaci potravinářské biomasy. Jejich aplikace v pekárenství je však podmíněna nejen nutriční kvalitou, ale především schopností zachovat požadované technologické a senzorické vlastnosti konkrétního výrobku.

Vhodnost proteinové ingredience je proto nutné posuzovat v kontextu cílové pekařské matrice. Stejná proteinová složka může mít odlišný technologický účinek v chlebu a v sušenkách v důsledku rozdílného složení receptury, mechanismu tvorby struktury i požadovaných texturních vlastností. Cílený výběr proteinového zdroje tak může umožnit nejen zvýšení obsahu bílkovin, ale také využití jeho specifických funkčních vlastností k ovlivnění struktury a textury výsledného výrobku.

Cílem této studie bylo porovnat technologickou vhodnost osmi proteinových izolátů a koncentrátů různého původu při 10% fortifikaci pšeničné mouky a posoudit jejich vliv na vlastnosti směsí, chlebů a křehkých sušenek. Hodnoceny byly zejména vaznost vody a oleje, výška výrobků a texturní parametry stanovené pomocí TPA a three-point bending testu. Statistické vyhodnocení bylo využito k identifikaci vztahů mezi vlastnostmi proteinových ingrediencí a výslednou kvalitou výrobků a k posouzení jejich aplikační vhodnosti pro rozdílné typy pekařských výrobků.

Experimentální část

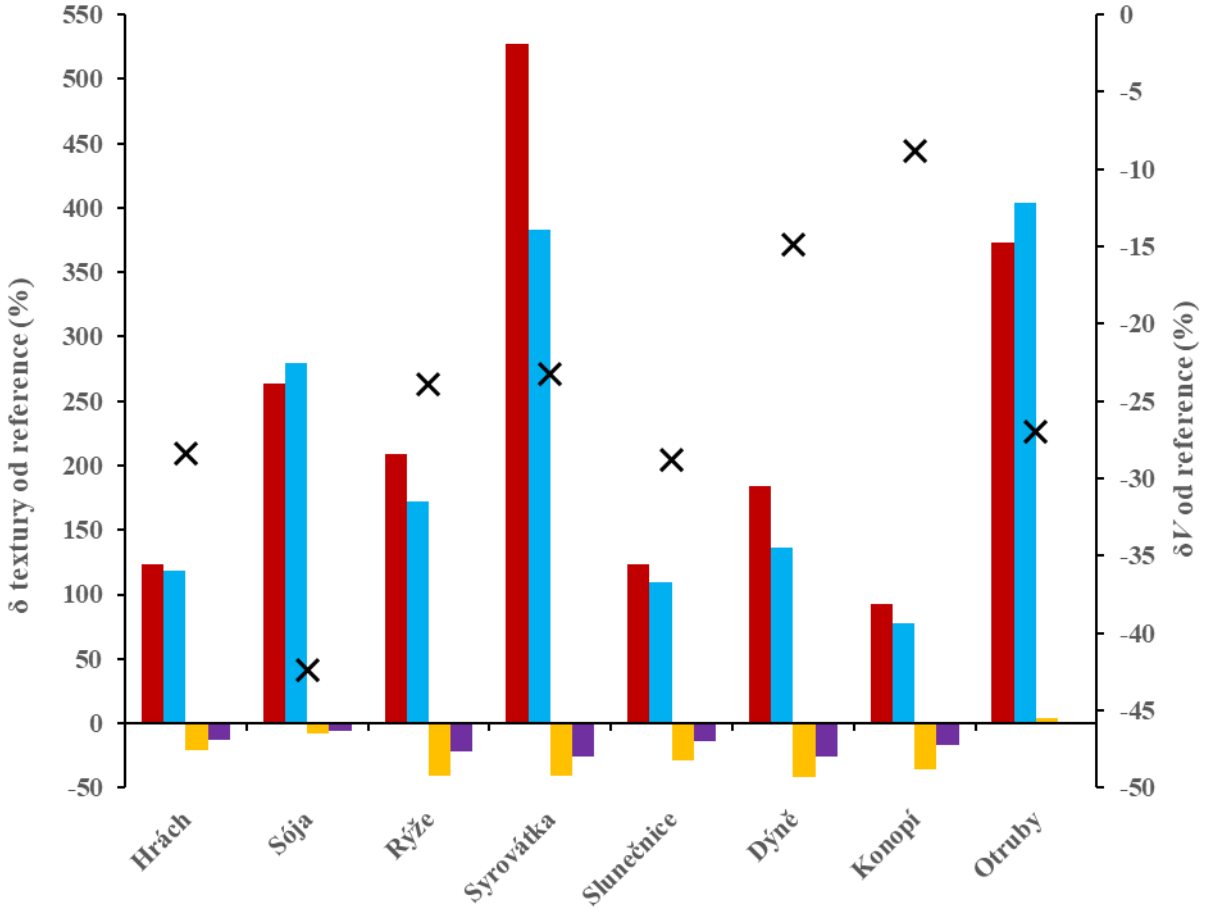
Pro experiment bylo připraveno osm pekařských směsí obsahujících 90 % pšeničné mouky a 10 % vybraného proteinového izolátu nebo koncentrátu (hrách, sója, otruby, rýže, slunečnice, dýně, konopí, syrovátka). Paralelně byla připravena referenční směs tvořená výhradně pšeničnou moukou. U všech směsí byly charakterizovány vybrané fyzikálně-chemické vlastnosti relevantní pro jejich následné použití v pekařských výrobcích, zejména obsah bílkovin a vaznost vody a oleje.

Z připravených směsí byly následně vyrobeny dva typy pekařských výrobků s odlišnými požadavky na tvorbu výsledné struktury. Chléb byl připraven metodou 10.03 podle standardizovaného postupu AACCI pro kvasnicově kynuté pečivo. Druhým hodnoceným výrobkem byly křehké sušenky připravené podle tradiční receptury typu *pâte sablée*. Oba typy výrobků byly připraveny ze všech experimentálních směsí i z referenční směsi z pšeničné mouky za srovnatelných podmínek.

U upečených výrobků byla hodnocena jejich výška a texturní vlastnosti. U chleba byly vybrané parametry textury stanoveny pomocí analýzy texturového profilu (TPA), zatímco u sušenek byl použit tříbodový ohybový test (three-point bending test) charakterizující jejich

mechanické chování při lámání. Výsledky získané u fortifikovaných výrobků byly porovnány s paralelně připravenými referenčními vzorky bez přídavku proteinové ingredience.

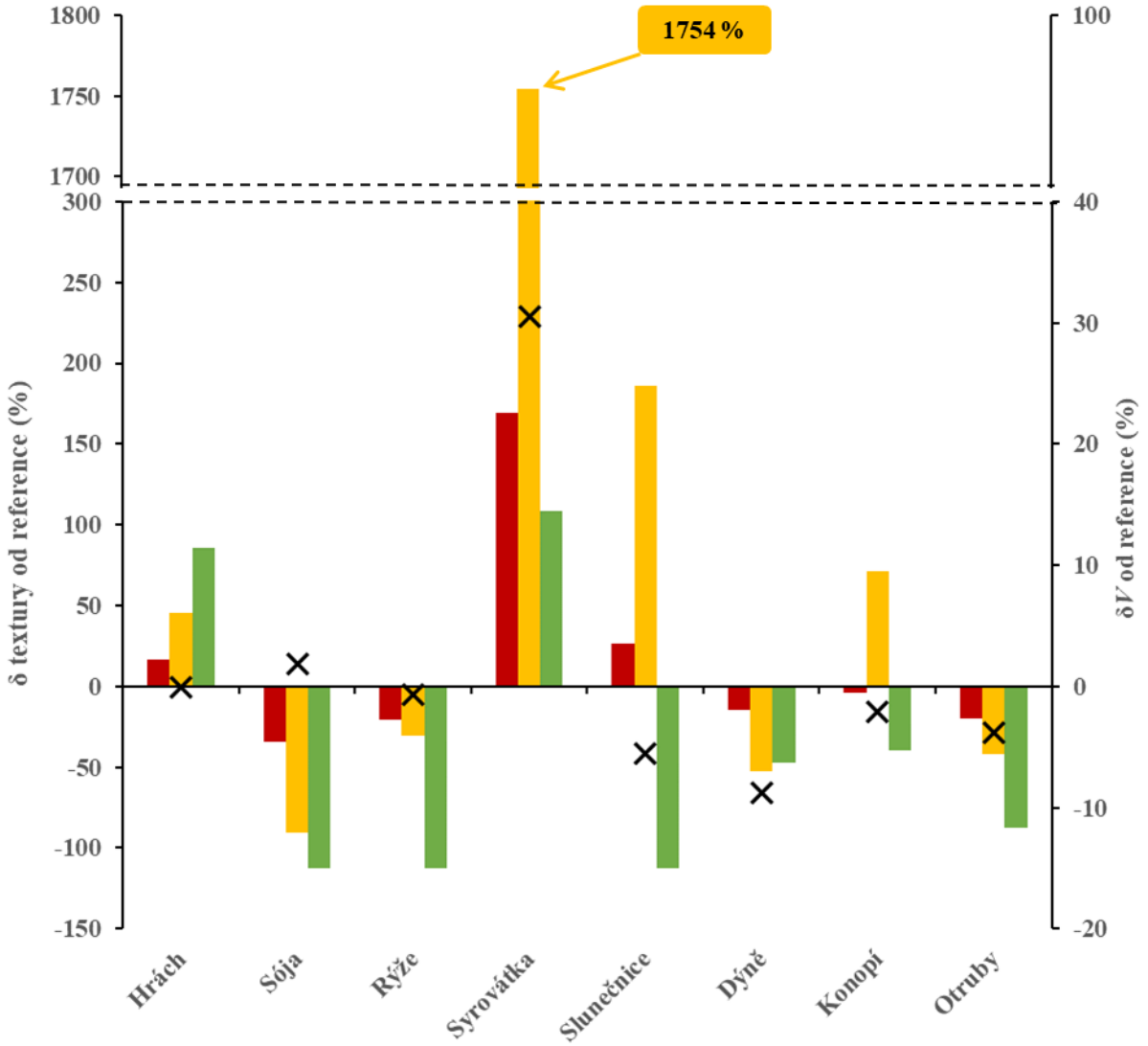
Naměřená data byla statisticky vyhodnocena s cílem posoudit vliv typu proteinové ingredience na vlastnosti pekařských směsí a výsledných výrobků a identifikovat vztahy mezi charakteristikami směsí a texturními parametry pečiva. Pro posouzení podobnosti technologického chování jednotlivých proteinových zdrojů byla využita shluková analýza, zatímco korelační analýza byla použita k vyhodnocení vztahů mezi sledovanými vlastnostmi pekařských směsí a parametry výsledných výrobků.



Obrázek 1 Procentuální změny vybraných texturních parametrů (■ tvrdost, ■ žvýkavost, ■ odolnost, ■ soudržnost) a objemu (×) chlebů fortifikovaných rostlinnou bílkovinou (druh bílkoviny na ose x) oproti referenčnímu vzorku (pšeničnému chlebu bez přidané bílkoviny)

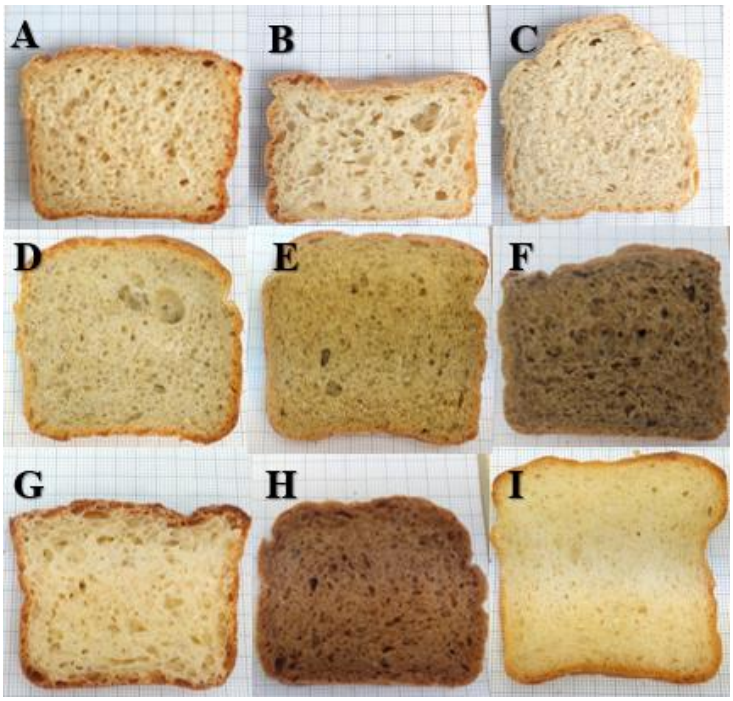
Výsledky a diskuse

Použitý proteinový zdroj významně ovlivnil výsledné vlastnosti obou sledovaných typů pekařských výrobků (Obr. 1, Obr. 2). Výška proteinových chlebů byla ve všech případech nižší než u referenčního vzorku z pšeničné mouky, přičemž míra tohoto poklesu se mezi jednotlivými proteinovými ingrediencemi výrazně lišila: nejmenší pokles oproti referenčnímu nefortifikovanému vzorku (8,8 %) byl zaznamenán u dýňového proteinového koncentrátu; největší naopak u sójového proteinového izolátu (o 42 %) (viz Obr. 1).



Obrázek 2 Procentuální změny vybraných texturních parametrů (■ tvrdost, ■ houževnatost, ■ tuhost) a objemu (×) sušenek fortifikovaných rostlinnou bílkovinou (druh bílkoviny na ose x) oproti referenčnímu vzorku (pšeničným sušenkám bez přidané bílkoviny)

Snížení výšky může souviset s rozdílným vlivem přidaných proteinů na integritu pšeničné glutenové matrice a na distribuci vody mezi hlavními složkami těsta[1]. Přesto většina proteinových přípravků vedla ke zvýšení pórovitosti chlebové střídy ve srovnání s referenčním vzorkem (Obr. 3), což ukazuje, že snížení celkové výšky výrobku nebylo nutně spojeno s kompaktnější strukturou střídy. Tento výsledek může odrážet rozdílný vliv jednotlivých proteinových ingrediencí na stabilizaci a následnou distribuci plynových buněk během kynutí a pečení[2].



Obrázek 3 Experimentální chleby na řezu, s proteinem z: A) hrachu, B) sóji, C) rýže, D) slunečnice, E) dýně, F) konopí, G) syrovátky, H) otrub, I) referenční vzorek

Přídavek proteinových ingrediencí měl u kynutého chleba obecně negativní vliv na sledované texturní parametry (Obr. 1). Ve srovnání s referenčním vzorkem došlo u fortifikovaných chlebů především k vysokému nárůstu tvrdosti a žvýkavosti, přičemž nejvýraznější rozdíly byly pozorovány u proteinového izolátu z pšeničných otrub a syrovátky. Zhoršení textury může souviset s rozdílným vlivem jednotlivých proteinových ingrediencí na strukturu glutenové matrice a na distribuci vody v těstě, která významně ovlivňuje organizaci glutenové sítě[3]. Současně však výsledky ukazují, že tento účinek nebyl u všech proteinových zdrojů totožný. Pružnost, odolnost a soudržnost chleba vykazovaly se složením vstupní směsi pouze velmi slabé nebo žádné vztahy ($R < 0,3$), což naznačuje, že tyto parametry nebyly primárně určovány sledovanými charakteristikami proteinových směsí, případně že jejich výsledná hodnota závisela na komplexnějších interakcích v průběhu tvorby a tepelného zpracování struktury.

Odlišný trend byl pozorován u křehkého pečiva. Zatímco některé proteinové přípravky vedly ke zvýšení tuhosti a houževnatosti, izoláty a koncentráty ze sóji, konopí, rýže i otrub tyto parametry ve srovnání s referenčním vzorkem snížily (Obr. 2). Snížení mechanické odolnosti může být u křehkých sušenek technologicky žádoucí, protože snižuje sílu potřebnou k porušení jejich struktury a může usnadnit lom při mechanickém zatížení. Z tohoto ohledu se aplikačně nejhůře projevil izolát ze syrovátky. Rozdílná reakce chleba a sušenek na stejnou proteinovou ingredienci potvrzuje, že aplikační vhodnost proteinového zdroje nelze hodnotit izolovaně bez zohlednění konkrétní pekařské matrice. Zatímco u chleba může být žádoucí zachování kontinuální struktury schopné udržet plyn vznikající při kynutí, u sušenek je naopak žádoucí omezení přílišné tuhosti a dosažení snadného lomu[2].

Korelační analýza dále ukázala, že texturní vlastnosti obou typů výrobků souvisely s vazností oleje pekařských směsí (Tab. I). Vaznost oleje významně korelovala s tvrdostí ($R=0,6$) i žvýkavostí (0,56) droždím kypřeného chleba, což naznačuje, že schopnost proteinové složky zadržovat lipidy může ovlivňovat mechanické vlastnosti výsledného výrobku. Vzhledem k rozdílnému složení a mechanismu tvorby struktury chleba a sušenek však nebyl tento vztah u jednotlivých parametrů totožný. Vaznost vody vykazovala významné korelace s texturními parametry křehkého pečiva, zatímco u kynutého chleba nebyly tyto vztahy významné. U sušenek tak může být dostupnost a distribuce vody významněji spojena s výslednou mechanickou

strukturou, zatímco u chleba je její účinek pravděpodobně překryt komplexními procesy spojenými s hydratací pšeničných struktur, kynutím a tepelnou stabilizací výrobku [3].

Tab. I: Vybrané výsledky korelační analýzy mezi zkoumanými parametry proteinových pekařských směsí a z nich upečených výrobků. Zobrazeny jsou vztahy se středně silným až silným korelačním koeficientem ($R > 0,5$) a statistickou významností $p < 0,05$ ($n = 144$ pro chléb, $n = 134$ pro sušenky)

Typ pečiva	Parametry	Hodnota R
Chléb	Obsah bílkovin – výška	-0,77
Chléb	Vaznost vody – výška	-0,68
Chléb	Vaznost oleje – tvrdost	0,6
Chléb	Vaznost oleje-žvýkavost	0,56
Chléb	Obsah bílkovín – tvrdost	0,53
Chléb	Obsah bílkovin - žvýkavost	0,5
Sušenky	Výška – tvrdost	0,74
Sušenky	Vaznost oleje – výška	0,65
Sušenky	Výška – houževnatost	0,58
Sušenky	Vaznost vody – tvrdost	0,52
Sušenky	Vaznost oleje – tvrdost	0,51

Shluková analýza potvrdila, že jednotlivé proteinové ingredience nevykazovaly jednotné technologické chování. Nejvyšší podobnost byla zjištěna mezi proteinem z dýňových semen a konopným proteinem. U chleba se k této dvojici technologickým chováním nejvíce přibližoval slunečnicový protein, zatímco u sušenek byly nejpodobnější výsledky pozorovány u proteinů z otrub a rýže. Rozdílné klasifikace jednotlivých proteinů podle typu výrobku dále podporují závěr, že jejich technologická vhodnost je specifická pro konkrétní aplikační systém.

Výrazně odlišné technologické chování vykázal syrovátkový protein, který se v obou hodnoceních oddělil od ostatních zkoumaných proteinových ingrediencí, tvořených převážně rostlinnými zdroji. Toto odlišení pravděpodobně souvisí s rozdílnou strukturou a funkčními vlastnostmi syrovátkových proteinů ve srovnání s heterogenními rostlinnými proteinovými systémy[4]. Výsledek současně ukazuje, že samotná klasifikace proteinů podle jejich obsahu bílkovin není pro predikci jejich technologického chování dostačující. Pro výběr vhodné proteinové ingredience je nutné zohlednit její konkrétní funkční vlastnosti a jejich interakci s recepturou a strukturou cílového pekařského výrobku.

Závěr

Výsledky této studie ukazují, že proteinová fortifikace pekařských výrobků představuje účinný nástroj nejen pro zvýšení obsahu bílkovin, ale také pro cílené ovlivnění výsledné struktury a textury výrobku. Technologický účinek proteinové ingredience je však výrazně závislý na konkrétní pekařské matrici, a proto nelze její vhodnost posuzovat izolovaně ani zobecňovat mezi různé typy výrobků. Proteinové přípravky s nepříznivým účinkem na strukturu kynutého chleba mohou být současně vhodné pro výrobu křehkých sušenek, což rozšiřuje možnosti jejich cíleného aplikačního využití.

Studie současně ukázala, že etablované proteinové izoláty, jako jsou sójový a syrovátkový protein, nemusí v pekařských aplikacích poskytovat lepší technologické vlastnosti než alternativní rostlinné proteinové zdroje. Proteinové ingredience získané z lokálně dostupných vedlejších

produktů potravinářského průmyslu proto představují perspektivní suroviny pro vývoj nových proteinově obohacených pekařských výrobků. Jejich cílená aplikace může propojit zvýšení nutriční hodnoty výrobků s efektivnější valorizací vedlejších potravinářských surovin.

Literatura

1. Zeng, F., Hu, Z., Yang, Y., Jin, Z., & Jiao, A. (2024). Baking quality and starch digestibility in whole wheat bread based on protein enrichment strategy: Significance of protein-starch-water interaction in dough. *Food Bioscience, 61*, 104403. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104403

2. Janssen, F., Wouters, A. G. B., & Delcour, J. A. (2021). Gas cell stabilization by aqueous-phase constituents during bread production from wheat and rye dough and oat batter: Dough or batter liquor as model system. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *20*(4), 3881–3917. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12761

3. Dufour, M, *et al.* (2024). Unravelling the relationships between wheat dough extensional properties, gluten network and water distribution. *Food Hydrocolloids, 146*, 109214. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109214

4. Tang, Q.; Roos, Y.H.; Miao, S. (2023). Plant Protein versus Dairy Proteins: A pH-Dependency Investigation on Their Structure and Functional Properties. *Foods 12*, 368. https://doi.org/10.3390/foods12020368

VONÍ AROMATA OPRAVDU JAKO OVOCE? SROVNÁNÍ PROFILU TĚKAVÝCH LÁTEK V OVOCI, PŘÍRODNÍCH A SYNTETICKÝCH AROMATECH METODOU HS-SPME-GC-MS

Knapovská P., Vítová E.

Ústav chemie potravin a biotechnologií, FCH VUT Brno, CZ

Vůně ovoce je komplexní směsí desítek až stovek těkavých látek, které společně vytvářejí jeho charakteristický senzorický profil. V potravinářství se však často používají přírodní a syntetická aromata, jejichž složení se od původní suroviny liší, a to především vlivem technologického zpracování. Otázkou zůstává, do jaké míry tato aromata dokážou věrně napodobit přirozený aromatický profil ovoce.

Cílem práce bylo porovnat profil těkavých látek ve vybraných druzích ovoce (jahoda, malina, pomeranč, hruška a banán) a odpovídajících přírodních a syntetických aromatech a posoudit vliv zpracování na jejich složení. Analýza byla provedena metodou mikroextrakce na tuhou fázi ve spojení s plynovou chromatografií a hmotnostní spektrometrií (HS-SPME-GC-MS). Identifikované sloučeniny byly klasifikovány do chemických skupin a jejich relativní zastoupení vzájemně porovnáno. Byly srovnány hlavní rozdíly mezi profily těkavých látek v ovoci a aromatech, včetně rozdílů v jejich popisech vůní (FEMA). Počet identifikovaných látek výrazně klesal s mírou zpracování (v ovoci vyšší desítky až přes sto, v přírodních aromatech nižší desítky a v syntetických aromatech spíše jednotky), což odráží zjednodušení aromatického profilu s rostoucí mírou zpracování.

Výsledky poskytují lepší porozumění vztahu mezi surovinou a aromaty a mohou být využity při vývoji potravin, optimalizaci aromatických formulací a hodnocení autenticity aromat, zejména při snaze přiblížit senzorické vlastnosti vysoce zpracovaných produktů jejich přírodním předlohám.

Do flavourings really smell like fruit? A comparison of volatile compounds in fruit, natural and synthetic flavourings using HS-SPME-GC-MS method

The aroma of fruit is a complex mixture of tens to hundreds of volatile compounds that together create its characteristic sensory profile. In the food industry, however, natural and synthetic flavours are often used, whose composition can differ from the original raw material, primarily due to technological processing. The question remains to what extent these flavours can faithfully replicate the natural aromatic profile of fruit.

The aim of this study was to compare the volatile compound profiles of selected fruit species (strawberry, raspberry, orange, pear, and banana) and their corresponding natural and synthetic flavourings, and to assess the impact of processing on their composition. Analysis was performed using headspace solid-phase microextraction coupled with gas chromatography and mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS). Identified compounds were classified into chemical groups, and their relative abundances were compared. The main differences between volatile compound profiles in fruit and flavourings were compared, including differences in their aroma descriptions (FEMA). The number of identified compounds decreased significantly with the degree of processing – from higher tens to over one hundred in fruit, to lower tens in natural flavours, and only a few in synthetic flavours – reflecting the simplification of the aromatic profile with increasing processing.

The results provide a better understanding of the relationship between raw materials and flavours and can be applied in food development, optimisation of flavour formulations, and evaluation of flavour authenticity, particularly in efforts to approximate the sensory properties of highly processed products to those of their natural counterparts.

POSTER

VPLYV APLIKÁCIE RYŽOVÉHO PROTEÍNU NA KVALITATÍVNE PARAMETRE CESTOVÍN

Lauková M., Minarovičová L., Kohajdová Z., Holkovičová T.

Oddelenie potravinárskej technológie, STU v Bratislavě, SK

Úvod

Alternatívy pšeničnej múky sa používajú z dvoch rôznych dôvodov. Po prvé na zníženie alebo odstránenie používania pšenice z ekonomických dôvodov v zaostalých regiónoch a krajinách a po druhé pri výrobe bezlepkových produktov pre ľudí trpiacich celiakiou[1]. Jednou z najpoužívanejších surovín na výrobu bezlepkových produktov je ryža. Vyznačuje sa jedinečnou nutričnou hodnotou, hypoalergénnosťou, je bezfarebná a má neutrálnu chuť[2]. Z ryže získaný proteín je tiež vhodnou surovinou a prísadou v potravinárstve. Je taktiež hypoalergénny, čo mu dáva vysoký potenciál využitia v bezlepkových výrobkoch[3].

V porovnaní s inými zdrojmi obilných bielkovín má ryžový proteín dobré nutričné a funkčné vlastnosti. Zložky ryžového proteínu sú vhodnou náhradou živočíšnych bielkovín ako sú kazeín a srvátka a využíva sa aj pre športovú výživu. Ďalej sa používa ako prídavok do sušienok, chleba alebo iných pekárenských výrobkov na zlepšenie nutričných vlastností[4].

Pri výrobe cestovín sa hodnotí hlavne kvalita a textúra, cestoviny by mali byť pevné, málo lepivé a mali by vykazovať nízke straty počas varenia. Tieto faktory zabezpečuje organizácia škrobu a bielkovín. Na zlepšenie kvality bezlepkových cestovín treba vybrať vhodné suroviny, ako napríklad pseudoobilniny a strukovinové múky a vhodne modifikovať metódu spracovania pomocou rôznych prísad[5].

Experimentálna časť

Cestoviny boli pripravené podľa modifikovanej receptúry na základe Bolarinwa a Oyesiji[6]. Štandard predstavovali ryžovo-kukuričné cestoviny v pomere 1:1, ktoré boli pripravené zo 150 g ryžovej múky, 150 g kukuričnej múky, 4 g guarovej gumy, 2 g soli, 50 g vajec, 20 ml oleja a 170 ml vody. Ryžový proteín sa pridával ako náhrada zmesi múk vo výške 2,5 %, 5 %, 7,5 % a 10 %. Najprv sa zmiešali všetky sypké suroviny, následne sa pridalo vajíčko, olej a voda. Cesto sa pretlačilo cez príslušnú matricu na laboratórnom cestovinovom lise (Haussler Luna, Heiligkreuztal, DE).

Farba cestovín sa sledovala pomocou spektrofotometra Cary 300 (Agilent Technologies, USA), kde v systéme CIE Lab boli stanovené parametre L*, a*, b* a bol vypočítaný celkový farebný rozdiel ΔE[7].

Počas varenia cestovín boli stanovené kvalitatívne parametre: optimálny čas varenia, straty varením, schopnosť absorbovať vodu, schopnosť napučiavať[8].

Tvrdosť a lepivosť cestovín sa stanovila pomocou texturometra TA.XT Plus (Godalming, Surrey, UK) použitím valcovej sondy s plochým koncom s priemerom 36 mm (P/36R).

Výsledky sú uvedené v tvare aritmetický priemer ± smerodajná odchýlka. Štatistická významnosť sa overovala pomocou Studentovho t-testu ($p < 0,05$).

Výsledky a diskusia

Farba je dôležitou vlastnosťou potravinárskych výrobkov, hlavne pri rozhodovaní o kúpe danej potraviny, pretože spotrebiteľom naznačuje rôzne vlastnosti, ako napríklad kvalitu výrobku. Spotrebitelia najprv posudzujú potravinu na základe jej farby a až potom podľa iných vlastností akými sú chuť a vôňa[9]. V Tabuľke I sú znázornené hodnoty jednotlivých parametrov farby cestovín v surovom a uvarenom stave. Svetlosť cestovín L* bez prídavku proteínu bola 91,91 pri surových a 82,03 pri uvarených cestovinách. S prídavkom ryžového proteínu sa hodnota svetlosti znižovala. V prípade surových cestovín bol významný pokles zaznamenaný pri 10 %

ryžového proteínu (85,74) a v uvarených cestovinách pri 7,5 a 10 % prídavku (80,82 a 80,32). Na základe hodnoty a* sa surové cestoviny pohybujú v škále červenej farby, kým pri uvarených cestovinách boli zistené záporné hodnoty, teda v nich prevládala zelenkastá farba. Podľa parametra b*, ktorý nadobúdal kladnú hodnotu pre surové aj pre uvarené cestoviny sa cestoviny sa nachádzali v žltej oblasti.

Tabuľka I Farba cestovín s rôznym prídavkom ryžového proteínu

	L*	a*	b*	ΔE
Surové cestoviny				
0 % ryžový proteín	91,91 ±0,05	1,73 ±0,02	14,48 ±0,03	-
2,5 % ryžový proteín	88,30 ±1,25	2,41 ±0,04	15,94 ±2,46	3,95
5 % ryžový proteín	87,63 ±0,03	2,16 ±0,03	16,71 ±0,05	4,85
7,5 % ryžový proteín	88,24 ±0,61	2,44 ±0,04*	16,36 ±0,12	4,18
10 % ryžový proteín	85,74 ±0,13*	2,70 ±0,05*	16,93 ±0,22*	6,71
Uvarené cestoviny				
0 % ryžový proteín	83,03 ±0,15	-1,18 ±0,08	19,77 ±0,25	-
2,5 % ryžový proteín	82,69 ±0,10	-1,29 ±0,06	20,09 ±0,23	0,48
5 % ryžový proteín	82,19 ±0,05	-1,26 ±0,08*	21,17 ±0,77	1,63
7,5 % ryžový proteín	80,82 ±0,06*	-0,28 ±0,01*	20,62 ±0,10	2,53
10 % ryžový proteín	80,32 ±0,07*	0,16 ±0,01*	20,41 ±0,13	3,10

ΔE – celkový farebný rozdiel, * - štatisticky významný rozdiel pri $p < 0,05$

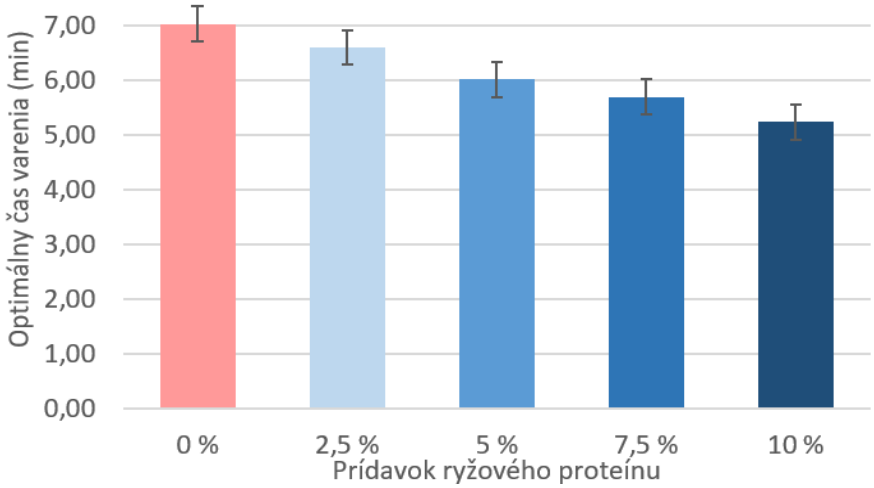
V práci bol sledovaný aj farebný rozdiel medzi štandardnými cestovinami a cestovinami s obsahom ryžového proteínu. Rozdiely vo vnímanej farbe možno analyticky klasifikovať ako veľmi výrazné ($\Delta E > 3$), výrazné ($1,5 < \Delta E < 3$) a malé ($1,5 < \Delta E$)[10]. Z výsledkov vyplynulo, že s aplikáciou ryžového proteínu sa v surových cestovinách zvýšil celkový farebný rozdiel a možno ho klasifikovať ako veľmi výrazný. Po uvarení boli zistené menšie hodnoty farebného rozdielu. Pri 2,5% obsahu ryžového proteínu bol malý, pri 5 a 7,5% obsahu ryžového proteínu bol rozdiel výrazný a pri 10% obsahu ryžového proteínu bol veľmi výrazný.

Kvalita cestovín počas varenia sa považuje za ich najdôležitejšiu vlastnosť. Optimálny čas varenia, straty varením, absorpcia vody, napučiavanie a textúra sú parametre, ktoré určujú práve kvalitu cestovín po varení[11].

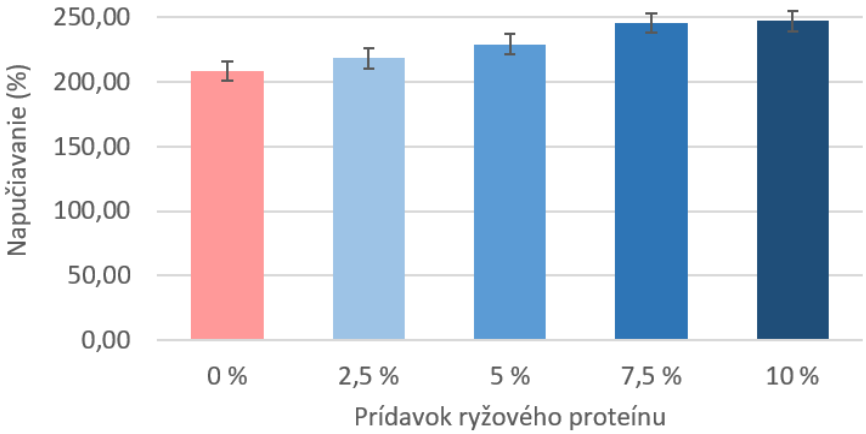
Optimálny čas varenia (Obr. 1) bol pre štandardné cestoviny bez pridaného proteínu 7,03 min. Z výsledkov vyplýva, že s prídavkom ryžového proteínu sa významne skrátil na 6,60 min (2,5 % ryžového proteínu) až 5,24 min (10 % ryžového proteínu). Podobný trend zaznamenali aj autori Detchewa *et al.*[12] pri výrobe ryžových bezlepkových špagiet s prídavkom ryžového proteínu. Skrátenie času potrebného na varenie sa pripisuje ľahšiemu prenikaniu vody do štruktúry cestovín, a to z dôvodu poréznejšieho povrchu cestovín obohatených proteínom.

Medzi sledované parametre patrila aj hodnota napučiavania cestovín (Obr. 2) a absorpcie vody (Obr. 3). Po uvarení mali štandardné cestoviny hodnotu napučiavania 208,17 % a po aplikácii ryžového proteínu sa hodnota zvýšila až na 247,1 % pre 10% prídavok proteínu. Podobný trend bol zaznamenaný aj pri absorpcii vody, kde bola pre štandardné cestoviny nameraná hodnota 156,04 % a s prídavkom proteínu sa zvýšila až na 176,51 % (10 % ryžového proteínu).

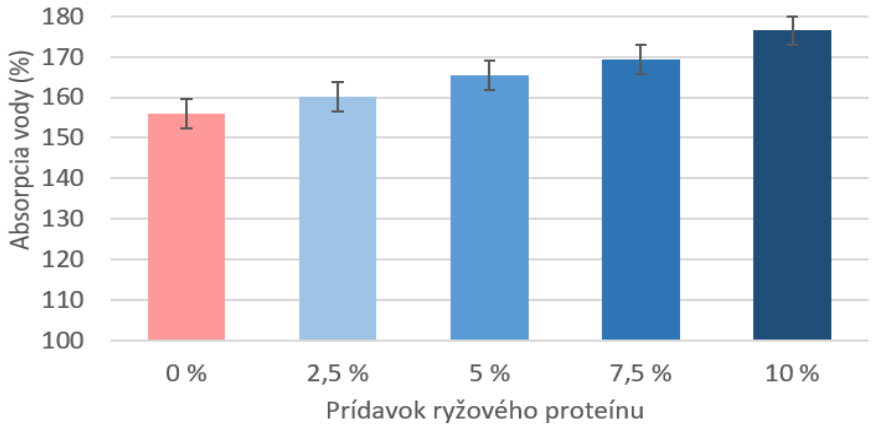
Zpět na seznam příspěvků



Obrázok 1 Optimálny čas varenia cestovín s rôznym prídavkom ryžového proteínu



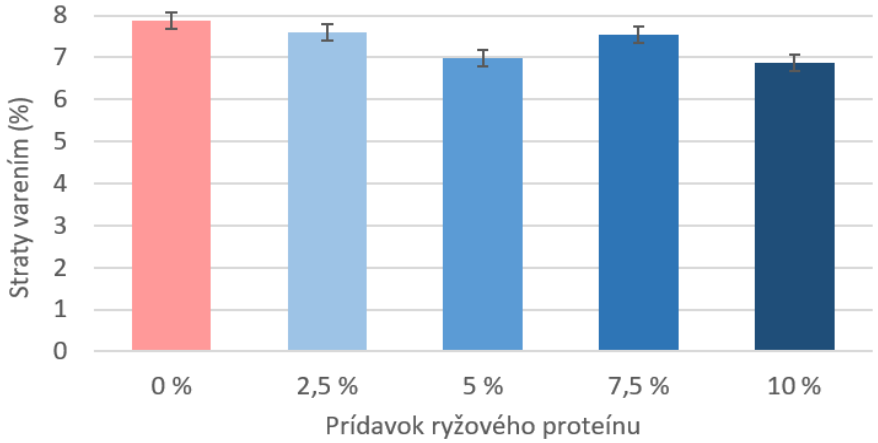
Obrázok 2 Napučiavanie cestovín s rôznym prídavkom ryžového proteínu



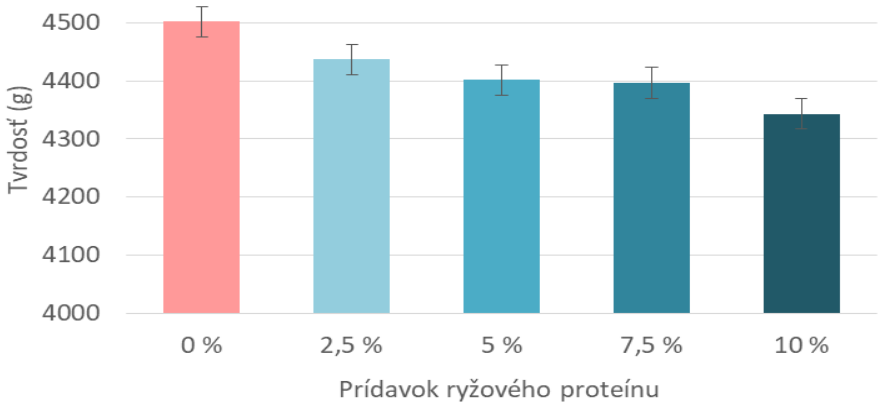
Obrázok 3 Absorpcia vody v cestovinách s rôznym prídavkom ryžového proteínu

Významným parametrom pri posudzovaní kvality cestovín sú straty varením (Obr. 4), ktoré predstavujú rozpustné časti škrobu, ale aj iné rozpustné zložky vrátane neškrobových polysacharidov, ktoré sa vylúhujú do vody a spôsobujú zakalenie a zahustenie vody, ktorá sa použila na varenie[13]. Nízke straty varením indikujú vysokú kvalitu cestovín. Cestoviny so stratami 6 % sa považujú za dobré, so stratami 8 % za priemerné a so stratami viac ako 10 % za cestoviny s nízkou kvalitou[8]. Straty varením boli pri štandardných cestovinách 7,87 %,

čo sa vo všeobecnosti považuje za prijateľnú hodnotu[8]. S prídavkom ryžového proteínu došlo k ich významnému poklesu. Cestoviny s 2,5% prídavkom ryžového proteínu mali straty varením 7,59 % a táto hodnota klesla až na 6,88 % pri 10% prídavku ryžového proteínu. Zníženie hodnoty strát varením po aplikácii ryžového proteínu do ryžových rezancov zaznamenali aj autori Kim *et al.*[14], a to z hodnoty 11,83 % (kontrolná vzorka) na 6,69 % (10 % ryžového proteínového izolátu).

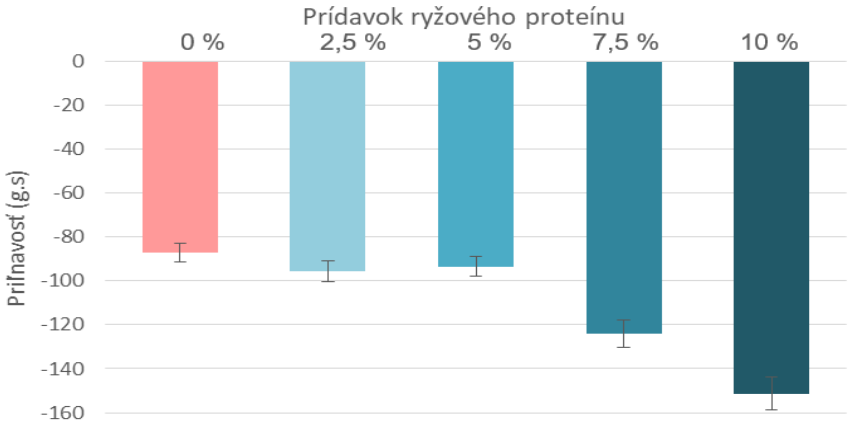


Obrázok 4 Straty varením pre cestoviny s rôznym prídavkom ryžového proteínu



Obrázok 5 Tvrdosť cestovín s rôznym prídavkom ryžového proteínu

Dosiahnuť takú textúru bezlepkových výrobkov, akú majú bežné pšeničné výrobky je veľmi náročné. Varené bezlepkové cestoviny sú často až príliš mäkké, menej pružné a problémom je ich zvýšená lepivosť[15]. Pri stanovení tvrdosti cestovín (Obr. 5) bez obsahu ryžového proteínu bola zaznamenaná hodnota 4501,98 g. Prídavok ryžového proteínu mal za následok zníženie tvrdosti cestovín, a to na hodnotu 4436,45 (2,5 % ryžového proteínu) až 4342,89 g (10 % ryžového proteínu). Slabá a nesúvislá proteínová matrica nachádzajúca sa v bezlepkových výrobkoch umožňuje vylúhovanie škrobu počas varenia, a to spôsobuje lepkavosť výsledných cestovín[15]. V prípade štandardu bola zistená hodnota priľnavosti -87,01 g.s (Obr. 6). Aplikáciou 7,5 a 10 % ryžového proteínu sa jej hodnota významne zvýšila, pričom cestoviny s 10% prídavkom proteínu mali v porovnaní so štandardom o približne 73 % vyššiu priľnavosť (-151,31 g.s).



Obrázok 6 Priľnavosť cestovín s rôznym prídavkom ryžového proteínu

Záver

V práci sa sledoval vplyv prídavku ryžového proteínu na kvalitatívne parametre cestovín. Po aplikácii 10 % ryžového proteínu boli cestoviny v porovnaní so štandardom významne tmavšie v surovom aj v uvarenom stave. Pri hodnotení kvality počas varenia sa zistilo, že s prídavkom proteínu sa významne skrátil optimálny čas varenia cestovín a zvýšila sa schopnosť napučiavať a absorbovať vodu. Ďalej sa zistilo, že prídavok ryžového proteínu znížil tvrdosť cestovín, avšak pri 2,5 % prídavku nebol tento pokles významný. Na základe nameraných údajov je vhodná aplikácia ryžového proteínu do cestovín do 5 %.

Poďakovanie

Práca bola finančne podporená grantom Slovenskej agentúry na podporu výskumu a vývoja APVV-24-0069.

Literatúra

1. Rai S., Kaur A., Chopra C. S., Front. Nutr., 2018, 5, 116.
2. Culetu A., Susman I. E., Duta D. E., Belc N., Appl. Sci., 2021, 11, 6283.
3. Wang N., Cui X., Duan Y., Yang S., Wang P., Saleh M. S. A., Xiao Z., Food Rev. Int., 2021, 39, 3578-3601.
4. Roy T., Singh A., Sari. T. P., Homroy S., J. Food Compos. Anal., 2023, 123, 105581.
5. Gao Y., Janes M. E., Chaiya B., Brennan M. A., Brennan Ch. S., Prinyawiwatkul W., Int. J. Food Sci. Technol., 2017, 53, 19-32.
6. Bolarinwa I. F., Oyesiji O. O., Heliyon, 2021, 7, e06052.
7. Kaur M., Singh N., Food Chem., 2005, 91, 403-411.
8. Phongthai S., D'amico S., Schoenlechner R., Homthawornchoo W., Rawdkuen S., LWT – Food Sci. Technol., 2017, 80, 378-385.
9. Wu D., Sun D., Trends Food Sci. Technol., 2013, 29, 5-20.
10. Pathare P. B., Opara U. L., Al – Said F. A., Food Bioprocess Technol., 2013, 6, 36-60.
11. Nilusha, R. A. T., Jayasinghe, J. M. J. K., Perera, O. D. A. N., Perera, P. I. P. Int. J. Food Sci., 2019, 1, 6750726.
12. Detchewa P., Prasajak P., Phungamngoen Ch., Sriwichai W., Naivikul O., Moongngarm A., LWT - Food Sci. Technol., 2022, 153, 112512.
13. Sant'Anna, V., Christiano, F. D. P., Marczak, L. D. F., Tessaro, I. C., Thys, R. C. S. (2014). LWT-Food Sci. Technol., 2014, 58, 497-501.
14. Kim Y., Kee J. I., Lee S., Yoo S. H., Food Chem., 2014, 145, 409-416.
15. Hager A. S., Zannini E., Arendt E. K., Cereal Foods World, 2012, 57, 225-22.

VYUŽITIE ŠOŠOVICOVÉHO BIELKOVINOVÉHO KONCENTRÁTU PRI VÝROBE CHLEBA

Minarovičová L., Lauková M., Kohajdová Z., Holkovičová T.

Oddelenie potravinárskej technológie, STU Bratislava, SK

Úvod

Bielkoviny sú základnou zložkou ľudskej výživy a nachádzajú sa v potravinách živočíšneho a rastlinného pôvodu[1]. V súčasnosti sa rastlinné bielkoviny čoraz častejšie využívajú ako cenovo dostupná a všestranná náhrada živočíšnych zdrojov v strave[2]. Strukoviny patria medzi výživovo hodnotné potraviny vďaka vysokému obsahu bielkovín a komplexných sacharidov, pričom zároveň obsahujú len malé množstvo tukov. Predstavujú tiež významný zdroj vitamínov, minerálnych a bioaktívnych látok s potenciálnym pozitívnym účinkom na prevenciu chronických ochorení[3]. Nahradenie pšeničnej múky múkou zo strukovín výrazne zlepšuje nutričné vlastnosti chleba zvýšením obsahu bielkovín, minerálnych látok a vlákniny[4]. Absencia lepku v strukovinovej múke však spôsobuje technologické problémy, preto je v prípade strukovín pri zvyšovaní obsahu bielkovín v pekárskych výrobkoch výhodnejšie využívať strukovinové bielkovinové koncentráty alebo izoláty s vysokým podielom bielkovín, ktoré sa pridajú len v malom množstve[5].

Experimentálna časť

Chemické zloženie (vlhkosť, popol, škrob, bielkoviny a tuk) surovín a pečených výrobkov boli stanovené pomocou oficiálnych AACC metód. Boli tiež stanovené funkčné vlastnosti pšeničnej a ražnej múky a šošovicového proteínu (schopnosť napučiavania, schopnosť zadržiavať vodu, schopnosť viazať vodu, schopnosť absorpcie tuku, objemová hmotnosť).



Obrázok 1 Chleby s prídavkom šošovicového proteínu (Š)

Boli pripravené chleby (Obr. 1) podľa modifikovanej receptúry autorov Bojňanská *et al.*[4]. Štandard sa pripravil z 250 g pšeničnej múky, 250 g ražnej múky, 10 g soli, 4,5 g cukru, 7 g

droždia, 15 g ražného kvásku a 390 g vody. Vo vzorkách chlebov s proteínom bola ražná múka nahradená šošovicovým bielkovinovým koncentrátom na úrovni 5, 10 a 15 %. Sypké suroviny sa navážili a postupne sa zmiešali s vodou v kuchynskom robote. Miesenie prebiehalo počas 4 minút pri nízkych otáčkach. Následne sa cesto dôkladne premiesilo ručne počas 5 minút a v miske sa umiestnilo do termostatu vytemperovaného na 35 °C kysnúť 1 hodinu. Po vykysnutí sa cesto ešte raz premiesilo ručne počas 5 minút, umiestnilo sa do formy na pečenie a nechalo sa ešte raz kysnúť 1 hodinu v termostate vytemperovanom na 35 °C. Po uplynutí doby kysnutia sa chlieb potrel vodou a vložil sa do zaparenej predhriatej rúry, kde sa piekol 15 minút pri teplote 220 °C. Potom sa teplota znížila na 190 °C a piekol sa ešte 30 minút. Po pečení sa chlieb opäť potrel vodou a nechal sa 2 hodiny vychladnúť. Kvalitatívne parametre chleba boli hodnotené po 2 hodinách od upečenia.

Bolo tiež uskutočnené senzorické hodnotenie pripravených chlebov. Hodnotitelia posudzovali parametre: vzhľad výrobku, farba, vôňa, tvrdosť, pórovitosť, pružnosť, lepivosť, žuteľnosť a chuť. Hodnotilo sa podľa 5-bodovej hedonickej stupnice, kde 5 – veľmi prijateľný, 4 – prijateľný, 3 – neutrálny, 2 – neprijateľný, 1 – veľmi neprijateľný. Následne sa vyhodnotila celková prijateľnosť výrobku v rozmedzí od 0 do 100 %.

Výsledky a diskusia

Chemické zloženie ovplyvňuje výživovú hodnotu i technologické správanie surovín počas spracovania. Základné chemické parametre stanovené v pšeničnej a ražnej múke a v šošovicovom proteíne sú uvedené v Tabuľke I.

Tabuľka I Chemické zloženie surovín

Parameter	Pšeničná múka	Ražná múka	Šošovicový proteín
Vlhkosť (%)	12,23 ± 0,01	9,17 ± 0,04	7,68 ± 0,02
Popol (%)	0,56 ± 0,01	1,11 ± 0,01	4,29 ± 0,06
Škrob (%)	61,37 ± 0,45	54,20 ± 0,18	11,57 ± 0,46
Tuky (%)	1,50 ± 0,00	0,82 ± 0,02	2,59 ± 0,00
Bielkoviny (%)	9,30 ± 0,40	8,84 ± 0,00	52,79 ± 0,44

Múka s obsahom vlhkosti nad 14,5 % vykazuje vyššiu náchylnosť na mikrobiálnu kontamináciu (plesne, baktérie) a infestáciu hmyzom, v dôsledku čoho dochádza k jej kvalitatívnemu znehodnoteniu v priebehu skladovania[6]. Najvyššiu vlhkosť mala pšeničná múka (12,23 %), ale i tá požiadavku mikrobiálnej bezpečnosti spĺňala. Vzhľadom na to, že bielkovinové koncentráty sú definované obsahom proteínov v rozsahu 35 – 80 %[7], aplikovaný šošovicový proteín klasifikujeme ako proteínový koncentrát (52,79 %). Koncentrácia minerálnych látok v ražnej múke (1,11 %) prevyšovala hodnoty namerané v pšeničnej múke (0,56 %), čo je v priamej korelácii s vyšším zastúpením obalových vrstiev zrna a nižším stupňom vymieľania suroviny. Rovnako v šošovicovom koncentráte bolo zastúpenie popola vyššie (4,29 %), čo poukazuje na prítomnosť minerálnych látok koncentrovaných v dôsledku aplikovaného technologického postupu.

Funkčné vlastnosti (Tab. II) sú fyzikálno-chemické charakteristiky potravín, ktoré vyplývajú z komplexných interakcií medzi ich štruktúrou, molekulárnym usporiadaním, zložením a vlastnosťami jednotlivých zložiek. Umožňujú predpovedať a presne posúdiť správanie jednotlivých komponentov, ako sú bielkoviny, tuky, sacharidy a vláknina, v rôznych potravinových systémoch, a zároveň overiť ich vhodnosť na čiastočnú alebo úplnú náhradu tradičných surovín[8].

Zpět na seznam příspěvků

Tabuľka II Funkčné vlastnosti surovín

Parameter	Pšeničná múka	Ražná múka	Šošovicový proteín
WHC (g/g)	1,77 ± 0,04	3,65 ± 0,00	4,40 ± 0,10
WRC (g/g)	1,15 ± 0,02	1,88 ± 0,03	2,78 ± 0,03
OAC (g/g)	1,21 ± 0,06	1,38 ± 0,00	1,69 ± 0,06
SC (cm^3/g)	2,11 ± 0,00	3,10 ± 0,10	3,11 ± 0,07
BD (g/cm^3)	0,80 ± 0,00	0,68 ± 0,01	0,49 ± 0,01

WHC - schopnosť viazať vodu, WRC - schopnosť zadržiavať vodu, OAC - schopnosť absorbovať olej, SC - schopnosť napučiavania, BD - objemová hmotnosť

Zatiaľ čo schopnosť viazať vodu (WHC) predstavuje množstvo vody fixovanej vzorkou v podmienkach bez pôsobenia vonkajších síl s výnimkou gravitácie a atmosférického tlaku, schopnosť zadržiavať vodu (WRC) definuje reziduálne množstvo vody, ktoré zostáva vo vzorke viazané po aplikácii externej sily, ako je mechanický tlak alebo centrifugácia[9]. Ražná múka (3,65 g/g) a šošovicový proteín (4,40 g/g) mali výrazne vyššiu WHC v porovnaní so pšeničnou múkou (1,77 g/g). Vysoký obsah vlákniny a hydrofilné funkčné skupiny prítomné v bielkovinách múky zvyšujú jej WHC. V šošovicovom proteíne bola zistená aj najvyššia WRC (2,78 g/g), zatiaľ čo najnižšiu hodnotu mala pšeničná múka (1,15 g/g). Vyššia hodnota WRC šošovicového proteínu je podmienená jeho poréznou štruktúrou a vyšším zastúpením vlákniny, ktorá vykazuje schopnosť retencie vody v kapilárnych priestoroch matrice aj po aplikácii exogénnych síl[11]. Schopnosť absorbovať olej (OAC) je dôležitou funkčnou vlastnosťou pri vývoji potravinárskych produktov, pretože zlepšuje vnímanie pocitu v ústach a zachovávanie chuti[12]. Najvyššiu hodnotu OAC mal šošovicový proteín (1,69 g/g). Na schopnosť bielkovinových koncentrátov absorbovať olej má vplyv obsah hydrofóbnych aminokyselín, ktoré interagujú s tukmi, čo vedie k absorpcii väčšieho množstva oleja[12]. Schopnosť napučiavania (SC) vyjadruje mieru napučiavania pri absorpcii vody, ktorá súvisí najmä s obsahom vlákniny. Najnižšiu hodnotu dosiahla pšeničná múka (2,11 cm^3/g), kým ražná múka (3,10 cm^3/g) a šošovicový proteín (3,11 cm^3/g) dosiahli porovnateľné hodnoty SC. Objemová hmotnosť (BD), definovaná ako funkcia hmotnosti a objemu, predstavuje kľúčový parameter pre optimalizáciu logistických procesov a manipulácie. Vyššia objemová hmotnosť je žiaduca, pretože poskytuje výhodu pri balení – väčšie množstvo suroviny môže byť zabalené v rovnakom objeme[13]. Pšeničná a ražná múka mali vyššiu BD ako šošovicový proteín, čo je spôsobené rôznou veľkosťou častíc, obsahom vlákniny a pórovitosťou.

Tabuľka III Chemické zloženie chlebov s prídavkom šošovicového proteínu

Vzorka	0 % Š	5 % Š	10 % Š	15 % Š
Vlhkosť (%)	47,56 ± 0,70	44,49 ± 0,21*	43,28 ± 0,30*	44,91 ± 0,09*
Popol (%)	1,98 ± 0,06	2,09 ± 0,00	2,20 ± 0,01	2,39 ± 0,02*
Škrob (%)	53,39 ± 0,25	50,22 ± 0,06*	49,84 ± 0,09*	48,57 ± 0,12*
Tuky (%)	0,76 ± 0,00	0,78 ± 0,00*	0,79 ± 0,03*	0,81 ± 0,02*
Bielkoviny (%)	7,99 ± 0,00	9,58 ± 0,00*	10,75 ± 0,43*	13,21 ± 0,44*

Š - šošovicový proteín, * označuje štatisticky významný rozdiel pri $p < 0,05$

Obsah bielkovín a škrobu (Tab. III) predstavujú hlavné rozdiely v chemickom zložení chlebov. Náhrada ražnej múky šošovicovým proteínom spôsobila zníženie obsahu škrobu jednotlivých chlebov. Pšenično-ražný chlieb (štandard) obsahoval 53,39 % škrobu, s prídavkom

Zpět na seznam příspěvků

šošovicového proteínu sa obsah významne znižoval v intervale od 50,22 do 48,57 %. Na druhej strane, prídavok šošovicového proteínu zapríčinil významný nárast obsahu bielkovín vo finálnych chlebocb, a to od 9,58 do 13,21 % v porovnaní so štandardom (7,99 %). V prípade obsahu popola a tukov v jednotlivých chlebocb je možné pozorovať len malé rozdiely. Obsah popola v prípade prídavku šošovicového proteínu zaznamenal mierny nárast, a to od 2,09 do 2,39 % v porovnaní so štandardom (1,98 %). Prídavok šošovicového proteínu taktiež spôsobil mierny nárast aj v obsahu tukov (od 0,78 do 0,81 %) v porovnaní so štandardom (0,76 %).

Tabuľka IV Kvalitatívne parametre chlebov s prídavkom šošovicového proteínu

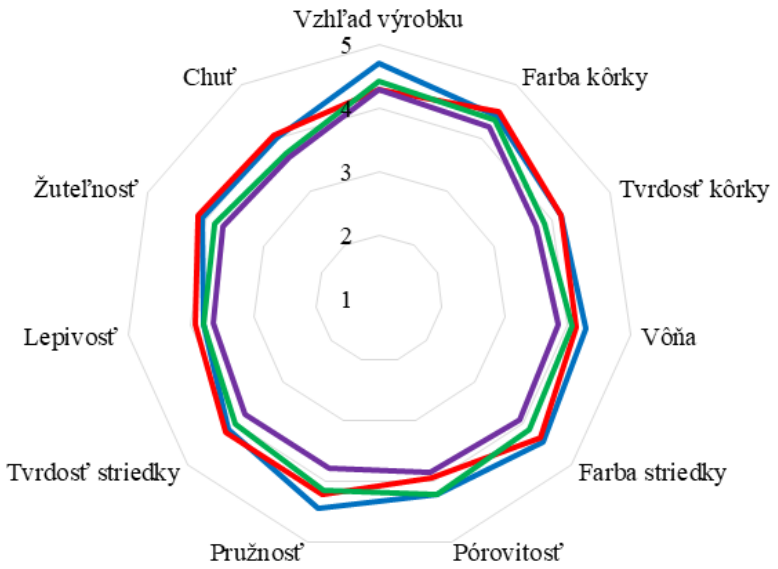
Vzorka	Objem (cm^3)	Špecifický objem (cm^3/g)	Klenutosť	Straty pečením (%)	Celková prijateľnosť (%)
Štandard	1577,5 ± 7,5	1,97 ± 0,00	0,85 ± 0,00	10,64 ± 0,42	82,50 ± 4,80
Š 5 %	1377,5 ± 2,5*	1,76 ± 0,02*	0,82 ± 0,00*	9,64 ± 0,38	82,86 ± 3,69
Š 10 %	1360,0 ± 0,0*	1,72 ± 0,01*	0,83 ± 0,00*	9,12 ± 0,24	79,29 ± 4,11
Š 15 %	1150,0 ± 0,0*	1,53 ± 0,01*	0,74 ± 0,00*	10,39 ± 0,20	78,93 ± 5,06

Š - šošovicový proteín, * označuje štatisticky významný rozdiel pri $p < 0,05$

Na základe získaných výsledkov je možné pozorovať, že prídavok šošovicového proteínu viedol k postupnému znižovaniu objemu chlebov v porovnaní so štandardom (Tab. IV). Pšenično-ražný chlieb použitý ako štandard dosiahol najvyšší objem (1577,5 cm^3), zatiaľ čo všetky vzorky s prídavkom proteínov mali významne nižšie hodnoty. Najnižší objem bol zaznamenaný pri 15% prídavku šošovicového proteínu, a to 1150,0 cm^3. Konečný objem chleba závisí od expanzie cesta počas fermentácie a pečenia, a od schopnosti matrice stabilizovať zadržaný plyn[4]. Prídavok proteínu významne znižoval aj špecifický objem chlebov v porovnaní so štandardom (1,97 cm^3/g). So zvyšujúcim sa podielom šošovicového proteínu dochádzalo k postupnému poklesu špecifického objemu, pričom 15% prídavok dosiahol najnižšiu hodnotu (1,53 cm^3/g). V štúdii Aider *et al.*[14] bol taktiež zaznamenaný pokles špecifického objemu pšeničných chlebov so zvyšujúcim sa prídavkom strukovinových bielkovinových koncentrátov. Nižší špecifický objem chlebov s prídavkami strukovinových proteínov, najmä pri vyšších množstvách, môže súvisieť s vyššou schopnosťou proteínov viazať vodu, čo mohlo znížiť tvorbu vodnej pary v ceste počas kysnutia. Vodná para spolu s CO_2 totiž predstavujú dva hlavné faktory ovplyvňujúce zväčšenie objemu cesta, a tým aj objem bochníka počas pečenia[14]. Hodnoty klenutosti chlebov ukazujú, že najvyššiu hodnotu dosiahol štandard (0,85). Prídavok proteínu znižoval hodnoty tohto parametra, pričom významný pokles bol zaznamenaný pri všetkých prídavkoch šošovicového proteínu (0,82 – 0,74). Najvyššie straty pečením spomedzi chlebov mal štandard, a to 10,64 %. Pri použití šošovicového proteínu boli straty pečením nižšie, čo môžeme pripísať vyššej schopnosti bielkovinového koncentrátu viazať vodu a tvorbe kompaktnejšej striedky, ktorá bráni rýchlemu odparovaniu vlhkosti počas pečenia.

Najvyššiu hodnotu celkovej prijateľnosti spomedzi všetkých chlebov dosiahol chlieb s 5% prídavkom šošovicového proteínu (82,86 %), a až za ním sa umiestnil štandard (82,50 %). Na druhej strane so zvyšujúcim sa množstvom proteínu celková prijateľnosť zo strany hodnotiteľov klesala. Najmenej prijateľný bol chlieb s prídavkom 15 % šošovicového proteínu (78,93 %).

Zpět na seznam příspěvků



Obrázok 2 Senzorické hodnotenie chlebov s prídavkom šošovicového proteínu (Š): štandart, 5% Š, 10% Š, 15% Š

Najlepšie hodnotený vzhľad výrobku a pórovitosť (Obr. 2) boli v prípade štandardu, pri chlebech s prídavkami proteínu dosiahol najvyššie hodnotenie chlieb s 10% prídavkom. Výsledky hodnotenia farby kôrky chlebov sa medzi sebou výrazne nelíšili. Pri tvrdosti kôrky však už boli pozorované rozdiely, najlepšie hodnotenie dosiahol štandard a chlieb s 5% prídavkom proteínu. So zvyšujúcim sa prídavkom proteínu sa hodnotenie tvrdosti kôrky zhoršovalo, rovnaké výsledky boli dosiahnuté aj pri hodnotení vôni, tvrdosti a farby striedky, pružnosti, lepivosti a žuteľnosti. Najlepšie hodnotenie chuti dosiahol chlieb s 5% prídavkom šošovicového proteínu, a až za ním sa umiestnil štandard, z čoho vyplýva, že nižšie prídavky proteínu mali pozitívny vplyv na chuť výrobku.

Záver

Na základe stanoveného obsahu bielkovín bol analyzovaný šošovicový proteín definovaný ako proteínový koncentrát. Náhrada časti ražnej múky šošovicovým proteínovým koncentrátom v optimálnej koncentrácii 5 % predstavuje efektívny spôsob obohatenia chleba o bielkoviny bez nežiaduceho narušenia jeho technologických a organoleptických vlastností.

Poďakovanie

Práca bola finančne podporená grantom Slovenskej agentúry na podporu výskumu a vývoja APVV–24-0069.

Literatúra

1. Hoffman, J. R., Falvo, M. J., J. Sport Sci. Med., 2004, 3, 118-130.
2. Sá, A. G. A., Moreno, Y. M. F., Carciofi, B. A. M., Trends Food Sci. Tech., 2020, 97, 170-184.
3. Martín-Cabrejas, M. A., Legumes: Nutritional Quality, Processing and Potential Health Benefits, 1st edition, Royal Society of Chemistry, 2019.
4. Bojňanská, T., Musilová, J., Vollmannová, A., Foods, 2021, 10, 1087.
5. Belc, N., Duta, D. E., Culetu, A., Stamatie, G. D., Appl. Sci., 2021, 11, 436.
6. Kalnina, S., Kince, T., Kunkulberga, D., Galoburda, R., Agron. Res., 2015, 13, 4, 948- 955.
7. Meganaharshini, M., Sudhakar, V., Bharathi, N. D., Deepak, S., Food Humanity, 2023, 1, 308-325.
8. Awuchi, C. G., Igwe, V. S., Echeta, C. K., Int. J. Adv. Acad. Res., 2019, 5, 139-1609.
9. Raghavendra, S. N., Rastogi, N. K., Raghavarao, K. S. M. S., Tharanathan, R. N., Eur.Food Res. Technol., 2004, 218, 563-567.
10. Kaur, P., Sandhu, K. S., Kaur, M., J. Food Meas. Charact., 2022, 16, 3977-3986.
11. Keskin, S. O., Ali, T. M., Ahmed, J., Shaikh, M., Siddiq, M., Uebersax, M. A., Legume Science, 2022, 4, e117.
12. Ruckmangathan, S., Ganapathyswamy, H., Sundararajan, A., Thiyagamoorthy, U., Green, R., Subramani, T., J. Food Process. Pres., 2022, 46, e17169.

Zpět na seznam příspěvků

13. David, O., Arthur, E., Kwadwo, S., Badu, E., Sakyi, P., Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol., 2015, 4, 753-758.
14. Aider, M., Sirois-Gosselin, M., Boye, J. I., J. Food Res., 2012, 1, 160.

CZECH JOURNAL OF FOOD SCIENCES - MEZINÁRODNÍ RECENZOVANÝ ČASOPIS S OTEVŘENÝM PŘÍSTUPEM

Náglová Z.

Czech Journal of Food Sciences, ČAZV Praha, CZ

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 - international open access peer-reviewed journal

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.

VESNOVKA OBECNÁ – BOHATÝ ZDROJ SULFORAFANU

Novotná P. (1), Vrchotová N. (2), Patloková K. (3), Kováříková E. (1), Ferby V. (3), Tříska J. (2), Houška M. (1), Pokluda R. (3)

(1) Odbor potravinářství, CARC, v. v. i., Praha, CZ
(2) Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i., Brno, CZ
(3) Zahradnická fakulta MU, Lednice, CZ

Úvod

Vesnovka obecná (*Cardaria draba* L.) je až půl metru vysoká, hluboko kořenící bylina s mnoha drobnými bílými květy. Je to druh z rodu vesnovka (*Cardaria* sp.). Někdy bývá považován za součást rodu řeřicha a je uváděn pod jménem *Lepidium draba* L. Vesnovka obecná vyhledává vysýchavé, na dusík a humus bohaté, kypré a dobře propustné půdy, snáší i zasolení. Roste na polích, v sadech, vinohradech a chmelnicích, druhotně vyrůstá na náspech okolo cest a železničních tratí, na navážkách, rumištích, kompostech, smetištních travnatých plochách a na jiných narušovaných stanovištích.

Cílem naší práce bylo získat přehled o obsahu sulforafanu (zdraví prospěšná látka) ve vesnovce, sklizené z několika lokalit České republiky, v lyofilizovaných vzorcích natě včetně květu.



Obrázek 1 Kvetoucí Vesnovka obecná

Experimentální část

Sklizeň vesnovky

Nať vesnovky byla sklizena v době plného květu z osluněných lokalit: České Budějovice (CEB), Moravany (MOR), Štěpánov-Benátky (STE), Lednice (LED) a Praha (PHA). Ihned po sklizni byly vzorky tří kvetoucích nadzemních částí umístěny do označených papírových sáčků a umístěny do termoboxů s vločkovým ledem. Vzorky byly následně lyofilizovány. Rozemletý lyofilizovaný materiál byl extrahován dichlormethanem a následně byly extrakty přečištěny

na SPE Si kolonkách. Vzorky byly analyzovány pomocí kapalinového chromatografu HP1050 (Hewlett-Packard, DE) na koloně C18(2), s mobilní fází acetonitril + voda + kyselina orto-fosforečná a byl stanoven obsah sulforafanu.

Příprava homogenátu z vesnovky

V lokalitě Praha byla sklizena vesnovka pro přípravu homogenátu. Vesnovka byla po sklizni opláchnuta pitnou vodou, osušena, odrhnuty listy a odstřižena květenství – viz Obr. 2. Směs listů a květů byla s přídavkem vody a vitamínu C rozmixována. Homogenát byl ošetřen vysokým tlakem a sáčky uloženy v chladu.



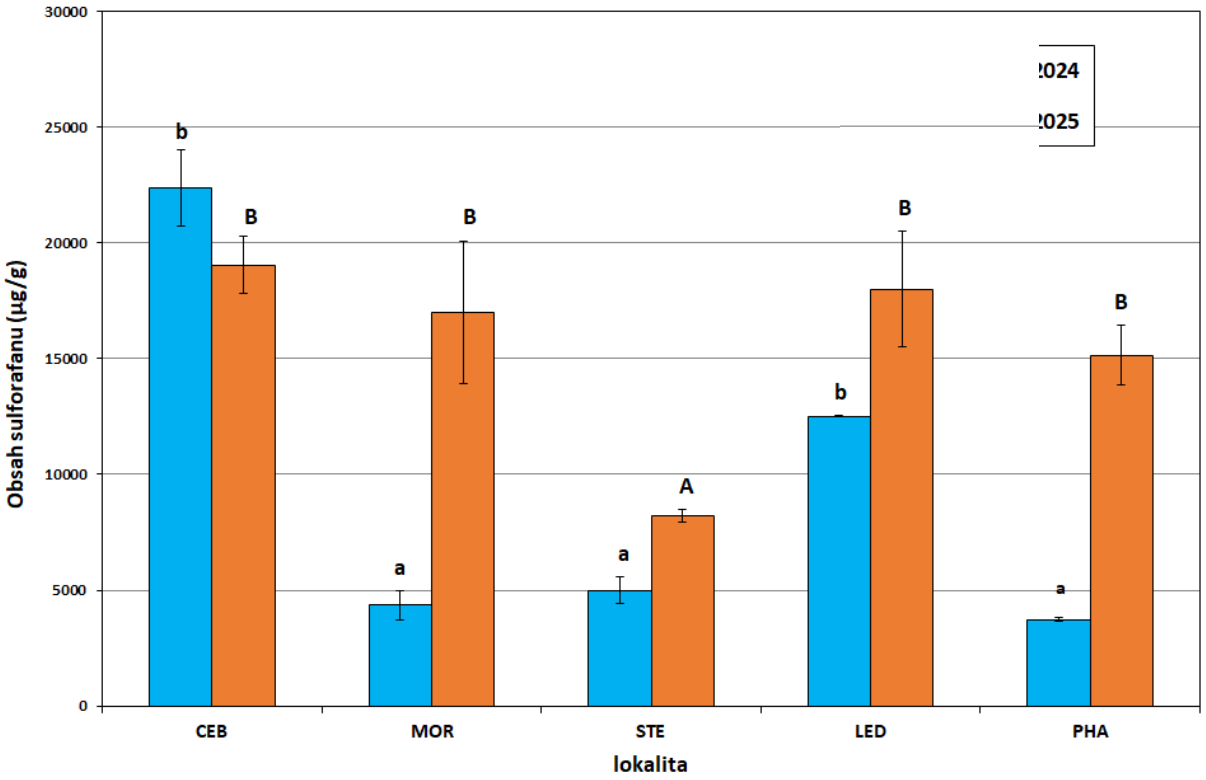
Obrázek 2 Zpracování vesnovky, příprava před homogenizací

Statistické zpracování údajů

Získaná data o obsahu sulforafanu byla testována programem QC Expert 3.1 (TriloByte Statistical Software, s.r.o., CZ) pro zjištění, zda data vykazují normální rozdělení. Dále byl použit stejný program pro jednofaktorovou analýzu dat s cílem testu vlivu lokality vždy pro daný rok. Dále byl proveden Studentův t-test, aby byly určeny rozdíly mezi skupinami v rámci jednotlivých let.

Výsledky

Obr. 3 prezentuje výsledky stanovení obsahu sulforafanu v lyofilizovaných vzorcích vesnovky z různých lokalit v letech 2024 a 2025. Sloupce reprezentují průměrné hodnoty a úsečky vyznačují jejich směrodatné odchylky.



Obrázek 3 Obsah sulforafanu v rostlinách pro jednotlivé lokality CEB - České Budějovice, MOR - Moravany, STE - Štěpánov-Benátky, LED - Lednice a PHA - Praha; ■ - 2024, ■ – 2025; malá písmena platí pro rok 2024 a velká písmena pro rok 2025. Stejná písmena u sloupců znamenají, že se výsledky statisticky neliší na hladině významnosti p=0,05

Nejnižší hodnoty pro rok 2024 byly zjištěny pro lokalitu Moravany, Štěpánov a Prahu. Nejvyšší hodnoty v roce 2024 vykázal vzorek z Českých Budějovic.

V roce 2025 vykázal nejnižší hodnotu vzorek ze Štěpánova. Ostatní vzorky měly statisticky významně vyšší hodnoty, a přitom se mezi sebou nelišily.

Vesnovka může být využita jako zdroj sulforafanu. Jednou z možných aplikací se jeví potraviny, ale je nutné vzít v potaz specifickou chuť vesnovky, která je štiplavě nahořklá. Jako vhodný se jeví přídavek do hořčice – viz Obr.4.



Obrázek 4 Vzorek hořčice s přídavkem homogenátu z vesnovky obecné

Závěr

Statistickými metodami bylo prokázáno normální rozdělení dat obsahu sulforafanu a statisticky průkazný vliv lokality v obou testovaných letech. Ve vzorcích vesnovky obecné byly během dvou po sobě jdoucích letech prokázány vysoké obsahy sulforafanu, což potvrzuje, že vesnovka obecná může být jeho významným zdrojem. Může být využita pro výrobu doplňků stravy nebo přímo potravin s obsahem sulforafanu, například hořčice.

Poděkování

Tato práce vznikla za podpory MZe a MŠMT ČR v rámci projektů QL24010115 a *projektu výzkumné infrastruktury METROFOOD-CZ*

INOVATÍVNE TECHNOLÓGIE BALENIA MÄSA A MÄSOVÝCH VÝROBKOV SO ZAMERANÍM NA INTELIGENTNÉ BALENIE

Pavelková A., Tkáčová J.

Ústav potravinárstva, SPU v Nitre, SK

Úvod

Mäso a mäsové výrobky patria z technologického aj nutričného hľadiska medzi potraviny s výrazne limitovanou trvanlivosťou. Ich zloženie, charakterizované vysokým obsahom vody, dostupných bielkovín a lipidov, vytvára priaznivé podmienky pre rast mikroorganizmov a zároveň podporuje oxidačné a enzymatické procesy. Tieto zmeny sa počas skladovania postupne akumulujú a vedú k zhoršeniu senzorických vlastností, ako aj k poklesu bezpečnosti produktu[1].

Z tohto dôvodu zohráva balenie kľúčovú úlohu pri udržiavaní kvality mäsa. Tradične je jeho funkcia vnímaná predovšetkým ako ochranná – obal má obmedziť kontakt produktu s vonkajším prostredím a spomaliť degradačné procesy. Takto koncipované systémy však fungujú najmä ako pasívna bariéra a ich účinnosť je úzko viazaná na dodržanie optimálnych podmienok skladovania[2]. V praxi to znamená, že obal sám o sebe neposkytuje informáciu o aktuálnom stave potraviny.

Kvalita mäsa sa preto často posudzuje nepriamo, najmä prostredníctvom dátumu spotreby. Tento parameter však vychádza z predpokladaných, nie vždy reálne dodržaných podmienok skladovania. V dôsledku toho môže dochádzať buď k predčasnému vyradeniu ešte vyhovujúcich potravín, alebo naopak k podceneniu rizika pri narušení chladiaceho reťazca[3]. Tento rozpor poukazuje na limitácie tradičných prístupov k hodnoteniu čerstvosti.

V posledných rokoch sa preto čoraz viac pozornosti sústreďuje na vývoj obalových systémov, ktoré presahujú rámec pasívnej ochrany. Aktívne balenie predstavuje jeden z prvých krokov týmto smerom, keďže umožňuje priamo ovplyvňovať vnútorné prostredie obalu, napríklad prostredníctvom absorpcie kyslíka, regulácie vlhkosti alebo uvoľňovania antimikrobiálnych látok[2]. Napriek tomu však tieto systémy neposkytujú informáciu o priebehu zmien v samotnom produkte.

Práve tento nedostatok viedol k rozvoju inteligentného balenia, ktorého cieľom nie je modifikovať prostredie, ale monitorovať stav potraviny. Tieto technológie využívajú rôzne typy indikátorov a senzorov schopných reagovať na zmeny spojené s procesmi kazenia, ako sú tvorba prchavých metabolitov, zmeny pH alebo zmeny v koncentrácii plynov[4]. V prípade mäsa majú osobitný význam najmä systémy zamerané na detekciu biogénnych amínov a ďalších nízkomolekulárnych zlúčenín vznikajúcich počas mikrobiálneho rozkladu[1, 5].

Z praktického hľadiska predstavuje inteligentné balenie významný posun v prístupe k hodnoteniu kvality potravín. Umožňuje získať informáciu o skutočnom stave produktu v reálnom čase, čo môže prispieť nielen k zvýšeniu bezpečnosti potravín, ale aj k efektívnejšiemu riadeniu distribúcie a znižovaniu potravinového odpadu[6]. Na druhej strane však jeho širšie uplatnenie zostáva podmienené viacerými faktormi, vrátane technologickej náročnosti, ekonomických nákladov a legislatívnych požiadaviek[4].

Cieľom tohto príspevku je preto zhrnúť súčasné poznatky o inovatívnych technológiách balenia mäsa a mäsových výrobkov so zameraním na inteligentné obalové systémy, pričom dôraz je kladený nielen na ich princípy fungovania, ale aj na ich praktickú využiteľnosť a limity v podmienkach potravinárskeho priemyslu.

Inovatívne spôsoby balenia mäsa a mäsových výrobkov

Balenie mäsa a mäsových výrobkov patrí medzi rozhodujúce faktory ovplyvňujúce ich kvalitu a bezpečnosť počas skladovania a distribúcie. Mäso ako biologický materiál podlieha komplexným degradačným procesom, ktoré zahŕňajú mikrobiálnu aktivitu, lipidovú oxidáciu

a enzymatické zmeny. Tieto procesy sa neprejavujú izolovane, ale navzájom sa ovplyvňujú, čo vedie k postupnému zhoršeniu senzorických aj nutričných vlastností produktu[1, 7].

Z technologického hľadiska preto nemožno obal vnímať len ako pasívny prvok, ale zohráva aktívnu úlohu v regulácii prostredia, v ktorom sa produkt nachádza. Tradičné obalové systémy však boli navrhované predovšetkým ako fyzikálna bariéra – ich cieľom bolo obmedziť kontamináciu, minimalizovať straty vody a spomaliť oxidačné procesy[2]. Hoci tento prístup zostáva základom balenia mäsa, jeho limity sa prejavujú najmä v situáciách, keď dochádza k odchýlkam od optimálnych podmienok skladovania.

Jedným z najrozšírenejších riešení je vákuové balenie, ktoré je založené na odstránení vzduchu z obalu. Redukcia kyslíka vedie k spomaleniu oxidačných reakcií a zároveň obmedzuje rast aeróbnych mikroorganizmov[2]. Tento systém sa ukazuje ako účinný najmä pri výrobkoch citlivých na oxidáciu, pričom prispieva k stabilizácii farby aj chuti. Na druhej strane však nie je univerzálne aplikovateľný. Pri niektorých druhoch mäsa môže viesť k nežiaducim zmenám farby alebo podporovať rast anaeróbnej mikroflóry, čo poukazuje na potrebu jeho selektívneho využitia.

Alternatívny prístup predstavuje balenie v modifikovanej atmosfére (MAP), ktoré umožňuje cielene upraviť zloženie plynov v obale. Oxid uhličitý má inhibičný účinok na mikroorganizmy, zatiaľ čo kyslík zohráva významnú úlohu pri stabilizácii farby mäsa prostredníctvom tvorby oxymyoglobínu[2, 5]. Dusík sa využíva ako inertný plyn na udržanie objemu obalu. Napriek širokému využitiu však ani MAP nepredstavuje univerzálne riešenie. Vyššie koncentrácie kyslíka môžu urýchľovať oxidáciu lipidov, čo sa negatívne odráža na kvalite produktu[8]. Zároveň tieto systémy nedokážu reagovať na zmeny počas distribúcie, napríklad pri prerušení chladiaceho reťazca.

Práve tieto obmedzenia viedli k rozvoju aktívneho balenia, ktoré predstavuje významný posun smerom k funkčným obalovým systémom. Na rozdiel od pasívnych materiálov dokážu tieto systémy cielene ovplyvňovať vnútorné prostredie obalu. Medzi najčastejšie využívané patria absorbéry kyslíka, regulátory oxidu uhličitého, systémy na kontrolu vlhkosti a antimikrobiálne materiály[8]. Ich účinnosť spočíva v schopnosti spomaliť procesy zodpovedné za znehodnotenie produktu, čím sa predlžuje jeho trvanlivosť.

Z praktického hľadiska však implementácia aktívnych systémov nie je bez problémov. Ich účinok môže byť závislý od typu produktu, koncentrácie aktívnych látok a podmienok skladovania. V niektorých prípadoch môže dôjsť aj k narušeniu mikrobiálnej rovnováhy, čo naznačuje, že ich aplikácia si vyžaduje dôkladnú optimalizáciu.

Osobitnú pozornosť si zaslúžia antimikrobiálne obaly, ktoré patria medzi najintenzívnejšie skúmané oblasti. Ich cieľom je priamo inhibovať rast mikroorganizmov na povrchu potraviny, čím sa predlžuje *lag* fáza ich rastu[8]. Tieto látky môžu byť aplikované ako povlak alebo inkorporované do obalového materiálu. Hoci výsledky experimentálnych štúdií naznačujú ich vysoký potenciál, ich praktické využitie je často limitované otázkami bezpečnosti, stability a legislatívnej akceptácie.

Významnú úlohu v súčasnom vývoji zohrávajú aj biopolymérne materiály, ktoré predstavujú environmentálne prijateľnejšiu alternatívu k tradičným plastom. Okrem zníženia ekologickej záťaže poskytujú vhodnú matricu pre inkorporáciu aktívnych látok, čím umožňujú kombinovať bariérové a funkčné vlastnosti obalu[4]. Zároveň sa ukazuje, že ich mechanické a bariérové vlastnosti možno vhodne modifikovať v závislosti od konkrétnej aplikácie.

Napriek výraznému technologickému pokroku však väčšina uvedených systémov zdieľa spoločné obmedzenie – neposkytujú informáciu o aktuálnom stave produktu. Ich funkcia spočíva predovšetkým v spomaľovaní degradačných procesov, nie v ich monitorovaní. V praxi to znamená, že hodnotenie kvality zostáva stále nepriamym procesom.

Táto skutočnosť poukazuje na potrebu ďalšieho vývoja obalových technológií smerom k systémom, ktoré budú schopné nielen chrániť, ale aj poskytovať informáciu o stave potraviny.

Práve tento aspekt predstavuje základný predpoklad pre rozvoj inteligentného balenia, ktoré sa v súčasnosti dostáva do centra vedeckého aj technologického záujmu.

Inteligentné balenie mäsa a mäsových výrobkov

Inteligentné balenie predstavuje logické pokračovanie vývoja obalových technológií smerom k systémom, ktoré neplnia len ochrannú funkciu, ale zároveň poskytujú informáciu o stave potraviny. Na rozdiel od aktívneho balenia, ktorého cieľom je modifikovať vnútorné prostredie obalu, inteligentné systémy fungujú predovšetkým ako nástroje monitorovania a signalizácie prebiehajúcich zmien[9, 10].

V prípade mäsa je takýto prístup mimoriadne opodstatnený. Proces kazenia má kontinuálny charakter a jednotlivé štádiá degradácie často nie sú jednoznačne identifikovateľné na základe senzorických znakov. Preto sa pozornosť sústreďuje na detekciu chemických a mikrobiálnych markerov, ktoré umožňujú zachytiť skoré fázy znehodnotenia. Medzi najvýznamnejšie patria biogénne amíny, prchavé organické zlúčeniny a zmeny pH, ktoré úzko súvisia s metabolickou aktivitou mikroorganizmov[1, 7].

Z praktického hľadiska však nejde len o samotnú detekciu týchto zmien. Rovnako dôležitá je aj interpretovateľnosť výsledkov. Systém, ktorý poskytuje presné, ale ťažko interpretovateľné údaje, má v reálnych podmienkach obmedzenú využiteľnosť. Ukazuje sa preto, že úspech inteligentného balenia je podmienený nielen citlivosťou senzorov, ale aj ich jednoduchosťou, spoľahlivosťou a schopnosťou integrácie do existujúcich obalových systémov[9].

Indikátory čerstvosti

Indikátory čerstvosti patria medzi najjednoduchšie a zároveň najviac rozšírené nástroje inteligentného balenia. Ich význam spočíva v tom, že nereagujú na čas skladovania, ale na konkrétne chemické zmeny prebiehajúce v potravine. V prípade mäsa ide najmä o produkty rozkladu bielkovín a lipidov, ako sú organické kyseliny, alkoholy a dusíkaté zlúčeniny[9, 11].

Za kľúčové markery sa považujú najmä biogénne amíny a celkový obsah prchavých zásaditých látok (TVB-N). Tieto zlúčeniny vznikajú v dôsledku mikrobiálnej degradácie proteínov a ich koncentrácia spravidla koreluje s pokročilosťou kazenia[1, 7]. Výhodou týchto systémov je ich relatívna jednoduchosť a možnosť priamej vizuálnej interpretácie, najčastejšie prostredníctvom farebnej zmeny.

V praxi dominujú najmä kolorimetrické indikátory založené na prírodných pigmentoch, ako sú antokyány. Ich odozva na zmeny pH umožňuje pomerne citlivú detekciu degradačných procesov. Na druhej strane však vykazujú citlivosť na svetlo, teplotu a vlhkosť, čo môže ovplyvniť ich spoľahlivosť[7], preto sú tieto systémy vhodnejšie skôr ako orientačný nástroj než ako presná kvantitatívna metóda hodnotenia kvality.

Mikrobiálne indikátory a biosenzory

Na rozdiel od indikátorov čerstvosti, ktoré reagujú na všeobecné chemické zmeny, mikrobiálne indikátory sa zameriavajú priamo na detekciu aktivity mikroorganizmov. Tento prístup je z vedeckého hľadiska atraktívny, keďže umožňuje zachytiť samotnú príčinu kazenia potraviny[11].

Biosenzory sú založené na špecifických reakciách medzi analyzovanou látkou a biologickým rozpoznávacím prvkom, napríklad enzýmom alebo protilátkou. V experimentálnych podmienkach vykazujú vysokú citlivosť a špecificitu, pričom niektoré štúdie naznačujú, že môžu byť presnejšie než tradičné mikrobiologické metódy[12].

Napriek tomu ich praktické využitie zostáva obmedzené. Hlavnými problémami sú technologická náročnosť, vyššie náklady a obmedzená stabilita biologických komponentov. Zároveň je potrebné zohľadniť aj variabilitu mikroflóry medzi rôznymi druhmi mäsa, čo komplikuje vývoj univerzálnych riešení[3], preto sú zatiaľ skôr predmetom výskumu než bežnej komerčnej aplikácie.

Zpět na seznam příspěvků

Indikátory plynov a chemické senzory

Významnú skupinu inteligentných systémov predstavujú senzory založené na detekcii plynov vznikajúcich počas kazenia. Pri mäse ide najmä o oxid uhličitý, amoniak, sírovodík a rôzne prchavé organické zlúčeniny, ktoré odrážajú mikrobiálnu aktivitu a chemické zmeny v produkte[1, 9].

Výhodou týchto systémov je ich relatívne vysoká presnosť a možnosť kvantifikácie zmien. Moderné senzory využívajú rôzne princípy, vrátane elektrochemických, optických alebo polovodičových mechanizmov, pričom niektoré sú schopné reagovať už na veľmi nízke koncentrácie[7].

Na druhej strane však ich použitie má určité praktické limity. Integrácia do obalového materiálu môže byť technologicky náročná a často si vyžaduje kompromis medzi citlivosťou a robustnosťou systému. Okrem toho môže byť interpretácia výsledkov menej intuitívna než pri farebných indikátoroch, čo obmedzuje ich využitie v spotrebiteľskej praxi.

Časovo-teplotné indikátory (TTI)

Špecifickú skupinu predstavujú časovo-teplotné indikátory, ktoré nereagujú priamo na procesy kazenia, ale na podmienky, ktoré ich ovplyvňujú. Ich princíp je založený na chemických alebo enzymatických reakciách závislých od teploty, pričom výsledkom je vizuálna alebo merateľná zmena[5, 11].

TTI indikátory poskytujú cennú informáciu o teplotnej histórii produktu, čo je kľúčové najmä pri kontrole chladiaceho reťazca. Experimentálne štúdie naznačujú, že ich odozva môže korelovať s mikrobiologickou stabilitou mäsa[13]. Napriek tomu však ide o nepriamy ukazovateľ kvality, keďže neodzrkadľuje skutočný stav produktu, ale len podmienky, ktorým bol vystavený.

Digitálne technológie a inteligentné systémy

V posledných rokoch sa inteligentné balenie čoraz viac prepája s digitálnymi technológiami, najmä systémami rádiofrekvenčnej identifikácie (RFID) a internetom vecí (Internet of Things - IoT). Tieto riešenia umožňujú nielen sledovanie pohybu produktu, ale aj zber a prenos dát o podmienkach skladovania v reálnom čase[11, 7].

Ich potenciál spočíva najmä v oblasti traceability (vysledovateľnosti) a optimalizácie logistických procesov. V kombinácii so senzormi môžu tieto systémy poskytovať komplexný obraz o stave produktu počas celého distribučného reťazca.

Napriek tomu zostáva ich širšie uplatnenie limitované ekonomickými faktormi. Náklady na implementáciu a potreba technologickej infraštruktúry predstavujú významnú bariéru, najmä pri produktoch s nižšou pridanou hodnotou.

Tabuľka I Prehľad inteligentných obalových systémov používaných pri balení mäsa a mäsových výrobkov

Typ systému	Monitorovaný parameter	Princíp fungovania	Príklady aplikácie	Výhody	Limity	Ref.
Indikátory čerstvosti	pH, TVB-N, biogénne amíny	Kolorimetrická zmena farby (prírodné pigmenty, syntetické indikátory)	Mäso (hovädzie, bravčové, hydina), ryby	Jednoduchá vizuálna interpretácia, nízke náklady	Citlivosť na svetlo a vlhkosť, nižšia presnosť v skorých štádiách kazenia	1, 7, 11
Mikrobiálne indikátory / biosenzory	Metabolity mikroorganizmov, patogény	Enzymatické reakcie, antigén–protilátka, mikrobiálne senzory	Detekcia *Salmonella*, *E. coli*, spoilage mikroflóry	Vysoká špecificita, možnosť včasnej detekcie	Technologická náročnosť, vyššie náklady	3, 10, 12
Indikátory plynov / senzory	CO_2, NH_3, VOC, H_2S	Chemické, elektrochemické alebo optické senzory	MAP balenia mäsa, hydiny, rýb	Vysoká presnosť, možnosť kvantifikácie	Komplexná integrácia, vyššia cena	1, 7, 8
Časovo-teplotné indikátory (TTI)	Teplota a čas	Chemické, enzymatické alebo difúzne reakcie	Monitorovanie chladiaceho reťazca (mäso, hydina)	Jednoduchosť, praktická aplikácia v logistike	Nepriama informácia o kvalite	10, 13, 14
Digitálne technológie (RFID, IoT)	Teplota, vlhkosť, logistické údaje	Bezdrôtová identifikácia a prenos dát	Sledovanie distribučného reťazca	Traceability, real-time monitoring	Náklady, technologická náročnosť	7, 10
Hybridné systémy	Kombinované (chemické + fyzikálne)	Integrácia viacerých senzorov a indikátorov	Smart packaging kombinujúci TTI + indikátory čerstvosti	Komplexné hodnotenie kvality	Zložitosť systému, cena	1, 5

Limity a perspektívy inteligentného balenia mäsa a mäsových výrobkov

Napriek dynamickému rozvoju inteligentného balenia a rastúcemu počtu experimentálnych štúdií (Tab. I) zostáva jeho širšie uplatnenie v praxi relatívne obmedzené. Tento rozpor medzi vedeckým potenciálom a reálnou implementáciou naznačuje, že technologická vyspelosť samotných systémov nie je jediným faktorom určujúcim ich úspech. V praxi sa ukazuje, že rozhodujúcu úlohu zohráva kombinácia technických, ekonomických a legislatívnych aspektov, ktoré je potrebné posudzovať komplexne[4, 10].

Jedným z kľúčových problémov je stabilita a spoľahlivosť senzorových materiálov. Najmä kolorimetrické indikátory založené na prírodných pigmentoch vykazujú citlivosť na externé faktory, ako sú svetlo, teplota či vlhkosť. Tieto vplyvy môžu viesť k zmene signálu nezávisle od skutočného stavu potraviny, čo znižuje presnosť interpretácie výsledkov[7]. Z tohto pohľadu sa ukazuje, že laboratórne validované systémy nemusia vždy dosahovať rovnakú spoľahlivosť v reálnych podmienkach distribučného reťazca.

S tým úzko súvisí aj otázka selektivity a interpretácie meraných parametrov. Mnohé senzory reagujú na prítomnosť prchavých metabolitov, ktoré síce korelujú s procesmi kazenia, avšak ich vznik môže byť ovplyvnený viacerými faktormi, vrátane typu suroviny alebo technologického

Zpět na seznam příspěvků

spracovania. V dôsledku toho nemusí byť odozva senzora jednoznačne viazaná na konkrétny stupeň degradácie[9]. Tento aspekt poukazuje na potrebu lepšieho pochopenia vzťahov medzi chemickými markermi a reálnou kvalitou potraviny.

Významnou výzvou zostáva aj integrácia inteligentných prvkov do obalových materiálov. Implementácia senzorov nesmie negatívne ovplyvniť mechanické, bariérové ani hygienické vlastnosti obalu, čo v praxi predstavuje technologicky náročný kompromis[8]. Tento problém je ešte výraznejší pri komplexnejších systémoch, ako sú biosenzory alebo elektronické komponenty, ktorých začlenenie do obalovej štruktúry môže byť limitované výrobnými procesmi aj nákladmi.

Ekonomické faktory zohrávajú pri zavádzaní inteligentného balenia zásadnú úlohu. V porovnaní s konvenčnými obalmi sú tieto systémy spravidla drahšie, čo obmedzuje ich využitie najmä pri produktoch s nižšou pridanou hodnotou[5]. Z praktického hľadiska sa preto častejšie uplatňujú jednoduchšie riešenia, ako sú farebné indikátory alebo časovo-teplotné systémy, ktoré predstavujú kompromis medzi funkčnosťou a cenou.

Nemenej dôležitým aspektom je legislatívne prostredie a akceptácia zo strany spotrebiteľov. Inteligentné obaly určené na kontakt s potravinami musia spĺňať prísne bezpečnostné požiadavky, čo môže spomaľovať ich zavádzanie do praxe. Zároveň sa ukazuje, že dôvera spotrebiteľov v nové technológie nie je samozrejmá, najmä ak je princíp ich fungovania málo zrozumiteľný. Interpretovateľnosť výstupu a spôsob komunikácie informácií preto zohrávajú významnú úlohu pri ich akceptácii.

Napriek uvedeným limitom zostáva potenciál inteligentného balenia značný. Jedným z najvýraznejších trendov je vývoj hybridných systémov, ktoré kombinujú viacero detekčných princípov do jedného riešenia. Integrácia farebných indikátorov, plynových senzorov a digitálnych technológií umožňuje komplexnejšie hodnotenie kvality produktu a zároveň zvyšuje spoľahlivosť systému[7, 10].

Perspektívnym smerom je aj využitie pokročilých materiálov a nanotechnológií. Senzory založené na nanokompozitoch alebo vodivých polyméroch vykazujú vyššiu citlivosť a rýchlejšiu odozvu, čo umožňuje detekciu skorých štádií kazenia. Súčasne sa rozvíjajú biosenzory schopné selektívne identifikovať konkrétne patogény alebo toxíny, čo predstavuje významný krok smerom k zvýšeniu bezpečnosti potravín.

Významnú úlohu môže v budúcnosti zohrávať aj prepojenie inteligentného balenia s digitálnymi technológiami a analýzou dát. Kombinácia senzorov, RFID systémov a algoritmov strojového učenia otvára možnosti nielen pre monitorovanie, ale aj pre predikciu kvality potravín počas distribúcie. Takýto prístup môže prispieť k optimalizácii logistických procesov a k redukcii potravinového odpadu.

Z pohľadu praktickej aplikácie sa však ukazuje, že rozhodujúci nebude len technologický pokrok, ale najmä schopnosť vyvinúť riešenia, ktoré budú dostatočne presné, ekonomicky dostupné a zároveň jednoducho interpretovateľné. Práve kombinácia týchto faktorov bude určovať mieru ich reálneho uplatnenia v potravinárskej praxi.

Záver

Inteligentné balenie predstavuje významný posun v prístupe k uchovávaniu mäsa a mäsových výrobkov, keďže rozširuje funkciu obalu z pasívnej ochrany na aktívne monitorovanie kvality. Z dostupných poznatkov vyplýva, že jednotlivé typy systémov – od jednoduchých indikátorov čerstvosti až po komplexné senzorové a digitálne riešenia – sa výrazne líšia z hľadiska presnosti, technickej náročnosti aj praktickej využiteľnosti. Ukazuje sa, že žiadny z týchto prístupov neposkytuje samostatne dostatočne komplexnú informáciu o stave produktu. Z tohto dôvodu sa ako perspektívny smer javí vývoj hybridných systémov, ktoré kombinujú viacero detekčných princípov a umožňujú spoľahlivejšie hodnotenie kvality mäsa v reálnych podmienkach. Napriek technologickému pokroku však implementácia inteligentného balenia zostáva limitovaná viacerými faktormi. Okrem stability senzorových materiálov ide najmä o ekonomické náklady, náročnosť integrácie do obalových systémov a požiadavky vyplývajúce z legislatívy. V praxi

Zpět na seznam příspěvků

sa preto presadzujú skôr jednoduchšie riešenia, ktoré predstavujú kompromis medzi funkčnosťou a cenou. Z dlhodobého hľadiska možno očakávať, že ďalší vývoj bude smerovať k prepojeniu inteligentného balenia s digitálnymi technológiami, čo umožní presnejšie monitorovanie aj predikciu zmien kvality potravín. Rozhodujúcim faktorom však nebude len technologická úroveň riešení, ale najmä ich praktická využiteľnosť, ekonomická dostupnosť a schopnosť poskytovať zrozumiteľnú informáciu pre používateľa.

Poďakovanie

Príspevok vznikol s podporou grantového projektu KEGA č. 016SPU-4/2025.

Literatúra

1. Ahmed I., Lin H., Zou L., Li Z., Brody A. L., Qazi I. M., Food Control, 2018, 82, 163–178.
2. Kerry J. P., O'Grady M. N., Hogan S. A., Meat Sci., 2006, 74, 113–130.
3. Nami Y., Haghshenas B., Khosroushahi A. Y., Trends Food Sci. Technol., 2024, 143, 104255.
4. Drago E., Campardelli R., Pettinato M., Perego P., Foods, 2020, 9, 1628.
5. Mohebi E., Marquez L., J. Food Sci. Technol., 2014, 51, 3946–3954.
6. Osmólska I., Szymanowska D., Kołożyn-Krajewska D., Sustainability, 2022, 14, 2137.
7. Zhang X., Liu Y., Chen H., Wang S., Sensors, 2025, 25, 1456.
8. O'Grady M. N., Kerry J. P., In: Kerry J., Ledward D., Eds.: Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat, Woodhead Publ., 2008, 425–451.
9. Yam K. L., Takhistov P. T., Miltz J., J. Food Sci., 2005, 70, R1–R10.
10. Khodaei D., Hamidi-Esfahani Z., Rahmati E., Food Packag. Shelf Life, 2023, 36, 101071.
11. Smolander M., In: Kerry J., Butler D., Eds.: Smart packaging technologies for fast moving consumer goods, Wiley, 2008, 111–127.
12. Yano Y., Yokoyama K., Tsuji T., Aoyama M., J. Food Sci., 2001, 66, 404–409.
13. Chun H. H., Kim J. Y., Song K. B., Food Control, 2013, 32, 171–176.
14. Albrecht A., Hebel M., Heinemann C., Herbert U., Miskel D., Sareban M., Stahl W., Food Control, 2019, 96, 209–217.

KOMPLEXNÍ SROVNÁNÍ KVALITY A BIOLOGICKÉ AKTIVITY INOVATIVNÍCH BYLINNÝCH CUKROVINEK A KOMERČNÍCH PRODUKTŮ

Rychetský M., Vítová E.

Ústav chemie potravin a biotechnologií, FCH VUT Brno, CZ

V posledních letech roste zájem o funkční potraviny, včetně cukrovinek, které kombinují atraktivní senzorické vlastnosti s pozitivním vlivem na zdraví. Běžně dostupné bylinné produkty však často obsahují vysoký podíl přidaného cukru a pouze zanedbatelné množství bioaktivních látek.

Tato studie se zaměřuje na vývoj a komplexní srovnání inovativních želatinových cukrovinek, které jsou obohaceny o blahodárné extrakty z tužebníku jilmového (*Filipendula ulmaria*) a měsíčku lékařského (*Calendula officinalis*). Pro dosažení optimálního nutričního profilu bylo k jejich slazení využito alternativní sladidlo. Tyto nově formulované vzorky byly následně detailně porovnány s běžnými bylinnými cukrovinkami dostupnými na tržní síti. Hodnocení kvality probíhalo na základě analýzy texturního profilu, kde se sledovala tvrdost, žvýkavost a pružnost. Z chemického hlediska byl kladen důraz na stanovení antioxidační účinnosti, celkového obsahu fenolických látek a hladiny vitaminu C. Součástí studie bylo rovněž testování antimikrobiální účinnosti a komplexní senzorické zhodnocení. Výsledky prokazatelně potvrdily, že vyvinuté cukrovinky dosahují ve všech měřených parametrech jednoznačně lepších hodnot.

Oproti komerčním produktům vykazovaly signifikantně vyšší antioxidační aktivitu, bohatší zastoupení fenolických látek i vitaminu C, a zároveň zásadně nižší obsah cukrů. Zatímco obohacené bonbony demonstrovaly znatelný antimikrobiální účinek, komerční vzorky v tomto ohledu selhávaly a jejich účinnost byla jen velmi slabá. Senzorická analýza navíc ukázala, že aplikace alternativního sladidla a rostlinných extraktů nijak nenarušuje výslednou chuť ani celkovou přijatelnost produktu. Závěrem lze konstatovat, že tyto inovativní funkční cukrovinky představují nutričně i biologicky hodnotnější volbu, která si zachovává plnou konkurenceschopnost s tradičními tržními produkty.

Comprehensive comparison of quality and biological activity of innovative herbal confectionery and commercial products

In recent years, there has been a growing interest in functional foods, including confectionery, that successfully combine appealing sensory characteristics with health-promoting properties. However, commercially available herbal products typically contain a high proportion of added sugar and only negligible amounts of bioactive compounds.

This study aims to develop and comprehensively evaluate innovative gelatin-based confectionery enriched with beneficial extracts of meadowsweet (*Filipendula ulmaria*) and marigold (*Calendula officinalis*). To achieve an optimal nutritional profile, an alternative sweetener was utilized in their formulation. These newly developed samples were then thoroughly compared against common commercial herbal candies available on the market. Quality assessment was conducted based on texture profile analysis, focusing on hardness, chewiness, and springiness. From a chemical perspective, emphasis was placed on determining antioxidant capacity, total phenolic content, and vitamin C levels. The study also included testing of antimicrobial efficacy and a comprehensive sensory evaluation. The results clearly confirmed that the formulated confectionery achieved undeniably superior values across all measured parameters.

Compared to commercial products, they exhibited significantly higher antioxidant activity, a richer presence of phenolic compounds and vitamin C, alongside a substantially reduced sugar content. While the enriched candies demonstrated a noticeable antimicrobial effect, the commercial samples failed in this regard, showing only very weak efficacy. Furthermore, sensory analysis revealed that the application of the alternative sweetener and plant extracts does not disrupt the final taste or overall acceptability of the product. In conclusion, these innovative functional confectioneries represent a nutritionally and biologically superior alternative that maintains full competitiveness with traditional market products.

VISKOZIMETR RAPID VISCO ANALYSER A PROFIL WHEAT FLOUR ETHANOL METHOD – PREDIKCE PEKAŘSKÉ KVALITY ŠKROBO-AMYLASOVÉHO KOMPLEXU A LEPKOVÝCH BÍLKOVIN

Švec I. (1), Sedláček T. (2), Horčička P. (2)

(1) Ústav sacharidů a cereálií, VŠCHT Praha, CZ
(2) Výzkumné centrum SELTON, s.r.o., Sibřina, CZ

Úvod

V době neolitické revoluce před řádově 12 tis. lety byly poprvé domestikovány některé obiloviny, divoký ječmen a dva druhy pšenice – jednozrnka a dvouzrnka[1] společně s luštěninami a lnem. Divoký ječmen se vyznačuje vysokou odolností vůči suchu, nízkým teplotám a tolerancí k zasolené půdě; v éře stavby velkých egyptských pyramid byl využíván pro výrobu piva, zatímco pšenice dvouzrnka pro velkoobjemovou ruční výrobu chleba. Cílené šlechtění pšenice (a rovněž kukuřice) pro nejrůznější klimatické podmínky bylo zahájeno ke konci druhé světové války v Mexiku. Obě obiloviny se původně totiž vyznačovaly fotoperiodicitou (citlivostí na délku dne), tedy dozráváním jen za dané délky slunečního osvitu; ta se liší v jednotlivých klimatických pásmech a nadmořských výškách. Střídavým pěstováním stejných šlechtitelských linií v nížinné polopoušti s krátkými dny v zimním období a v chladné, na srážky bohaté vysokohorské oblasti s dlouhými letními dny (tzv. kyvadlovým šlechtěním) byly vytvořeny velmi odolné odrůdy. V roce 1966 byla v Mexiku následně založena organizace CIMMYT (Mezinárodní centrum pro zlepšování kukuřice a pšenice), která v současnosti patří mezi „*top-five*“ zemědělských organizací zabývajících se aktuálními výzvami současného světa – bojem s klimatickými změnami a novými chorobami, uchováním biodiverzity a potravinovou bezpečností[2].

V tomto směru pšenice indická kulatozrnná (*Triticum sphaerococcum* Percival), endemit v Indii a Pákistánu, představuje cenný genetický zdroj z hlediska vysokého obsahu bílkovin (15-19 %)[3]. Charakter škrobu tohoto botanického druhu je standardní, tedy s obsahem přibližně 25 % amylosy a 75 % amylopektinu. V současnosti existují i tzv. waxy (voskové) linie pšenice seté (*Triticum aestivum* L.), v jejichž škrobu je amylóza zastoupena minimálně, či zcela chybí (3-0 %). Tyto odrůdy byly vyšlechtěny pro výrobu tradičních asijských nudlí s typickou gumovitou texturou (*chewy noodles*), ale uplatnění nacházejí také pro vysokou pekařskou vaznost vody a výtěžnost těst z těchto hladkých mouk, případně pro stabilitu textury vytvarovaných vykynutých klonků těsta a předpečeného pečiva při zmrazování. Další technologickou výhodou vysokoamylopektinových pšeničných mouk je podpora pórovitosti střídy (srovnatelná s hydrokoloidy, např. psylliem) a rovněž prodloužení čerstvosti pekařských výrobků (efekt prodloužené čerstvosti – zpomalené retrogradace škrobu). V širším potravinářském kontextu lze použitím waxy mouky nahradit chemicky modifikované škroby z kategorie zahušťovadel (E1400 – E1450) čistě přírodní variantou. Waxy pšenice tedy představuje relativně novou, kvalitativně zcela odlišnou třídu pekařské suroviny a cílem této práce bylo specifikovat její reologické chování ve směsích s konvenční pšeničnou moukou.

Standardní viskozimetrické stanovení na přístroji Rapid Visco Analyser (RVA), prováděné ve vodné suspenzi mouky, odráží primárně vlastnosti škrobového komplexu a aktivitu amylolytických enzymů. Pro komplexní predikci pekařské kvality, jež zahrnuje i stav lepkových bílkovin, je však běžný profil nedostačující, což platí obzvláště pro waxy linie vykazující extrémní rychlost bobtnání amylopektinu. Z tohoto důvodu byla v předkládané práci využita specifická, kombinovaná metodika *Wheat Flour Ethanol Method* (RVA Method 24-4: 2010). Přítomnost ethanolu v suspenzi slouží jako reologický modifikátor, který selektivně potlačuje a oddaluje želatinizaci škrobu, čímž posouvá teplotu mazovatění do vyšších hodnot. Zároveň ve vodném prostředí ethanol stíní hydrofobní centra bílkovin před denaturací a následným slepením.

V případě gliadinů dochází díky změně dielektrické hodnoty rozpouštědla k částečné solvataci této frakce lepkových bílkovin a k zabránění jejich předčasné tepelné koagulace. Tento posun vytváří ve druhé fázi zkoušky prostor pro hydrataci a termální agregaci gliadinové a gluteninové frakce a pro celkové projevení viskoelastických vlastností bílkovinného komplexu. V rámci jednoho měření tak výsledný RVA záznam poskytuje synchronní informaci o chování obou majoritních biopolymerních struktur pšeničné mouky. V pilotním testování byla na modelových vzorcích pšeničného A-škrobu, B-škrobu a vitálního lepku nejprve rozlišena viskozitní maxima pro polysacharidy a lepkové bílkoviny[4]. V druhém kroku byly na souboru odrůd špaldy a ozimé pšenice prokázány těsné korelace viskozitních parametrů uvedeného WFEM profilu s tradičním číslem poklesu a s jeho RVA alternativou Stirring Number. Současně se potvrdila schopnost tohoto kombinovaného RVA testu rámcově rozlišit pekařskou kvalitu pšeničných a špaldových bílkovin[5].

Předložená studie na zmíněné výsledky navazuje analýzou binárních moučných směsí se standardním a waxy škrobem. Díky provedenému laboratornímu pekařskému pokusu bylo v této studii možné realizovat statistické modelování zaměřené jak na vytipování klíčových jakostních parametrů mouky a moučných suspenzí, tak na nalezení optimálního poměru směsi pšeničných mouk se standardním a waxy škrobem. V tomto bodě je tato studie odkazuje na práci Sedláčka *et al*.[6].

Experimentální část

Materiály

V rámci šlechtitelských pokusů Výzkumného centra SELTON (Sibřina, ČR) byly vypěstovány odrůda pšenice indická kulatozrnné SONG (zkratka „S“) a novošlechtění pšenice obecné s waxy škrobem TON (zkratka „T“). Mletí zrna na hladkou mouku bylo provedeno na laboratorním mlýnu WWGM (Yücebaş Makine, Izmir, TUR); byly připraveny celkem 4 směsi s 20% krokem náhrady kontrolní odrůdové mouky SONG (80S / 20T, 60S / 40T, 40S / 60T a 20S / 80T).

Metody analytické

Podle mezinárodních norem byly v obou původních a také ve 4 binárních moukách stanoveny hmotnostní podíly vlhkosti a bílkovin. Byla stanovena retenční kapacita vody a přepočítána na recepturní přídavek vody. Také byla pomocí Zelenyho sedimentačního testu kvalifikovaně odhadnuta pekařská kvalita bílkovin.

Metody reologické

Výsledky zkoušky Číslo poklesu na tělískovém viskozimetru Falling Number, typ 1310 (Perten Instruments, SWE; dnes součást PerkinElmer, Shelton, USA), odhadují míru poškození škrobu a aktivitu amyláz, tedy celkovou schopnost mouky kynout. Pro standardizaci kynutí byly všechny mouky a binární směsi upraveny sladovou moukou Diasta na hodnotu ČP 220 s. Viskozimetr Falling Number je tělískový, proto bylo provedeno i porovnávací měření na rotačním zařízení Rapid Visco Analyser 4500 (RVA; PerkinElmer, Shelton, USA) a proměřen parametr Stirring Number. Viskozimetrická měření jsou ovládána z firemního programu Termocline for Windows 3.0 (TCW3).

Druhá, výrobcem předprogramovaná zkouška, je kombinovaná metodika *Wheat Flour Ethanol Method* (WFEM; RVA Method 24-4: 2010)[7]. Její princip je vysvětlen v kapitole Úvod – suspenze se připravuje ze 21,50 g destilované vody, 3,50 g 95% ethanolu a 3,50 g mouky s korekcí na standardní 14,0% vlhkost. Na základě dvou vlastních předchozích sad měření byl na RVA viskozitní křivce v probíhající fázi chlazení identifikován bod [16,67 min; 50,0 °C], kdy končí analýza polysacharidické složky a kdy naopak začíná kvantifikace reologického chování lepkových bílkovin. Takto je možno rozlišit „*zónu škrob*“ a „*zónu bílkoviny*“ a jednoznačně dopočítat hodnotu *Final1 Viscosity*$_{16,67}$, která vypovídá o míře retrogradace škrobu. Tato

identifikace je navíc podložena skutečností, že teplotní gradient základního RVA profilu mazovatění pšeničné mouky *Flour.rvc* je nastaven na 50–95–50 °C právě během 16 min.

Softwarem TCW3 jsou na křivkách vyhodnocovány parametry viskozita, čas a teplota v technologicky klíčových bodech. V Obr. 1 tyto body vyznačeny nejsou, jejich popis podává Tab. I:

Tabulka I Parametry odečítané softwarem TCW3

Zóna grafu	Název parametru	Popis
Zóna škrob	*Peak1Visc*	Maximální viskozita
	Hold1Visc	Následné minimum
	Final1 Visc$_{16,67}$	Viskozita v čase 16,67 min
	Peak1Visc Width	Časový interval o 100 mPa·s níže pro *Peak1Visc*
	Hold1Visc Width	Časový interval o 100 mPa·s výše pro *Hold1Visc*
Zóna bílkoviny	*Peak2Visc*	Maximální viskozita
	Final2 Visc$_{30,00}$	Viskozita v čase 30 min
	Peak2Visc Width	Časový interval o 100 mPa·s níže pro *Peak2Visc*

Dopočítávány jsou tradičně rozdíly:

$$Breakdown1 = Peak1Visc - Hold1Visc \quad (1)$$

popisující tlakovou stabilitu/křehkost stěn pórů v kynoucím těstě.

$$Setback1 = Final1Visc - Hold1Visc \quad (2)$$

popisující míru retrogradace, rychlost ztráty vody, proto rychlost stárnutí/tvrdnutí střídy.

$$Breakdown2 = Peak2Visc - Final2Visc \quad (3)$$

popisující schopnost udržet objem upečeného výrobku/odolnost střídy proti implozi chladnutím.

Inovací jsou pak vyčíslené časové intervaly – šířky či stability daných viskózních bodů (Tab. I): *Peak1Visc Width* vypovídající o odolnosti těsta k překynutí – tlaková rezistenci uvnitř těstového kusu proti tlaku kvasných plynů a zborcení pórů; *Hold1Visc Width* popisující odolnost nakynutého těsta udržet maximální objem a texturu během zapékání, než se vytvoří kůrka a *Peak2Visc Width*, jež souvisí se strukturní soudržností lepkové sítě, tj. schopností fixovat vzniklou pórovitost střídy a tím objem pečiva během chladnutí.

Pekařský pokus – mini-Rapid Mix Test

Laboratorní pekařský mini-Rapid Mix Test z 80 g mouky[8] byl postupně proveden z obou mouk SONG, TON a 4 jejich směsí; další suroviny byly destilovaná voda, čerstvé lisované droždí, kuchyňská sůl, řepný cukr, rozpuštěné vepřové sádlo, sladová mouka Diasta a 0,01% vodný roztok kyseliny askorbové *p.a.*[8,9]. Mini-RMT pokusy byly provedeny ve dvou opakováních během jediného dne. Celkové hmotnosti 12 těst se statisticky nelišily (132,0 – 134,4 g); těsto bylo po vyhnětení rozděleno na tři stejně těžké klonky pro instrumentální skulení. Po jednofázovém kynutí, pečení při 205 °C se zapařením a 20min zchladnutí byla pro trojice zjištěna hmotnost a objem na ultrazvukovém objemoměru BVM-3 (TexVol Instruments, Viken, SWE). Pomocí digitální šuplery byly stanoveny průměr a výška každé ze tří upečených bulek a provedena kvantifikace tuhosti střídy[10], v tomto případě byl využit gravitační penetrometr PNR-10 (Petrotest GmbH., Berlin-Dahlem, DEU)[11] a vzorky střídy ve tvaru válečku o průměru 30 mm. Válečky byly předem zváženy a digitální šuplerou stanovena jejich původní výška. Vážení, měření výšky a penetrace bylo provedeno také po 48h skladování v PE sáčcích v temné komoře (21 – 23 °C, RH 51 – 54 %). Den upečení je označen „D-0“ a třetí den logicky navazuje („D-3“). Pro snazší

porovnání byla penetrace přepočtena na relativní stlačitelnost vzhledem k původní výšce výkroje, protože s rostoucím podílem TON došlo k postupně větší míře auto-komprese (chybějící „amylosové kostra“ ve střídě). Rozdíly $PEN_{D-3} - PEN_{D-0}$ a $STLAČ_{D-3} - STLAČ_{D-0}$ pak představují „stabilitu čerstvosti“ (měkkosti) střídy pečiva.

Statistické zpracování dat

V programu Statistica 13.1 (Dell Inc., USA) byla provedena analýza rozdílů mezi vzorky metodou ANOVA (Tukeyův test, P = 95 %) s faktory F1: *Složení – podíl waxy mouky* a F2: *Den skladování*. Komplexní porovnání pekařské kvality binárních moučných směsí a z nich připraveného pečiva umožnila vícerozměrná průzkumná metoda Hlavních komponent (PCA). Výstupem je tradiční dvojice grafů faktorových zátěží proměnných a faktorových skóre hodnocených vzorků v rovině prvních dvou hlavních komponent PC1 × PC2. V případě grafu proměnných je cílem vytipovat klíčové charakteristiky chemického složení a viskozitního WFEM profilu, umožňujících predikci jakostních znaků pečiva včetně kvantifikace rychlosti stárnutí.

Výsledky a diskuse

Analytické a technologické znaky mouk

Jak uvádí Sedláček *et al.*[6], vlhkost a vaznost byly pro mouku SONG statisticky nejnižší v testovaném souboru, zatímco obsah bílkovin, Zelenyho hodnota i číslo poklesu naopak průkazně nejvyšší (Tab. II). Pro všechny uvedené jakostní znaky lze vysledovat lineární trend. Viskozita horkých moučných mazů stanovená jako Číslo poklesu, případně Stirring Number, podle předpokladu vykázaly kvadratickou závislost na obsahu waxy mouky TON. Obě základní mouky se odlišovaly řádově – ČP byla stanovena na úrovních 370 a 60 s (pokles na 17 % kontroly 100S). Absolutní rozpětí hodnot Stirring Number však bylo mezi vzorky 100S/0T a 0S/100T významně užší (1900–1170 mPa·s, pokles na 61 % kontroly).

Tabulka II Jakostní znaky směsí pšeničných mouk se standardním (SONG, „S“) a waxy škrobem (TON, „T“)

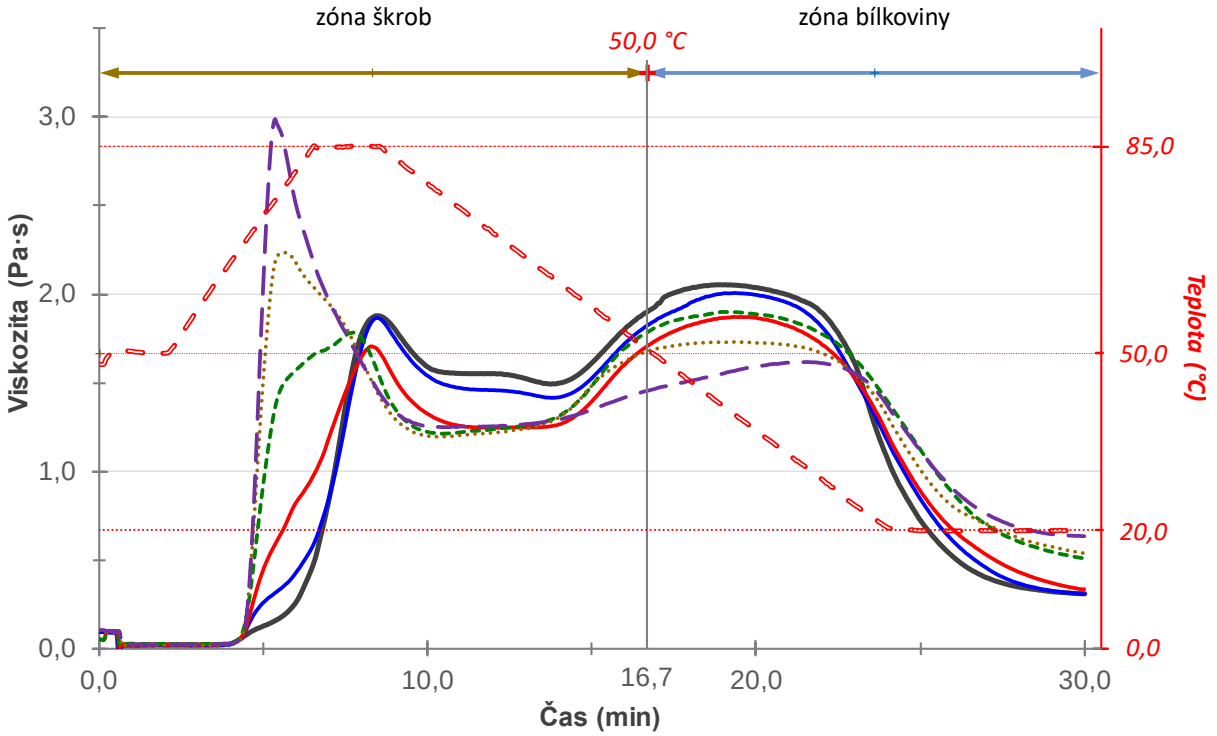
Vzorek mouky	Vlhkost (%)	Bílkoviny (%)	Zelenyho test (ml)	Vaznost (% hm. mouky)	Číslo poklesu (s)	StirNo, (mPa·s)
100S/0T	11,96^{a}	15,09^{f}	53^{f}	60,5^{a}	369^{e}	1901^{b}
80S/20T	12,48^{b}	14,57^{e}	44^{e}	61,5^{b}	252^{d}	1366^{ab}
60S/40T	12,78^{c}	14,07^{d}	39^{d}	61,9^{c}	89^{c}	928^{a}
40S/60T	12,96^{d}	13,57^{c}	34^{c}	62,2^{d}	74^{b}	1010^{a}
20S/80T	13,33^{e}	13,03^{b}	30^{b}	62,7^{e}	71^{ab}	1014^{a}
0S/100T	13,71^{f}	12,51^{a}	25^{a}	63,7^{f}	62^{a}	1168^{a}
Opakovatelnost*	± 0,20	± 0,22	± 3,5 %	± 0,3	± 10 %	± 6 %

* pro omezené množství výchozí mouky měření provedena v jednom opakování, přesnost stanovení vymezena opakovatelností metody (např. pro vlhkost 11,96 ± 0,20; 12,485 ± 0,20 atd.)

$^{a-f}$ různá písmena pro průměry ve sloupcích označují statisticky průkazné rozdíly (P = 95 %)

Výsledky RVA profilu ‘Wheat Flour Ethanol Method‘

Pro snadné porovnání zaznamenaných trendů viskozitního chování byly průměry párů křivek vyneseny do společného grafu (Obr. 1). Svislá čára v zobrazované oblasti v čase t = 16,67 min a současně při teplotě 50,0 °C představuje výše definovanou hranici mezi „*zónou škrob*“ a „*zónou bílkoviny*“. Kvantifikace významných parametrů je uvedena v Tab. III a IV.



Obrázek 1 Průměrné viskozitní křivky pšeničné mouky z odrůd SONG a TON (▬100S/0T a – – 0S/100T) se standardním a waxy škrobem a 4 jejich směsí (▬ 80S/20T, ▬ 60S/40T,---40S/60T, ····· 20S/80T) (N = 2; rotační viskozimetr RVA 4500, profil měření *Wheat Flour Ethanol Method*)

Tabulka III Viskozitní charakteristiky polysacharidické složky suspenzí pšeničné mouky se standardním (S, odrůda SONG) a waxy škrobem (T, odrůda TON) a čtyř jejich směsí (viskozimetr RVA 4500)

Vzorek mouky	Peak1 Visc (mPa·s)	Peak1 Width (min)	Hold1 Visc (mPa·s)	Hold1 Width (min)	Breakdown1 (mPa·s)	Final1 Visc (mPa·s)
100S/0T	1821^{a}	1,05^{b}	1415^{c}	4,66^{a}	406^{a}	1808^{b}
80S/20T	1870^{a}	0,82^{b}	1412^{bc}	4,67^{a}	458^{a}	1820^{b}
60S/40T	1706^{a}	0,87^{b}	1242^{abc}	4,88^{ab}	464^{a}	1703^{b}
40S/60T	1787^{a}	1,34^{c}	1214^{ab}	4,82^{ab}	573^{a}	1786^{b}
20S/80T	2237^{b}	0,82^{b}	1197^{a}	4,89^{ab}	1040^{b}	1677^{ab}
0S/100T	2985^{c}	0,32^{a}	1244^{abc}	6,00^{b}	1741^{c}	1452^{a}

$^{a-d}$ párové průměry ve sloupcích, označené stejnými písmeny, nejsou statisticky odlišné (P = 95 %)

A. Reologie polysacharidické složky pšeničné mouky ($t_{0,0}$ – $t_{16,67}$ min)

Z Obr. 1 je patrné, že vysokoamylopektinová (waxy) mouka TON (fialová křivka) mazovatěla nejrychleji a *Peak1 Visc* dosáhla nejvyšších hodnot v souboru. Toto je důsledek chybějící amylosy, která jinak mazovatění významně zpomaluje. Kontrolní mouka SONG a směs 80S/20T demonstrovaly první maximum viskozity až o 3 min později (černá a modrá linie). Ve stejném duchu se rovněž tyto píky viskozity postupně zužovaly (znak *Peak1 Width*, Tab. III).

Ve druhém významném viskozitním bodě, v sedlu viskozity *Hold1 Visc*, byla průkazně odlišena dvojice 100S/0T – 80S/20T od čtveřice ostatních. Kromě poklesu až o 220 mPa·s došlo naopak k rozšíření tohoto sedla z 4,7 na 6,0 min. Jak je zmíněno v podkapitole Metody reologické, šířka *Hold1 Visc* indikuje odolnost nakynutého těsta udržet maximální objem a texturu během zapékání, než se vytvoří kůrka. V případě provedeného mini-RMT pečení se toto na 40g kloncích patrně promítlo do mírného zvýšení objemu upečených bulek.

Ve znaku *Final1 Visc* postup měření WFEM na viskozimetru RVA potvrdil očekávané prodloužení čerstvosti – měkkosti finálního výrobku; hodnota 1808 mPa·s kontrolní mouky SONG se snížila o jednu pětinu na 1452 mPa·s pro čistou mouku TON.

Tabulka IV Viskozitní charakteristiky bílkovinné složky suspenzí pšeničné mouky se standardním (S, odrůda SONG) a waxy škrobem (T, odrůda TON) a čtyř jejich směsí (viskozimetr RVA 4500)

Vzorek mouky	Peak2 Visc (mPa·s)	Peak2 Width (min)	Final2 Visc (mPa·s)	Breakdown2 (mPa·s)
100S/0T	1971^{b}	4,56^{abcd}	333^{a}	1639^{c}
80S/20T	2004^{b}	3,93^{ab}	310^{a}	1695^{c}
60S/40T	1873^{ab}	4,22^{abc}	333^{a}	1540^{c}
40S/60T	1905^{ab}	4,89^{cd}	509^{b}	1396^{bc}
20S/80T	1733^{ab}	6,34^{e}	543^{b}	1191^{ab}
0S/100T	1615^{a}	5,14^{d}	633^{c}	959^{a}

$^{a-f}$ párové průměry ve sloupcích, označené stejnými písmeny, nejsou statisticky odlišné (P = 95 %)

B. Reologie bílkovinné složky pšeničné mouky ($t_{16,67} - t_{30,00}$)

V chladicí fázi kombinovaného profilu (85 – 50 – 20 °C), kdy se začíná plynule projevovat strukturní síťování bílkovin, závisí výsledná hodnota *Peak2Visc* na množství a stabilitě předchozího škrobového (přesněji amylopektinového) mazu – charakterizovaného parametry *Peak1Visc* a šířkou tohoto maxima *Peak1Width* – a na koncentraci přítomných bílkovin. Pokud se v počáteční škrobové zóně vyskytne extrémně vysoký a ostrý viskozitní pík, jak bylo zaznamenáno pro waxy mouku TON, vzniklý gel pokračující střihovou silou rychle zkapalní. Celý systém tak okamžitě ztrácí viskozitu a dochází k silnému narušení nastupující agregace již tak naředěného podílu bílkovin. To ve výsledku vede k nevýraznému, silně plochému *Peak2Visc*. Naproti tomu mouka z indické kulatozrnné pšenice SONG obsahuje rigidní bílkoviny s vysokou pružností a nízkou tažností, hydratující pozvolna; důsledek je široké a dobře ohraničené bílkovinné maximum. Pokud by se však metodikou WFEM testovala standardní oplatková mouka vykazující typické „soft" reologické vlastnosti (nízká pružnost, převažující tažnost), lepkové bílkoviny v přítomnosti ethanolu by snadno solvatovaly a výrazně zahustily chladnoucí suspenzi. Hodnota *Peak2Visc* těchto pekařsky slabých mouk by pak v důsledku masivní polymerní expanze nabyla až dvojnásobných hodnot v porovnání s „hard" pšenicemi (typ SONG, semolina z *Triticum durum*, apod.) vykazujícími vysokou strukturní stabilitu proteinové matrice[7]. Proto bylo 6 zkoušených vzorků rozděleno do tří skupin (100S/0T – 80S/20T, 60S/40T – 20S/80T a 0S/100T; Tab. IV), odrážejících jak obsah bílkovin, tak „pekařskou sílu" mouky odhadnutou pomocí Zelenyho testu.

Poslední z RVA parametrů tohoto WFEM profilu, bílkovinný *Breakdown2*, vyjadřuje odolnost střídy zachovat původní texturu během chladnutí výrobku a nesmrštit se. Jak bude uvedeno dále, snížení hodnot o 42 % (z 1639 na 959 mPa·s) se projevilo při měření penetrace po dvou dnech skladování.

Výsledky pekařského a skladovacího pokusu

Vybrané výsledky, ilustrující vliv waxy mouky TON na kvalitu laboratorně připraveného pšeničného pečiva, jsou shrnuty v Tab. V. Měrný objem byl pro nedostatek obou odrůdových mouk vyhodnocen pouze v den upečení D-0, druhé opakování měření výšky, hmotnosti a penetrace po dvou dnech skladování (D-3) bylo realizováno se týmiž výkroji střídy. Měrné objemy 6 variant pečiva kolísaly v relativně úzkém rozmezí 344–375 ml/100 g, kdy šířka tohoto intervalu činí 9 % hodnoty pro kontrolní vzorek SONG (344 ml/100 g). Na základě výše diskutovaných jevů v suspenzích a těstech, odehravších se na makromolekulární úrovni, bylo

maximum zaznamenáno pro směsi 60S/40T a 40S/60T. V souhrnu, přidávané bílkoviny odrůdy TON s vyšší tažností v těstě na potřebnou míru snížily tuhost lepkové kostry mouky SONG, kdy snižující se podíl amylosy zabránil jejímu rozředění a následnému zhroucení po upečení.

Rozředění nosné lepkové kostry škrobovým mazem a absentující amylosa se statisticky projevilo na výškách výkrojů střídy, zatímco v obou dnech měření jejich hmotnosti vlivem hydrofilních vlastností waxy škrobu spíše neprůkazně rostly. Stlačitelnost těchto výkrojů ve shodě s primárními hodnotami penetrace střídy dokládá násobně vyšší turgor ve (vlhčí) střídě, nepřímo úměrně snižujícím se výškám výkrojů střídy i hodnotám penetrace (zdánlivý nárůst tuhosti střídy). Další inovací je výpočet rozdílu $deltaPEN = PEN_{D-0} - PEN_{D-3}$ který jasně nepřímo kvantifikuje míru retrogradace škrobu (rekrystalizace amylosy a amylopektinu) a tím rychlost tvrdnutí pečiva. V Tab. V je postřehnutelný konkávní průběh dat ve shodě s měrným objemem, kdy minimální změna míry průniku kovové polokoule do vzorku střídy v dny D-3 a D-0 byla vypočtena pro dvojici 60S/40T a 40S/60T.

Tabulka V Měrný objem čerstvého pečiva a fyzikální vlastnosti výkrojů střídy čerstvého a dva dny skladovaného pečiva (D-0, D-3)

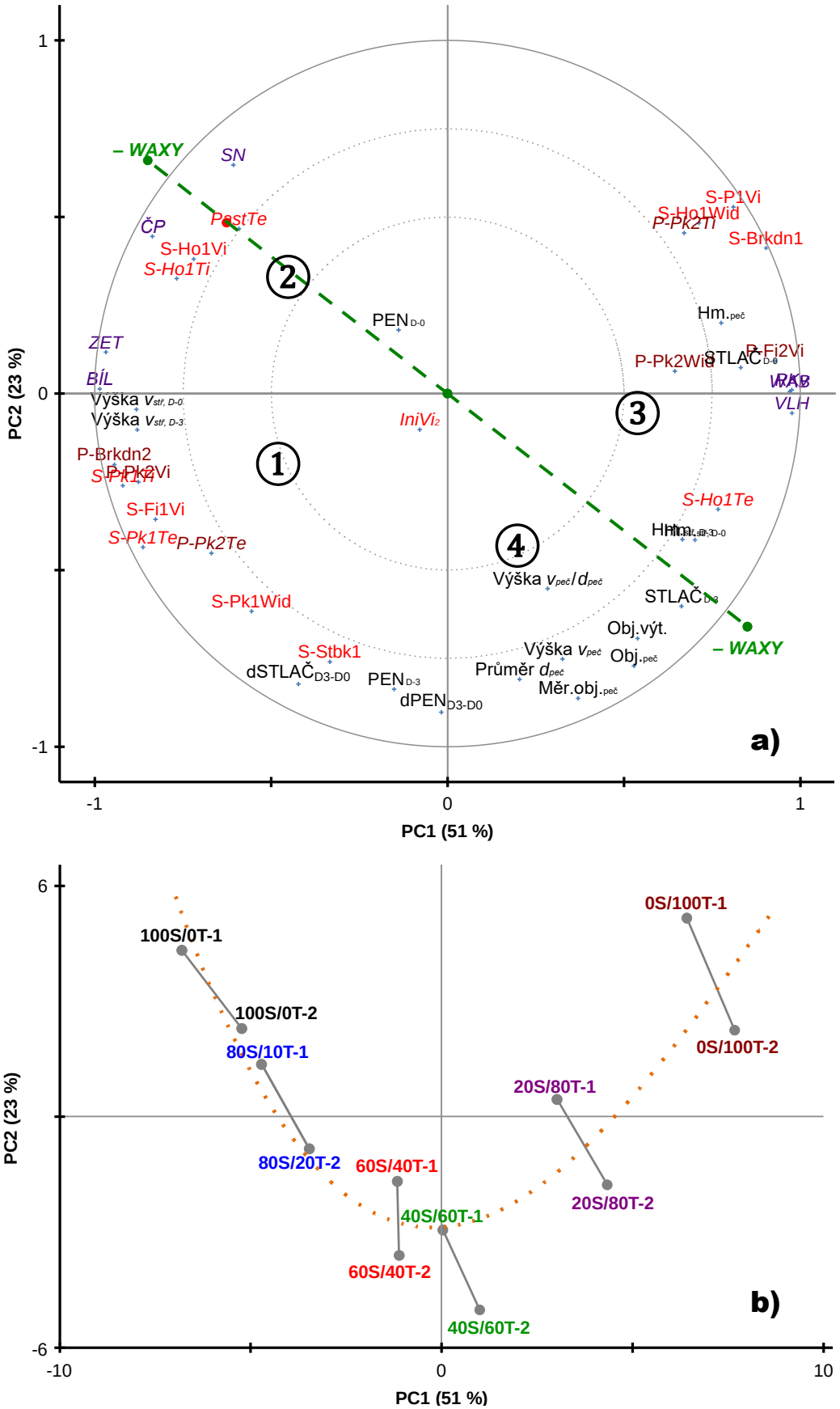
Vzorek pečiva	Měrný objem (ml/100 g)	Výška výkroje střídy (mm)		Hmotnost výkroje střídy (g)		Stlačitelnost střídy* (%)		delta PEN (mm)
	D-0	D-0	D-3	D-0	D-3	D-0	D-3	
100S/0T	344^{a}	31,7^{e}	31,2^{de}	4,58^{ab}	4,47^{a}	45,9^{ab}	30,5^{c}	-5,8^{a}
80S/20T	353^{a}	31,5^{e}	30,3^{de}	4,95^{abc}	4,69^{ab}	42,2^{abc}	35,2^{bc}	-2,4^{c}
60S/40T	375^{a}	27,8^{d}	28,7^{de}	4,80^{abc}	4,88^{abc}	46,6^{ab}	39,9^{abc}	-1,7^{d}
40S/60T	371^{a}	24,0^{c}	22,8^{bc}	5,21^{bc}	4,96^{abc}	51,1^{ad}	51,4^{ad}	-0,7^{e}
20S/80T	362^{a}	21,1^{abc}	21,1^{abc}	5,50^{c}	5,12^{abc}	63,7^{de}	48,8^{a}	-2,4^{c}
0S/100T	357^{a}	20,1^{ab}	18,6^{a}	5,24^{bc}	4,97^{abc}	69,6^{e}	45,3^{ab}	-5,4^{b}

Stlačitelnost ≈ Relativní penetrace = Penetrace / výška výkroje (mm/mm);
$^{a-f}$ odlišná písmena ve dvojici sloupců D-0 a D-3 označují statisticky rozdílné průměry (P = 95 %)

Průzkum dat metodou hlavních komponent

Soubor 6 testovaných vzorků byl popsán celkem 43 znaky analytickými, viskozitními a jakosti pečiva včetně hodnocení stárnutí střídy. První dvě hlavní komponenty pokryly 51 a 23 % rozptylu dat. Na Obr. 3a faktorových zátěží jsou zkoumané proměnné polarizovány podle zelené doplňkové osy – jedná se o popisnou (vysvětlující) proměnnou *Obsah WAXY* do oblastí:

① Kynutí/Mechanika: popis stability plynofikace a rigidity bílkovin SONG za tepla, korespondující s obsahem bílkovin a kvalitou střídy (bílkoviny, Zeleny; RVA znaky zóny škrob (*Peak1 Temp/Time/Width*, *Final1Visc*), RVA znaky zóny bílkoviny (*Peak2 Visc/Temp*, *Breakdown2*) a výškou výkrojů střídy v D-0 / D-3);



Obrázek 3 Porovnání technologické kvality směsí mouk z pšenice indické SONG a s rostoucím podílem waxy škrobu a z nich laboratorně připraveného pečiva metodou hlavních komponent (PCA). a) graf faktorových zátěží proměnných, b) graf faktorových skóre případů (vzorků): 100SONG, 100TON, 20–80: podíly waxy pšeničné mouky TON; ■ active variable, ■ supplementary variable

② Analytika/Lepek: popis enzymové aktivity a kvality lepku (Zeleny, Číslo poklesu, RVA znaky zóny škrob (*PastingTemp, Hold1 Visc/Time*; slabě PEN_{D-0});

③ Waxy škrobový maz/Měkkost střídy: popis dominance waxy škrobu a počáteční synereze – hydrofilního charakteru amylopektinu (Vlhkost, Retenční kapacita vody (RK) – Vaznost, RVA znaky zóny škrob (*Peak1 Visc, Hold1 Width, Breakdown1*), RVA znaky zóny bílkoviny (*Peak2 Time/Width, Final2Visc*; $Stlač_{D-0}$ + aditivně *Hold1 Temp*; Hmotnost pečiva, Hmotnost výkrojů střídy);

④ Pekařská výtěžnost/Stárnutí: popis výtěžnosti těsta, pekařské kvality pečiva a stárnutí střídy (rozměry a objem pečiva, RVA znak zóny škrob (*Setback1*), $Penetrace_{D-3}$; $deltaPEN_{D-3\,–\,D-0}$, $deltaSLTAČ_{D-3\,–\,D-0}$).

V uvedeném pořadí skupin lze interpretovat dopad na kvalitu pečiva:

Oblast ①: rozložení znaků dokazuje, že šířka *Peak1 Width* (tolerance k míchání a odolnost těsta k překynutí) je přímo závislá na přítomnosti rigidních, pevných bílkovin pšenice SONG. Tyto parametry definují schopnost ještě polotuhého těsta držet plyn a expandovat v první fázi pečení (během zapékání do vytvoření kůrky);

Oblast ②: S rostoucím přídavkem waxy mouky klesá absolutní množství bílkovin a jejich technologická kvalita – sedimentační hodnota. Zároveň poloha Čísla poklesu (alternativně Stiring Number) v tomto kvadrantu potvrzuje, že vysoké hodnoty klasického čísla poklesu jsou typické pro standardní škrob s normálním obsahem amylosy. Bod RVA křivky *HoldVisc* zde naznačuje, že stabilita sedla viskozity na křivce (nízký polysacharidický *Breakdown1*) je chráněna právě vyšším zastoupením standardní bílkovinné matrice;

Oblast ③: Graficky je zde doloženo, že waxy pšenice zvyšuje vaznost vody za studena a vlhkost. Vysoký a ostrý škrobový pík (*Peak1 Visc*) se silnou tendencí k rozpadu (*Breakdown1*) však v těstě funguje jako hydrogelová past. Způsobuje sice vysokou počáteční stlačitelnost $STLAČ_{D-0}$ (velmi měkké čerstvé pečivo), ale za cenu mechanické nestability stěn pórů, které ve formě střídy bez kůrky podléhají auto-kompresi,

Oblast ④: Umístění inovativního parametru $deltaPEN_{D3-D0}$, resp. z něj odvozeného $deltaSTLAČ_{D3-D0}$ v těsném sousedství míry retrogradace z RVA testu *Setback1* je důkazem, že rozdíl hodnot penetrace střídy mezi čerstvým a starým pečivem přímo kopíruje nárůst viskozity během fáze chlazení horkého mazu. Co se během měření projeví jako tendence škrobu ke ztuhnutí, to se třetí den na penetrometru projeví jako ztvrdnutí střídy a vertikální auto-komprese výkrojů střídy.

Na Obr. 3b jsou pozice šesti párů vzorků mouky a pečiva 100S/0T, …, 0S/100T vyneseny v rovině PC1 × PC2. Výsledný parabolický průběh reflektuje výše diskutované rozložení změřených proměnných a ve shodě se studií Švece a Hruškové[12] potvrzuje význam technologické kvality pšeničných bílkovin a měrného objemu v roli primárních ukazatelů kvality. Tito autoři korelační analýzou 281 vzorků pšeničných odrůdových a komerčních mouk z let 2003–2006 doložili nutnost měřit obsah bílkovin v mouce, sedimentační test a reologické parametry nefermentovaného těsta kvůli středně až silně těsné vazbě na měrný objem pečiva. Parabolický průběh v rovině PC1 × PC2 zároveň ukazuje nezbytnost dílčího zmazovatění škrobu pro dosažení požadovaných spotřebitelských vlastností střídy včetně (trvanlivosti) čerstvosti. Vrchol paraboly kolem bodu [-0,5; -3,0] představuje nelineární gradient konformační entropie binární biopolymerních směsí 60S/40T a 40S/60T. V tomto bodě došlo k vyrovnání technologické tuhosti (pružnosti) a tažnosti lepkové kostry těsta stejně jako dílčímu potlačení retrogradace škrobu; pro pokusné pečivo obojí znamenalo optimální kvalitu. Podle vzájemných vzdáleností je kvalita obou optimálních směsí pšeničných mouk s normálním a waxy škrobem (včetně pečiva) statisticky podobná ze 60 %. Pro kontrolní vzorek SONG s waxy protějškem TON je přitom kvalitativní shoda pouze 6,3 % (data neuvedena).

Závěr

Kombinací indické kulatozrnné pšenice SONG a moderního waxy typu TON v poměrech 100/0, 80/20, 60/40, 40/60, 20/80 a 0/100 byl vytvořen modelový soubor šesti úrovní pekařské kvality pšeničné mouky. Kromě tradičních analytických a technologických znaků kvality, vážících se k bílkovinám a schopnosti těsta kynout, byla na viskozimetru Rapid Visco Analyser zapojena kombinovaná metodika *Wheat Flour Ethanol Method*. Tento postup umožňuje v jednom měření popsat stav škrobo-amylasového komplexu a následně odhadnout zpracovatelnost kynutého těsta (vlastnosti lepkových bílkovin) a chování pečiva během stárnutí. Provedený přímý mini-Rapid Mix Test pekařské kvality zahrnul obvyklé výstupy v podobě geometrie, hmotnosti a objemu tří kousků pečiva. Provedená zkouška tuhosti střídy na gravitačním penetrometru byla navíc opakována po dvou dnech skladování. Ve shodě s dostupnou odbornou literaturou mouka z indické pšenice SONG se standardním škrobem (amylosa : amylopektin ≈ 25 : 75 %) dominovala v parametrech pružnosti lepku a stability škrobového mazu, pekařsky slabší waxy pšenice TON potvrdila schopnost vyšší hydratace těsta a vláčnosti střídy v průběhu dvoudenního skladování. Statistické zpracování 43 znaků metodou hlavních komponent podrobně vystihlo dynamiku přechodu mezi těmito technologickými protipóly, kdy se pro běžné pečivo ukázaly nejvhodnější směsi 60SONG/40TON a 40SONG/60TON. Pro odlišné typy pečiva, připravované intenzivním krátkým hnětením nebo naopak pomalým dlouhým vedením těsta, by podle rovněž praktických zkušeností vyhovovaly jiné poměry těchto binárních směsí. Cílená statistická analýza pak napomáhá vytipovat klíčové proměnné, resp. vhodná rozpětí jejich hodnot, pro dosažení zvoleného cíle.

Poděkování

Tento výstup vznikl v rámci Programu na podporu aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství ČR „ZEMĚ II“ číslo mze RO2024 s názvem „Dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace Výzkumné centrum SELTON, s.r.o.“. Současně byla tato práce podpořena z projektu Specifického vysokoškolského výzkumu – projektu č. A1_FPBT_2026_005.

Literatura

1. Brown T.A., Jones M.K., Powell W., Allaby R.G. (2009): The complex origins of domesticated crops in the Fertile Crescent. Trends in Ecology & Evolution 24(2): 103–109. https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.09.008.
2. https://www.cimmyt.org/, staženo 31.5.2026.
3. https://selgen.cz/semena/song/, staženo 31.5.2026.
4. Švec I., Sluková M., Skřivan P. (2022): Pasting behaviour of sorghum, lupine and chickpea flour – effect of flour dosage. Proceedings of the 17th International Conference on Polysaccharides – Glycoscience, 127–130.
5. Švec I., Sluková M., Skřivan P. (2023): Technologický parametr Číslo poklesu a jeho možné instrumentální alternativy. Sborník XLIX. Konference o jakosti potravin a potravinových surovin "Ingrovy dny 2023", 503–515.
6. Sedláček T., Horčička P., Švec I. (2026): Pekařská jakost směsí pšeničné mouky s normálním a waxy škrobem. Sborník LV. Symposia o nových směrech výroby a hodnocení potravin CzechFoodChem 2026, *v tisku* (30.7.2026).
7. Agcaoili T.I.D. (2025): Optimizing flour quality: A Rapid Visco Analyzer for flour millers and bakers. On-line prezentace firmy *Guill-Bern Corporation* (*Filipíny)*, web *International Association of Operative Millers (USA)*. https://www.iaom.org/wp-content/uploads/22guilbern25sea.pdf, snímek č. 19, staženo 31.5.2026.
8. Seibel W., Pfeilsticker K., Schrader B. (1987): Analytical, dough rheology and baking studies for optimization of the wheat baking test, the Rapid-Mix-Test. I. Development of the optimized Rapid-Mix-Test (RMT). *Getreide Mehl Brot*, 1987, 39, 174–178.
9. Sedláček T., Horčička P. (2011): Development of a small-scale variant of the Rapid Mix Test experimental bread baking. *Czech. J. Genet. Plant Breed.*, 47: 123–127. https://doi.org/10.17221/47/2011-cjgpb.
10. Dizlek H., Özer M.S. (2017): Improvement bread characteristics of high level sunn pest (*Eurygaster integriceps*) damaged wheat by using transglutaminase and some additives. *J. Cer. Sci.*, 2017, 77, 90–96. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.08.003.10.
11. Hrušková M., Švec I., Jurinová I. (2012): Composite flours-characteristics of wheat/hemp and wheat/teff models. *Food Nutri. Sci.* 3: 1484–1490. http://dx.doi.org/10.4236/fns.2012.311193.
12. Švec I, Hrušková M. (2009): Modelling of wheat, flour and bread quality parameters. *Sci. Agri. Bohem.*, 40(2), 58–66.

BAKTERIE RODU *ASAIA* KONTAMINUJÍCÍ NEALKOHOLICKÉ NÁPOJE PRODUKUJÍ BIOGENNÍ AMINY PŘEDSTAVUJÍCÍ ZDRAVOTNÍ RIZIKO

Šviráková E. (1), Purkrtová S. (2), Junková P. (2), Jelínková M. (3), Felsberg J. (3), Němečková I. (4), Buňková L. (5), Rajchl A. (1)

(1) Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha, CZ
(2) Ústav biochemie a mikrobiologie, VŠCHT Praha, CZ
(3) Centrum sekvenování DNA, MBÚ AV ČR, CZ
(4) Výzkumný ústav mlékárenský, s. r. o., CZ
(5) Ústav inženýrství ochrany životního prostředí, UTB ve Zlíně, CZ

Úvod

Bakterie rodu *Asaia* (čeleď Acetobacteraceae) patří do skupiny octových bakterií a byly poprvé izolovány z tropických květů a fermentované rýže v Indonésii[1]. Tyto bakterie se běžně vyskytují v tropickém prostředí, zejména na květech, plodech a u hmyzu. V důsledku globalizace a mezinárodního obchodu s rostlinnými surovinami došlo k jejich rozšíření i mimo původní oblasti výskytu. Přestože jsou obecně považovány za nepatogenní, některé druhy, například *Asaia bogorensis* a *Asaia lannensis,* byly popsány jako oportunní patogeny u imunokompromitovaných pacientů[2].

Zástupci rodu *Asaia* jsou častými kontaminanty nealkoholických nápojů, u nichž způsobují zákal, tvorbu sedimentu, nežádoucí pachy a vznik biofilmů[3,4]. Bylo také prokázáno, že bakterie rodu *Asaia* jsou schopny kolonizovat povrchy technologických zařízení a vytvářet perzistentní biofilmy, které jsou obtížně odstranitelné běžně používanými sanitačními postupy[5].

Kromě toho mohou *A. lannensis* za stresových podmínek, jako je nízká teplota nebo působení běžně používaných konzervačních a sanitačních látek (sorban draselný, benzoan sodný a siřičitan sodný), přecházet do stavu životaschopných, avšak nekultivovatelných buněk (VBNC, viable but non-culturable)[6]. V tomto stavu zůstávají buňky metabolicky aktivní, avšak nejsou detekovatelné standardními kultivačními metodami. Tento jev může přispívat ke skryté perzistenci těchto bakterií a k opakované kontaminaci výrobních linek nealkoholických nápojů.

Identifikace bakterií rodu *Asaia* je komplikovaná vzhledem k absenci komerčně dostupných identifikačních souprav. Například systém Vitek 2™ tyto bakterie často nesprávně identifikuje[7]. Fenotypové znaky proto nejsou pro jejich spolehlivou identifikaci dostačující a přednostně se využívají molekulárně-biologické metody, jako je sekvenování genu pro 16S rRNA, analýza ITS oblasti nebo sekvenování celého genomu[8,9]. Hmotnostní spektrometrie MALDI-TOF MS není v současnosti pro identifikaci bakterií rodu *Asaia* rutinně využitelná, protože jejich referenční spektra nejsou zahrnuta v dostupných databázích[10,11].

Toxikologické riziko bakterií rodu *Asaia* ve vztahu k produkci biogenních aminů (BAs) zůstává dosud jen málo prozkoumané. Biogenní aminy jsou dusíkaté sloučeniny vznikající mikrobiální dekarboxylací aminokyselin a mohou se akumulovat v potravinách. Přestože jsou typicky spojovány s fermentovanými potravinami, mohou se vyskytovat i v nefermentovaných potravinách v závislosti na složení substrátu, přítomné mikrobiotě a podmínkách prostředí[12]. Za nejvýznamnější biogenní amin z hlediska bezpečnosti potravin je považován histamin a Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) upozorňuje na zdravotní rizika spojená s přítomností biogenních aminů v potravinách[13]. Mezi běžně používaná opatření ke snížení jejich obsahu patří skladování při nízkých teplotách a použití konzervačních látek, zatímco alternativní přístupy se zaměřují na mikrobiální degradaci biogenních aminů[14].

Cílem této práce bylo identifikovat 11 kmenů bakterií rodu *Asaia* izolovaných z průmyslově vyráběných kontaminovaných nealkoholických nesycených nápojů a posoudit jejich schopnost produkce BAs, která u tohoto rodu dosud nebyla systematicky popsána.

Experimentální část

Bakteriální kmeny a kultivační podmínky

V experimentech bylo použito 14 bakteriálních kmenů rodu *Asaia*. Referenční kmeny *A. krungthepensis* CCM 7333^T, *A. lannensis* BCC 15734 a *A. siamensis* CCM 7132^T byly získány ze sbírek CCM (CCM, Czech Collection of Microorganisms, Brno, CZE) a BCC (BCC, BIOTEC Culture Collection, Khlong Luang, THA). Do studie bylo dále zařazeno 11 kmenů *A. lannensis* (kmeny 3, 8–12 a 20–24), izolovaných ze vzorků.

Kmeny *Asaia* spp. byly kultivovány aerobně při 25 °C po dobu 48 h v Sabouraudově dextrózovém bujónu (SDB; 2 % dextrózy, pH 5,6; Merck KGaA, Darmstadt, DEU) za použití 1,0% (v/v) inokula nebo na Sabouraudově dextrózovém agaru (SDA; 4 % dextrózy, pH 5,6; Merck KGaA, Darmstadt, DEU) při 25 °C po dobu 72 h. Všechny použité kmeny jsou uloženy ve sbírce Ústavu konzervace potravin (ÚKP), Fakulty potravinářské a biochemické technologie (FPBT), Vysoké školy chemicko-technologické v Praze (VŠCHT Praha).

Izolace bakteriálních kmenů z nápojů

Bakterie byly izolovány z vysoce kontaminovaných průmyslově vyráběných nealkoholických nesycených nápojů (balených v PET lahvích o objemu 1,5 l) s různými příchutěmi (malina, zelený čaj) i bez příchutě (stolní voda). Pro izolaci byl na misky s SDA naočkován 1,0 ml každého kontaminovaného nápoje (jeho první až šesté desítkové ředění), které byly následně inkubovány aerobně při 25 °C po dobu 72 h. Narostlé bakteriální kolonie vykazovaly charakteristickou starorůžovou pigmentaci a stanovené počty bakterií *Asaia* spp. se pohybovaly v rozmezí 10^5–10^6 KTJ·ml^{-1}. Izolované kmeny a jejich zdroje jsou uvedeny v Tabulce I. Izolace byla provedena na ÚKP, FPBT, VŠCHT Praha.

Tabulka I Použité bakteriální kmeny a jejich původ

Bakteriální kmen	Původ
Asaia krungthepensis CCM 7333^T (NBRC 100057)	Korunní lístky *Calotropis gigantea* (THA)
Asaia lannensis BCC 15734 (NBRC 102527)	Květy *Lycoris radiata* (THA)
Asaia siamensis CCM 7132^T (NBRC 16457)	Korunní lístky *Heliconia* sp. (THA)
Asaia spp. 3, 8, 9	Nesycená stolní voda, neochucená (CZE)
Asaia spp. 10, 12	Nesycený nápoj s příchutí zeleného čaje (CZE)
Asaia spp. 11, 20–24	Nesycený nápoj s malinovou příchutí (CZE)

Identifikace *Asaia* spp. ***pomocí sekvenování genu 16S rRNA***

Genomová DNA byla izolována z buněčných suspenzí *Asaia* spp. kultivovaných aerobně v SDB při 25 °C po dobu 48 h pomocí kitu High Pure PCR Template Preparation Kit (Roche, Mannheim, DEU). Amplifikace genu 16S rRNA byla provedena PCR s primery 28F (5′-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3′) a 1521R (5′AAGGAGTGGATCCARCCGCA-3′)[15]; u kmenů *A. krungthepensis* CCM 7333^T, *A. siamensis* CCM 7132^T, *A. lannensis* BCC 15734 a *A lannensis* 22 byly paralelně použity dvojice 28F/1098R (5′-GGGTTGCGCTCGTTRC-3′) a 534F/1521R (5′-GCCAGCAGCCGCGGTA A-3′)[16].

Rutinně byl sekvenován úsek nukleotidů 28–1098, u kmenů *A. krungthepensis* CCM 7333^T, *A. siamensis* CCM 7132^T a *A. lannensis* BCC 15734 byl doplněn také úsek nukleotidů 534–1521 pro zvýšení sekvenční identity. Sekvenování jednovláknových DNA amplikonů bylo prováděno s použitím příslušných primerů 28F nebo 1098R a 534F nebo 1521R. PCR proběhla s PPP Master Mix (Top-Bio, CZE) za podmínek: 95,0 °C/5 min; 35 cyklů 95,0 °C/20 s, 56,0 °C/20 s,

72,0 °C/90 s; finální elongace 72,0 °C/5 min. Amplikony byly ověřeny agarózovou elektroforézou, purifikovány (MinElute PCR Purification Kit, Qiagen, Hilden, DEU) a sekvenovány Sangerovou metodou (BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit, Applied Biosystems, Foster City, CA, USA) na přístroji ABI Prism 3130xl Genetic Analyzer. Sekvence byly manuálně editovány a porovnány pomocí BLAST+[17,18] (verze 2.16.0 2024); proti databázím Core Nucleotide BLAST Database[19] a RefSeq Prokaryote Reference Genomes Database[20]. Data byla uložena v NCBI BioProject PRJNA1282453[21]. Sekvenování bylo provedeno v Centru sekvenování DNA, Ústavu mikrobiologie Akademie věd České republiky.

Identifikace** Asaia* spp. ***pomocí MALDI-TOF MS biotypizace

Identifikace *Asaia* spp. pomocí MALDI-TOF MS biotypizace byla provedena dle pokynů výrobce[22]. Podrobný protokol (SI1) je součástí Doplňujících informací, které jsou k dispozici na vyžádání u hlavního autora. Byly použity čerstvé kolonie kultivované aerobně na SDA při 25 °C po dobu 72 h. Vzorky byly připraveny metodou přímého přenosu (DT) a extrakční metodou ethanol/kyselina mravenčí (Ex EtOH/FA).

Proteinová spektra byla získána na přístroji Autoflex Speed (Bruker Daltonics, Bremen, DEU) se softwarem FlexControl 3.4. Interní databáze MSP byla vytvořena v MALDI Biotyper 3.1 (Bruker Daltonics, Bremen, DEU) z MSP generovaných metodou Ex EtOH/FA pro kmeny *A. krungthepensis* CCM 7333^T, *A. lannensis* BCC 15734 a *A. siamensis* CCM 7132^T. MSP databáze byla uložena v NCBI BioProject PRJNA1282453[21].

Identifikace izolátů *Asaia* byla provedena pomocí interní databáze a MALDI Biotyper 4.1 (Bruker Daltonics, Bremen, DEU). Specificita MSP byla ověřena analýzou spekter *Acetobacter aceti* CCM 3620^T (ATCC 15973; ATCC, USA), *Gluconobacter oxydans* CCM 3607^T (ATCC 19357) a *Kozakia baliensis* CCM 7137^T (NBRC 16664; NBRC, JPN) s využitím MBT Compass Library 2023[11]. Analýza byla provedena na Ústavu biochemie a mikrobiologie, FPBT, VŠCHT Praha.

***Stanovení produkce BA u** Asaia* spp.

Produkce sedmi biogenních aminů (BA) — kadaverinu, histaminu, fenylethylaminu, putrescinu, sperminu, tryptaminu a tyraminu — kmeny *A. lannensis* byla stanovena pomocí HPLC. Analýza probíhala v SDB s prekurzory BA (arginin, histidin, lysin, ornitin, fenylalanin, tryptofan, tyrosin), každý v koncentraci 2,0 g·l^{-1} (Sigma-Aldrich, USA).

Kmeny byly kultivovány aerobně ve třech biologických replikách při 25 °C po dobu 48 h. Po inkubaci byly buňky odstřeďovány (3500 × g, 20 min, 22 ± 1 °C) a supernatanty (600 µl) smíchány 1:1 (v/v) s 1,2 mol·l^{-1} kyselinou chloristou (Sigma-Aldrich, USA). Vzorky byly derivatizovány[23] a filtrovány přes 0,22 µm filtry (Merck KGaA, DEU).

Analýza probíhala na koloně ZORBAX RRHD Eclipse Plus C18 (50 × 3,0 mm, 1,8 µm; Agilent Technologies, USA) s UV/VIS-DAD detektorem (λ = 254 nm) a termostatem kolony (Thermo Fisher Scientific, USA). Separace a detekce odpovídaly publikovaným údajům[24]. Jako ISTD byl použit 1,7-heptandiamin (Sigma-Aldrich, USA). Každá biologická replikace (n = 3) byla derivatizována v duplikátu a každá derivatizace byla injikována dvakrát (n = 12). Data byla zpracována v Chromeleon™ 6.8 (Thermo Fisher Scientific, USA). Validace metody je uvedena v Doplňujících informacích SI2, které jsou k dispozici na vyžádání u hlavního autora. Stanovení BA bylo provedeno na Ústavu inženýrství ochrany životního prostředí, Fakultě technologické, Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

Výsledky a diskuse

Identifikace izolovaných** Asaia* spp. ***pomocí 16S rRNA sekvenování a MALDI-TOF MS biotypizace

Výsledky druhové identifikace 11 izolovaných kmenů *Asaia* (3, 8–12 a 20–24) sekvenováním genu 16S rRNA a MALDI-TOF MS biotypizací jsou shrnuty v Tabulce II.

Tabulka II Identifikace *Asaia* spp. pomocí 16S rRNA a MALDI-TOF MS

Bakteriální kmen	Délka sekvence (bp)	Identita 16S rRNA (%)	MALDI-TOF MS skóre (0–3) (DT)	MALDI-TOF MS skóre (0–3) (Ex EtOH/FA)
A. krungthepensis CCM 7333^T	1390	99,86	2,458 ± 0,078 (+++)	2,585 ± 0,035 (+++)
A. lannensis BCC 15734	941	99,89	2,568 ± 0,095 (+++)	2,635 ± 0,044 (+++)
A. siamensis CCM 7132^T	1381	99,78	2,603 ± 0,082 (+++)	2,651 ± 0,042 (+++)
A. lannensis 3	965	99,90	2,585 ± 0,021 (+++)	2,675 ± 0,007 (+++)
A. lannensis 8	958	100,00	2,535 ± 0,007 (+++)	2,525 ± 0,007 (+++)
A. lannensis 9	963	99,79	2,580 ± 0,099 (+++)	2,585 ± 0,049 (+++)
A. lannensis 10	962	99,90	2,490 ± 0,028 (+++)	2,415 ± 0,021 (+++)
A. lannensis 11	958	100,00	2,550 ± 0,014 (+++)	2,520 ± 0,099 (+++)
A. lannensis 12	959	100,00	2,590 ± 0,099 (+++)	2,550 ± 0,014 (+++)
A. lannensis 20	958	100,00	2,555 ± 0,007 (+++)	2,585 ± 0,021 (+++)
A. lannensis 21	964	99,90	2,575 ± 0,106 (+++)	2,580 ± 0,014 (+++)
A. lannensis 22	1388	99,64	2,580 ± 0,014 (+++)	2,570 ± 0,014 (+++)
A. lannensis 23	958	99,90	2,595 ± 0,035 (+++)	2,555 ± 0,007 (+++)
A. lannensis 24	956	100,00	2,570 ± 0,042 (+++)	2,575 ± 0,007 (+++)

DT – přímý přenos; Ex EtOH/FA – extrakce ethanolem/kyselinou mravenčí; skóre – míra shody s referenčním proteinovým spektrem, vypočtená jako průměr technických replikátů s nejvyšší dosaženou hodnotou skóre pro jednotlivé biologické replikáty v rámci nezávislých experimentů; +++ – vysoce pravděpodobná identifikace na úrovni druhu (skóre: 2,300–3,000)

Všech 11 izolátů spolu s referenčním kmenem *A. lannensis* BCC 15734 bylo sekvenováním genu 16S rRNA identifikováno jako *A. lannensis*, s minimální sekvenční identitou 99,64 % a 100% pokrytím analyzované oblasti (941–965 nukleotidů; 1388 nukleotidů u kmene 22) ve srovnání se sekvencemi uloženými v databázích Core Nucleotide BLAST Database (NCBI 2025a) a RefSeq Prokaryote Reference Genomes Database[20].

Vzhledem k vysoké podobnosti sekvencí genu 16S rRNA mezi *A. krungthepensis* CCM 7333^T a některými dalšími druhy rodu *Asaia* a obdobně mezi *A. siamensis* CCM 7132^T a dalšími druhy rodu *Asaia* byly pro zpřesnění druhové identifikace sekvenovány delší úseky genu (1388 bp, resp. 1381 bp). Vysoká podobnost byla potvrzena i porovnáním sekvencí genu 16S rRNA z kompletních referenčních genomů uložených v databázi RefSeq Prokaryote Reference Genomes Database (přístupová čísla: GCF_025995175.1 pro *A. krungthepensis* NRIC 0535 a GCF_014635085.1 pro *A. siamensis* CCM 7132T) se sekvencemi ostatních druhů rodu *Asaia*. Tyto výsledky potvrzují, že pro spolehlivou druhovou identifikaci fylogeneticky blízce příbuzných druhů rodu *Asaia* může být v některých případech nezbytné analyzovat delší úseky genu 16S rRNA.

Izolované kmeny *Asaia* byly metodou MALDI-TOF MS biotypizace s využitím interní databáze rovněž identifikovány jako *A. lannensis*. Průměrné hodnoty skóre ze dvou nezávislých experimentů (průměr nejvyšších hodnot skóre z každého experimentu provedeného ve čtyřech technických replikátech) se pohybovaly od 2,458 do 2,603 při metodě přímého přenosu (DT) a od 2,415 do 2,675 při metodě Ex EtOH/FA. Všechny tři referenční kmeny rodu *Asaia* byly s využitím interní databáze spolehlivě identifikovány na úrovni vysoce pravděpodobné druhové identifikace

oběma metodami. Při použití komerční databáze MBT Compass Library nebyl u tří testovaných zástupců octových bakterií (*A. aceti* CCM 3620^T, *G. oxydans* CCM 3607^T a *K. baliensis* CCM 7137^T) nepatřících do rodu *Asaia* pozorován žádný chybný výsledek identifikace jako zástupce rodu *Asaia*.

Při použití komerční databáze MBT Compass Library 2023 byly *A. aceti* a *G. oxydans* správně identifikovány na druhové úrovni (hodnoty skóre: 2,368/2,492 pro DT a 2,105/2,482 pro Ex EtOH/FA), protože jsou v databázi zastoupeny více referenčními záznamy. Kmen *K. baliensis* CCM 7137^T identifikován nebyl, neboť databáze MBT Compass Library 2023 jej neobsahuje. Výsledky potvrzují, že vhodně sestavená interní databáze může zvýšit spolehlivost druhové identifikace izolátů rodu *Asaia* ve srovnání s použitou komerční databází.

Produkce biogenních aminů u** Asaia* spp. ***za podmínek in vitro

Výsledky *in vitro* produkce BA u testovaných kmenů *Asaia* spp. jsou uvedeny v Tabulce III. Reprezentativní HPLC chromatogramy separace sedmi cílových BA spolu s interním standardem (Obrázek SI3) a kvantitativní HPLC data včetně retenčních časů, parametrů píků a vypočtených koncentrací BA (Obrázek SI4) jsou součástí Doplňujících informací, které jsou na vyžádání k dispozici u hlavního autora.

Tabulka III Produkce BA u *Asaia* spp. *in vitro*

Bakteriální kmen	CAD (mg·l^{-1})	PEA (mg·l^{-1})	PUT (mg·l^{-1})	SPM (mg·l^{-1})	TYR (mg·l^{-1})	Celkové BAs (mg·l^{-1})
A. krungthepensis CCM 7333^T	0,30 ± 0,02	0,20 ± 0,02	0,50 ± 0,04	5,70 ± 0,39	1,30 ± 0,08	8,00
A. lannensis BCC 15734	ND	ND	ND	ND	ND	ND
A. siamensis CCM 7132^T	1,70 ± 0,84	ND	1,30 ± 0,09	9,90 ± 0,87	6,90 ± 0,56	19,80
A. lannensis 3	ND	ND	0,70 ± 0,05	10,50 ± 0,80	1,80 ± 0,12	13,00
A. lannensis 8	ND	ND	ND	7,20 ± 0,61	ND	7,20
A. lannensis 9	0,80 ± 0,08	0,60 ± 0,03	0,90 ± 0,07	1,20 ± 0,10	1,10 ± 0,09	4,60
A. lannensis 10	0,80 ± 0,07	ND	1,50 ± 0,11	6,90 ± 0,58	4,80 ± 0,40	14,00
A. lannensis 11	ND	ND	0,50 ± 0,04	1,00 ± 0,08	0,70 ± 0,07	2,20
A. lannensis 12	22,50 ± 1,98	ND	785,30 ± 56,10	9,30 ± 0,83	7,10 ± 0,62	824,20
A. lannensis 20	ND	ND	0,80 ± 0,08	11,40 ± 1,02	2,00 ± 0,11	14,20
A. lannensis 21	ND	ND	ND	4,60 ± 0,40	1,50 ± 0,10	6,10
A. lannensis 22	ND	ND	0,40 ± 0,02	3,20 ± 0,27	1,30 ± 0,09	4,90
A. lannensis 23	0,80 ± 0,06	ND	2,50 ± 0,20	2,60 ± 0,18	3,80 ± 0,31	9,70
A. lannensis 24	ND	ND	0,90 ± 0,09	10,00 ± 0,86	ND	10,90

Zkratky: BAs – biogenní aminy; CAD – kadaverin; PEA – fenylethylamin; PUT – putrescin; SPM – spermin; TYR – tyramin; ND – nedetekováno (hodnota pod mezí detekce pro daný biogenní amin). Mez kvantifikace (LOQ): 0,07–0,10 mg·l^{-1}

Dekarboxylázová aktivita byla detekována za podmínek *in vitro* u všech 11 kmenů *A. lannensis* izolovaných z nealkoholických nápojů a u dvou referenčních kmenů rodu *Asaia* (*A. krungthepensis* CCM 7333^T a *A. siamensis* CCM 7132^T). Aktivita nebyla zjištěna u referenčního kmene *A. lannensis* BCC 15734 a žádný z kmenů s prokázanou dekarboxylázovou aktivitou neprodukoval histamin ani tryptamin. Mezi referenčními kmeny rodu *Asaia* byla

produkce BA detekována u *A. krungthepensis* CCM 7333^T a *A. siamensis* CCM 7132^T, s celkovými koncentracemi 8,00 - 19,80 mg·l^{-1}. Oba kmeny produkovaly především spermin a tyramin (1,30 - 9,90 mg·l^{-1}). Kmeny *A. lannensis* izolované z nealkoholických nápojů vykazovaly širší rozmezí produkce BAs (2,20 - 842,20 mg·l^{-1}). Izolát *A. lannensis* 12 dosáhl nejvyšší celkové produkce (824,20 mg·l^{-1}), s dominantními aminy putrescinem (785,30 mg·l^{-1}) a kadaverinem (22,50 mg·l^{-1}). Ostatní izoláty vykazovaly výrazně nižší koncentrace (2,20 - 14,20 mg·l^{-1}), přičemž nejčastěji byly detekovány spermin a tyramin.

Znalosti o produkci BA u octových bakterií jsou omezené a pro bakterie rodu *Asaia* dosud chybí specifické studie. Landete a kol.[25] popsali zanedbatelnou nebo žádnou produkci BA u 40 kmenů octových bakterií rodu *Acetobacter* a *Gluconobacter* izolovaných z vína, což naznačuje obecně nízký potenciál jejich syntézy. Ani nedávné[6], ani starší práce[26] neuvádějí bakterie rodu *Asaia* jako producenty BA v kontaminovaných potravinách a nápojích, přestože jsou BA běžně detekovány ve fermentovaných potravinách a nápojích[27,28]. Většina izolátů *A. lannensis* vykazovala nízkou produkci BA, což je v souladu s dosavadními poznatky o octových bakteriích, avšak kmen *A. lannensis* 12 představoval výraznou výjimku se zvýšenou produkcí putrescinu a kadaverinu. Variabilita produkce BA mezi kmeny může souviset s rozdíly v přítomnosti nebo expresi genů pro dekarboxylázy, což zdůrazňuje nutnost kmenově specifického screeningu BA u octových bakterií v potravinářských procesech.

Biogenní aminy významně ovlivňují kvalitu a bezpečnost potravin a jsou spojovány s alimentárními intoxikacemi, zejména histaminovými reakcemi[29]. Toxikologické prahy BA jsou obtížně stanovitelné kvůli interakcím v matrici a detoxikačním mechanismům organismu[13], zahrnujícím monoaminooxidázy, diaminooxidázy a histidin-methyltransferázy. Ačkoliv neexistuje legislativní limit pro BA v nealkoholických nápojích, koncentrace do přibližně 100 mg·l^{-1} jsou obecně považovány za málo rizikové, přičemž toxicita závisí na aminu, matrici a citlivosti jedince[30,31,13,32,33]. Histamin je nejrizikovější BA a jediný legislativně regulovaný[34]; jeho obsah se však na etiketách výrobků neuvádí. Žádný z testovaných izolátů *Asaia* spp. histamin neprodukoval.

Biogenní aminy vznikají aktivitou mikroorganismů s dekarboxylázami, nejčastěji ve fermentovaných potravinách a nápojích, ale i v nefermentovaných potravinách[35]. V alkoholických nápojích (pivo, víno, cider) jsou biogenní aminy (BA) zastoupeny zvláště hojně a jejich koncentrace obvykle během dlouhodobého skladování narůstá v důsledku mikrobiální aktivity[36,37,38,39]. Naopak v nealkoholických nápojích je výskyt BA méně prozkoumán, dostupná data naznačují buď jejich nízké koncentrace nebo nevhodné podmínky pro růst mikroorganismů[37,40], přičemž jejich koncentrace se v nealkoholických pivech obvykle pohybují pod hodnotou 100 mg·l^{-1} [37]. Produkce BA je kmenově specifická a ovlivněná prostředím včetně dostupnosti živin[41]. V naší studii nebyly zjištěny rozdíly mezi kmeny *Asaia* spp. izolovanými z nutričně chudých (vzorky 3, 8, 9) a bohatších prostředí (vzorky 10 - 12, 20 - 24). Produkce BA je dále ovlivněna fází bakteriálního růstu a kopíruje růstovou křivku bakterií se zpožděním[41], což může ovlivnit jejich detekci v reálných matricích.

Vzhledem k nepříznivým účinkům BA na lidské zdraví je nezbytné předcházet jejich akumulaci v nápojích a současně vyvíjet nové účinné strategie pro omezení jejich tvorby. Byla navržena řada přístupů, včetně inhibice mikroorganismů produkujících BA, snížení počtu mikrobiálních producentů BA tepelným ošetřením, vysokotlakým zpracováním, ionizujícím zářením, využitím obalových technologií a potravinářských aditiv, omezením proteolytické aktivity (a tím i dostupnosti prekurzorů BA – aminokyselin) a řízením mikrobioty používané při výrobě potravin[42,43].

Závěr

Tato studie poskytuje první důkaz produkce biogenních aminů (BAs) u kmenů rodu *Asaia* spp., což poukazuje na potenciální zdravotní riziko spojené s kontaminací nealkoholických nesycených nápojů. Všechny izolované kmeny byly na základě sekvenování genu pro 16S rRNA

identifikovány jako *Asaia lannensis* s vysokou mírou shody (≥99,64 %). Tato identifikace byla dále potvrzena metodou MALDI-TOF MS s využitím vlastní in-house databáze, která zahrnovala i referenční kmeny *A. krungthepensis* CCM 7333^T, *A. lannensis* BCC 15734 a *A. siamensis* CCM 7132^T. Všechny získané sekvence 16S rRNA a proteinová spektra MALDI-TOF MS byly uloženy do nově vytvořeného BioProject PRJNA1282453, čímž byla rozšířena referenční databáze pro identifikaci vybraných druhů rodu *Asaia*.

Analýza pomocí HPLC prokázala produkci biogenních aminů u všech 11 izolátů *A. lannensis* i u dvou referenčních kmenů rodu *Asaia* v rozmezí 2,20 - 824,20 mg·l^{-1}. Histamin ani tryptamin nebyly detekovány v žádném z testovaných vzorků. Nejvyšší produkce biogenních aminů byla zaznamenána u izolátu *A. lannensis* 12, kde dominoval putrescin (785,30 mg·l^{-1}) a kadaverin (22,50 mg·l^{-1}).

Získané výsledky ukazují, že zejména *A. lannensis* mohou představovat významný zdroj tvorby biogenních aminů v nealkoholických nápojích, a proto vyžadují systematický monitoring a kontrolu v rámci potravinářské praxe.

Prohlášení o původu dat

Data prezentovaná v této práci byla dříve publikována v článku Šviráková *et al.* (2026) v časopise *Folia Microbiologica* (Springer Nature): Bacteria of the genus *Asaia* contaminating non-alcoholic beverages produce biogenic amines, posing a health risk. https://doi.org/10.1007/s12223-026-01426-0. Článek je publikován v režimu open access (CC BY 4.0).

Literatura

1. Yamada, Y., Katsura, K., Kawasaki, H., Widyastuti, Y., Saono, S., Seki, T., Uchimura, T., Komagata, K., Int J Syst Evol Microbiol, 2000, 50(2), 823–829. https://doi.org/10.1099/00207713-50-2-823
2. Kawai, M., Higashiura, N., Hayashi, K., Okamoto, N., Takami, A., Hirakawa, H., Matsushita, K., Azuma, Y., DNA Res, 2015, 22(5), 357–366. https://doi.org/10.1093/dnares/dsv018
3. Kręgiel, D., James, S. A., Rygala, A., Berlowska, J., Antolak, H., Pawlikowska, E., Van Leeuwenhoek, A, 2018, 111, 373–383. https://doi.org/10.1007/s10482-017-0959-7
4. Antolak, H., Jeleń, H., Otlewska, A., Kręgiel, D., Food Res Int, 2019, 121, 379–386. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.054
5. Horsáková, I., Voldřich, M., Čeřovský, M., Sedláčková, P., Šicnerová, P., Ulbrich, P., Czech J Food Sci, 2009, 27(Special Issue 1), S362–S365. https://doi.org/10.17221/970-CJFS
6. Wen, X., Chen, Y., Zhang, S., Su, A.-t., Huang, D., Zhou, G., Xie, X., Wang, J., Front Microbiol, 2024, 15, 1345800. https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1345800
7. Mohammad, A., Nik Hashim, N. H. H., Cureus, 2024, 16(9), e68577. https://doi.org/10.7759/cureus.68577
8. Yukphan, P., Malimas, T., Takahashi, M., Kaneyasu, M., Potacharoen, W., Tanasupawat, S., Nakagawa, Y., Tanticharoen, M., Yamada, Y., J Gen Appl Microbiol, 2006, 52(4), 241–247. https://doi.org/10.2323/jgam.52.241
9. Chen, S., Yu, T., Terrapon, N., Henrissat, B., Walker, E. D., Genes, 2021, 12(5), 752. https://doi.org/10.3390/genes12050752
10. bioMérieux, 2023, VITEK MS V3.2 flyer. https://go.biomerieux.com/l/149271/2019-04-23/479nnr/149271/83792/19VITEKMSV3.2FLYERV8.pdf. [cit. 3. července 2026].
11. Bruker D MBT Compass library 2023, revision P (November 2023), Bruker Daltonics GmbH Co. KG, Bremen, 2023, doc. no. 5026705.
12. Bover-Cid, S., Miguélez-Arrizado, M. J., Becker, B., Holzapfel, W. H., Vidal-Carou, M.C., Food Microbiol, 2008, 25, 269–277. https://doi.org/10.1016/j.fm.2007.10.013
13. EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ), EFSA J, 2011, 9(10), 2393. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2393
14. Klementová, L., Purevdorj, K., Butor, I., Jančová, P., Báblová, D., Buňka, F., Buňková, L., Food Microbiol, 2024, 117, 104391. https://doi.org/10.1016/j.fm.2023.104391
15. Edwards, U., Rogall, T., Blöcker, H., Emde, M., Böttger, E.C., Nucleic Acids Res, 1989, 17(19), 7843–7853. https://doi.org/10.1093/nar/17.19.7843
16. Lane, D.J., In: Stackebrandt, E., Goodfellow, M. (Eds.): Nucleic Acid Techniques in Bacterial Systematics. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 1991, 115–175.
17. Altschul, S.F., Gish, W., Miller, W., Myers, E.W., Lipman, D. J., J Mol Biol, 1990, 215(3), 403–410. https://doi.org/10.1016/S0022-2836(05)80360-2
18. Camacho, C., Coulouris, G., Avagyan, V., Ma, N., Papadopoulos, J., Bealer, K., Madden, T.L., BMC Bioinformatics, 2009, 10, 421. https://doi.org/10.1186/1471-2105-10-421

19. National Center for Biotechnology Information (NCBI), Core nucleotide BLAST database (contains GenBank + EMBL + DDBJ + PDB + RefSeq sequences). 2025a [online]. [cit. 3. července 2026]. https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/
20. National Center for Biotechnology Information (NCBI), RefSeq prokaryote reference genomes (contains RefSeq assembly). 2025b [online]. [cit. 3. července 2026]. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/refseq
21. National Center for Biotechnology Information (NCBI), BioProject: PRJNA1282453. 2025c [online]. [cit. 3. července 2026]. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/bioproject/PRJNA1282453
22. Bruker Daltonics: MALDI Biotyper 3.1 user manual, revision 1 (May 2015). Bruker Daltonics GmbH & Co. KG, Bremen, 2015.
23. Buňková, L., Riemel, J., Purevdorj, K., Vinter, Š., Míšková, Z., Jančová, P., Foods, 2025, 14(3), 369. https://doi.org/10.3390/foods14030369
24. Purevdorj, K., Buňková, L., Dlabajová, A., Čechová, E., Pachlová, V., Buňka, F., Food Microbiol, 2021, 99, 103813. https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103813
25. Landete, J. M., Ferrer, S., Pardo, I., Food Control, 2007, 18(12), 1569–1574. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.12.008
26. Šístková, I., Horsáková, I., Hanková, M., Čížková, H., Kvasny Průmysl, 2019, 65, 1–5. https://doi.org/10.18832/kp2019.65.1
27. del Rio, B., Fernandez, M., Redruello, B., Ladero, V., Alvarez, M. A., Food Chemistry, 2024, 435, 137558. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137558
28. Setiani, B. E., Yunianta, Zubaidah, E., Wardani, A. K., Int J Agric Biosci, 2024, 13(3), 259–268. https://doi.org/10.47278/journal.ijab/2024.111
29. EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ), EFSA Supporting Publications, 2017 (EN–1301), 1–37. https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2017.EN-1301
30. Shalaby, A. R., Food Res Int, 1996, 29, 675–690. https://doi.org/10.1016/S0963-9969(96)00066-X
31. Silla Santos, M. H., Int J Food Microbiol, 1996, 29, 213–231. https://doi.org/10.1016/0168-1605(95)00032-1
32. Vinci, G., Maddaloni, L., Beverages, 2020, 6, 17. https://doi.org/10.3390/beverages6010017
33. Visciano, P., Schirone, M., Foods, 2022, 11(3), 353. https://doi.org/10.3390/foods11030353
34. European Commission, Official Journal of the European Union, 2005, L338, 1–26. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32005R2073
35. Omer, A. K., Mohammed, R. R., Ameen, P. S. M., Abas, Z. A., Ekici, K., J Food Prot, 2021, 84(9), 1539–1548. https://doi.org/10.4315/JFP-21-047
36. Slomkowska, A., Ambroziak, W., Eur Food Res Technol, 2002, 215, 380–383. https://doi.org/10.1007/s00217-002-0571-5
37. Buňka, F., Budinský, P., Čechová, M., Drienovský, V., Pachlová, V., Matoulková, D., Kubáň, V., Buňková, L., J Inst Brew, 2012, 118(2), 213–216. https://doi.org/10.1002/jib.31
38. Deetae, P., Perello, M. C., Revel, G., J Inst Brew, 2013, 119(1–2), 57–63. https://doi.org/10.1002/jib.63
39. Lorencová, E., Salek, R. N., Buňková, L., Szczybrochová, M., Černíková, M., Buňka, F., Food Biosci, 2021, 41, 100957. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107335
40. Lorencová, E., Salek, R. N., Černíková, M., Buňková, L., Hýlková, A., Buňka, F., Food Control, 2020, 117, 107335. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107335
41. Buňková, L., Buňka, F., Pollaková, E., Podešvová, T., Dráb, V., Int J Food Microbiol, 2011, 147(2), 112–119. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.03.017
42. Ladero, V., Calles-Enríquez, M., Fernández, M., Alvarez, M. A., Curr Nutr Food Sci, 2010, 6(2), 145–156. https://doi.org/10.2174/157340110791233256
43. Butor, I., Jančová, P., Purevdorj, K., Klementová, L., Kluz, M., Huňová, I., Pištěková, H., Buňka, F., Buňková, L., Microorganisms, 2023, 11(4), 1091. https://doi.org/10.3390/microorganisms11041091

BAKTERIOCÍNY AKO PRIRODZENÝ NÁSTROJ OCHRANY POTRAVÍN

Tkáčová J., Pavelková A.

Ústav potravinárstva, SPU v Nitre, SK

Úvod

Potravinové patogény ako napríklad *Listeria monocytogenes*, *Salmonella Choleraesuis* a *Salmonella Typhimurium* predstavujú dlhodobý problém verejného zdravia. Tieto mikroorganizmy dokážu kontaminovať potraviny rôzneho typu, a tým významne ohrozovať zdravie ľudí[1].

Zvyšujúce sa požiadavky spotrebiteľov na kvalitu potravín, dobu trvanlivosti a uprednostňovanie prírodných zložiek v potravinách smerujú potravinársky výskum k hľadaniu antimikrobiálnych látok na prírodnej báze, ktoré by svojimi vlastnosťami úspešne plnili konzervačnú funkciu v potravinách. Významná pozornosť sa venuje hľadaniu takých látok, ktoré neovplyvňujú kvalitu potravín a na druhej strane dokážu účinne eliminovať patogény. Tieto požiadavky viedli k štúdiu bakteriocínov, ktoré by mohli účinne pôsobiť proti patogénom v potravinách[2].

WHO vytvorila zoznam prioritných patogénov, ktorý zdôrazňuje naliehavú potrebu nových liečebných postupov proti patogénom rezistentným na antibiotiká, s osobitným zreteľom na *Mycobacterium tuberculosis* a karbapeném-rezistentné gramnegatívne baktérie, pre ktoré existuje len niekoľko možností liečby, nasledované sú grampozitívnym *Enterococcus faecium* rezistentným na vankomycín a ďalšími vysoko prioritnými patogénmi[3].

Celospoločenský význam bakteriocínov spočíva aj v tom, že sú skúmané pre potenciálne využitie pri liečbe rôznych infekčných ochorení (napr. mastitída, infekcie dýchacích ciest) a skúma sa aj ich význam pri liečbe nádorových ochorení[2, 4].

V súčasnosti bolo charakterizovaných viac ako 500 rôznych bakteriocínov a každý rok výskumníci objavujú stále viac týchto zlúčenín a ich producentov, a preto sa ich klasifikácia neustále mení[5].

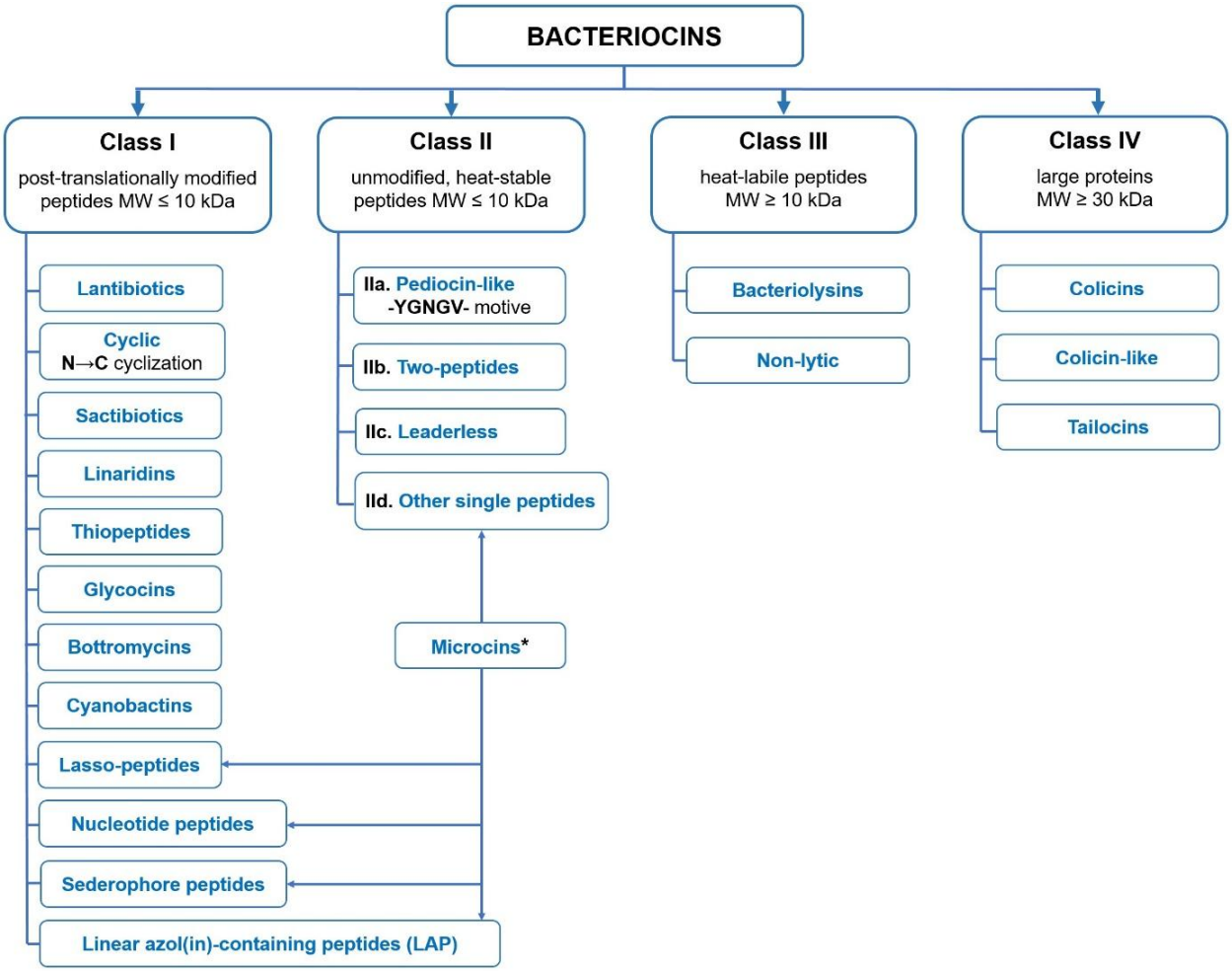
Bakteriocíny sú rozmanité a rozšírené v kmeňoch, ktoré ich produkujú, s obrovskou heterogenitou v organizácii génových zhlukov, biosyntetickom mechanizme a peptidových štruktúrach. Napriek tejto rozmanitosti sa bakteriocíny zvyčajne delia (Tab. I) do dvoch hlavných skupín: trieda I - s posttranslačnými modifikáciami a trieda II - nemodifikované peptidy[3], termostabilné AMP s molekulovými hmotnosťami <10 kDa, ktoré v procese svojej biosyntézy nepodliehajú posttranslačným modifikáciám. Bakteriocíny triedy III sú termolabilné peptidy s molekulovými hmotnosťami >10 kDa a bakteriocíny triedy IV sú veľké proteíny s molekulovými hmotnosťami >30 kDa[5].

Bakteriocíny charakterizujeme ako ribozomálne syntetizované sekretované antimikrobiálne peptidy (AMP) s dĺžkou 20–60 aminokyselín[6]. Bakteriocíny sú malé peptidy s baktericídnymi účinkami. Bakteriocíny sú syntetizované baktériami prostredníctvom ribozómov počas ich metabolizmu[4]. Väčšina bakteriocínov má schopnosť inhibovať niektoré grampozitívne baktérie. Štúdie ukázali, že nizín ovplyvňuje tvorbu reaktívnych foriem kyslíka v bunkách *Bacillus subtilis* a *Staphylococcus aureus* prostredníctvom respiračného elektróntransportného reťazca[7].

Výskum bakteriocínov sa začal v roku 1925, keď Farth prvýkrát objavil kolicín V vo fermentovaných bujónových kultúrach *Escherichia coli*. V roku 1928 Rogers identifikoval látku produkovanú *Lactococcus lactis* so širokospektrálnou inhibičnou aktivitou proti grampozitívnym baktériám a pomenoval ju nizín A. Nizín A sa stal prvým bakteriocínom široko používaným na konzerváciu potravín. V roku 1951 bol identifikovaný subtilín produkovaný *Bacillus subtilis*, využívaný na inhibíciu patogénnych a baktérií zodpovedných za kazenie potravín. V roku 1956 boli bakteriocíny prvýkrát definované ako proteíny

s antimikrobiálnou aktivitou produkované baktériami, čím položili základy pre následný výskum a systematickú klasifikáciu[8].

Tabuľka I Klasifikácia bakteriocínov podľa Antoshina *et al.* [5]



Medzi ďalšie bakteriocíny patria: subtilín, lichenicidín, cinnamycín, aktagardín, epidermín, lakticín, karnobakteriocín, piscikolín, divergicín, mutacin, mundticín, mezenterocín, enterocin, sakacin, leucocin, kurvacín, lyzostafín, duramycín, brevinín, ruminokokcín, kurvaticín a kolumbicín[6].

Okrem antimikrobiálnych účinkov vykazujú niektoré bakteriocíny aj ďalšie biologické aktivity, ako je protizápalové, antioxidačné, regulačné účinky na črevnú flóru a zlepšenie kolitídy. Štúdie ukázali, že väčšina bakteriocínov má dobrú stabilitu voči kyselinám a zásadám, vysokú tepelnú stabilitu, nízku toxicitu, nezanecháva reziduá a nevedie k vzniku rezistencie voči antibiotikám[7].

Bakteriocíny v porovnaní s antimikrobiálnymi peptidmi (AMP)[9] produkovanými eukaryotickými bunkami vykazujú aktivitu už v nanomolárnych koncentráciách, čo ich zvýhodňuje pri ich využití. Ich výhodou je aj široká škála molekulárnych a biochemických vlastností. Bakteriocíny predstavujú možnú alternatívu k antibiotikám aj vďaka ich širokej dostupnosti[10].

Bakteriocíny baktérií mliečneho kvasenia (LAB)

Baktérie mliečneho kvasenia (LAB) sú skupinou grampozitívnych mikroorganizmov netvoriacich spóry, ktoré sa vyznačujú toleranciou voči kyslému prostrediu, tepelnou stabilitou. Ide o anaeróbne, ale aerotolerantné baktérie, ktoré sú kataláza-negatívne a nutrične náročné

Zpět na seznam příspěvků

mikroorganizmy. Môžu mať tyčinkovitý tvar (napr. rody *Lactobacillus, Lacticaseibacillus, Lactiplantibacillus*) alebo guľovitý tvar (napr. *Lactococcus*) a sú klasifikované ako fakultatívne anaeróby. LAB fermentujú sacharidy za účelom získania energie, pričom hlavným produktom fermentácie je kyselina mliečna, čo prispieva k ich vysokej tolerancii voči nízkemu pH[4, 11-13].

LAB sú jednou z najskúmanejších baktérií na produkciu bakteriocínov a mliečne výrobky (syry) sa považujú za bohatý zdroj izolátov LAB. Kmene produkujúce bakteriocíny zahŕňajú: *Enterococcus faecalis, Limosilactobacillus fermentum, Lactiplantibacillus plantarum, Lactobacillus helveticus, Lactiplantibacillus pentosus, Lacticaseibacillus paracasei* subsp. *paracasei, Lacticaseibacillus rhamnosus, Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Lactis*[4]. Spomedzi objavených bakteriocínov sú bakteriocíny z LAB bezpečnejšie než bakteriocíny produkované kmeňmi *Enterococcus, Pediococcus* a *Leuconostoc*. Väčšina LAB je klasifikovaná ako GRAS (všeobecne uznávané ako bezpečné). Bakteriocíny LAB majú vhodné vlastnosti na použitie ako konzervačné látky v potravinách[7].

Na kontrolu šírenia bakteriálnych patogénov v syroch je možné použiť bakteriocíny a inhibičné látky podobné bakteriocínom (BLIS). Zníženie množstva patogénov v syroch sa dosahuje napríklad: inokuláciou syra kmeňom produkujúcim bakteriocíny a pridaním purifikovaného alebo polopurifikovaného bakteriocínu ako potravinárskej prísady[4].

Mechanizmus pôsobenia bakeriocínov

Inhibítory syntézy bunkovej steny - Bakteriocíny sú funkčne heterogénne katiónové a amfipatické peptidy, ktoré sa viažu na aniónové povrchy bakteriálnych buniek a na špecifické receptory. Napríklad lantibiotiká - nizín (trieda I) sa viaže na prekurzorovú molekulu lipid II bunkovej steny, zatiaľ čo pediocín PA-1 (trieda IIa) využíva mannóza-fosfotransferázový systém (Man-PTS) ako receptor. Po naviazaní sa peptidy vkladajú do lipidovej dvojvrstvy a orientujú svoje hydrofóbne oblasti. Oligomerizácia molekúl bakteriocínu vedie k tvorbe transmembránových pórov, čo spúšťa rýchly odtok vitálnych iónov (K^+), metabolitov a ATP, depolarizáciu membrány a nakoniec kolaps protónovej hybnej sily, čo vedie k bunkovej smrti alebo štrukturálnym ireverzibilným zmenám vedúcim k narušeniu membrány. Tento mechanizmus vysvetľuje vysokú účinnosť týchto bakteriocínov proti patogénom, ako sú *L. monocytogenes* a *Staphylococcus aureus*[3, 14-16].

Narušenie integrity bakteriálnej membrány - Bakteriocíny môžu inhibovať rast baktérií aj nespecifickým narušením štruktúry bunkovej membrány, najmä pri vyšších koncentráciách. Druhým spôsobom účinku je inhibícia prítomnosťou špecifického väzbového miesta, čo je typické napríklad pre bakteriocíny účinné proti rodom *Listeria*[17].

Inhibítory tvorby septa – niektoré bakteriocíny pôsobia na metabolické aktivity, ktoré sú pre bunku životne dôležité, vrátane replikácie, transkripcie, translácie a biosyntézy bunkovej steny[17].

Inhibítory replikácie DNA a syntézy bielkovín – bakteriocíny Trieda IV - kolicíny E1 a K inhibujú všetku makromolekulárnu syntézu bez ovplyvnenie respiračných procesov. Kolicín E2 spôsobuje rozpad DNA a kolicín E3 zastavuje syntézu bielkovín[18].

Začlenenie bakteriocínov do systémov balenia potravín

Tradičné metódy balenia potravín, ako je balenie v modifikovanej atmosfére (MAP) a vákuové balenie (VP) neriešia všetky mechanizmy kazenia potravín. Tradičné obaly fungujú ako pasívna bariéra, zatiaľ čo aktívne balenie dynamicky interaguje s potravinou alebo jej priestorom nad ňou[19]. Podľa nariadenia Komisie (ES) č. 450/2009 „aktívne materiály a predmety“ znamenajú materiály a predmety určené na predĺženie trvanlivosti alebo na udržanie či zlepšenie stavu balených potravín a sú zámerne navrhnuté tak, aby zložky, ktoré obsahujú, uvoľňovali alebo absorbovali látky do balených potravín alebo do ich okolia[20].

Antimikrobiálne balenie charakterizujeme ako aktívne balenie a balenie s riadeným uvoľňovaním účinných látok. Je považované za sľubnú technológiu, ktorá zahŕňa antimikrobiálne

Zpět na seznam příspěvků

látky do polymérneho fóliového materiálu na balenie potravín a následne ich postupne uvoľňuje počas stanoveného časového obdobia. Tieto látky inaktivujú alebo usmrcujú patogénne mikroorganizmy v potravinárskych výrobkoch, čím predlžujú ich trvanlivosť[21].

Pôsobenie antimikrobiálnych obalov možno rozdeliť na dva prístupy: antimikrobiálny povrch nie je v kontakte s konzervovanými potravinami a účinné látky v nich obsiahnuté môžu migrovať do prostredia a do potraviny. Takéto balenie sa používa pre potraviny, ktoré sú zabalené vo fólii alebo vo vákuu. Druhý prístup spočíva v umiestnení antimikrobiálnej látky dovnútra obalu, ale nie v priamom kontakte s potravinou[22].

Do jedlých obalov sa môže pridávať množstvo bakteriocínov ako antimikrobiálne látky. Bakteriocíny ako metabolity LAB, napríklad nizín, lakticín a pediocín, znižujú rast baktérií spôsobujúcich kazenie potravín na povrchu potravín zabezpečením priameho kontaktu obalu s potravinovým výrobkom. Predĺžené uvoľňovanie bakteriocínov z jedlých obalov na povrch potravín je vynikajúcou technikou v porovnaní s namáčaním alebo striekaním bakteriocínov[23].

Ďalšími látkami, ktoré je možné použiť ako látky s nešpecifickým antimikrobiálnym účinkom, ako napríklad kyselina mliečna a iné organické kyseliny, sa môžu použiť ako antimikrobiálne látky v obaloch[22].

V dôsledku konkurencie o živiny alebo vývoja antagonistických zlúčenín vrátane bakteriocínov a iných, ako sú organické kyseliny, voľné mastné kyseliny, peroxid vodíka, oxid uhličitý, etanol a enzýmy, môže mať LAB bioprotektívnu alebo rastovú inhibičnú aktivitu proti mnohým iným mikroorganizmom súvisiacim s potravinami[24, 25].

Ďalšími zlúčeninami, ktoré sa môžu týmto spôsobom použiť, sú lyzozým a iné enzýmy, cheláty EDTA, striebro a esenciálne oleje. Niektoré látky sa pridávajú do obalov spoločne, aby sa dosiahli synergické účinky. Nizín je tepelne stabilný a komerčne dostupný na použitie v rôznych potravinárskych výrobkoch. Tento bakteriocín si zachováva svoju antimikrobiálnu aktivitu po pasterizácii, sterilizácii alebo iných metódach spracovania, pretože je zvyčajne chránený zložkami potravín. Preto sa tento prirodzene sa vyskytujúci polypeptid kombinuje s rôznymi biopolymérmi na výrobu antimikrobiálnych materiálov na konzerváciu potravín[9].

Používanie biopolymérov a biologicky odbúrateľných polymérov vrátane chitosanu, škrobu a kyseliny polymliečnej sa značne rozšírilo, čo podporuje vývoj ekologických obalových systémov, ktoré sú v súlade s princípmi obehového hospodárstva. Nanotechnológia zohráva kľúčovú úlohu v tomto vývoji, pričom nano- a mikroenkapsulácia zlepšuje riadené uvoľňovanie a účinnosť účinných látok, zatiaľ čo nanomateriály zlepšujú mechanické a bariérové vlastnosti obalových fólií[19].

Okrem prevencie znehodnotenia sa bakteriocíny môžu použiť aj na zlepšenie kvality potravín, napríklad pri výrobe syra, na kontrolu rastu štartovacích kultúr a na zlepšenie dozrievania[25, 26]. Bakteriocíny (nizín a pediocín PA-1) sú využívané aj pri konzervácii potravín[26].

Záver

Bakteriocíny predstavujú sľubnú perspektívu pri hľadaní antimikrobiálnych látok s cieľom zvýšenia bezpečnosti potravín. Bakteriocíny ako malé peptidy s baktericídnymi účinkami sa podieľajú na predlžovaní trvanlivosti potravín. Zvlášť perspektívne sa javia bakteriocíny baktérií mliečneho kvasenia. Ich integrácia do inteligentných obalov otvára nové možnosti aplikácií.

Poďakovanie

Práca vznikla s podporou Kultúrnej a edukačnej grantovej agentúry MŠVVaŠ SR – projekt KEGA 016SPU-4/2025 a Bilaterálnej výzvy Agentúry na podporu výskumu a vývoja – projekt SK-FR-24-0015.

Literatura

1. Pereira W. A., Piazentin A. C. M., de Oliveira R. C., et al., Bacteriocinogenic probiotic bacteria isolated from an aquatic environment inhibit the growth of food and fish pathogens, Sci. Rep., 2022, 12, 5530.

Zpět na seznam příspěvků

2. Verma D. K., Thakur M., Singh S., Tripathy S., Gupta A. K., Baranwal D., Patel A. R., Shah N., Utama G. L., Niamah A. K., Chávez-González M. L., Flores Gallegos C., Aguilar C. N., Srivastav P. P., Bacteriocins as antimicrobial and preservative agents in food: Biosynthesis, separation and application, Food Biosci., 2022, 46, 101594.
3. Sugrue I., Ross R. P., Hill C., Bacteriocin diversity, function, discovery and application as antimicrobials, Nat. Rev. Microbiol., 2024, 22, 556–571.
4. Aljohani A. B., Al-Hejin A. M., Shori A. B., Bacteriocins as promising antimicrobial peptides, definition, classification, and their potential applications in cheeses, Food Sci. Technol., 2023, 43.
5. Antoshina D. V., Balandin S. V., Ovchinnikova T. V., Structural features, mechanisms of action, and prospects for practical application of Class II bacteriocins, Biochemistry (Moscow), 2022, 87, 1387–1403.
Macromol., 2024, 280, 135716.
6. Kumariya R., Garsa A. K., Rajput Y. S., Sood S. K., Akhtar N., Patel S., Bacteriocins: Classification, synthesis, mechanism of action and resistance development in food spoilage causing bacteria, Microb. Pathog., 2019, 128, 171-177.
7. Yu W., Guo J., Liu Y., Xue X., Wang X., Wei L., Ma J., Potential impact of combined inhibition of foodborne pathogenic and spoilage bacteria by bacteriocins and chemical agents: A review, Foods, 2023, 12, 3128.
8. Chen X., Bai H., Mo W., Zheng X., Chen H., Yin Y., Liao Y., Chen Z., Shi Q., Zuo Z., Liang Z., Peng H., Lactic acid bacteria bacteriocins: Safe and effective antimicrobial agents, Int. J. Mol. Sci., 2025, 26, 4124.
9. https://www.sciencedirect.com/topics/pharmacology-toxicology-and-pharmaceutical-science/polypeptide-antibiotic-agent
10. Nisa M., Dar R. A., Fomda B. A., Nazir R., Combating food spoilage and pathogenic microbes via bacteriocins: A natural and eco-friendly substitute to antibiotics, Food Control, 2023, 149, 109710.
11. Alvarez-Sieiro P., Montalbán-López M., Mu D., Kuipers O. P., Bacteriocins of lactic acid bacteria: extending the family, Appl. Microbiol. Biotechnol., 2016, 100, 2939–2951.
12. Miranda C., Contente D., Igrejas G., Câmara S., Dapkevicius M. D. L. E., Poeta P., Role of exposure to lactic acid bacteria from foods of animal origin in human health, Foods, 2021, 10, 2092.
13. Wang Q., Yang L., Feng K., Li H., Deng Z., Liu J., Promote lactic acid production from food waste fermentation using biogas slurry recirculation, Bioresour. Technol., 2021, 337, 125393.
14. Belguesmia Y., Guay L.-D., Teiar R., Rahman M. R. T., Dussert E., Biron E., Drider D., Synthesis, antimicrobial activity, and mechanistic studies of enterocin DD14, a leaderless two-peptide bacteriocin, Int. J. Biol.
15. Meskhi B., Todorov S. D., Rudoy D., Olshevskaya A., Shevchenko V., Maltseva T., Mirzoyan A., Kozyrev D., Odabashyan M., Teplyakova S., Mazanko M., Bacteriocins, a new generation of sustainable alternatives to antibacterial agents in primary food production systems, Molecules, 2026, 31, 356.
16. Tymoszewska A., Aleksandrzak-Piekarczyk T., Subclass IId bacteriocins targeting mannose phosphotransferase system—Structural diversity and implications for receptor interaction and antimicrobial activity, PNAS Nexus, 2024, 3, pgae381.
17. Demirgül F., Kaya H. I., Ucar R. A., Mitaf N. A., Simsek Ö., Expanding layers of bacteriocin applications: From food preservation to human health interventions, Fermentation, 2025, 11, 142.
18. Cascales E., Buchanan S. K., Duché D., Kleanthous C., Lloubès R., Postle K., Riley M., Slatin S., Cavard D., Colicin biology, Microbiol. Mol. Biol. Rev., 2007, 71, 158–229.
19. Pérez E., Sanjuán E., Jůzl M., Raposo A., Saraiva A., Jaber J. R., Carrascosa C., Active antimicrobial packaging systems: Mechanisms of microbial control and applications in food preservation, Biology, 2026, 15, 325.
20. Nariadenie Komisie (ES) č. 450/2009 o aktívnych a inteligentných materiáloch a predmetoch určených na styk s potravinami, 2009.
21. Malhotra B., Keshwani A., Kharkwal H., Antimicrobial food packaging: Potential and pitfalls, Front. Microbiol., 2015, 6, 611.
22. Gumienna M., Górna B., Antimicrobial food packaging with biodegradable polymers and bacteriocins, Molecules, 2021, 26, 3735.
23. Punia Bangar S. P., Chaudhary V., Thakur N., Kajla P., Kumar M., Trif M., Natural antimicrobial agents as additives in edible food packaging: A review, Foods, 2021, 10, 2282.
24. Vieco-Saiz N., Belguesmia Y., Raspoet R., Auclair E., Gancel F., Kempf I., Drider D., Benefits and inputs from lactic acid bacteria and their bacteriocins as alternatives to antibiotic growth promoters during food-animal production, Front. Microbiol., 2019, 10, 57.
25. Imade E. E., Omonigho S. E., Babalola O. O., et al., Lactic acid bacterial bacteriocins and their bioactive properties against food-associated antibiotic-resistant bacteria, Ann. Microbiol., 2021, 71, 44.
26. Cotter P. D., Hill C., Ross R. P., Bacteriocins: Developing innate immunity for food, Nat. Rev. Microbiol., 2005, 3, 777–788.

VLIV TEPLOTY NA TEXTURU VYBRANÝCH POTRAVINOVÝCH KOMPONENT PRO VOJENSKÉ POUŽITÍ

Trenzová K. (1,2)

(1) Ústav potravin a biotechnologií, VUT Brno, CZ
(2) Katedra logistiky, UO v Brně, CZ

Práce se zabývá hodnocením textury vybraných trvanlivých potravin určených pro vojenské použití se zaměřením na jejich praktickou manipulaci a konzumaci v polních podmínkách. Porovnávány byly komerční výrobky, produkty již využívané v armádních dávkách a laboratorně připravené vzorky v teplotním rozsahu −18 až +40 °C. Podle charakteru matrice byly využity testy řezu, vpichová zkouška a analýza texturového profilu (TPA), přičemž hlavní pozornost byla věnována parametrům popisujícím odpor při porušení vzorku, celkovou mechanickou práci a chování produktu při skusu a žvýkání.

Soubor výsledků ukazuje, že mechanické chování sledovaných vzorků je výrazně ovlivněno jak způsobem zpracování, tak teplotou, přičemž mezi jednotlivými kategoriemi se uplatňují odlišné mechanismy porušení. Lyofilizované vzorky se ve sledovaném rozsahu obecně vyznačují nižším odporem při porušení, kratší deformací do dosažení maxima a příznivější teplotní stabilitou. Naproti tomu konvenčně sušené produkty častěji vykazují vyšší práci potřebnou k porušení, delší průběh deformace a ve zvýšených teplotách i nárůst mechanické náročnosti. Výsledky současně potvrzují, že samotná počáteční tvrdost nevystihuje plně konzumovatelnost produktu, protože významnou roli hraje i žvýkatelnost, pružnost a lepivost vzorku.

Z praktického hlediska výsledky potvrzují, že pro hodnocení vhodnosti potravin pro vojáka v poli nestačí sledovat pouze počáteční tvrdost. Důležitá je také práce potřebná k porušení vzorku, délka deformace před lomem a náročnost následného žvýkání. Jako klíčový parametr pro výběr vhodných produktů se proto jeví kombinace nízkého mechanického odporu a teplotní stability napříč skladovacími i podmínkami použití.

Effect of temperature on the texture of selected food components for military use

This study deals with the evaluation of the texture of selected food components intended for military use, with emphasis on their practical handling and consumption under field conditions. Commercial products, products already used in military rations, and laboratory-prepared samples were compared within a temperature range of −18 to +40 °C. Depending on the matrix type, cutting, puncture, and TPA tests were used, with particular attention paid to parameters describing resistance to structural failure, total mechanical work, and product behaviour during biting and chewing.

The results indicate that the mechanical behaviour of the evaluated samples is strongly influenced by both the processing method and temperature, while different product categories show different failure mechanisms. Freeze-dried samples generally exhibited lower resistance to structural failure, shorter deformation to peak force, and a more favourable temperature stability. In contrast, conventionally dried products more often showed higher work required for fracture, a longer deformation course, and, at elevated temperatures, increased mechanical demands during consumption. At the same time, the results confirm that initial hardness alone does not fully describe product consumability, since chewiness, springiness, and adhesiveness also play an important role.

From a practical point of view, the results confirm that evaluating the suitability of foods for soldiers in the field cannot rely on initial hardness alone. The work required to fracture the sample, the extent of deformation before failure, and the demands of subsequent chewing are also important. Therefore, the combination of low mechanical resistance and temperature stability across storage and use conditions appears to be a key criterion for selecting suitable products for field use.

AMTEST
Test & Measurements

Svatovaclavska 408
686 01 Uherske Hradiste
Czech Republic

E-mail: supp@amtest-tm.com
Phone: +420 777 040 415

Řešení pro měření a kalibraci teploty a vlhkosti

www.amtest-tm.com







LogTag®

Kvalitní záznamníky pro monitoring teploty a vlhkosti potravinářském či chemickém výzkumu a průmyslu, citlivých transportech, ve zdravotnictví a farmacii.







Kambič
Laboratorijska oprema





Klimatické a teplotní zkušební, simulační či kalibrační komory (s velmi precizní regulací), komory pro růst rostlin nebo jiné biologické aplikace, vysokoteplotní i vakuové pece, předávací laboratorní boxy.

FreezeDry

Laboratorní lyofilizátory a vakuové sušárny pro chemický výzkum, farmacii, biologické a medicínské vzorky či zemědělské a potravinářské produkty.





Adresář účastníků symposia*

Jméno	Zaměstnavatel	e-mail
Ing. Fouad Ali Abdullah Ph.D.	VETUNI Brno	abdullahf@vfu.cz
Ing. Alena Balarinová	ÚKZÚZ	alena.balarinova@ukzuz.gov.cz
Ing. Dominika Bémová	SVÚ Jihlava	bemova@svujihlava.cz
Ing. Kristýna Brandejsová	SZPI	kristyna.Brandejsova@szpi.gov.cz
doc. Dr. Ing. Karel Cejpek	VŠCHT Praha	cejpekk@vscht.cz
Ing. Dana Čapounová Ph.D.	SZPI, ústřední inspektorát	dana.capounova@szpi.gov.cz
Ing. Lenka Čechová	ÚKZÚZ	Lenka.Cechova@ukzuz.gov.cz
doc. Ing. Helena Čížková Ph.D.	VŠCHT Praha	helena.cizkova@vscht.cz
Ing. Adriána Dobošová	ÚKZÚZ	Adriana.Dobosova@ukzuz.gov.cz
doc. Dr. Ing. Marek Doležal	VŠCHT Praha	marek.dolezal@vscht.cz
Ing. Soňa Drábková	SZPI	sona.drabkova@szpi.gov.cz
Kateřina Fischerová	Altium International s.r.o.	katerina.fischerova@altium.net
Ing. Jitka Götzová	Mze	jitka.gotzova@mze.gov.cz
Ing. Romana Hamrlová	SZPI	romana.hamrlova@szpi.gov.cz
Ing. Ivana Hoftová Ph.D.	Hügli Food	ivana.hoftova@huegli.cz
Ing. Tatiana Holkovičová PhD.	STU v Bratislave	tatiana.holkovicova@stuba.sk
Ing. Milan Houška CSc.	CARC v.v.i.	milan.houska@carc.cz
Doc. Ing. Marie Hrušková CSc.	SPM Praha	Hruskovm@seznam.cz
Ing. Jana Chrpová CSc.	CARC v.v.i.	jana.chrpova@carc.cz
Dr. Emmanuel Anyachukwu Irondi	Kwara State University	emmanuel.irondi@kwasu.edu.ng
RNDr. Michal Jágr Ph.D.	CARC v.v.i.	michal.jagr@carc.cz
Ing. Mgr. Jana Jechová CSc.	VÚM, s.r.o.	j.jechova@vum-tabor.cz
doc. Ing. Miroslav Jůzl Ph.D.	MU Brno	miroslav.juzl@mendelu.cz
Ing. Olga Kmentová	VUT v Brně	olinka.stoklaskova@email.cz
Ing. Pavlína Knapovská	VUT v Brně	219631@vutbr.cz
Ing. Kateřina Kočvarová	FerMato Sauce s.r.o.	katka@fermato.cz
prof. Ing. Lenka Kouřimská Ph.D.	ČZU v Praze	kourimska@af.czu.cz
Ing. Jiří Kroča	Amtest-TM s.r.o.	jiri.kroca@amtest-tm.com
Ing. Sylvie Kršková	SZPI	sylvie.krskova@szpi.gov.cz
Ing. Matyáš Krtička	ČZU v Praze	krticka@af.czu.cz
MUDr. Eva Kudlová CSc.	1. LF UK	ekudl@lf1.cuni.cz
Ing. Eva Kujanová	Albert ČR Praha	Eva.Kujanova@albert.cz
Ing. Kristína Kukurová PhD.	NPPC	kristina.kukurova@nppc.sk
doc. Ing. Jan Kyselka Ph.D.	VŠCHT Praha	kyselkaj@vscht.cz

Adresář účastníků symposia*

Ing. Michaela Lauková PhD.	STU v Bratislave	michaela.laukova@stuba.sk
Ing. Adéla Martererová	SZPI	adela.martererova@szpi.gov.cz
Ing. Eva Mašková		evca.maskova@seznam.cz
Ing. Ondřej Mikeš Ph.D.	SZPI	ondrej.mikes@szpi.gov.cz
doc. Ing. Kamila Míková CSc.		Mikova.Kamila@seznam.cz
Ing. Lucia Minarovičová PhD.	STU v Bratislave	lucia.minarovicova@stuba.sk
Ing. Daria Musiienko	ČZU v Praze	musiienko@af.czu.cz
RNDr. Miroslava Myslínová	SZPI	miroslava.myslinova@szpi.gov.cz
Ing. Chi Mai Nguyenová	VŠCHT Praha	Chi.Mai.Nguyenova@vscht.cz
Ing. Pavla Novotná	CARC v.v.i.	pavla.novotna@carc.cz
Ing. Ladislav Ondruš PhD.	Beluša Foods s.r.o.	ladislav.ondrus@belusafoods.sk
doc. Dr. Ing. Zdenka Panovská	VŠCHT	zdenka.panovska@vscht.cz
Mgr. Ing. Adriana Pavelková PhD.	SPU v Nitre	adriana.pavelkova@uniag.sk
Ing. Jan Pivoňka Ph.D.	VŠCHT Praha	pivonka@foodnet.cz
Ing. Zuzana Procházková PhD.	VŠCHT Praha	zuzana.prochazkova@vscht.cz
Ing. Anna Průšová	VŠCHT Praha	prusovaa@vscht.cz
prof. Ing. Jana Pulkrabová Ph.D.	VŠCHT Praha	pulkrabj@vscht.cz
Ing., Bc. Olga Rozsypalová	SZPI	olga.rozsypalova@szpi.gov.cz
Ing. Matěj Rychetský	VUT v Brně	xcrychetsky@vutbr.cz
MUDr. Eliška Selinger MSc	SZÚ / KU	eliska.selinger@gmail.com
Lukáš Slavata	Altium International s.r.o.	lukas.slavata@altium.net
Ing. Dana Smělá Ph.D.	SZPI	dana.smela@szpi.gov.cz
Ing. Dana Soukupová	SZPI	Dana.soukupova@szpi.gov.cz
Ing. Jaroslav Šimek Ph.D.	SEMIX PLUSO, spol. s r.o.	simek@semix.cz
Ing. Petra Škvorová Ph.D.	ČZU v Praze	skvorova@af.czu.cz
Ing. Ivan Švec Ph.D.	VŠCHT Praha	sveci@vscht.cz
Ing. Eva Šviráková PhD.	VŠCHT Praha	eva.svirakova@vscht.cz
Ing. Jana Tkáčová PhD.	SPU v Nitre	jana.tkacova@uniag.sk
Ing. Kristina Trenzová	VUT v Brně	xcprochazkovak@vutbr.cz
Ing. Marian Urban PhD.	CARC v.v.i.	marian.urban@carc.cz
prof. Ing. Eva Vlková Ph.D.	ČZU v Praze	vlkova@af.czu.cz
doc. Ing. Lukáš Zita Ph.D.	ČZU v Praze	zita@af.czu.cz

*uvedeni jsou pouze účastníci, kteří souhlasili s uveřejněním své e-mailové adresy

Sborník příspěvků
54. Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin
CzechFoodChem 2026

Vydala: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6, ve spolupráci s Národním centrem zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i., Drnovská 507, 161 00 Praha 6.

Editor: Karel Cejpek

Rok vydání: 2026

Počet stran: 160

Vydání: První

Elektronická verze publikace ve formátu PDF.