

SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ

53. Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin

CzechFoodChem 2025

18. - 20. 5. 2025



VŠCHT PRAHA



Národní centrum zemědělského
a potravinářského výzkumu



Karel Cejpek
Editor

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

Praha 2025

Publikace neprošla jazykovou ani odbornou úpravou.

Za obsah příspěvků odpovídají autoři.

© Karel Cejpek, Zuzana Procházková, 2025

Tato publikace byla vydána v koedici Vysoké školy chemicko-technologické v Praze a Národního centra zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i..

ISBN 978-80-7592-318-9

ISSN 1802-1433

Partneři symposia



PŘEDNÁŠKY

L1 ÚŘEDNÍ KONTROLA VEGANSKÝCH A VEGETARIÁNSKÝCH POTRAVIN V ČR	8
Singrová E., Cuhra P.	
L2 ZDRAVÍ PROSPĚŠNÉ LÁTKY Z ROSTLIN V POTRAVINÁCH ANEB HLEDÁNÍ NOVÝCH CHUTÍ, NÁHRAD ADITIV I ZPŮSOBU PREVENCE PROTI CIVILIZAČNÍM CHOROBÁM	9
Pavela R.	
L3 ALTERNATIVNÍ PROTEINY: SOUČASNÉ VÝZVY PRO VĚDU I PRAXI	10
Hajšlová J.	
L4 POTRAVINY, VÝŽIVA A ZDRAVÍ. 80 LET SPOLEČNOSTI PRO VÝŽIVU	12
Tláškal P.	
L5 APLIKÁCIA NUTRIČNE OBOHATENÝCH AGRO-SUROVÍN PRE PRODUKCIU POTRAVIN/ KRMIVÍN PRIPRAVENÝCH POMOCOU FUNGÁLNYCH POLOSUCHÝCH FERMENTÁCIÍ	13
Čertík M., Ciesarová Z., Marcinčák S., Klempová T.	
L6 NOVÉ TRENDY VE VÝROBĚ NEALKOHOLICKÝCH A NÍZKOALKOHOLICKÝCH PIV	14
Dostálek P.	
L7 SOUČASNÉ TRENDY V ANALÝZE POTRAVIN Z POHLEDU CTL	15
Mazáč J., Štovčíková K., Čamrová A.	
L8 HMYZ JAKO POTRAVINA A KRMIVO: OD HISTORIE K BUDOUCÍM VÝZVÁM A MOŽNOSTEM VYUŽITÍ	16
Kouřimská L.	
L9 ZKUŠENOSTI PŘEDNÍHO ČESKÉHO PRODUCENTA JEDLÉHO HMYZU	20
Papoušek I.	
L10 VYUŽITÍ METABOLOMIKY JAKO NÁSTROJE PRO AUTENTIKACI JEDLÉHO HMYZU	21
Šebelová K., Pospíšil O., Kopecká A., Kulma M., Kouřimská L., Hajšlová J.	
L11 VÝVOJ MOLEKULÁRNĚ-GENETICKÝCH METOD PRO IDENTIFIKACI JEDLÉHO HMYZU V POTRAVINÁCH	22
Vašek J., Vejl P., Zdeňková K., Čermáková A., Čermáková E., Čílová D., Melounová M., Kouřimská L., Šebelová K., Hajšlová J.	
L12 PROTEOMICKÁ IDENTIFIKACE HMYZU V POTRAVINÁCH POMOCÍ LC-TIMS TOF	23
Kučková Š., Tůmová G., Kouřimská L., Hajšlová J.	
L13 VLIV USMRCENÍ HMYZU NA METABOLOM LAREV POTEMNÍKA MOUČNÉHO (<i>T. MOLITOR</i>)	28
Pospíšil O., Šebelová K., Beneš F., Kopecká A., Kulma M., Kouřimská L., Hajšlová J.	
L14 ZÁKLADNÍ NUTRIČNÍ HODNOTY HMYZU V ZÁVISLOSTI NA ZPŮSOBU JEHO USMRCENÍ	30
Kopecká A., Lampová B., Šebelová K., Pospíšil O., Kurečka M., Hajšlová J., Kouřimská L.	
L15 MOŽNOSTI ELIMINACE KANČÍHO PACHU VE VEPŘOVÉM MASE A MASNÝCH VÝROBCÍCH	31
Čítek J.	



L16 HODNOCENÍ POSTUPŮ STANOVENÍ PODÍLU MASA V MASNÝCH VÝROBCÍCH	32
Ševčík R., Beňo F., Krajsová P., Čermáková E., Hruška F.	
L17 HYDROPHOBIC AND BIODEGRADABLE FOOD PACKAGING MATERIAL DEVELOPED BY VALORISATION OF WILD ORANGE PEELS	39
Güzdemir Ö., Cokogullari E.	
L18 CARCINOGENS FORMED IN HEATED FOODS	39
Murkovic M.	
L19 FERMENTÁCIA STRUKOVÍN AKO NÁSTROJ NA ZNÍŽENIE TVORBY AKRYLAMIDU	40
Ciesarová Z., Kukurová K., Horváthová J., Klempová T., Čertík M.	
L20 VLIV MIKROVLNNÉHO ZÁŘENÍ NA OXIDAČNÍ STABILITU SUCHÝCH SKOŘÁPKOVÝCH PLODŮ	41
Škvorová P., Kouřimská L.	
L21 ZRYCHLENÍ ANALÝZ V POTRAVINÁŘSTVÍ	41
Pilnaj D., Černá K., Bořík A., Tomanová A.	
L22 STRATEGIE PRO REGULACI REAKCÍ NEENZYMOVÉHO HNĚDNUTÍ V POTRAVINÁCH	42
Cejpek K., Průšová A., Procházková Z.	
L23 REAKCE METHYLGLYOXALU S PRODUKTY MAILLARDOVY REAKCE: ANTIGLYKAČNÍ ÚČINEK NORFURANOLU A KÁVOVÝCH MELANOIDINŮ	45
Průšová A., Procházková Z., Cejpek K.	
L24 TECHNOLOGICKÁ A NUTRIČNÁ KVALITA TRITORDEA	48
Gavurníková S., Hozlár P., Havrlentová M., Šlíková S.	
L25 SENZORICKÉ HODNOCENÍ KÁVOVINOVÝCH NÁHRAŽEK	59
Panovská Z., Hrdličková M., Ilko V., Doležal M.	
L26 STOPOVÉ PRVKY V LUŠTĚNINÁCH: CHEMICKÉ FORMY A SOUVISLOST S BIOLOGICKOU DOSTUPNOSTÍ	65
Koplík R., Valášková M., Borková M., Revenco D., Mestek O.	
L27 NUTRIČNÍ A SENZORICKÁ HODNOTA VYSOKOPROTEINOVÝCH CEREÁLNÍCH VÝROBKŮ	67
Doležal M., Hnátková M., Ilko V., Horová E., Panovská Z.	
L28 NUTRIČNÍ A SENZORICKÉ HODNOCENÍ ALTERNATIV SÝRŮ	74
Ilko V., Polcarová B., Procházková Z., Hrdličková M., Doležal M.	
KS1 EVROPSKÝ INOVAČNÍ A TECHNOLOGICKÝ INSTITUT PRO POTRAVINY (EIT FOOD) - PŘÍLEŽITOSTI PRO SPOLUPRÁCI A PODPORU INOVACÍ	82
Tomaniová M., Ryšlavá E.	
KS2 INVITATION TO XXII EUROFOODCHEM, 11-13 JUNE 2025, BRATISLAVA, SK	90
Ciesarová Z.	



POSTERY

P1 CZECH JOURNAL OF FOOD SCIENCES - INTERNATIONAL OPEN ACCESS PEER-REVIEWED JOURNAL	91
Náglová Z.	
P2 INFRASTRUKTURA METROFOOD-CZ – ODBORNÁ POMOC V OBLASTI ZEMĚDĚLSTVÍ, KVALITNÍCH A BEZPEČNÝCH POTRAVIN A VÝŽIVĚ	91
Novotná P., Gabrovská D., Laknerová I., Rysová J., Urban M., Kouřimská L., Hajšlová J.	
P3 LABORATORNÍ MLECÍ POKUS PRO VYBRANÉ ODRŮDY PŠENICE SETÉ A ŠPALDY	93
Švec I., Dvořák P., Skřivan P., Rýparová Kvirencová J., Hajšlová J., Hrbek V.	
P4 MOŽNOSTI VYUŽITIA CÍCEROVEJ MÚKY PRI VÝROBE PŠENIČNÉHO CHLEBA Z HĽADISKA KVALITY A PRIJATELNOSTI VÝROBKU	100
Zetochová E., Gavurníková S., Vollmannová A.	
P5 KLÍČIACE ZRNÁ: NUTRIČNÝ POTENCIÁL V OBILNINÁCH	108
Havrlentová M., Nemcová E., Gerges P., Nemeček P.	
P6 VALORIZATION OF FRUIT/VEGETABLE WASTE FOR THE PRODUCTION OF NATURAL PIGMENTS AND THEIR APPLICATION IN FOOD PACKAGING MATERIALS: A REVIEW	116
Hazar H., Güzdemir Ö.	
P7 EDIBLE PACKAGING FROM GREEN TEA POLYPHENOLS	117
Aksu M., Güzdemir Ö.	
P8 SENZORICKÁ PŘIJATELNOST KÁVY BALENÉ V JEDLÝCH FILMECH S KÁVOVOU SEDLINOU: INOVATIVNÍ PŘÍSTUP K UDRŽITELNÉMU OBALOVÉMU DESIGNU	117
Tauferová A., Kotianová D., Pencák T., Dordevic D., Tremlová, B., Budina J., Kovtun V.	
P9 VLIV SKLADOVÁNÍ NA FYZIKÁLNĚ-CHEMICKOU STABILITU A AROMATICKÝ PROFIL LYOFILIZOVANÉ KÁVY SE SMETANOU NÁPOJÍCH	123
Trenzová K., Diviš P., Knapovská P., Malíšek J., Szotkowski M.	
P10 PŘÍRODNÍ VS. SYNTETICKÉ: JAK BRUSNICE BORŮVKA (<i>VACCINIUM MYRTILLUS L.</i>) OVLIVŇUJE KVALITU ŽELÉ CUKROVINEK	124
Knapovská P., Vítová E., Trenzová K.)	
P11 VLIV SKLADOVACÍCH PODMÍNEK NA STABILITU A KVALITU AGAROVÝCH CUKROVINEK S EXTRAKTEM TUŽEBNÍKU JILMOVÉHO	125
Rychetský M., Trenzová K., Vítová E.	
P12 VÝVOJ BROWNIE S VYSOKÝM OBSAHEM BÍLKOVIN PRO VOJENSKÉ A NOUZOVÉ PŘÍDELOVÉ SYSTÉMY	126
Szotkowski M., Škarecký A., Malíšek M., Trenzová K., Křištofová K.	
P13 VLIV ALTERNATIVNÍCH SLADIDEL A MAKOVÉ MOUKY NA GLYKEMICKÝ INDEX A SENZORICKOU PŘIJATELNOST SUŠENEK	127
Havlová L., Klimovičová R., Tauferová A., Pečová M., Tremlová B.	
P14 ÚČINEK CHITOSANU A KYSELINY SORBOVÉ NA <i>GLUCONOBACTER SPP.</i>, TECHNOLOGICKY NEŽÁDOUCÍ BAKTERIE V NÁPOJÁŘSTVÍ	128
Šviráková E., Bucko F., Kvasnička F.	



P15 POUŽITÍ OCHRANNÝCH KULTUR PŘI VÝROBĚ SÝRŮ	135
Kalhotka L., Kouřil P., Zemanová J., Jůzl M.	
P16 MOŽNOSTI VYUŽITÍ ZBYTKŮ PO FILETOVÁNÍ KAPRA OBECNÉHO: HODNOCENÍ KVALITY MECHANICKY ODDĚLENÉ SVALOVINY	136
Zelenková A., Šístková I., Čížková H.	
P17 CARCASS CHARACTERISTICS AND MEAT QUALITY OF DUCK FROM CONVENTIONAL AND ORGANIC REARING SYSTEMS	141
Abdullah F.A.A., Bursová Š.	
ADRESÁŘ PREZENTUJÍCÍCH AUTORŮ	145
INZERCE PARTNERŮ	147

ÚŘEDNÍ KONTROLA VEGANSKÝCH A VEGETARIÁNSKÝCH POTRAVIN V ČR

Singrová E. (1), Cuhra P. (2)

- (1) Státní zemědělská a potravinářská inspekce, Brno
(2) Státní zemědělská a potravinářská inspekce, Praha

Důležitou součástí kontrol prováděných Státní zemědělskou a potravinářskou inspekcí jsou také kontroly označování potravin. Vedle kontroly povinných údajů, které vycházejí zejména z nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, jsou tyto kontroly zaměřeny na pravdivost údajů deklarovaných na obalu potravin nebo uváděných při jejich prezentaci.

Potraviny a pokrmů označené dobrovolnou informací, ze které vyplývá, že potravina je vhodná nebo je určena pro vegany nebo vegetariány, nebo obdobnou informací se stejným významem, jsou cíleny na zákazníky, kteří ze své stravy záměrně vynechávají maso nebo živočišné produkty a složky živočišného původu včetně přídatných látek. Spotřebitel tak u těchto potravin nepředpokládá přítomnost živočišné složky nebo masa v potravine. Současně však mohou být tyto potraviny vyhledávány spotřebiteli trpícími alergiemi na některý alergen potravin živočišného původu, jakým mohou být ryby a výrobky z nich, vejce nebo mléko.

Podle článku 36 odst. 3 písm. b) nařízení (EU) č. 1169/2011 se Komise zavázala, že přijme prováděcí akty, které by upravovaly použití dobrovolných informací o potravinách o vhodnosti potravin pro vegetariány nebo vegany. Toto se však zatím nestalo, a tak pro tuto oblast žádná specifická legislativní úprava neexistuje. Na druhou stranu však pojmy „vhodné pro vegany / vegetariány“, „vegetariánský“, „veganský“ nemohou být bezobsažné a do doby, než EK přijme příslušné prováděcí právní akty, SZPI na tyto informace pohlíží jako na informace o potravinách poskytované dobrovolně, na které se vztahuje čl. 36 odst. 2 nařízení (EU) č. 1169/2011. Tento článek říká, že informace poskytované dobrovolně

- nesmějí uvádět spotřebitele v omyl, jak stanoví článek 7 uvedeného nařízení,
- nesmějí být nejednoznačné ani matoucí pro spotřebitele,
- musí být tam, kde je to vhodné, podloženy příslušnými vědeckými údaji.

Na základě výše uvedených legislativních principů byly v průběhu let 2021 až 2023 provedeny kontroly zaměřené na problematiku označování „veganských / vegetariánských“ potravin. Předmětem kontrol byly jak laboratorní analýzy zaměřené na přítomnost živočišných složek v uvedených potravinách, tak některé případy zjevně zavádějícího označování těchto potravin.

The Official Control of Vegan and Vegetarian Foods in the Czech Republic

An important aspect of inspections carried out by the Czech Agriculture and Food Inspection Authority (CAFIA) is the inspection of food labelling. Besides verifying mandatory information required under Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and the Council on the provision of food information to consumers, these inspections focus on the trueness of information stated on food packaging or presented during its promotion.

Food products and dishes labelled with voluntary information indicating that the product is suitable or intended for vegans or vegetarians, or similar information with the same meaning, are targeted at consumers who intentionally exclude meat or animal products and ingredients, including additives, from their diet. Such consumers do not expect animal components or meat to be present in these products. Additionally, these products may be sought by consumers who



are allergic to certain allergens of animal origin, such as fish, eggs, or milk and derived products.

Under Article 36(3)(b) of Regulation (EU) No 1169/2011, the Commission committed to adopt implementing acts governing the use of voluntary food information on the suitability of a food product for vegetarians or vegans. However, this has not yet happened, i.e. there is no specific legislative regulation in this area. On the other hand, terms like "suitable for vegans/vegetarians," "vegetarian," and "vegan" must not be meaningless, and until the EU Commission adopts the relevant implementing acts, the CAFIA views these terms as voluntary food information subject to Article 36(2) of Regulation (EU) No 1169/2011. This article states that voluntary information:

- Must not mislead the consumer, as stipulated in Article 7 of the Regulation.*
- Must not be ambiguous or confusing for consumers.*
- Must, where appropriate, be supported by relevant scientific evidence.*

Based on these legislative principles, inspections were conducted between 2021 and 2023 focusing on the labelling of "vegan/vegetarian" products. The inspections involved both laboratory analyses to detect the presence of animal components in these products and also control of misleading labelling of such products.

L2

ZDRAVÍ PROSPĚŠNÉ LÁTKY Z ROSTLIN V POTRAVINÁCH ANEB HLEDÁNÍ NOVÝCH CHUTÍ, NÁHRAD ADITIV I ZPŮSOBU PREVENCE PROTI CIVILIZAČNÍM CHOROBÁM

Pavela R.

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

Nevhodné stravovací návyky a s nimi spojený nedostatek klíčových mikroživin představují významný rizikový faktor pro vznik civilizačních onemocnění. Strava typická pro tzv. západní svět se za posledních dvě stě let výrazně proměnila – roste spotřeba vysoce průmyslově zpracovaných potravin, které jsou bohaté na přidaný cukr, tuky, sůl a aditiva, ale chudé na vlákninu, vitamíny, antioxidanty a další nutričně důležité látky.

V reakci na tento trend se vědecké i průmyslové úsilí soustředí na vývoj potravin, které buď nahrazují rizikové složky jejich bezpečnějšími alternativami, nebo cíleně obohacují jídelníček o prospěšné bioaktivní látky. Jedním z progresivních směrů je využití rostlinných sekundárních metabolitů – látek s biologickými účinky, které se nacházejí například v bylinách. Ty mohou plnit nejen funkci přírodních dochucovadel, ale také konzervantů (např. esenciální oleje v sirupech připravovaných za studena) či aktivních složek funkčních potravin.

Zvláštní pozornost si zaslouží rostliny označované jako adaptogeny, které mohou pomoci tělu lépe zvládat stres a přispívat k celkové rovnováze organismu. Potraviny a nápoje obohacené o tyto přírodní látky mohou podpořit trávení, posílit antioxidační obranu těla a potenciálně přispět ke snížení rizika civilizačních chorob.

Health-promoting substances from plants in food or the search for new flavors, substitutes for additives and methods of prevention against civilization diseases

Unhealthy eating habits and the resulting deficiency of key micronutrients are recognized as major risk factors for the development of lifestyle-related diseases. Over the past two centuries, the so-called Western diet has changed dramatically—there has been a significant increase in the consumption of highly processed foods rich in added sugars, fats, salt, and



artificial additives, while being poor in fiber, vitamins, antioxidants, and other essential nutrients.

In response to these trends, both scientific research and the food industry are increasingly focused on developing foods that either replace harmful components with safer alternatives or are enriched with health-promoting bioactive substances. One promising area of research involves the use of plant secondary metabolites—naturally occurring compounds found in herbs and other plants with beneficial biological effects. These substances can serve not only as natural flavorings but also as preservatives (such as essential oils in cold-prepared syrups) and as active ingredients in functional foods.

Particular attention is given to a group of plants known as adaptogens, which may help the body cope with stress and support overall balance. Foods and beverages enriched with these natural compounds have the potential to aid digestion, strengthen antioxidant defenses, and contribute to reducing the risk of lifestyle-related diseases.

L3

ALTERNATIVNÍ PROTEINY: SOUČASNÉ VÝZVY PRO VĚDU I PRAXI

Hajšlová J.

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

Zájem o alternativní proteiny se do velké míry odvíjí od naléhavé potřeby zajistit potravinovou bezpečnost v situaci postupně ubývajících přírodních zdrojů a rostoucí světové populace. V současné době se využívají různé zdroje proteinů, jak rostliny, tak i řasy, mikroorganismy, hmyz či produkty fermentačních procesů/kultivace buněk. Současný výzkum se soustředí nejen na rozvoj produkčních (bio)technologií alternativních proteinů, ale samozřejmě i na optimalizaci jejich funkčních vlastností a v neposlední řadě hodnocení nutričních benefitů, ale i limitujících aspektů. Speciální pozornost bude věnována problematice rostlinných proteinů. Vedle 'tradičních' zdrojů, jako jsou sója, pšenice, kukuřice či hrách má zajímavý potenciál i řada dalších plodin jako je ječmen, len, quinoa, čočka, fazole, slunečnice, cizrna, čirok apod. Z pohledu dostupných surovin v ČR, se výzkum VŠCHT v rámci projektu COST CA22161 FLAVOURsome v posledních letech zaměřil na možné využití meziproduktů zpracování olejnin (výlisky, extrakční šroty) pro výrobu bílkovinných koncentrátů. Studován je především přenos některých sekundárních metabolitů zodpovědných za jejich nežádoucí senzorické vlastnosti (off-flavour), jak za nepříjemné pachy, tak i hořkou či adstringentní chuť (zde jde vesměs o polyfenoly), které mohou být příčinou odmítání produktů na bázi rostlinných proteinů konzumenty. Studie upozorňuje i na rizika přenosu některých mykotoxinů či pesticidů do bílkovinných koncentrátů a akcentuje tak potřebu kontroly výchozí suroviny a optimalizaci mitigačních technologií pro výrobu jinak vysoce perspektivních produktů.

Pro zajištění potravinové bezpečnosti uprostřed ubývajících přírodních zdrojů byly jako udržitelné řešení navrženy alternativní proteiny (AP). Adopce a spotřeba AP však zůstávají omezené. Tento přehled si klade za cíl ponořit se do nejnovějšího pokroku (podle pokynů PRISMA) v oblasti využití bílkovin z alternativních zdrojů, zejména se zaměřením na jejich efektivní začlenění do potravinářských produktů. Naše zjištění ukazují, že hmyzí proteiny mohou zlepšit profily aminokyselin v pekařských výrobcích. Akceptace ze strany spotřebitelů však zůstává nízká kvůli kulturním předsudkům, přičemž optimálních senzorických výsledků je dosaženo při nižších úrovních substituce (5–10 %). Houbové proteiny, pokud jsou začleněny do masových analogů a pekárenských výrobků, zvyšují nutriční hodnotu a nabízejí příznivé senzorické vlastnosti, díky čemuž jsou životaschopnou náhradou v masných výrobcích.



Rostlinné proteiny, jako jsou hrachové a sójové proteiny, zvyšují vlákninu a antioxidanty a zlepšují texturu v masových alternativách, i když jsou nutné úpravy složení, aby se splnila očekávání spotřebitelů ohledně chuti a celkového zážitku. Mikrořasy nabízejí jedinečné výhody pro pekařské, cukrářské a mléčné výrobky tím, že podporují růst bílkovin, mastných kyselin a probiotik při zachování senzorické přijatelnosti. Na závěr tato studie zdůrazňuje, že účinné začlenění AP do potravinářských produktů může pomoci při vývoji zdravějších a udržitelnějších diet. To znamená, že úspěch přijetí AP bude záviset na neustálých inovacích ve formulaci a vzdělávání spotřebitelů.

Poděkování:

Tento výstup vznikl v rámci projektu Komplexní laboratorní strategie pro identifikaci druhů hmyzu určeného k lidské spotřebě a produkci zpracované živočišné bílkoviny, autentikace potravin na jeho bázi, financovaného MZe, QK23020101.

Alternative proteins: current challenges for science and practice

The demand on alternative proteins is largely driven by the urgent need to ensure food security in a situation of gradually diminishing natural resources and a growing world population. Currently, various protein sources are used, including plants, algae, microorganisms, insects, and products of fermentation processes/cell cultivation. Current research focuses not only on the development of production (bio)technologies of alternative proteins, but also, of course, on the optimization of their functional properties and, last but not least, the assessment of nutritional benefits as well as limiting aspects. Special attention will be paid to the issue of plant proteins. In addition to 'traditional' sources such as soybean, wheat, corn or peas, a number of other crops such as barley, flax, quinoa, lentils, beans, sunflower, chickpea, sorghum etc. have interesting potential. From the perspective of available raw materials in the Czech Republic, research at the University of Chemistry and Technology, Prague, within the COST CA22161 FLAVOURsome project has focused in recent years on the possible use of intermediate products of oilseed processing (oilcakes, extraction scraps) for the production of protein concentrates. The transfer of some secondary metabolites responsible for their undesirable sensory properties (off-flavor), both unpleasant odors and bitter or astringent taste (these are mostly polyphenols), which may be the cause of consumer rejection of plant protein-based products, is primarily studied. The study also highlights the risks of transferring certain mycotoxins or pesticides into protein concentrates, emphasizing the need to control the starting material and optimize mitigation technologies for the production of otherwise highly promising products.

To ensure food security in the midst of dwindling natural resources, alternative proteins (APs) have been proposed as a sustainable solution. However, the adoption and consumption of APs remain limited. This review aims to delve into the latest progress (following PRISMA guidelines) in the utilization of proteins from alternative sources, particularly focusing on their effective incorporation into food products. Our findings indicate that insect proteins can improve the amino acid profiles of bakery products. However, consumer acceptance remains low due to cultural preconception, with optimal sensory results achieved at lower substitution levels (5–10%). Mushroom proteins, when incorporated into meat analogues and bakery products, increase the nutritional value and offer favorable sensory properties, making them a viable replacement in meat products. Plant-based proteins such as pea and soy proteins increase fiber and antioxidants and improve texture in meat alternatives, although formulation adjustments are required to meet consumer expectations for taste and overall experience. Microalgae offer unique benefits for bakery, confectionery and dairy products by promoting the increase in proteins, fatty acids and probiotics while maintaining sensory acceptability. In conclusion, this study highlights that effective incorporation of APs into food products can help



develop healthier and more sustainable diets. This means that the success of AP acceptance will depend on continued innovation in formulation and consumer education.

Acknowledgment: This output is part of the project The comprehensive laboratory strategy for identification of insect species intended for human consumption and the production of processed animal protein, authentication of insect-based foods, supported by MZe, QK23020101.

L4

POTRAVINY, VÝŽIVA A ZDRAVÍ. 80 LET SPOLEČNOSTI PRO VÝŽIVU

Tláskal P.

Společnost pro výživu, FN Motol

Již v dávné historii lidé zjišťovali, že konzumace potravy ovlivňuje stav zdraví. Od 18. století bylo postupně definováno i chemické složení potravin a jejich účinek na metabolické procesy organismu. V současnosti víme, že nejen nedostatečný, ale i nadbytečný příjem některých živin v rámci výživy může aktivovat rozvoj různých onemocnění. Po 2. světové válce, před 80 lety, byla založena k zajištění adekvátní výživy obyvatel Společnost pro racionální výživu, později přejmenovaná na Společnost pro výživu (SPV). Podle stanov tato organizace propojuje odbornou i laickou veřejnost k propagaci a realizaci vědeckých poznatků problematiky lidské výživy. S tím souvisí i řada jejích aktivit – pravidelných konferencí, řešení grantů, epidemiologických studií, školení, vydávání časopisu, odborných publikací, ale i odborných stanovisek a podobně. Na základě nutričních analýz potravin Společnost pro výživu vydala a dále dle nových odborných poznatků upravovala tzv. výživová doporučení pro obyvatelstvo. Dále iniciovala řadu epidemiologických studií, které prakticky ve všech věkových skupinách našich obyvatel analyzovaly nedostatky ve výživě a vyústily k praktickým doporučením. Podpořila tak například aktivitu prvních 1000 dnů života, kdy toto období má v rámci nutrigenomiky velký význam pro stav zdraví od dětství do dospělosti. Výsledky studií SPV se promítaly i do řady dalších doporučení a postupů, ale i do legislativy. Nezanedbatelná je edukační činnost SPV ve zprostředkování výměn mezirezortních informací, ale i ve vzdělávání laické veřejnosti.

Food, nutrition and health. 80 years of the Czech Nutrition Society

Already in ancient history, people have discovered that food consumption affects the state of health. Since the 18th century, the chemical composition of foods and their effect on the metabolic processes of the body have been gradually defined. Today, we know that not only insufficient, but also excessive intake of ceretain nutrients can activate the development of various diseases. Aftes World War II , 80 years ago, the Society for Rational Nutrition was founded to ensure adequate nutrition for the population, later renamed the Society for Nutrition (SPV). According to its statues, this organization connects professionals and lay public to promote and implement scientific knowledge on the issue of human nutrition. This is also related to a number of their activities - regular conferences, grant applications, epidemiological studies, training, publishing a magazine, professional publications, as well as expert opinions, and the like. Based on nutritional analyses of food, the Society for Nutrition issued and further adjusted the so-called nutrition recommendations for the population according to new expert knowledge. It also initiated a number of epidemiological studies that analyzed nutritional deficiencies in practically all age groups of our population and resulted in practical recommendations. For example it supported the aktivty of the first 1000 days of life, when this period is of great importance for the state of health from childhood to adulthood



within the framework of nutrigenomics. The results of the SPV studies were also reflected in a number of other recommendations and procedures, as well as in legislation. The educational activity of the SPV in mediating the exchange of interdepartmental information, as well as in educating the lay public, is not negligible.

L5

APLIKÁCIA NUTRIČNE OBOHATENÝCH AGRO-SUROVÍN PRE PRODUKCIU POTRAVÍN/KRMOVÍN PRIPRAVENÝCH POMOCOU FUNGÁLNYCH POLOSUCHÝCH FERMENTÁCIÍ

Čertík M. (1), Ciesarová Z. (2), Marcinčák S. (3), Klempová T. (1)

(1) Ústav biotechnológie, STU v Bratislave

(2) Výskumný ústav potravinársky, NPPC v Bratislave

(3) Katedra hygieny, technológie a zdravotnej bezpečnosti potravín, UVLF Košice

Cereálie a strukoviny sú hlavným potravinovým zdrojom pre ľudstvo. Aj keď sú bohaté na proteíny, sacharidy a určité mikronutrienty, sú však limitované obsahom niektorých biologicky aktívnych lipofilných látok (BALL). Boli popísané rôzne stratégie ako agrárne a geneticky navýšiť obsah týchto metabolitov v poľnohospodárskych zdrojoch (napr. techniky génového inžinierstva a šľachtenia, mutačné metódy a pod.), aj keď bez výrazného úspechu. Práve preto sa hľadajú nové atraktívne spôsoby zvýšenia BALL v agroproduktoch. Jedným z nich sú polosuché fermentácie, pri ktorých vláknité huby Zygomycetes (*Thamnidium sp.*, *Cunninghamella sp.*, *Mucor sp.*, *Umbelopsis sp.*, *Mortierella sp.*) sú schopné efektívne využívať a transformovať obilniny a strukoviny na fermentované bioprodukty s obsahom polynenasýtených mastných kyselín, fungálnych sterolov, karotenoidov, koenzýmu Q, glykolipidov, vlákniny, rôznych enzýmov a amino polysacharidov. Navyše, tieto huby čiastočne hydrolyzujú polyméry v substráte a simultánne znižujú hladiny potenciálnych antinutričných látok v substrátoch (napr. kyselina fytová, asparagín ako prekursor tvorby akrylamidu pri tepelnej príprave potravín). V závislosti na fungálnom kmeni a kultivačných podmienkach, bola pripravená rôzna škála agro fermentovaných produktov obohatených o BALL, ktoré boli úspešne aplikované pri príprave cereálnych výrobkov (napr. pečivo, chlieb a cestoviny) a testované ako krmovinársky doplnok vo výžive zvierat (hydina a prežúvavce). Takto na mieru pripravené mikrobiálne odvodené agro bioprodukty s vylepšenými nutričnými a funkčnými vlastnosťami reprezentujú očakávané alternatívy prípravy nových typov potravín a krmovín s požadovaným nutričným dizajnom.

PodĎakovanie

Práca bola finančne podporená grantami Slovenskej agentúry na podporu výskumu a vývoja APVV-22-0235 a APVV230169.

Application of nutritionally enriched agro-based food/feed prepared by fungal solid-state fermentation

Cereals and legumes represent a major food supply for humanity. Although they are rich in proteins, carbohydrates and certain micronutrients, they are deficient in several biologically active lipophilic compounds (BALC). Various strategies on how to agriculturally and genetically enhance the content of these metabolites in agro-based sources have been described (e.g. gene engineering and breeding techniques, mutation methods, etc.), although without considerable success. Therefore, another attractive possibility for improving the content of BALC in agro-products is based on fermentation approaches. From this point of view, attention has been paid to the development of solid-state fermentation processes in which Zygomycetous



filamentous fungi (Thamnidium sp., Cunninghamella sp., Mucor sp., Umbelopsis sp., Mortierella sp.) are able to effectively utilize and transform cereals and legumes into fermented bioproducts containing polyunsaturated fatty acids, fungal sterols, carotenoids, coenzyme Q, glycolipids, dietary fibers, various enzymes and amino-polysaccharides. In addition, these fungi partially hydrolyze substrate biopolymers and simultaneously decrease the levels of potential antinutrient compounds in the substrates (e. g. phytic acid, asparagine as a precursor of acrylamide formation in heat-processed food products). Depending on the fungal strain and cultivation conditions, a range of agro-based fermented bioproducts enriched with BALC have been prepared and successfully employed for making cereal goods (e.g. rolls, bread and pasta) and tested as a feed additive for animal nutrition (poultry and ruminants). These tailor-made microbial-derived agro-based bioproducts with improved nutritional and functional properties represent a challenging and potentially rewarding subject for preparation of new types of food/feed with required nutritional design.

Acknowledgement: The work was supported by the Slovak Research and Development Agency grants APVV-22-0235 and APVV-23-0169.

L6

NOVÉ TRENDY VE VÝROBĚ NEALKOHOLICKÝCH A NÍZKOALKOHOLICKÝCH PIV

Dostálek P.

Ústav biotechnologie, VŠCHT Praha

V současné době existuje jen jeden rostoucí segment výroby piva v ČR, a to je výroba nealkoholických pív (obsah alkoholu menší než 0,5 % objemových). Úroveň výroby je na hranici 1,5 mil. hl a roční nárůst představuje cca 10 %. Jestliže dříve se konzumace nealkoholického piva spojovala s náhradou pív obsahujících alkohol a byly k tomu důvody náboženské nebo zdravotní, dnes nealkoholická piva představují prakticky svébytný segment nealkoholických nápojů. U velkých producentů převládá výroba nealkoholických radlerů a začíná i výroba pív s obsahem alkoholu 0,0 %. Protože jsou konzumenty vyhledávána piva z minipivovarů, je značný tlak na minipivovary vyrábět i nealkoholická piva, hlavně kvůli rozmanitosti své nabídky. Pro minipivovary je tedy žádoucí zařadit tato piva do své nabídky. Fyzikální metody výroby nealkoholický pív se nejeví jako vhodné, kvůli své finanční a prostorové náročnosti na speciální zařízení. Naproti tomu biologické metody nevyžadují žádné speciální zařízení. Téměř výhradně se k výrobě nealkoholických pív používají kvasinky, které nejsou schopné zkvašovat maltózu a mají zvýšenou produkci aromatických látek a organických kyselin. Každé nealkoholické pivo musí být pochopitelně kvůli trvanlivosti pasterované.

New trends in the production of non-alcoholic and low-alcoholic beers

Currently, there is only one growing segment of beer production in the Czech Republic, and that is the production of non-alcoholic beers (alcohol content less than 0.5% by volume). The production level is 1.5 million hectolitres and the annual growth is about 10%. While in the past the consumption of non-alcoholic beers was linked to the replacement of alcoholic beers and for religious or health reasons, today non-alcoholic beers represent a practically separate segment of soft drinks. The production of alcohol-free beers is predominant among large producers, and the production of 0.0% alcohol beers is also beginning. As consumers demand beers from microbreweries, there is considerable pressure on microbreweries to also produce non-alcoholic beers, mainly because of the diversity of their range. It is therefore



desirable for microbreweries to include these beers in their range. Physical methods for the production of non-alcoholic beers do not seem to be suitable because of the financial and space requirements for special equipment. Biological methods, on the other hand, do not require any special equipment. Almost all non-alcoholic beers are produced using yeasts that are unable to ferment maltose and have an increased production of aromatics and organic acids. Of course, any alcohol-free beer must be pasteurised to extend its shelf life.

L7

SOUČASNÉ TRENDY V ANALÝZE POTRAVIN Z POHLEDU CTL

Mazáč J., Štovčíková K., Čamrová A.

Celně technická laboratoř, Generální ředitelství cel

Celně technická laboratoř (CTL) Generálního ředitelství cel provádí laboratorní zkoumání a analýzu vzorků související s fiskální a nefiskální problematikou. V oblasti fiskální problematiky se jedná zejména o kontrolu výrobků podléhajících spotřební dani, tedy alkoholických nápojů, tabáku a tabákových výrobků, nebo kontrolu správnosti sazebního zařazení výrobku. V nefiskální problematice se jedná o kontroly za účelem ochrany bezpečnosti, zdraví a životního prostředí, kam spadá například analýza omamných a psychotropních látek, jiných zakázaných látek a prekurzorů. K analýzám CTL využívá sofistikovaných analytických metod v závislosti na dané problematice. S ohledem na nové trendy a s tím spojené změny v legislativě je CTL nucena rychle reagovat na tyto změny a případně zavádět nové postupy vhodné pro měření. Přednáška bude zaměřena na představení vzorků potravin a dalších výrobků, které jsou určeny k lidskému užívání a které se v posledních letech v CTL objevují.

Current trends in food analysis from the perspective of CTL

The Customs Technical Laboratory (CTL) of the General Directorate of Customs carries out laboratory testing and analysis of samples related to both fiscal and non-fiscal matters. In the area of fiscal matters, this mainly involves the inspection of products subject to excise duty, such as alcoholic beverages, tobacco, and tobacco products, or the verification of correct tariff classification of goods. In terms of non-fiscal matters, the laboratory conducts checks to protect safety, health, and the environment. This includes, for example, the analysis of narcotic and psychotropic substances, other prohibited substances, and precursors. For its analyses, the CTL uses sophisticated analytical methods depending on the issue being examined. Due to new trends and related legislative changes, the CTL must react quickly and, when necessary, introduce new procedures suitable for measurement. The lecture will focus on presenting samples of food and other products intended for human use that have appeared in the CTL in recent years.



HMYZ JAKO POTRAVINA A KRMIVO: OD HISTORIE K BUDOUCÍM VÝZVÁM A MOŽNOSTEM VYUŽITÍ

Kouřimská L.

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU v Praze

Úvod

S rostoucí populací se zvyšuje celosvětový nárůst poptávky po mase a potravinách živočišného původu. Spolu s omezenou plochou zemědělské půdy, která je k dispozici, to vede k hledání alternativních zdrojů bílkovin. Jedlý hmyz představuje alternativní zdroj bílkovin pro lidskou výživu a krmivo pro zvířata, který je zajímavý díky nízkým emisím skleníkových plynů, výborné konverzi krmiva, minimálnímu nároku na půdu a schopností přeměňovat nízko hodnotné organické vedlejší produkty na vysoce hodnotné bílkovinné suroviny (van Huis, 2016). Toto tvrzení podporují také nashromážděné informace organizací OSN pro výživu a zemědělství (FAO), podle kterých je důležité podporovat využití jedlého hmyzu jako řešení pro nutričně nedostatečnou stravu a zlepšovat zdraví rychle rostoucí populace (FAO, 2017).

Legislativa hmyzu jako nové potraviny a krmiva

Aktuálně je na světě evidováno 2111 druhů hmyzu, které jsou považovány za jedlé (Jongema, 2017). Podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283, které vešlo v platnost 1. 1. 2018, jsou jedlý hmyz a výrobky z jedlého hmyzu definovány jako nová potravina ve smyslu tohoto nařízení. Protože nebyl hmyz a výrobky z něho součástí tradičního jídelníčku obyvatel EU před 15. 5. 1997, jsou definovány jako nová potravina (Mishyna *et al.*, 2020). Mezi povolené druhy hmyzu určené ke konzumaci patří larvy potměníka moučného (*Tenebrio molitor*; nařízení Komise EU 2021/882), saranče stěhovavé (*Locusta migratoria*; nařízení Komise EU 2021/1975), cvrčka domácího (*Acheta domesticus*; nařízení Komise EU 2022/188) a larvy potměníka stájového (*Alphitobius diaperinus*; nařízení Komise EU 2023/58).

Nařízeními komise (EU) 2017/893 a 2021/1925 je definováno, jaké druhy hmyzu je možno používat jako krmivo. Jsou to moucha bráněnka (*Hermetia illucens*), moucha domácí (*Musca domestica*), potměník moučný (*T. molitor*), potměník stájový (*A. diaperinus*), cvrček domácí (*A. domesticus*), cvrček krátkokřídlý (*Gryllodes sigillatus*), cvrček banánový (*Gryllus assimilis*) a bourec morušový (*Bombyx mori*).

Nutriční hodnota hmyzu

Výživové hodnoty hmyzu jsou velmi vysoké. Hmyz obsahuje esenciální živiny důležité pro vývoj a růst člověka. Jedná se hlavně o proteiny, tuky, vitamíny, minerální látky a sacharidy (Dobermann *et al.*, 2017). Například v porovnání s kuřecí prsní svalovinou, vepřovou plecí a hovězí svíčkovou má jedlý hmyz povolený ke konzumaci v EU vyšší či srovnatelný obsah energie a proteinů a až na cvrčka domácího (*A. domesticus*) i vyšší obsah tuků. Dále má v některých případech i vyšší rozmanitost a obsah stopových prvků (Adámková *et al.*, 2016; Mohamed, 2015; Orkusz, 2021). Obsah proteinů hmyzu se podle Zhou *et al.* (2022) pohybuje od 6,25 do 80,26 g/100 g sušiny, ale podle van Huis *et al.* (2017) se obsah proteinů pohybuje mezi 25 až 75 g/100 g sušiny. Bílkoviny hmyzu obsahují všechny esenciální aminokyseliny, nejvíce jsou zastoupené lysin, tryptofan a histidin (Ramos-Elorduy *et al.*, 1997). Limitující aminokyselinou jsou nejčastěji cystein a methionin (van Huis *et al.*, 2017). Další živinou, na kterou je hmyz bohatý, je tuk. Jeho průměrný obsah je od 10 do 60 g/100 g sušiny, přičemž vyšší obsah má larvální stádium než dospělec (Kouřimská *et al.*, 2016).



Díky takto vysokému zastoupení tuků, může hmyz poskytovat lidskému tělu velké množství energie a také esenciální mastné kyseliny včetně některých specifických mastných kyselin jako jsou kyseliny α -linolenová a linolová (Paul *et al.*, 2017). Obsah sacharidů v hmyzu je poměrně nízký a pohybuje se od 1 do 7 g/100 g v sušině. Hlavním zdrojem sacharidů je polysacharid chitin, který funguje jako dietární vláknina (van Huis *et al.*, 2017). Ve hmyzu je obsaženo velké množství vitamínů a minerálních látek. Přesněji se jedná o vitamíny A, D₂, D₃, C, E, K, B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, listovou kyselinu, biotin a B₁₂. V hmyzu najdeme minerální látky jako jsou železo, zinek, fosfor, draslík a vápník. Například vápník obsažený v cvrčím prášku dosahuje hodnot srovnatelných s obsahem vápníku v tofu nebo v lososu a to 218 mg/100 g sušiny (Zhou *et al.*, 2022).

Vedlejší produkty ze zemědělství a potravinářství jako krmivo hmyzu

Dieta má pravděpodobně nejdůležitější vliv na nutriční hodnotu jedlého hmyzu (Van Huis *et al.*, 2021). Při chovu hmyzu se nejběžněji jako substrát používá kuřecí krmivo a sójová moučka, ale stále se testují nové možnosti (Riekkinen *et al.*, 2022). Nové možnosti pro substráty lze získávat z různých zdrojů, jako jsou zbytky potravin či vedlejší produkty pocházející ze zemědělské výroby, manipulace a skladování po sklizni, potravinářského průmyslu nebo komerční výroby potravin. Dále se dají pro krmení hmyzu využít odpadní materiály z velkoobchodní a maloobchodní distribuce, velkokuchyní i potravinový odpad z domácností (Edjabou *et al.*, 2016; Ojha *et al.*, 2020), ale legislativně není využití odpadu jako krmiva hmyzu chovaného jako hospodářské zvíře v EU povoleno.

Například larvy mouchy bráněnky (*H. illucens*) lze využít k recyklaci vedlejších zemědělských produktů, jako jsou kávová drť, moučka z palmových jader, hnůj a organické odpadní materiály, jako jsou rybí droby, tržní odpad, komunální organický odpad, odvodněné fekální kaly, organické výluhy a výpalky z lihovaru s rozpustnými látkami. V organickém odpadu se ale mohou vyskytovat i perzistentní polutanty, jako jsou těžké kovy. Například u již zmiňovaných larev mouchy bráněnky (*H. illucens*) se nakumulovalo kadmium v nadlimitním množství pro využití jako krmiva pro zvířata, ale třeba v případě olova a zinku se to ukázalo jako méně kritické (van Huis, 2015).

Zároveň ale mohou být vedlejší produkty zemědělsko-potravinářského sektoru zdrojem nutričně důležitých látek, které se mohou do jedlého hmyzu transferovat. Jedním z příkladů je, když se při využití vedlejších produktů z vaření piva dosáhlo zkrácení doby vývoje larev, snížení mortality a zvýšení přírůstku hmotnosti u larev potměníka moučného (*T. molitor*) (van Broekhoven *et al.*, 2015). Dalším příkladem je upravení vysokého poměru ω -6/ ω -3 mastných kyselin za pomoci oleje z lněného semínka, který byl bohatým zdrojem ω -3 mastných kyselin, v krmivu cvrčků a larev potměníků (Francardi *et al.*, 2017) anebo zvýšení obsahu karotenoidů u jedlého hmyzu po zkrmování neprodejných kusů mrkve anebo slupek z mrkve (Heath *et al.*, 2024). Informací z oblasti využívání vedlejších produktů do krmiva hmyzu a zjišťování jejich vlivu na nutriční nebo senzorickou jakost jedlého hmyzu je zatím omezené množství.

Akceptace hmyzu konzumenty

Konsumace hmyzu neboli entomofágie, je běžná skoro u 2 miliard obyvatel ze 131 zemí, především v Asii, Africe a Latinské Americe (Jantzen da Silva Lucas *et al.*, 2020). V západních zemích dochází často k neofobii, což je neochota zkoušet nové neznámé jídlo, vůči jedlému hmyzu. Hlavním důvodem je to, že je hmyz vnímán jako nechutný, nebezpečný, špinavý a často i jako škůdce (Mishyna *et al.*, 2020). Proto pozorujeme vyšší přijatelnost hmyzích potravin nebo potravin s přídavkem jedlého hmyzu, pokud se jedná o skrytou formu, například ve formě prášku nebo v nadrcené podobě (Mancini *et al.*, 2022) než u celého hmyzu. Celý hmyz je nejčastěji nabízen v sušené, grilované nebo dokonce nakládané podobě (Kulma *et al.*, 2023). Nadrcený jedlý hmyz neboli hmyzí moučka se objevuje v různých typech potravin a také

v různých formách. Převážně ho můžeme najít v pekařských výrobcích anebo v sušenkách, nejčastěji ve vysušené a práškové podobě jako přídavek do pečiva nebo náhrada mouky. Další možností je alternativa k masu nebo masnému výrobku. Tento typ skryté formy hmyzu si získával popularitu hlavně ze začátku, ale v posledních letech jsou více populární pekařské výrobky, sušenky a také třeba funkční potraviny. Využití hmyzu ve funkčních potravinách je hlavně z důvodu velkého obsahu proteinu. Dále můžeme najít extrudované výrobky s přídavkem hmyzí moučky, těstoviny s použitím hmyzí moučky ale i nápoje, zmrzlina, omáčky anebo ingredience na pizzu (Ribeiro *et al.*, 2024).

Vliv zpracování na senzorickou kvalitu hmyzu

Při využití hmyzu v různých potravinách byly zaznamenány rozdíly v senzorickém, hlavně hédonickém hodnocení, mezi různými druhy hmyzu, a i mezi způsoby úpravy u stejného druhu hmyzu (Ribeiro *et al.*, 2024). Například potěmník moučný (*T. molitor*) vykazoval v surové podobě vlhké a mastné aroma, po pražení nebo smažení se aroma podobalo krevetám a po vaření v páře bylo aroma podobné sladké kukuřici (Seo *et al.*, 2020). U saranče stěhovavé (*L. migratoria*) bylo aroma v syrové podobě spojováno se sladovými, bylinnými, zemitými a kyselými vjemy. Zato po sušení v mikrovlnné troubě v kombinaci se sušením mrazem získaly vzorky hmyzu rybí aroma, při sušení pouze mrazem aroma dřevité a při samotném sušení v mikrovlnné troubě bylo výsledné aroma ovocné, pražené, karamelizované, a dokonce i pikantní. V případě bource morušového (*B. mori*) byla vůně v syrové podobě spojována s bylinkami, fazolemi, ovocem a ořechy. Obecně sušení zvyšuje intenzitu aroma, často až zápachu. Jedná se převážně o rybí, dřevitý, zemitý, sladový a zatuchlý zápach (Mishyna *et al.*, 2020). V tomto experimentu bylo autory stanoveno 55 těkavých látek, které patřily do skupin alkanů, aldehydů, alkoholů, esterů, ketonů a pyrazinů. Perez-Santaescolastica *et al.* (2022) zjistili že je známo celkem až 406 zaznamenaných těkavých látek hmyzu, které kromě již zmiňovaných skupin patřily do skupin lineárních uhlovodíků, aromatických a cyklických uhlovodíků, karboxylových kyselin, dalších dusíkatých sloučenin, sloučenin síry, fenolů, terpenů a furanů.

Využití hmyzího frassu

Jako každá živočišná výroba, i výroba hmyzu vytváří množství vedlejších produktů. Hlavním odpadem z hmyzích farem jsou exkrementy, s podestýlkou nebo bez ní, nazývané frass (Hénault-Ethier *et al.*, 2024). Přestože je tento pevný odpad biologicky srovnatelný s hnojem, jeho definice se může lišit v závislosti na legislativních požadavcích. Podle způsobu sklizně nebo balení může obsahovat i zbytky hmyzu, jako jsou pozůstatky exoskeletu či kousky mrtvých jedinců. Z biochemického hlediska frass zahrnuje molekuly pocházející z rostlinného materiálu (např. celulózu, lignin a hemicelulózu), části exoskeletu hmyzu (např. chitin) nebo produkty střevního metabolismu (např. pyranteron a aminolevulovou kyselinu) (Lopes *et al.*, 2022). Frass má srovnatelné hnojivé účinky jako ostatní organická hnojiva. Koncentrace jednotlivých živin ve frassu se liší podle stravy a druhu hmyzu. V porovnání se standardní dávkou hnojiva dosahuje frass z mouchy bráněnky (*H. illucens*) koncentrace dusíku od 20 do 130 % a draslíku od 17 do 193 % a například vyšší koncentrace fosforu najdeme ve frassu z cvrčka dvojskrvného (*Gryllus bimaculatus*) a to od 17 do 193 %. Výhodou frassu je to, že může zahrnovat různé mikroorganismy, které přispívají ke zdraví rostlin prostřednictvím produkce antibiotických látek, enzymů, růstových hormonů, úpravou hladin živin v půdě nebo působením jako antagonisté vůči potenciálně patogenním mikroorganismům (Hénault-Ethier *et al.*, 2024). Dalším možným mechanismem, který by mohl ovlivňovat zdraví rostliny, je produkce těkavých organických látek a tím ovlivnění chování hmyzu, například odpuzování anebo naopak lákání na rostlinu (Weaver *et al.*, 1990). Pozitivní vliv přídavku frassu, přesněji frassu z moučného červa (*T. molitor*), byl pozorován například u salátu, špenátu a ječmene, kde došlo k nárůstu biomasy a u okrasných rostlin došlo ke zvýšení počtu květů.



V případě zeleninových plodin došlo ke zvýšení biomasy jedlé části u červené řepy, rukoly a kapusty. U lichořeřišnice došlo k nárůstu biomasy listů, a ke zvýšení biomasy plodů došlo u cherry rajčátek, okurky a kukuřice (Zunzunegui *et al.*, 2024).

Závěr

Jedlý hmyz představuje zajímavý alternativní zdroj živočišných bílkovin s vysokou nutriční hodnotu, nízkou ekologickou stopu a efektivní konverzi organických zbytků na hodnotné bílkoviny. Evropská legislativa umožňuje aktuálně konzumaci potravin ze čtyř druhů hmyzu. Přijetí hmyzu jako potravin je však v západních zemích stále omezené kvůli kulturním a psychologickým bariérám, přičemž vyšší akceptace je u produktů se skrytou formou hmyzu, například v moučkách či extrudovaných výrobcích. Nařízeními komise (EU) je definováno osm druhů hmyzu, které je možno používat jako krmivo.

Kromě nutričního přínosu hmyzu jako potravin se intenzivně zkoumá jeho výživová hodnota jako krmiva pro hospodářská zvířata a též možnost využití organických agro-potravinářských vedlejších produktů v chovu hmyzu. Důležitým vedlejším produktem hmyzí produkce je také tzv. "frass", který se ukazuje jako efektivní organické hnojivo s potenciálním pozitivním vlivem na růst rostlin.

Přestože jedlý hmyz nabízí mnoho environmentálních i nutričních výhod, je zapotřebí dalšího výzkumu zaměřeného na bezpečnost, optimalizaci chovu a zlepšení senzorických vlastností hmyzích produktů pro zvýšení jejich přijetí spotřebiteli.

Poděkování

Podpořeno projekty MŠMT METROFOOD-CZ, č. LM2023064 a NAZV č.: QK23020101.

Literatura

1. Adámková, A., Kourimská, L., Borkovcová, M., Kulma, M., Mlček, J., *Potravinářstvo*, 2016, 10, 663–671.
2. Dobermann, D., Swift, J. A., Field, L. M., *Nutrition Bulletin*, 2016, 42, 293–308.
3. Edjabou, M. E., Petersen, C., Scheutz, C., Astrup, T. F., *Waste Management*, 2016, 52, 256–268.
4. FAO. The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017.
5. Francardi, V., Cito, A., Fusi, S., Botta, M., Dreassi, E., *Redia*. 2017, 100, 73–76.
6. Heath, D., Vehar, A., Kourimská, L., Kulma, M., Škvorová, P., Salmonová, H. Š., Lampová, B., Rehman, N., Jamnik, P., Jeršek, B., Červek, M., Ulrih, N. P., Heath, E., Ogrinc, N., *Open Exploration*, 2024, 2, 339–362.
7. Hénault-Ethier, L., Quinche, M., Reid, B., Hotte, N., Fortin, A., Normandin, É., de La Rochelle Renaud, G., Rasooli Zadeh, A., Deschamps, M. H., Vandenberg, G., *Waste Management*, 2024, 176, 169–191.
8. Jantzen da Silva Lucas, A., Menegon de Oliveira, L., da Rocha, M., Prentice, C., *Food Chemistry*, 2020, 311, 126022.
9. Jongema Y., List of edible insect species of the world. Laboratory of Entomology. Wageningen. 2017. Dostupné z <https://www.wur.nl/en/research-results/chair-groups/plant-sciences/laboratory-of-entomology/edible-insects/worldwide-species-list.htm>.
10. Kourimská, L., Adámková, A., *NFS Journal*, 2016, 4, 22–26.
11. Kulma, M., Škvorová, P., Petříčková, D., Kourimská, L., *International Journal of Food Properties*, 2023, 26, 218–230.
12. Lopes, I. G., Yong, J. W., Lalander, C., *Waste Management*, 2022, 142, 65–76.
13. Mancini, S., Sogari, G., Diaz, S. E., Menozzi, D., Paci, G., Moruzzo, R., *Foods*, 2022, 11, 455.
14. Mishyna, M., Haber, M., Benjamin, O., Martinez, J. J. I., Chen, J., *Journal of Insects as Food and Feed*, 2020, 6, 405–416.
15. Mishyna, M., Chen, J., Benjamin, O., *Trends in Food Science & Technology*, 2020, 95, 141–148.
16. Mohamed, E. H. A., *International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry*, 2015, 4, 144–148.
17. Ojha, S., Bußler, S., Schlüter, O. K., *Waste Management*, 2020, 118, 600–609.
18. Orkusz, A., *Nutrients*, 2021, 13, 1207.
19. Paul, A., Frederich, M., Megido, R. C., Alabi, T., Malik, P., Uyttenbroeck, R., Francis, F., Blecker, C., Haubruge, E., Lognay, G., Danthine, S., *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 2017, 20, 337–340.
20. Perez-Santaescolastica, C., De Winne, A., Devaere, J., Fraeye, I., *Trends in Food Science & Technology*, 2022, 127, 352–367.



21. Ramos-Elorduy, J., Moreno, J. M. P., Prado, E. E., Perez, M. A., Otero, J. L., De Guevara, O. L., *Journal of Food Composition and Analysis*, 1997, 10, 142–157.
22. Ribeiro, J. C., Pintado, M. E., Cunha, L. M., *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2024, 23, 13247.
23. Riekkinen, K., Väkeväinen, K., Korhonen, J., *Insects*, 2022, 13, 590.
24. Seo, H., Kim, H. R., Cho, I. H., *Food Science of Animal Resources*, 2020, 40, 649.
25. van Broekhoven, S., Oonincx, D. G. A. B., van Huis, A., van Loon, J. J. A., *Journal of Insect Physiology*, 2015, 73, 1–10.
26. van Huis, A., *Agriculture and Food Security*, 2015, 4, 1–9.
27. van Huis, A., *Proceedings of the Nutrition Society*, 2016, 75, 294–305.
28. van Huis, A., Rumpold, B., Maya, C., Roos, N., *Annual Review of Nutrition*, 2021, 41, 551–576.
29. van Huis, A., Tomberlin, J. K., *Insects as food and feed: from production to consumption*. Wageningen Academic Publishers. 2017.
30. Weaver, D. K., Mcfarlane, J. E., Alli, I., *Journal of Chemical Ecology*, 1990, 16, 585–593.
31. Zhou, Y., Wang, D., Zhou, S., Duan, H., Guo, J., Yan, W., *Foods*, 2022, 11, 3961.
32. Zunzunegui, I., Martín-García, J., Santamaría, Ó., Poveda, J., *Journal of Cleaner Production*, 2024, 460, 142608.

L9

ZKUŠENOSTI PŘEDNÍHO ČESKÉHO PRODUCENTA JEDLÉHO HMYZU

Papoušek I. (1,2)

- (1) PAPEK s.r.o.,
- (2) Spolek výrobců a zpracovatelů hmyzu

Jedlý hmyz představuje udržitelnou alternativu ke konvenčním zdrojům bílkovin a postupně si nachází své místo i na českém trhu. Přednáška nabídne autentický pohled do praxe jednoho z průkopníků tohoto odvětví v České republice. Účastníci se dozvědí o technologických i legislativních výzvách spojených s chovem a zpracováním jedlého hmyzu, o praktických zkušenostech s budováním značky v netradičním segmentu v chovatelském a potravinářském průmyslu. Prezentace bude doplněna konkrétními příklady z praxe, včetně úspěchů i slepých uliček, a zaměří se na to, jak se český producent dokázal prosadit v tomto dynamickém a stále se vyvíjícím oboru.

Poděkování

Tento výstup vznikl v rámci projektu Komplexní laboratorní strategie pro identifikaci druhů hmyzu určeného k lidské spotřebě a produkci zpracované živočišné bílkoviny, autentikace potravin na jeho bázi, financovaného MZe, QK23020101.

The experience of the leading Czech producer of edible insects

Edible insects represent a sustainable alternative to conventional protein sources and are gradually finding their place on the Czech market. The lecture will offer an authentic insight into the practice of one of the pioneers of this industry in the Czech Republic. Participants will learn about the technological and legislative challenges associated with the breeding and processing of edible insects, as well as practical experiences with building a brand in a non-traditional segment of the livestock and food industry. The presentation will be supplemented with concrete examples from practice, including successes and dead ends, and will focus on how the Czech producer managed to establish himself in this dynamic and ever-evolving industry.

Acknowledgment: This output is part of the project The comprehensive laboratory strategy for identification of insect species intended for human consumption and the production of processed animal protein, authentication of insect-based foods, supported by MZe, QK23020101.



VYUŽITÍ METABOLOMIKY JAKO NÁSTROJE PRO AUTENTIKACI JEDLÉHO HMYZU

Šebelová K. (1), Pospíšil O. (1), Kopecká A. (2), Kulma M. (3), Kouřimská L. (2), Hajšlová J. (1)

(1) Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

(2) Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU v Praze

(3) Katedra zoologie a rybářství, ČZU v Praze

Jedlý hmyz, reprezentující alternativní zdroj živočišných bílkovin a dalších nutrientů, je na evropském i českém trhu již k dispozici v mnoha formách. Je možné se setkat s celým sušeným hmyzem (nejčastěji jde o cvrčka domácího a potměníka moučného), ale i s výrobky, kde hmyzí složka představuje jen jednotky procent celkového produktu. Validované metody, které by umožnily ověření použití deklarovaného druhu hmyzu, nejsou zatím k dispozici. Tato studie se zaměřila na metabolomiku jako jednu z možných strategií autentikace jedlého hmyzu a hmyzích produktů. Analyzováno bylo celkem 10 druhů hmyzu, z toho 4 druhy jsou již povoleny pro použití v potravinářství. Vzorky byly odchovány za různých podmínek a usmrceny dvěma způsoby (mrazem nebo varem). Polární a nepolární extrakty byly analyzovány technikou UHPLC-HRMS/MS s následnou multivariální analýzou dat. Získaná data umožnila rozlišení jednotlivých druhů a výběr diskriminačních markerů, které byly použity pro založení databáze a následný cílený screening v reálných výrobcích dostupných na trhu. Tím byla otestována aplikovatelnost těchto markerů v praxi. Metabolomický přístup navíc umožnil detekci látek souvisejících se způsobem usmrcení a dalších, neočekávaných, látek – např. glykoalkaloidů, které souvisí se složením krmných substrátů a mají vliv na kvalitu výsledného produktu. Výsledky studie umožní zavedení vhodných metodik autentikace jedlého hmyzu a hmyzích výrobků a pomohou s optimalizací chovných postupů tak, aby byla zajištěna bezpečnost a kvalita výsledných produktů.

Poděkování

Tento výstup vznikl v rámci projektu Komplexní laboratorní strategie pro identifikaci druhů hmyzu určeného k lidské spotřebě a produkci zpracované živočišné bílkoviny, autentikace potravin na jeho bázi, financovaného MZe, QK23020101.

The use of metabolomics as a tool for authenticating edible insects

Edible insects, representing an alternative source of animal proteins and other nutrients, are already available on both the European and Czech markets in various forms. They can be found as whole dried insects (most commonly the house cricket and the yellow mealworm) as well as in products where the insect component constitutes only a small percentage of the total product. Validated methods for verifying the declared insect species used are not yet available. This study focused on metabolomics as a potential strategy for authenticating edible insects and insect-based products. A total of 10 insect species were analyzed, four of which are already approved for use in the food industry. The samples were reared under different conditions and killed using two methods (freezing or boiling). Polar and non-polar extracts were analyzed using UHPLCHRMS/MS, followed by multivariate data analysis. The obtained data enabled differentiation of individual species and selection of discriminatory markers, which were used to establish a database and conduct targeted screening of real market products. This tested the applicability of these markers in practice. Moreover, the metabolomic approach allowed for the detection of compounds related to the method of killing, as well as unexpected substances—such as glycoalkaloids, which are linked to the composition of feeding substrates and influence



the quality of the final product. The study's findings will facilitate the implementation of suitable authentication methodologies for edible insects and insect-based products, helping to optimize farming procedures to ensure the safety and quality of the final products.

Acknowledgment: This output is part of the project The comprehensive laboratory strategy for identification of insect species intended for human consumption and the production of processed animal protein, authentication of insect-based foods, supported by MZe, QK23020101.

L11

VÝVOJ MOLEKULÁRNĚ-GENETICKÝCH METOD PRO IDENTIFIKACI JEDLÉHO HMYZU V POTRAVINÁCH

Vašek J. (1), Vejl P. (1), Zdeňková K. (2), Čermáková A. (1), Čermáková E. (2, 3), Čílová D. (1), Melounová M. (1), Kouřimská L. (1), Šebelová K. (2), Hajšlová J. (2)

- (1) Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU v Praze
- (2) Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
- (3) Odbor potravinářství, CARC

Jedlý hmyz, který je v rámci EU legislativně považován za tzv. „novou potravinu“, představuje potenciálně významný zdroj bílkovin a dalších látek. Jako u každé jiné potraviny je však nezbytné zavedení vhodných detekčních metod, které umožní orgánům státní správy provádět autentizaci a kontrolu kvality potravin obsahujících hmyz. Pro identifikaci jednotlivých druhů hmyzu je vyvíjeno několik molekulárně-genetických metod lišících se svými nároky na čas, finance a zpracování dat. Pro účely rychlé a jednoduché detekce vybraných druhů hmyzu bylo navrženo 5 markerovacích systémů založených na multiplex PCR. První markerovací systém umožňuje určit 3 druhy potměníka (*Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus* a *Zophobas atratus*), druhý odliší cvrčka *Gryllus locoroyo* (chybně značený jako *Gryllus assimilis*) a *Gryllobates sigillatus*, třetí slouží k detekci dalších dvou druhů cvrčků (*Acheta domestica*, *Gryllus bimaculatus*) a bráněnky (*Hermetia illucens*), čtvrtý lze využít k detekci a odlišení sarančat (*Locusta migratoria*, *Schistocerca gregaria*) a poslední rozliší 3 druhy švábů (*Blattella germanica*, *Blattella discoidalis* a *Shelfordella tartara*). Výhodou těchto systémů je časová a finanční nenáročnost a možnost přizpůsobení metody detekce dle možností konkrétní laboratoře. Zároveň nabízí jednoznačnou a jednoduchou interpretaci výsledků. Velkou nevýhodou je identifikace pouze dopředu definovaných druhů hmyzu, která může být v budoucnu překonána technikami masivního paralelního sekvenování (MPS). Proto byly MPS technologií od firmy Illumina sekvenovány 4 vybrané markery u 24 laboratorně připravených vzorků potravin obsahujících celkem 17 různých druhů hmyzu. Následná konfirmační analýza proti lokální databázi s referenčními sekvencemi testovaných druhů potvrdila schopnost odlišit jednotlivé druhy hmyzu i ve vícedruhových směsích.

Poděkování

Tento výzkum byl finančně podpořen grantovým projektem č. QK23020101 MZe ČR.

Development of molecular-genetics methods for identification of insect in food

Insect species intended for human consumption, classified as „Novel Food“ in EU legislation frame, represents interesting source of proteins (and other substances) eventually. Similarly to other food products, implementation of suitable detection methods for food authentication and control by public authorities is necessary. Currently, several molecular-genetic methods with various time, finance and data analysis requirements are being developed. It was designed five marker systems based on multiplex PCR for fast and simple detection of



selected insect species. The first system is capable to identify three Tenebrionidae species (Tenebrio molitor, Alphitobius diaperinus and Zophobas atratus, respectively), the second system distinguishes between cricket Gryllus locorojo (misabeled as Gryllus assimilis) and Gryllodes sigillatus species, the third one is suitable for the detection of other two cricket species (Acheta domesticus and Gryllus bimaculatus) and black soldier fly (Hermetia illucens), penultimate system can distinguish and identify grasshoppers (Locusta migratoria and Schistocerca gregaria) and the last one identifies three roaches species (Blattella dubia, Blaberus discoidalis and Shelfordella tartara, respectively). This approach has its own strengths and weaknesses. Great advantage is low time and finance requirements and flexibility of detection method of choice with regards to capabilities of different laboratories. Moreover, it offers clear and simple interpretation of results. On the other way, the great weakness is the ability to identify only species known in advance. This weakness could be surpassed by the massive parallel sequencing (MPS) techniques in the near future. This is the reason why four selected markers for 24 laboratory prepared samples containing 17 insect species altogether were sequenced by MPS technique from the Illumina company. Following confirmatory analysis against local database with reference sequences of tested species confirmed MPS ability to properly identify insect species even in multi-species samples.

Acknowledgment: The research was funded by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic (QK23020101).

L12

PROTEOMICKÁ IDENTIFIKACE HMYZU V POTRAVINÁCH POMOCÍ LC-TIMS TOF

Kučková Š. (1), Tůmová G. (1), Kouřimská L. (2), Hajšlová J. (3)

(1) Ústav biochemie a mikrobiologie, VŠCHT Praha

(2) Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

(3) Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU v Praze

Úvod

V posledních letech se jedlý hmyz stává stále významnější alternativou tradičních zdrojů živočišných bílkovin. Jeho vysoká nutriční hodnota, nízká ekologická stopa a relativně nenáročná produkce vedou k jeho rostoucímu využití nejen v krmivech, ale i v potravinách určených pro lidskou spotřebu. V rámci Evropské unie je jedlý hmyz zařazen mezi tzv. „novel foods“ a jeho uvádění na trh podléhá přísné legislativní regulaci. S rostoucí dostupností hmyzích produktů však narůstá i riziko jejich falšování, které může mít jak ekonomické, tak zdravotní dopady. Mezi časté formy patří nahrazování deklarovaného druhu levnější alternativou nebo uvádění nesprávného druhového původu, což může být problematické zejména z hlediska přítomnosti alergenů^{1,2}.

Identifikace hmyzích složek v potravinách je obzvlášť náročná u tepelně či jinak technologicky zpracovaných produktů. V takových případech často selhávají nejen vizuální, ale i některé molekulárně-biologické metody, například DNA analýza, a to kvůli degradaci genetického materiálu³. V tomto kontextu se jako perspektivní nástroj autentizace jeví proteomika – analytický přístup zaměřený na identifikaci proteinů, které jsou vůči technologickému zpracování obecně stabilnější než DNA⁴. Cílem této studie bylo využít necílenou proteomiku ve spojení s kapalinovou chromatografií a hmotnostní spektrometrií s iontovou mobilitou (LC-TIMS TOF) k identifikaci druhově specifických peptidových markerů jedlého hmyzu a následně ověřit použitelnost těchto markerů při autentizaci komerčních potravinových výrobků.



Experimentální část

Použité chemikálie, zásobní a pracovní roztoky

Acetonitril (ACN) (Honeywell, Německo); destilovaná voda (dH₂O); hydrogenuhličitan amonný (NH₄HCO₃) (Honeywell Fluka, USA); kyselina mravenčí (Penta s.r.o., ČR); pufr pro resuspendaci lyofilizovaného trypsinu (Promega, USA); trifluoroctová kyselina (TFA) (Sigma-Aldrich, USA); trypsin (lyofilizát) (Sigma-Aldrich, USA).

Ekvilibrační roztok (0,2% TFA); eluční roztok (100% ACN a 0,2% TFA, 1:1, v/v); mobilní fáze A (pro LC): 0,1% roztok kys. mravenčí ve vodě; roztok trypsinu v roztoku NH₄HCO₃ (0,02 mg ml⁻¹), mobilní fáze B (pro LC): 0,1% roztok kys. mravenčí v acetonitrilu; roztok trypsinu v roztoku NH₄HCO₃ (0,02 mg/ml); vlhčící roztok (100% ACN)

Analyzovaný materiál

Mezi deseti zkoumanými druhy jedlého hmyzu (referenční materiál) byly čtyři druhy schválené k lidské konzumaci i k použití do krmiv (cvrček domácí (*Acheta domestica*), potěmník stájový (*Alphitobius diaperinus*), saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*), potěmník moučný (*Tenebrio molitor*)), jeden druh povolený pouze pro krmivářské účely (moucha bráněnka (*Hermetia illucens*)) a pět druhů, které jsou v některých zemích k těmto účelům běžně využívány (šváb argentinský (*Blaptica dubia*), cvrček banánový (*Gryllus assimilis*), šváb turkistánský (*Shelfordella tartara*), saranče všežravá (*Schistocerca gregaria*), potěmník brazilský (*Zophobas morio*)). Veškerý hmyz pocházel z chovů v České republice. Jedinci byli usmrceni pětiminutovým varem, po němž následovala lyofilizace.

Dále bylo analyzováno 12 komerčních potravinářských výrobků s deklarovaným obsahem jednoho druhu jedlého hmyzu, které se lišily procentuálním zastoupením hmyzí složky a typem potravinářského výrobku (tabulka I). Mezi analyzovanými produkty byly jak potraviny obsahující celá těla hmyzu, tak i výrobky s přídavkem hmyzího prášku.

Tabulka I Přehled analyzovaných komerčních výrobků potravin s obsahem jedlého hmyzu

Č.	Název výrobku	Typ výrobku	Výrobce	Zástupce hmyzu	% hmyzu
1	Cricket sticks cheese	tyčinky	Grig	AD	5
2	Cricket chips wasabi	chipsy	Grig	AD	7
3	Cvrččí granola s lískovými oříšky	granola	Grig	AD	7
4	Cvrččí proteinové tagliatelle	těstoviny	Grig	AD	10
5	Granola s červíky – slaný karamel	granola	Grig	TM	10
6	Hazelnut cricket protein spread – chocolate	proteinová pomazánka	Sens	AD	12
7	Serious cricket protein bar peanut butter a cinnamon	proteinová tyčinka	Sens	AD	20
8	Snack Bällchen	proteinové kuličky	Essento	TM	24
9	Alpine insect snack	celý hmyz	Essento	LM	57
10	Kobylky solené	celý hmyz	Grig	LM	90
11	Červíci slaný karamel	celý hmyz	Grig	TM	97
12	Cvrččí prášek	prášek	Grig	AD	100

AD – cvrček domácí (*Acheta domestica*), TM – potěmník moučný (*Tenebrio molitor*), LM – saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*)



Homogenizace 10 druhů referenčních a 12 potravinových vzorků byla provedena na Ústavu analýzy potravin a výživy VŠCHT Praha. Před dalším zpracováním byly vzorky uchovávány v plastových zkumavkách při teplotě $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Každý referenční vzorek hmyzu byl analyzován ve třech biologických opakováních a vzorky potravin v jednom opakování. Pro analýzy bylo vždy naváženo $5,0\pm 0,2\text{ mg}$.

Enzymatické štěpení proteinů

K enzymatickému štěpení proteinů bylo použito 25 μl roztoku trypsinu o koncentraci 0,02 mg/ml. Štěpení probíhalo při teplotě $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ za stálého mírného třepání (500 rpm) po dobu šesti hodin. Po uplynutí této doby bylo štěpení ukončeno přidavkem 10% TFA v poměru 1,1 μl 10% TFA na 20 μl vzorku. Poté byly vzorky centrifugovány (RCF 12 225 g, 5 min) a pro následnou analýzu byl odebrán supernatant.

Analýza pomocí LC–MS/MS

LC–MS/MS systém sestával z kapalinového chromatografu nanoElute 2 (Bruker Daltonics) propojeného s hmotnostním spektrometrem timsTOF HT (Bruker Daltonics). Přechištěné a vysušené vzorky byly resuspendovány v 50 μl roztoku 3% acetonitrilu s 0,1% kyselinou mravenčí. Mobilní fázi A byla voda s 0,1% kyselinou mravenčí, mobilní fázi B byl acetonitril s 0,1% kyselinou mravenčí. Resuspendovaný vzorek o objemu 1 μl byl nejprve nanesen na zachytávací kolonu PepMap Neo-Trap (300 μm x 5 mm, Thermo Scientific) při tlaku 80 barů 100% fáze A po dobu 2,5 min, ze které byl následně eluován na separační kolonu PepSep C18 (75 μm x 100 mm, Bruker Daltonics). Separace peptidů probíhala v hodinovém lineárním gradientu mobilní fáze B (3–35 %). Eluované peptidy byly ionizovány technikou elektrospreje Captive Spray 2. Data byla sbírána v režimu Data dependent analysis v módu parallel accumulation serial fragmentation. Hmotnostní rozsah metody byl nastaven na 100 - 1700 m/z . Sken iontové mobility byl v rozsahu 0,6–1,6 $\text{V}\cdot\text{s}\cdot\text{cm}^{-2}$. Doba trvání skenu byla 100 ms. Mezi dvěma MS spektry bylo provedeno 10 skenů iontové mobility.

Ze změřených dat byly nejprve programem DataAnalysis 6.1 (Bruker Daltonics) extrahovány peaklisty, které byly následně importovány do systému pro správu proteomických dat Proteinscape 4.2 (Bruker Daltonics). K identifikaci proteinů byl použit vyhledávací algoritmus Mascot (verze 2.4.1, Matrix science), přičemž jako databáze pro vyhledávání sloužil proteom příslušného organismu stažený v lednu 2025 z veřejných biologických databází UniProt/NCBI. V případech, kdy nebyl k dispozici, byl nahrazen proteomem blízkce příbuzného druhu (např. *Blattella germanica* pro *Blaptica dubia*, *Gryllus bimaculatus* pro *Gryllus assimilis*). Pro *Acheta domesticus* byla použita částečná genomická data převedená na proteom; pro *Alphitobius diaperinus* nebyla relevantní data dostupná. V rámci analýzy bylo rovněž zohledněno nejednotné označování některých druhů v literatuře a databázích (např. *Shelfordella tartara* = *Periplaneta lateralis*; *Zophobas morio* = *Zophobas atratus* / *Tenebrio atratus*). Dále byly v programu Mascot specifikovány parametry pro vyhledávání – enzym trypsin (povoleno 1 vynechané místo štěpení) a variabilní modifikace oxidace methioninu. Tolerance pro hmotnost prekurzorových iontů byla nastavena na 10 ppm, pro fragmentační ionty na 0,05 Da. Výsledná data byla filtrována s cílem udržet míru falešně pozitivních identifikací na úrovni 1 %.

Výsledky a diskuse

Pro každý druh hmyzu byly s využitím databázového systému PostgreSQL, ke kterému se přistupovalo pomocí nástroje pgAdmin 4, nalezeny tzv. unikátní peptidové markery, které se vyskytovaly ve všech biologických opakováních daného druhu a zároveň nebyly detekovány u jiných druhů. Dále byly tyto peptidy porovnány s proteomy referenčních vzorků hmyzu získaných z veřejných proteinových databází (UniProt, NCBI), aby bylo potvrzeno, že se nevyskytují v jiném než daném druhu. Celkový počet proteinových sekvencí, se kterými bylo provedeno porovnání, byl přibližně 100 tisíc. Pro všechny druhy bylo takto nalezeno 19 172



unikátních sekvencí (tabulka II), které byly dále využity pro zjištění přítomnosti jedlého hmyzu ve vzorcích potravin.

Tabulka II Počty nalezených unikátních sekvencí pro analyzované hmyzí druhy. Proteomy fylogeneticky příbuzných druhů: BG – *Blattella germanica*, GB – *Gryllus bimaculatus*, PA – *Periplaneta americana*

Druh analyzovaného hmyzu	Referenční proteom	Počet unikátních sekvencí
<i>Acheta domesticus</i> (AD)	AD	1140
<i>Alphitobius diaperinus</i> (ALD)	-	-
<i>Blaptica dubia</i> (BD)	BG	210
<i>Gryllus assimilis</i> (GA)	GB	2690
<i>Hermetia illucens</i> (HI)	HI	632
<i>Locusta migratoria</i> (LM)	LM	2168
<i>Shelfordella tartara</i> (ST)	PA	1265
<i>Schistocerca gregaria</i> (SG)	SG	2711
<i>Tenebrio molitor</i> (TM)	TM	4346
<i>Zophobas morio</i> (ZM)	ZM	4010

Použitá proteomická strategie umožnila spolehlivou detekci hmyzu i v potravinách s jeho nízkým obsahem (5 %) (tabulka III). Vzhledem k absenci směsných vzorků s definovaným poměrem různých druhů hmyzu, bylo nutné stanovit vlastní kritérium (cut-off) pro rozlišení mezi přítomností a nepřítomností daného druhu. Za pozitivní identifikaci byl považován případ, kdy počet shod mezi vzorkem a referenční databází byl alespoň o jeden řád vyšší než u ostatních druhů. Výsledky potvrdily, že takto nastavené kritérium poskytuje dostatečně spolehlivé rozlišení. Pro další rozvoj metody by však bylo žádoucí nastavit přesnější kritéria pro vyhodnocování výsledků na základě analýzy směsných vzorků potravin obsahujících více druhů jedlého hmyzu.

U vzorků s obsahem *Locusta migratoria* a *Tenebrio molitor* byla jejich přítomnost v potravinách jednoznačně potvrzena. Naproti tomu u vzorků deklarujících cvrčka domácího (*Acheta domesticus*) nebylo možné odlišit tento druh od cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*) – pravděpodobně kvůli vysoké podobnosti jejich proteomů (oba druhy pochází z čeledi Gryllidae). Jedním z hlavních faktorů ovlivňujících schopnost druhového rozlišení v případě *Acheta domesticus* byla absence kvalitní proteomické databáze (UniProt, NCBI). Zatímco pro ostatní analyzované druhy byla dostupná úplná nebo alespoň částečná proteomická data v databázích, pro *Acheta domesticus* bylo nutné sestavit proteom na základě dostupných genomických dat, která však pravděpodobně vykazovala nízkou kvalitu.



Tabulka III Počet shod vzorků potravin s unikátními sekvencemi referenčních vzorků hmyzu

Název výrobku	Deklarovaný druh hmyzu	Obsah hmyzu ve výrobku (%)									
			AD	BD	GA	HI	LM	ST	SG	TM	ZM
Cricket sticks cheese	AD	5	226	3	243	1	2	1	2	3	5
Cricket chips wasabi	AD	7	69	2	61	1	0	1	0	3	1
Cvrččí granola s lískovými oříšky	AD	7	155	2	180	1	20	3	9	8	1
Cvrččí proteinové tagliatelle	AD	10	25	1	16	0	8	1	2	3	1
Granola s červíky slaný karamel	TM	10	0	2	2	1	4	0	1	637	13
Hazelnut cricket protein spread chocolate	AD	12	228	3	209	0	1	1	2	4	1
Serious cricket protein bar peanut butter and cinnamon	AD	20	38	1	27	1	0	1	1	1	0
Snack Bällchen	TM	24	0	1	1	1	9	0	2	1243	27
Alpine insect snack	LM	57	3	5	1	1	1140	1	136	4	3
Kobylky solené	LM	90	6	5	5	1	1117	0	117	63	2
Červíci slaný karamel	TM	97	2	2	4	0	1	0	0	3076	54
Cvrččí prášek	AD	100	763	8	852	1	3	3	6	5	4

AD – cvrček domácí (*Acheta domestica*), BD – šváb argentinský (*Blaptica dubia*), GA – cvrček banánový (*Gryllus assimilis*), HI – moucha bráněnka (*Hermetia illucens*), LM – saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*), ST – šváb turkistánský (*Sherfordella tartara*), SG – saranče všežravá (*Schistocerca gregaria*), TM – potměnk moučný (*Tenebrio molitor*), ZM – potměnk brazilský (*Zophobas morio*)

Přestože byl při tvorbě databáze unikátních peptidových markerů (tabulka II) kladen důraz na maximální kvalitu vstupních dat, tento postup mohl vést k nižší úplnosti a přesnosti identifikovaných peptidů ve vzorcích potravin, což se následně odrazilo ve vyšším překryvu sekvencí u výrobků s obsahem cvrčka domácího (*Acheta domestica*) s fylogeneticky příbuzným druhem cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*). Tuto hypotézu podporuje i fakt, že jiné blízké příbuzné druhy, jako např. saranče stěhovavá a všežravá (*Locusta migratoria* a *Schistocerca gregaria*) (Acrididae) nebo potměnk moučný a brazilský (*Tenebrio molitor* a *Zophobas morio*) (Tenebrionidae), bylo možné díky dostupnosti kvalitních databází spolehlivě rozlišit bez výrazného překryvu unikátních sekvencí. To potvrzuje, že úspěšnost bottom-up proteomických metod je výrazně závislá na dostupnosti a kvalitě referenčních dat⁵. V současnosti však stále mnoho druhů hmyzu není plně sekvenováno – např. potměnk stájový (*Alphitobius diaperinus*) – což znemožňuje jejich přesnou identifikaci na základě proteomické analýzy. Využití blízké příbuzných druhů jako referenčních databází vyvolává otázku, nakolik je takový přístup při identifikaci proteinů spolehlivý. Ideální by samozřejmě bylo pracovat s databází odpovídající konkrétnímu analyzovanému druhu. Pokud však taková data nejsou k dispozici, je běžnou praxí použití sekvencí homologních proteinů z fylogeneticky příbuzných druhů organismů. Ačkoliv tento přístup nemusí vždy zajistit zcela přesnou identifikaci, umožňuje detekci evolučně konzervovaných proteinů a představuje nejlepší možnou metodu, kterou lze v daných podmínkách využít⁶.



Závěr

V rámci studie byly pomocí kapalinové chromatografie s hmotnostní spektrometrií s iontovou mobilitou (LC-TIMS TOF) identifikovány druhově specifické peptidové markery pro 9 z 10 analyzovaných druhů. Pro druh *Alphitobius diaperinus* to nebylo možné z důvodu chybějících relevantních proteomických dat. Jejich využitelnost k autentizaci potravin byla úspěšně ověřena na dvanácti komerčních výrobcích, včetně produktů s nízkým podílem hmyzí složky (5 %).

Metoda vykazuje vysokou citlivost a specifitu, přičemž jejím omezením zůstává závislost na kvalitě databází, zejména při detekci fylogeneticky příbuzných druhů. I přesto představuje efektivní alternativu ke genetickým přístupům a díky své flexibilitě nabízí potenciál pro rozšíření na nové druhy jedlého hmyzu.

Poděkování

Práce byla podpořena projektem „Komplexní laboratorní strategie pro identifikaci druhů hmyzu určeného k lidské spotřebě a produkci zpracované živočišné bílkoviny, autentikace potravin na jeho bázi“ poskytnutém Ministerstvem zemědělství ČR, projekt č. QK23020101.

Literatura

1. Ribeiro J.C., Sousa-Pinto B., Fonseca J., Caldas Fonseca S., Cunha L.M., J. Insects Food Feed, 2021, 7, 833–847.
2. Yang J., Zhou S., Kuang H., Tang C., Song J., 2023. Edible insects as ingredients in food products: nutrition, functional properties, allergenicity of insect proteins, and processing modifications. Taylor and Francis Ltd. 2023
3. Francis F., Mazzucchelli G., Baiwir D., Debode F., Berben G., Capparos Medigo R., Food Control, 2020, 112, 107135.
4. Varunjikar M.S., Belghit I., Gjerde J., Palmblad M., Oveland E., Rasinger J.D., Food Control, 2022, 137, 108888.
5. Varunjikar M.S., Lie K.K., Lundebye A.-K., Belghit I., Ørnstrud R., Berntssen M.G.H., Lecrenier M.C., Oveland E., Palmblad N.M., Rasinger J.D., *Trends Food Sci. Technol.*, 2024, 153, 104710.
6. Armengaud J., Trapp J., Pible O., Geffard O., Chaumot A., Hartmann E.M., J. Proteomics, 2014, 13, 5–18.

L13

VLIV USMRČENÍ HMYZU NA METABOLOM LAREV POTEMNÍKA MOUČNÉHO (*T. molitor*)

Pospíšil O. (1), Šebelová K. (1), Beneš F. (1), Kopecká A. (2), Kulma M. (3),
Kouřimská L. (2), Hajšlová J. (1)

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

Správná chovatelská praxe i vhodné krmivo jsou nesporně důležitými faktory, které ovlivňují kvalitu odchovaného jedlého hmyzu. Často ale bývá podceňována skutečnost, že i způsob jeho usmrcení rovněž ovlivňuje finální složení a nutriční jakost jedlého hmyzu. Předmětem této studie bylo kritické zhodnocení vlivu alternativních přístupů usmrcení (20 min ve vroucí vodní lázni nebo zmrazení na -18 °C) na spektrum metabolitů (molekul do cca 1200 Da) v získaném produktu. Lyofilizované vzorky, v prvním případě i se složkami výluhu získaného při usmrcení varem, byly vyšetřeny pomocí necílového screeningu (fingerprintingu) za využití ultra vysokoúčinné kapalinové chromatografie ve spojení s vysokorozlišovací tandemovou hmotnostní spektrometrií (U-HPLC-HRMS/MS). Pro vyhodnocení byly zařazeny pokročilé statistické metody včetně vícerozměrných statistických metod.

Ze získaných dat vyplývá, že vzorky hmyzu usmrcené zmrazením obsahovaly více polárních metabolitů ve srovnání se vzorky usmrcenými varem, neboť určitý podíl těchto



sloučenin přešel do varné lázně. Jednalo se především o aminokyseliny, krátké peptidy či fenolické sloučeniny. Např. obsah látky předběžně identifikované jako 2-acetamido-3-(4-methoxyfenyl)propionová kyselina byl významně vyšší u hmyzu usmrčeného mrazem než u vzorků usmrčených varem. Provedené analýzy potvrdily transfer z biomasy hmyzu do varné lázně. Ztráta polárních látek, vedla u varem usmrčeného hmyzu k nárůstu relativního zastoupení triacylglycerolů a dalších lipofilních látek. Výsledky studie mohou přispět k optimalizaci zpracování jedlého hmyzu pro potravinářské účely.

Poděkování

Tento výstup vznikl v rámci projektu Komplexní laboratorní strategie pro identifikaci druhů hmyzu určeného k lidské spotřebě a produkci zpracované živočišné bílkoviny, autentikace potravin na jeho bázi, financovaného MZe, QK23020101.

Impact of the killing method on the metabolome of the yellow mealworm (*T. molitor*)

Good farming practices and suitable feed are undeniably important factors that influence the quality of the edible insects. However, it is often underestimated that the method of killing also influences the final composition and nutritional quality of the edible insects. The aim of this study was to critically evaluate the effect of alternative killing approaches (20 min in boiling water or freezing to -18 °C) on the spectrum of metabolites (molecules up to 1200 Da) in the final product. Lyophilized samples, including insect broth obtained by boiling insects, were examined by untargeted screening (fingerprinting) using ultra-high performance liquid chromatography coupled with high-resolution tandem mass spectrometry (U-HPLC-HRMS/MS). Advanced statistical methods including multivariate statistical methods were included for evaluation.

The data showed that insect samples killed by freezing contained more polar metabolites compared to those killed by boiling, because some of these compounds were transferred to the broth. These were mainly amino acids, short peptides or phenolic compounds. For example, the content of the compound tentatively identified as 2-acetamido-3-(4-methoxyphenyl)propionic acid was significantly higher in the freeze-killed insects than in the boiling-killed samples. The analyses confirmed the transfer from the insect biomass to the boiling bath. The loss of polar compounds, led to an increase in the relative abundance of triacylglycerols and other lipophilic compounds in the boiled insects. The results of the study may contribute to optimizing the processing of edible insects for food purposes.

Acknowledgment: This output is part of the project The comprehensive laboratory strategy for identification of insect species intended for human consumption and the production of processed animal protein, authentication of insect-based foods, supported by MZe, QK23020101.



ZÁKLADNÍ NUTRIČNÍ HODNOTY HMYZU V ZÁVISLOSTI NA ZPŮSOBU JEHO USMRČENÍ

Kopecká A. (1), Lampová B. (1), Šebelová K. (2), Pospíšil O. (2), Kurečka M. (3), Hajšlová J. (2), Kouřimská L. (1)

(1) Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU v Praze

(2) Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

(3) Katedra zoologie a rybářství, ČZU v Praze

Nutriční hodnota jedlého hmyzu je ovlivněna řadou faktorů, mezi které patří druh hmyzu, podmínky jeho chovu a metody zpracování. Jedním z klíčových kroků při přípravě hmyzu pro potravinářské účely je způsob jeho usmrcení, přičemž běžně používané metody zahrnují zmrazení a spaření. Cílem této studie bylo zjistit, jak metoda usmrcení, či jiné faktory (druh hmyzu, producent hmyzu, období sklizně hmyzu) ovlivňují obsah hrubých bílkovin, tuku, popelovin a sušiny ve sledovaných vzorcích hmyzu.

Celkem bylo získáno 83 vzorků 10 druhů hmyzu od 13 různých chovatelů. Byly aplikovány dvě odlišné metody usmrcení: vaření ve vodní lázni po dobu 5 minut a zmrazení na -18 °C. Lyofilizované a zhomogenizované vzorky byly následně analyzovány metodou dle Soxhleta, Kjeldahla a gravimetricky po vysušení a mineralizaci.

Výsledky ukázaly, že metoda usmrcení neměla statisticky významný vliv na nutriční složení hmyzu (vztaheno na čerstvou hmotu). Naopak, statisticky významné rozdíly byly zjištěny v závislosti na druhu hmyzu a dodavateli. Post-hoc analýza odhalila, že u druhu *A. domesticus* došlo k rozdílu v obsahu sušiny a tuku v závislosti na období sklizně. U druhu *A. diaperinus* byly rozdíly v obsahu sušiny, tuku a popelovin v závislosti na období, zatímco u *B. dubia* byly rozdíly ve stejných parametrech, ale v závislosti na dodavateli. U *G. assimilis* byly zjištěny rozdíly v obsahu sušiny a tuku v závislosti na dodavateli, zatímco u *T. molitor* byly rozdíly v sušině a bílkovinách podle dodavatele a v obsahu popelovin v závislosti na období sklizně. U *Z. morio* se projevil rozdíly v obsahu tuků a bílkovin v závislosti na období sklizně.

Tato studie ukazuje, že ačkoli metoda usmrcení hmyzu nemá zásadní vliv na jeho nutriční složení, významné rozdíly mohou být způsobeny faktory, jako jsou druh hmyzu, dodavatel a období sklizně.

Poděkování

Tento výstup vznikl v rámci projektu Komplexní laboratorní strategie pro identifikaci druhů hmyzu určeného k lidské spotřebě a produkci zpracované živočišné bílkoviny, autentikace potravin na jeho bázi, financovaného MZe, QK23020101.

The basic nutritional values of insects depending on the method of killing

The nutritional value of edible insects is influenced by a range of factors, including insect species, rearing conditions, and processing methods. One of the critical steps in preparing insects for food use is the method of killing, with common approaches including freezing and blanching. The aim of this study was to determine how the killing method, along with other variables (insect species, supplier, and harvest period), affects the content of crude protein, fat, ash, and dry matter in insect samples.

A total of 83 samples representing 10 insect species from 13 different breeders were collected. Two distinct killing methods were applied: boiling in a water bath for 5 minutes and freezing at -18 °C. The lyophilized and homogenized samples were subsequently analyzed using



Soxhlet extraction, the Kjeldahl method, and gravimetric analysis after drying and mineralization.

*The results indicated that the killing method had no statistically significant effect on the nutritional composition of the insects (based on fresh weight). In contrast, statistically significant differences were observed depending on the insect species and supplier. Post-hoc analysis revealed differences in dry matter and fat content in *A. domesticus* depending on the harvest period. In *A. diaperinus*, differences in dry matter, fat, and ash content were associated with the harvest period, while in *B. dubia*, the same parameters varied depending on the supplier. For *G. assimilis*, differences in dry matter and fat were linked to the supplier, whereas in *T. molitor*, dry matter and protein content varied by supplier and ash content by harvest period. In *Zophobas morio*, differences in fat and protein content were associated with the harvest period.*

This study demonstrates that while the method of killing has no major impact on the nutritional composition of edible insect, significant differences can arise due to species, supplier, and harvest period.

Acknowledgment: This output is part of the project The comprehensive laboratory strategy for identification of insect species intended for human consumption and the production of processed animal protein, authentication of insect-based foods, supported by MZe, QK23020101.

L15

MOŽNOSTI ELIMINACE KANČÍHO PACHU VE VEPŘOVÉM MASE A MASNÝCH VÝROBCÍCH

Čítek J.

Katedra chovu hospodářských zvířat, ČZU v Praze

Současná praxe chirurgické kastrace u kanečků je stále častěji podrobována kritice, primárně z etických důvodů souvisejících s welfare zvířat. Hlavním problémem spojeným s masem nekastrovaných samců prasat je přítomnost kančího pachu. Ten je primárně způsoben androstenonem a skatolem. Nepříjemné senzorické vlastnosti způsobené těmito látkami představují významnou překážku pro akceptaci masa vykrmovaných kanečků spotřebiteli. Zatímco skatol je obecně snadno detekovatelný napříč populací konzumentů, vnímavost k androstenonu vykazuje značnou variabilitu, přičemž ženy projevují typicky vyšší citlivost. Rovněž bylo prokázáno, že citlivost a ochota ke konzumaci masa kanečků se významně liší mezi jednotlivými evropskými zeměmi. Kromě samotné koncentrace androstenonu a skatolu v mase, ovlivňuje vnímání kančího pachu i způsob kulinární úpravy. Různé metody tepelné úpravy, jako je vaření, smažení a grilování, mohou vést ke zvýšenému uvolňování těkavých sloučenin, a tím ovlivňovat vnímání kančího pachu.



Possibilities of elimination of boar taint in pork and meat products

The current practice of surgical castration in boars is increasingly criticized, primarily for ethical reasons related to animal welfare. The main issue associated with the meat of uncastrated male pigs is the presence of boar taint. This is caused mainly by two compounds: androstenone and skatole. The unpleasant sensory properties of these substances represent a significant barrier to consumer acceptance of boar meat. While skatole is generally easily detectable across the consumer population, sensitivity to androstenone varies considerably, with women typically exhibiting higher sensitivity. It has also been shown that sensitivity and willingness to consume boar meat differ significantly among European countries. In addition to the actual concentration of androstenone and skatole in the meat, the perception of boar taint is also influenced by the method of culinary preparation. Different cooking methods, such as boiling, frying, and grilling, can lead to increased release of volatile compounds, thereby affecting the perception of boar taint.

L16

HODNOCENÍ POSTUPŮ STANOVENÍ PODÍLU MASA V MASNÝCH VÝROBCÍCH

Ševčík R. (1), Beňo F. (1), Krajsová P. (1), Čermáková E. (2)., Hruška F. (1)

(1) Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha

(2) Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i., Praha

Úvod

Problematika falšování potravin a s tím související podvody spojené s klamáním spotřebitele představují v oblasti zpracování masa a výroby masných výrobků závažný a dlouhodobě sledovaný problém. Zejména záměna deklarovaného druhu masa za levnější alternativu nebo odlišný obsah určitého druhu masa, než je uvedeno na obalu, představuje velmi aktuální a závažný problém týkající se kvality produkovaných výrobků, která následně ovlivňuje důvěryhodnost spotřebitelů v masný průmysl. Identifikace a kvantifikace jednotlivých druhů masa v hotových výrobcích je proto klíčová nejen z hlediska ochrany spotřebitele, ale i pro účinný dohled nad dodržováním platné legislativy. Kauzy spojené s nesprávným deklarováním podílu mas v České republice lze nalézt na portálu „*Potraviny na pranýři*“. Jednou často popisovanou vadou u mixu mletých mas a masných polotovarů je, že výrobek obsahoval méně hovězího masa, než bylo deklarováno výrobcem na obalu výrobku^{1,2}.

Spotřebiteli tak byly podle dozorových orgánů poskytnuty zavádějící informace o složení potravin. K určení podílu masa v mletých masech a masných polotovarech se využívá kombinace stanovení obsahem masa pomocí chemometrické metody a stanovení podílu DNA jednotlivých druhů masa pomocí kvantitativní PCR (qPCR), která předpokládá lineární vztah mezi celkovým obsahem masa stanoveným chemometrickou metodou a zastoupením DNA jednotlivých živočišných druhů stanovených pomocí qPCR^{3,4,5}.

Na druhou stranu provozovatelé potravinářských podniků zabývající se výrobou mletých mas a masných polotovarů při tvorbě etiket vycházejí z receptur, kde deklarují podíly jednotlivých druhů masa. Ty stanovují na základě znalostí ze složení analytických parametrů jednotlivých druhů výrobního masa (Tabulka I a II), popřípadě ze zastoupení tuku u masa používaného k přípravě finálních produktů. Při tvorbě etikety a podílu jednotlivých druhů masa musejí provozovatelé potravinářských podniků zohlednit definici masa jako složky masného výrobku, která je uvedena v Nařízení č. 1169/2011^{5,6,7,8}.



Tabulka I Analytické parametry vepřového výrobního masa⁹

Označení výrobního masa	Obsah vody (%)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Podíl pojivové tkáně na obsahu bílkovin (%)
V I	75	5	20	5
V II	73	8	19	8
V III	69	12	19	16
V IV	55	30	14	15
V V	32	60	8	15
V VI	40	50	10	30
V VII	17	78	5	50
V VIII	8	90	2	85
V IX	25	70	5	50
V X	40	50	10	30
V XI	20	75	5	35
V XII	55	30	1	35

Tabulka II Analytické parametry hovězího výrobního masa⁹

Označení výrobního masa	Obsah vody (%)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Podíl pojivové tkáně na obsahu bílkovin (%)
H I	75	4	21	7
H II	72	8	20	15
H III	69	12	19	18
H IV	64	18	18	25
H V	50	35	15	25

Tuto definici musejí provozovatelé potravinářských podniků zabývající se produkcí masných výrobků a polotovarů brát v úvahu, pokud chtějí správně označit své produkty. Definice obsahu definuje maximální limitní hodnoty pro obsah pojivové a tukové tkáně. V případě, že by suroviny překračovaly dané limitní hodnoty, musí být tuková a pojivová tkáň uvedena samostatně jako složka masného výrobku^{7,8}.



Tabulka III Nejvyšší povolený obsah tuku a pojivové tkáně pro složky označené termínem maso⁷

Definice skupiny potravin			Pojmenování
Kosterní svaloviny druhů savců a ptáků uznaných za vhodné k lidské spotřebě, s přirozeně obsaženou nebo přilehlou tkání, pokud celkový obsah tuku a pojivové tkáně nepřekračuje níže uvedené hodnoty a pokud maso tvoří složku jiné potraviny. Nejvyšší obsah tuku a pojivové tkáně pro složky označené termínem „... maso“			
Druh	Obsah tuku	Poměr obsahu kolagenu a bílkovin v mase ⁽¹⁾	
- Savci (kromě králíků a prasat) a směsí živočišných druhů s převahou savců	25 %	25 %	„... maso“ a název (názy) živočišného druhu, z něhož pochází
- Prasata	30 %	25 %	
- Ptáci a králíci	15 %	10 %	
(1) Poměr obsahu kolagenu a bílkovin v mase se vyjadřuje jako procentní podíl kolagenu v bílkovinách obsažených v mase. Obsahem kolagenu se rozumí obsah hydroxyprolinu vynásobený koeficientem 8.			
Jsou-li tyto hodnoty nejvyššího obsahu překročeny, avšak všechna ostatní kritéria definice „masa“ jsou splněna, musí být obsah „...masa“ odpovídajícím způsobem snížen a v seznamu složek musí být kromě výrazu „... maso“ uvedena přítomnost tuku nebo pojivové tkáně. Výrobky, na něž se vztahuje definice pro „strojně oddělené maso“, jsou z působnosti této definice vyňaty.			

Pro správné označení mletého masa potom platí zvláštní požadavky (limity obsahu tuku a pojivové tkáně), které by měl provozovatel potravinářského podniku dodržet na základě denního posuzování surovin. Definice mletého masa a podmínek jeho výroby je součástí Nařízení č. 853/2004, kdy se „mletým masem“ rozumí vykostěné maso, které bylo rozmělněno a obsahuje méně než 1 % soli, přičemž suroviny používané k přípravě mletého masa musí splňovat požadavky na čerstvé maso a musí pocházet pouze z kosterního svalstva, včetně přilehlé tukové tkáně. Mleté maso podle požadavků Nařízení č. 853/2004 dále nesmí pocházet z odřezků nebo ořezu (jiných než odřezky celých svalů), z mechanicky odděleného masa, z masa obsahujícího úlomky kostí nebo kůží a z masa hlavy, s výjimkou žvýkacích svalů, a nesvalové části linea alba, oblasti zápěstí a zánártí a odřezků seškrabaných z kostí a svalů bránice (pokud nejsou odstraněny serózní blány). Všechny tyto definice a legislativní požadavky musí provozovatelé potravinářských výrobků vzít v úvahu, pokud chtějí správně označit finální produkt^{6,7,8}.

Experimentální část

Pro stanovení podílu hovězího masa v mletém mase a masných výrobcích byl využit předpoklad lineární vztahu mezi obsahem masa a DNA příslušného živočišného druhu. Výsledný podíl hovězího masa byl u vzorků zakoupených v maloobchodní síti získán jako součin obsahu masa stanovený pomocí chemometrické metody popsané v Metodickém pokynu Ministerstva zemědělství¹⁰ a relativního zastoupení hovězího DNA ve výrobku pomocí qPCR.



Geonomická metoda (qPCR) stanovení obsahu masa

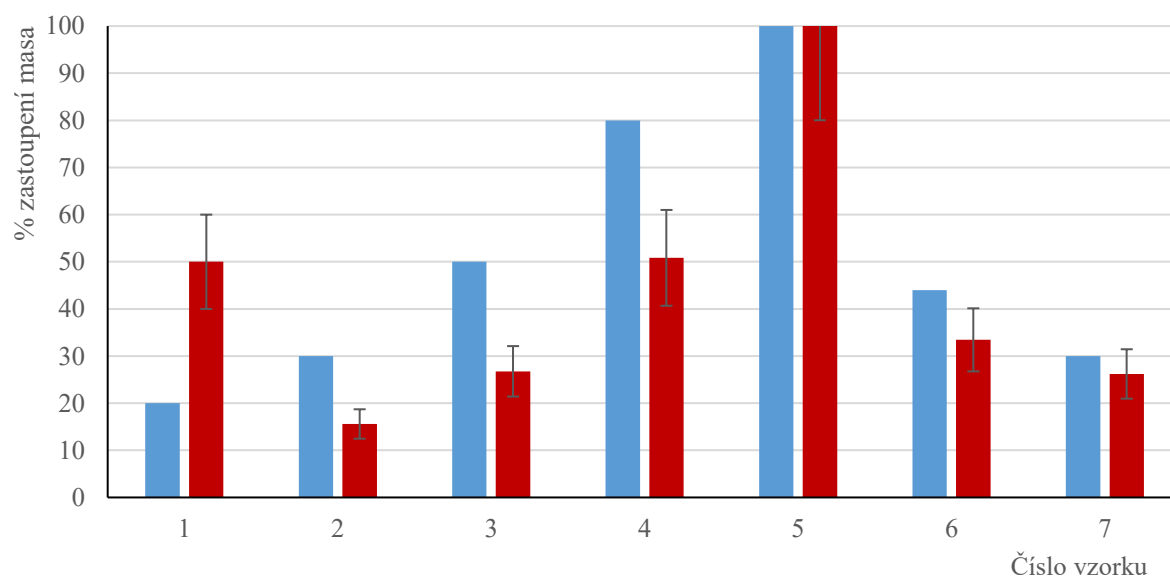
Pro stanovení hovězí DNA metodou PCR byl využit komerční set SureFood® ANIMAL QUANT Beef (CONGEN Biotechnologie GmbH, Německo), který obsahuje 2 PCR systémy: jeden pro detekci specifického genu pro hovězí a druhý pro detekci živočišného referenčního genu. Tento real-time PCR systém detekuje relativní množství hovězí DNA k celkové živočišné DNA ve vzorku masa^{10,11,12}. Před samotným stanovením obsahu hovězího DNA bylo nutné provést jeho izolaci^{11,13}.

Chemometrická metoda stanovení obsahu masa

Obsah masa se stanoví jako součet tzv. tukuprostého masa a tuku pocházejícího z masa. Tukuprosté maso se stanoví z dusíku pocházejícího z masa, což je celkový obsah dusíku po odečtu dusíku z nemasných zdrojů (např. ze sóji atd.) a dusíku z nadbytečně přidané pojivové tkáně. Tuk pocházející z masa je celkový tuk korigovaný o nadbytečný tuk (tuk, který již neodpovídá přirozenému tuku přítomnému v maso). Pro stanovení obsahu masa je nutné provést stanovení obsahu bílkovin, sušiny, popela, tuku a kolagenu. Stanovení obsahu masa bylo provedeno dle postupů, které jsou popsány v Metodickém pokynu Ministerstva zemědělství¹⁰.

Výsledky a diskuse

Z výsledku qPCR uvedených v Obrázku 1 je vidět, že množství deklarovaného hovězího masa neodpovídá naměřeným hodnotám. Lze konstatovat, že ideální soulad mezi deklarovaným a stanoveným podílem hovězí složky lze pozorovat pouze u vzorku č. 5. Většina nálezů hovězího masa je nižší než deklarované množství (vzorky 2–4 a 6–7). Naopak vzorek jedna je jediný, kde je deklarované množství výrazně nižší než množství skutečně naměřené. Toto nemusí být způsobené pouze špatnou deklarací složek mletého masa nebo masného polotovaru. Je třeba vzít v úvahu, že výsledek stanovení DNA většinou vyjadřuje kvantifikaci obsahu DNA (podíl hovězí DNA/referenční zvířecí DNA (w/w)) a nikoliv hmotnostní zastoupení složky masa v masných výrobcích, mletém maso a polotovarech. Stejně tak výrobce používaného kitu striktně definuje výsledek jako procentuální stanovení hovězího DNA, nikoliv hovězího masa, a i jiné odborné články hodnotí možnost kalkulace procentuálního zastoupení jako velmi problematickou s celou řadou omezení souvisejících zejména s obsahem DNA v tukové a pojivové tkáni.



Obrázek 1 Porovnání deklarovaného (■) a stanoveného (■) podílu hovězího masa

Blíže si tyto pochybnosti o správnosti výsledků můžeme vysvětlit u vzorku číslo 6, kterým je masný polotovar vyrobený podle receptury, která je uvedena v Tabulce IV. Receptura obsahuje maso, které splňuje požadavky na kosterní svalovinu (Hovězí maso 75/25, Vepřové maso 30/70), tak vepřové maso, které překračuje hodnotu tuku (Vepřové maso 50/50) a je nutné u něho provést korekci na tuk. U tohoto masa musí být obsah masa ve výrobku snížen a zároveň musí být ve složení na etiketě uvedena přítomnost tukové tkáně, to znamená vepřové sádlo. Na etiketě takového produktu by potom složení výrobku dle legislativy vypadalo následujícím způsobem:

Složení: Hovězí maso 44 %, vepřové maso 44 %, vepřové sádlo, jedlá sůl, antioxidanty E300, E301, E331.

Z porovnání receptury a výsledků údajů na etiketě je zřejmé, že i když je poměr na etiketě surovin 1:1, tak ve skutečnosti bylo použito o 20 % vepřové suroviny více (deklarace 44 % vepřového masa, zastoupení vepřových výrobních mas ve výrobku 54 %). To znamená, že v produktu je o dvacet procent vepřových surovin více než hovězích. Tento rozdíl, také může způsobovat rozdíl v naměřených a předpokládaných hodnotách. Je jasné, že jakékoliv překročení mezí stanovených v definici masa může mít vliv na výsledek a tím i na interpretaci výsledků obsahu podílu masa v mletých masech, masných výrobcích a polotovarech. V případě použití dvou druhů masa se jedná o šestnáct různých variant, (překročení žádného, jednoho nebo obou parametrů (tuková nebo pojivová tkáň) u jednoho nebo obou druhů masa), které bychom při hodnocení zastoupení podílu masa ve výrobku měly brát v úvahu.

Tabulka IV Hodnocení receptury masného polotovaru s přepočtem podílu masa

Označení výrobního masa	Složky receptury (kg)	Zastoupení surovin (%)	Korekce na tuk (%)	Rozdíl
Hovězí maso 75/25	580	44,3	44,3	0
Vepřové maso 30/70	260	19,8	19,8	0
Vepřové maso 50/50	440	33,6	24,0	9,6
Směs pro stabilizaci produktu (antioxidanty E300, E301, E331).	15	1,1	-	
Jedlá sůl s jódem	15	1,1	-	
Celkem (složka, maso)	1310	100	88,1	9,6

Stejně údaje ve složení produktu by ale byly uvedeny pro různé zastoupení výrobních masa, jako příklady jsou uvedeny návrhy receptur s výpočtem obsahu masa, který odpovídá deklarovaným údajům (Tabulka V). Se složeními výrobních mas ale nelze předpokládat, že poměr DNA u těchto výrobků bude 1:1, tak jak by se zdálo z etikety těchto výrobků, která bude u všech uvedených tří receptur prakticky totožná.



Tabulka V Hodnocení receptury masného polotovaru s přepočtem podílu masa

Receptura A	Zastoupení surovin (%)	Zastoupení živočišných složek (%)	Libovost masa (%)	Výpočet obsahu masa pomocí GEHE (%)	Zastoupení tukuprosté suroviny (%)
Hovězí maso H I	44,3	44,3	96	42,2	40,5 (62)
Vepřové maso V IV	19,8	53,4	70	19,1	24,8 (38)
Vepřové maso V VI	33,6		50	22,9	
Směs pro stabilizaci produktu	1,1	-	-	-	-
Jedlá sůl s jódem	1,1	-	-	-	-
Celkem	100	97,7	-	84,2	65,3 (100)

Receptura B	Zastoupení surovin (%)	Zastoupení živočišných složek (%)	Libovost masa (%)	Výpočet obsahu masa pomocí GEHE (%)	Zastoupení tukuprosté suroviny (%)
Hovězí maso H IV	44,3	44,7	82	42,6	35,0 (59)
Vepřové maso V IV	19,8	53,4	70	19,1	24,8 (42)
Vepřové maso V VI	33,6		50	22,9	
Směs pro stabilizaci produktu	1,1	-	-	-	-
Jedlá sůl s jódem	1,1	-	-	-	-
Celkem	100	97,7		84,6	59,6 (100)

Receptura C	Zastoupení surovin (%)	Zastoupení živočišných složek (%)	Libovost masa (%)	Výpočet obsahu masa pomocí GEHE (%)	Zastoupení tukuprosté suroviny (%)
Hovězí maso H 75/25	44,3	44,0	75	42,6	32,0 (43)
Vepřové maso V I	19,8	53,4	96	19,8	42,7 (57)
Vepřové maso V VI	33,6		50	22,9	
Směs pro stabilizaci produktu	1,1	-	-	-	-
Jedlá sůl s jódem	1,1	-	-	-	-
Celkem	100	97,7		85,3	74,7 (100)

Z Tabulky V je patrné, že podíl libových mas, se u výrobku může významně lišit v závislosti na skupině a druhu použitého výrobního masa. Stejným způsobem se může lišit i podíl DNA, který může být ovlivněn ještě jinými parametry (nejen obsah tukové tkáně) výrobního masa (např. podíl pojivové tkáně). Podíl DNA nelze tedy bez znalosti přesného zastoupení jednotlivých tkání korelovat s obsahem masa, jak na to upozorňuje řada studií. V některých studiích navíc dochází při měření vzorků k odstraňování tukové a pojivové tkáně tak, aby neovlivňovaly výsledek měření. Výsledky takovýchto studií, ale nemohou být zatím využity pro ověření podílu masa v mletých masech, masných výrobcích a polotovarech, protože

nerespektují rozdíly, které umožňuje výrobcům využít legislativní definice masa jako složky výrobků^{3,5, 9,10,14,15}.

Závěr

Z hodnocení výsledků je patrné, že lineárním vztah mezi obsahem masa a zastoupením DNA není v případě hodnocení obsahu jednotlivých druhů masa v mletém mase, masných výrobcích a polotovarech možné využít. Jeho využití je velmi omezeno zejména díky rozdílnému zastoupení DNA ve svalové, tukové a pojivové tkáni, které mají v mase jako složce masného výrobku velmi široké a mezi druhy masa také rozdílné limity. Kalkulace procentuálního zastoupení jednotlivých druhů masa je tedy problematická a bez doplnění o výsledky dalších metodik například proteomické nebo lipidomické analýzy je prakticky nemožná. Na druhou stranu je třeba poznamenat, že geonomické metody jsou perspektivní, a to zejména v oblasti detekce přítomnosti cizích druhů masa. Pro odhalení falšování přesného podílu druhů masa je jejich využití stále v počáteční fázi a nejsou v praxi dostatečnou oporou pro rutinní kontrolu podílu jednotlivých druhů masa. Chybí především studie, které by se pokusily hodnoty přepočítat tak, aby odpovídaly platné definici nebo byly s definicí alespoň porovnány. Teprve toto porovnání ukáže, zda je vůbec možné v praxi pro určení podílu masa geonomické metody využívat.

Poděkování

Tento výstup vznikl v rámci projektu Specifického vysokoškolského výzkumu – projekt č. A1_FPBT_2025_002.

Literatura

1. Čížková, H. Metody a kritéria pro Ověřování Autenticity Potravin a Potravinářských Surovin; Key Publishing: Ostrava; Vol. 2011.
2. SZPI, Potraviny na pranýři| nejakostní, falšované a nebezpečné potraviny, <https://www.potravinynapranryri.cz>.
3. Cai Y, He Y, Lv R, Chen H, Wang Q, *et al.*: Detection and quantification of beef and pork materials in meat products by duplex droplet digital PCR. PLOS ONE, 2017, 12(8): e0181949. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181949>.
4. Chiş, L.-M.; Vodnar, D.C. Detection of the Species of Origin for Pork, Chicken and Beef in Meat Food Products by Real-Time PCR. *Safety* 2019, 5, 83. <https://doi.org/10.3390/safety5040083>.
5. Nesvadbova, M.; Dziedzinska, R.; Hulankova, R.; Babak, V.; Kralik, P. Quantification of the Percentage Proportion of Individual Animal Species in Meat Products by Multiplex qPCR and Digital PCR. *Food Control* 2023, 154, 110024. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110024>.
6. ČSZM – Označování masa, masných výrobků a masných polotovarů., 2021 <https://cszm.cz/cszm/nase-publikace/786-oznacovani-masa-2021>.
7. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům.
8. Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu.
9. GEHA processing material standards, Gewürzmüller GmbH, <https://kontrollwiki.livsmedelsverket.se/fil/geha-standarden.pdf>.
10. MZE. Metodický pokyn pro stanovení obsahu masa ve výrobcích obsahujících maso (ve vztahu k použité analytické metodě, dusíkovým faktorům a způsobu vyhodnocení)., 2021. MZE-67807/2021-18122.
11. He, Y.; Yan, W.; Dong, L.; Ma, Y.; Li, C.; Xie, Y.; Liu, N.; Xing, Z.; Xia, W.; Long, L.; Li, F. An Effective Droplet Digital PCR Method for Identifying and Quantifying Meat Adulteration in Raw and Processed Food of Beef (*Bos Taurus*) and Lamb (*Ovis Aries*). *Front. Sustain. Food Syst.* 2023, 7.
12. Ballin, N. Z.; Vogensen, F. K.; Karlsson, A. H. Species Determination – Can We Detect and Quantify Meat Adulteration? *Meat Science* 2009, 83 (2), 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.06.003>.
13. SureFood® PREP Basic User Manual (2025). <https://food.r-biopharm.com/products/surefood-prep-basic/>.
14. Minoudi, S.; Gkagkavouzis, K.; Karaïskou, N.; Lazou, T.; Triantafyllidis, A. DNA-Based Authentication in Meat Products: Quantitative Detection of Species Adulteration and Compliance Issues. *Applied Food Research* 2025, 5 (1), 100852. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100852>.
15. Prusakova, O. V.; Glukhova, X. A.; Afanas'eva, G. V.; Trizna, Y. A.; Nazarova, L. F.; Beletsky, I. P. A Simple and Sensitive Two-Tube Multiplex PCR Assay for Simultaneous Detection of Ten Meat Species. *Meat Science* 2018, 137, 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.10.017>.



L17

HYDROPHOBIC AND BIODEGRADABLE FOOD PACKAGING MATERIAL DEVELOPED BY VALORISATION OF WILD ORANGE PEELS

Güzdemir Ö. (1), Cokogulları E. (2)

(1) Department of Food Engineering, Aydın Adnan Menderes University, Turkey

(2) Graduate School of Natural and Applied Sciences, Aydın Adnan Menderes University, Turkey

Orange is one of the most grown citrus fruit worldwide, particularly produced in large quantities in countries such as Brazil, the USA, China, India, and Mexico. Due to its high cellulose content, orange peel presents a promising opportunity for valorization in sustainable materials rather than being discarded.

Poly(lactic acid) (PLA) is a biodegradable polymer widely used in food packaging applications. However, its slow biodegradation rate and high cost compared to conventional plastics limit its broader industrial adoption. To address these challenges, incorporating low-cost natural fillers into PLA composites has gained attention as a strategy to improve biodegradability while reducing costs.

This study develops the potential use of orange peel as a reinforcing filler in PLA-based composite packaging films without compromising hydrophobicity. The developed films were characterized in terms of their physical, mechanical, and thermal properties relevant to food packaging applications. The results demonstrated that orange peel enhances the material's sustainability while maintaining desirable packaging properties. These findings highlight the potential of agricultural waste valorization in the development of cost-effective and eco-friendly biopolymer-based packaging films.

L18

CARCINOGENS FORMED IN HEATED FOODS

Murkovic M.

Institute of Biochemistry, Graz University of Technology, Austria

In foods heating processes induce a series of chemical reactions that include the very complex Maillard reaction, oxidation of lipids, and many others. Normally, these complex reactions result in a huge number of different reaction products, meaning that the expected concentrations are very low and are normally a challenge for the analytical chemist. A typical example is the group of heterocyclic aromatic amines that are formed from reactions of amino acids with carbonyl compounds and (in many cases) creatine. The heterocyclic amines are the most potent known carcinogens and the concentrations in heated meat are in the range of several ng/g. Depending on the heat load these can reach a few hundred mg.



FERMENTÁCIA STRUKOVÍN AKO NÁSTROJ NA ZNÍŽENIE TVORBY AKRYLAMIDU

Ciesarová Z. (1), Kukurová K. (1), Horváthová J. (1,2), Klempová T. (2), Čertík M. (2)

(1) Výskumný ústav potravinársky, NPPC v Bratislave

(2) Ústav biotechnológie, STU v Bratislave

Polosuché fermentácie pomocou vláknitých húb ponúkajú účinnú metódu na obohatenie rastlinných matric o bioaktívne zlúčeniny, ako sú esenciálne mastné kyseliny, fenoly, flavonoidy, a na zlepšenie ich antioxidačných vlastností a stráviteľnosti. Je však veľmi dôležité posúdiť potenciálne nebezpečné zlúčeniny, ako napríklad akrylamid, ktorý sa považuje za pravdepodobne karcinogénny pre ľudí a môže sa objaviť počas tepelného spracovania rastlinných matric. Akrylamid vzniká predovšetkým z asparagínu, voľnej neesenciálnej aminokyseliny, ktorá sa prirodzene vyskytuje v rastlinách. Strukoviny, ktoré sú známe svojou výživnou hodnotou a vysokým obsahom bielkovín, sa inovatívne používajú pri výrobe hotových občerstvení a sušenok, pri ktorých môže tepelné spracovanie viesť k akumulácii akrylamidu. V tejto štúdii sa polosuchou fermentáciou zeleného hrachu, žltého hrachu a červenej šošovice pomocou *Actinomucor elegans* a *Mortierella alpina* obohatili matrice o polynenasýtené mastné kyseliny a pozorovalo sa výrazné zvýšenie voľných aminokyselín, najmä esenciálnych. Na druhej strane, zatiaľ čo po fermentácii s *Actinomucor elegans* sa zistilo mierne zvýšenie obsahu asparagínu, vo všetkých troch strukovinách fermentovaných s *Mortierella alpina* sa zaznamenalo výrazné zníženie asparagínu. Záverom možno konštatovať, že polosuchá fermentácia s použitím *Mortierella alpina* je sľubnou metódou zhodnocovania strukovín s vysokým obsahom bielkovín pri minimalizácii tvorby nežiaduceho akrylamidu v tepelne spracovaných potravinách na báze strukovín.

Legume fermentation as a tool to mitigate acrylamide formation

*Solid-state fermentation with filamentous fungi offers an effective method for enriching plant matrices with bioactive compounds like essential fatty acids, phenolics, flavonoids, and for enhancing their antioxidative properties and digestibility. However, it is crucial to assess potential hazardous compounds, such as acrylamide, which is considered probably carcinogenic to humans and can emerge during the heat treatment of plant matrices. Acrylamide primarily forms from asparagine, a free non-essential amino acid naturally abundant in plants. Legumes, known for their nutritional value and high-protein content, are innovatively used in the production of ready-to-eat snacks and biscuits, where heat treatment may lead to acrylamide accumulation. In this study, the solid-state fermentation of green pea, yellow pea, and red lentil with *Actinomucor elegans* and *Mortierella alpina*, enhanced the matrices with polyunsaturated fatty acids, and a notable increase in free amino acids, particularly essential ones, was observed. On the other hand, while a slight increase in asparagine content was found after fermentation with *Actinomucor elegans*, a significant reduction in asparagine was noted in all three legumes fermented with *Mortierella alpina*. In conclusion, solid-state fermentation using *Mortierella alpina* holds promise as a method to valorize high-protein legumes while minimizing the formation of undesirable acrylamide in heat-processed legume-based food products.*



L20

VLIV MIKROVLNNÉHO ZÁŘENÍ NA OXIDAČNÍ STABILITU SUCHÝCH SKOŘÁPKOVÝCH PLODŮ

Škvorová P., Kouřimská L.

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU v Praze

Suché skořápkové plody jsou běžnou součástí naší stravy. Obsahují velké množství zdraví prospěšných látek. Na druhou stranu jsou však během skladování často napadány škůdci a mikroorganismy. Pro prodloužení trvanlivosti a likvidaci škůdců se využívá řada konzervačních metod. Mikrovlnné záření představuje moderní konzervační technologii, která umožňuje sušení, pasterizaci, sterilizaci, rozmrazování, temperování nebo zatavování potravin. Hlavní výhodou mikrovlnného záření je úspora energie, zkrácení doby zpracování a snížení nákladů. Největší nevýhodou je nerovnoměrné rozložení teploty v potravině, které se řeší doplněním zóny s ohřevem horkým vzduchem po mikrovlnném ošetření. Cílem tohoto výzkumu bylo zhodnotit vliv mikrovlnného záření na kvalitu a oxidační stabilitu suchých skořápkových plodů během jejich skladování. Účinek záření byl sledován prostřednictvím změn barvy, obsahu sušiny a stanovení peroxidového čísla.

The effect of microwave radiation on the oxidative stability of dry shell fruits

Dry shell fruits are a common part of the human diet and are known for their high content of health-promoting compounds. However, they are frequently subject to pest infestations and microbial contamination during storage. Various preservation techniques are employed to extend shelf life and eliminate pests. Microwave radiation represents a modern method of food preservation, offering applications such as drying, pasteurization, sterilization, defrosting, tempering, and sealing of food products. The main advantages of microwave treatment include energy efficiency, reduced processing time, and overall cost savings. The primary disadvantage is the uneven distribution of temperature within the food, which is often addressed by integrating a hot-air heating zone following microwave treatment.

The aim of this research was to evaluate the effect of microwave radiation on the quality and oxidative stability of dry shell fruits during storage. The impact of the treatment was assessed through changes in colour, dry matter content, and the determination of peroxide value.

L21

ZRYCHLENÍ ANALÝZ V POTRAVINÁŘSTVÍ

Pilnaj D., Černá K., Bořík A., Tomanová A.

Chromservis s.r.o., Praha

Pro analýzu potravin vyrábí Chromservis produkty od přípravy vzorků přes chromatografický spotřební materiál po moderní pokročilé metody hmotnostní spektrometrie. Představíme vám aplikace pro stanovení cukrů, barviv, konzervantů, mykotoxinů a dalších organických látek v potravinách a nápojích.

Speeding up analyses in the food industry

For food analysis, Chromservis manufactures and supplies products ranging from sample preparation to chromatography consumables to modern advanced mass spectrometry methods.



We will present applications for the determination of sugars, dyes, preservatives, mycotoxins and other organic substances in food and beverages.

L22

STRATEGIE PRO REGULACI REAKCÍ NEENZYMOVÉHO HNĚDNUTÍ V POTRAVINÁCH

Cejpek K., Průšová A., Procházková Z.

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

Abstrakt

Reakce neenzymového hnědnutí způsobují změnu barvy, aroma, chuti, textury, redoxního statutu a dalších vlastností potravin. Ovlivňují také výživovou hodnotu bílkovin či jejich technologicky významné vlastnosti. Tyto reakce jsou u mnohých potravin v daném rozsahu vysloveně žádoucí. Naopak u jiných komodit jsou obdobné změny, třeba i v nižším rozsahu, spíše nebo zcela nežádoucí, např. u mléčných výrobků. Některé aspekty, jako je významný vznik procesních kontaminantů, by bylo vhodné selektivně potlačit vždycky.

Cílené směřování Maillardovy a ostatních reakcí neenzymového hnědnutí je obvykle obtížné, a to kvůli množství různě reaktivních výchozích látek a zejména rozdílně reaktivních meziproductů. Jedná se o komplex mnoha simultánních reakcí (paralelních, následných, zpětných) s různými kinetickými a termodynamickými charakteristikami, které jsou závislé na mnoha často ne tak úplně nezávislých proměnných (pH, a_w , teplota, fázová rozhraní, ...). Strategií pro kontrolu Maillardovy reakce v potravinách nebo její analogie v živých tkáních, zahrnující zejména glykaci bílkovin aj. biomakromolekul, bylo proto v posledních desetiletích vyzkoušeno mnoho. Obvykle však vykazují jen omezenou účinnost. Presentovány jsou základní mechanismy a principy významných strategií a uvedeny jejich silné a slabé stránky. Mezi ty základní patří i postupy zahrnující přidání funkčních složek jakými jsou fenolové látky, vitaminy nebo enzymy do potravin. Pozornost je zaměřena hlavně na jednu z neúčinnějších strategií využitelnou při formulaci potravin, a to ovlivnění množství reaktivních karbonylových meziproductů transformace cukrů, kam se řadí zejména α -dikarbonylové sloučeniny. Ty jsou podstatně reaktivnější než výchozí cukry a jsou zásadními meziproducty aromagenních, chromogenních a dalších reakčních drah. Nejznámějšími z nich jsou 3-deoxyglykosulose nebo methylglyoxal, mj. prekursorů některých procesních kontaminantů a mnoha glykovaných bílkovin.

Úvod

Proč potřebujeme mít Maillardovu reakci pod kontrolou? Jako potravináři určitě proto, že zásadně ovlivňuje nutriční, organoleptickou, technologickou a hygienickou jakost řady potravin. A pak je tu její nepřímý či přímý vliv na zdraví člověka. Tím nepřímým máme na mysli expozici procesními kontaminanty a také modifikovanými bílkoviny, resp. jejich peptidovými fragmenty. Ale také vznikají pozitivně vnímané látky snižující redoxní status, tj. jsou potenciálními primárními antioxidanty, nebo sekvestranty prooxidačně působících kovových iontů. O dalších pozitivních či negativních zdravotních dopadech při expozici dietárními produkty Maillardovy reakce víme jen relativně málo, ať už jde o prostředí zažívacího ústrojí nebo oběhové soustavy. Přímý vliv pak mají endogenně vznikající produkty Maillardovy reakce (v této souvislosti zvané spíše jako glykace), které těsně souvisejí se záněty a pathofyziologickými projevy řady chorob nebo stárnutí.

Abychom mohli nalézt nebo vyvinout účinné strategie řízení či kontroly Maillardovy reakce v potravinách, je třeba, abychom dobře poznali a pochopili reakční mechanismy



významných reagujících látek, a také to, jak Maillardovu reakci ovlivňují reakční podmínky. Je proto třeba klasifikovat základní chemické mechanismy, které hrají v tomto ohledu roli, a diskutovat o silných a slabých stránkách každé strategie řízení a souvisejících reakčních mechanismech.

Rychlost, rozsah a průběh Maillardovy reakce jsou ovlivněny mnoha faktory, včetně typu reaktantů, kombinací teploty a času, hodnotami pH a aktivity vody. V důsledku toho se uváděné aktivační energie zahrnutých parciálních reakcí pohybují v závislosti na reakčních podmínkách mezi 23 a 238 kJ/mol. Vliv pH na rychlost Maillardovy reakce nelze zhodnotit jednoduše. Rychlost počátečního kroku Maillardovy reakce se snižuje při hodnotách pH nižších, než je hodnota pK_a aminoskupiny, a to v důsledku její snížené nukleofility. Zároveň ale nízké pH zvyšuje reaktivitu reakčních partnerů aminosloučenin - karbonylových skupin redukujících sacharidů, a podporuje tak tvorbu produktů typu furfuralů či pyrrolů a obecně reakční dráhy typické pro kyselé katalyzované reakce cukrů. Rychlost Maillardovy reakce je maximální při středních hodnotách aktivity vody (0,4–0,8), neboť při vyšších hodnotách je mobilita a nařazení reaktantů příliš vysoké, zatímco při hodnotách nižších se systém stane příliš koncentrovaným a omezí se difuze reaktantů. Rychlost Maillardovy reakce mohou ovlivňovat také kovové ionty, a to oběma směry, takže porozumění příslušným mechanismům je pro řadu potravinářských aplikací zásadně důležité.

Podrobný popis dějů v průběhu Maillardovy reakce v potravinách komplikuje obvyklá přítomnost mnoha potenciálních reaktantů, stejně jako dynamické podmínky v potravinových matricích, nebo různé podmínky zpracování a skladování. Například nedávno bylo zjištěno, jakým způsobem ovlivňuje povahu vznikajících konečných produktů pokročilé glykace (tzv. AGEs) supramolekulární uspořádání bílkovin; Moeckel a kol. ukázali, že micelární systémy kaseinu a glukosy vytvářejí pyrralin rychleji než jinak stejné nemicelární roztoky, zatímco pro vznik karboxymethyllysiny byl pozorován opačný výsledek. Je proto nutné kvantifikovat hlavní produkty Maillardovy reakce, které vznikají v relevantních modelových systémech nebo vzorcích potravin za různých podmínek. Je třeba vzít v úvahu i rychlost jejich vzniku i rychlost následných reakcí, což umožňuje navrhnout věrohodné reakční dráhy pro vývoj racionálních strategií inhibice a kontroly.

Potlačení nebo nasměrování Maillardovy reakce?

V řadě případů, jako je tomu třeba při zpracování mlékárenských výrobků nebo ovoce či zeleniny, jde o to, aby reakce neenzymového hnědnutí, včetně Maillardovy reakce, byla co nejvíce potlačena. To je ta jednodušší situace. V jiných případech se snažíme více či méně selektivně potlačovat parciální reakce, které vedou k nežádoucím produktům a projevům, a naopak podporovat ty, které vedou k produktům žádoucím. Dosáhnout těchto cílů je v řadě případů velmi náročné až nemožné. Často totiž dráhy chtěných a nechtěných parciálních reakcí využívají stejné intermediáty nebo mají tyto reakce podobné termodynamické a kinetické charakteristiky.

Základní strategie pro regulaci Maillardovy reakce

Tradiční zásah do průběhu Maillardovy reakce je obvykle zaměřen na odstranění, blokaci nebo záměnu jednoho z reaktantů, aminosloučenin nebo redukujících cukrů, a to často přidáním přírodních i syntetických chemických sloučenin. Další z možností je přidání látek obsahujících síru, jako je oxid siřičitý nebo *N*-acetylcystein, které inhibují reakce nebo vytvářejí bezbarvé reakční produkty. V poslední době se pozornost stále více přesouvá k potlačení intermediátů, zejména k lapačům α -dikarbonylových sloučenin nebo vznikajících radikálů, k reakcím s Amadoriho produkty a vylučováním specifických (mezi)produktů Maillardovy reakce, jako jsou Streckerovy aldehydy nebo akrylamid.

Strategií často preferovanou výrobcí potravin je použití enzymů během zpracování potravin, protože umožňuje držet se konceptu "clean label". Enzymy jsou totiž v závěrečných



krocích zpracování (např. během pasterace) obvykle inaktivovány, a proto se nemusí označovat jako složka. Ve snaze potlačit rozvoj Maillardovy reakce v potravinách se používá řada enzymů, nejznámější je asi asparaginasa.

Pro intervenci vůči Maillardově reakci vhodnými kombinacemi vnějších faktorů se v moderních technologiích kromě dnes již zavedených prvků typu sprejového sušení využívá mj. řada netermálních technologií, jako je technologie pulzního elektrického pole. Intenzivně se studují např. tandemové technologie vysoké teploty a vysokého tlaku, enkapsulace solí nebo aplikace nanočástic.

α -Dikarbonylové sloučeniny v potravinách

Pozitivní roli dikarbonylů jako klíčových prekurzorů pro žádoucí průběh Maillardovy reakce lze ilustrovat na mnoha konkrétních případech. Namátkou – vznik pyrrolinon-reduktonyl-lysinu vázaného na bílkovinných řetězcích glutenu v kůrce chleba (vznik antioxidantů); vznik alkyipyrazinů jako následných či vedlejších produktů Streckerovy degradace aminokyselin α -dikarbonyly (vznik aroma); vznik 2-acetyl-1-pyrrolinu a příbuzných látek (aroma bílého pečiva) nebo glykace β -laktoglobulinu (žádoucí změny technologické funkcionality). Příkladem role α -dikarbonylů při vzniku škodlivých látek je vznik imidazochino(xa)linových heterocyklických aminů nebo 4(5)-methylimidazolu.

Různé cukry se liší jak v druzích, tak v množství generovaných α -dikarbonylových sloučenin. Např. náhrada sacharosy laktosou při pečení sušenek vede k až o dva řády vyšším hladinám těchto meziproduktů. Čerstvě vyrobená limonáda slazená glukoso-fruktosovým sirupem (HFS-55) obsahuje více než stokrát vyšší hladiny 3-DG než ta se sacharosou. Během deklarované minimální trvanlivosti (šest měsíců) dojde sice k téměř kompletní hydrolyze sacharosy na glukosu a fruktosu, ale ani poté nevznikají α -dikarbonyly stejně rychle, jako je tomu v čerstvé limonádě slazené HFS-55, kde asi po třech měsících začíná množství α -dikarbonylů klesat. Nicméně i po roce představují nápoje slazené sacharosou stále jen zhruba třetinové riziko dietární expozice α -dikarbonyly než nápoje slazené HFS-55.

Ambivalentní role α -dikarbonylových sloučenin je často patrná při pokusech o snižování technologických kontaminantů, které vznikají v rámci Maillardovy reakce v potravinách. Typickým příkladem je použití vakuového smažení pro přípravu bramborových lupínků. Dochází sice k výraznému snížení obsahu akrylamidu, ale zároveň mizí typické aroma, dané např. tvorbou pyrazinů. V obou případech jsou klíčovými meziprodukty α -dikarbonyly, resp. u akrylamidu v redoxní rovnováze s α -hydroxykarbonylovými sloučeninami.

Strategie pro snížení hladin α -dikarbonylových sloučenin v potravinách

Bylo zjištěno, že mnoho sloučenin a preparátů, které inhibují Maillardovu reakci, reaguje ve smyslu tzv. vychytávání α -dikarbonylů, přičemž většina studií byla provedena s methylglyoxalem. Mezi reportované lapače patří kreatin, pyridoxamin, nízkomolekulární thioly, jako je cystein a glutathion, a fenolové sloučeniny, jako jsou flavonoidy a fenylypropanoidy. Předpokládá se, že právě vychytávání α -dikarbonylů je jedním z hlavních mechanismů, kterými uvedené sloučeniny inhibují akumulaci produktů Maillardovy reakce. I v potravinách s minimálními hladinami glyoxalu a methylglyoxalu (např. mléčné produkty) může přídavek jejich lapačů průběh Maillardovy reakce významně ovlivnit. V naší laboratoři jsme v modelových experimentech vyzkoušeli účinnost látek z jednotlivých tříd flavonoidů a fenolových kyselin a také guanidylové látky i rostlinné preparáty od rakytníkové šťávy přes silymarinový komplex až po matcha čaj. Přídavek preparátů, které obsahují cukry (sirupy) nebo v nichž již Maillardova reakce proběhla (stařené extrakty česneku), pak hladinu α -dikarbonylů v takto ošetřené potravíně (modelu) pochopitelně navýší.

Účinnými lapači α -dikarbonylových sloučenin je mnoho různých fenolových sloučenin; zkoumány byly např. fenylypropanoidy a flavonoidy přítomné v čaji, skořici, rozmarýnu, maté a dalších rostlinách. Obvyklý mechanismus zajišťuje přítomnost aktivujících hydroxylových



skupin přítomných na kruhu A flavonoidů a fenyylpropanoidů, které usnadňují elektrofilní aromatickou substituci v polohách *para* a *ortho*. Při aplikaci lapačů do potravin je nutné zvážit také jejich potenciální nežádoucí vedlejší reakce, jako je změna barvy, vznik hořkosti a trpkosti nebo modifikace bílkovin. Tyto vedlejší reakce omezují použití vyšších koncentrací těchto látek či přípravků. Např. přídavek 0,1 % epikatechinu do mléka je v pořádku, zatímco 0,2 % již vedlo k nežádoucí hořkosti. Kromě koncentrace inhibitoru, který lze do potravin přidat, je třeba uvažovat také reakční kinetiku. Pro účinnou inhibici Maillardovy reakce musí inhibitor přidávaný do potravin konkurovat rychlosti reakce, kterou má inhibovat. Např. pokud je hlavní inhibovanou reakcí ta mezi α -dikarbonylem a lysinem, musí přidaný inhibitor za daných podmínek reagovat s α -dikarbonylem rychleji než lysin.

Závěr

Množství a druhy α -dikarbonylů v některých potravinách lze efektivně ovlivnit, a tak řídit celou Maillardovu reakci, jak záměnou výchozích cukrů (reformulace), tak použitou technologií nebo přidáváním látek, které ochotně reagují s α -dikarbonylovými sloučeninami za vzniku relativně inertních produktů. Vliv α -dikarbonylových meziproduktů na různé druhy kvality potravin je často ambivalentní, neboť jsou prekursori jak žádoucích, tak nežádoucích látek.

Literatura

1. Ames, J. M. Control of the Maillard reactions in food systems Trends Food Sci. Technol. 1990, 1, 150–154.
2. van Boekel, M. A. J. S. Kinetic aspects of the Maillard reaction: a critical review. Nahrung 2001, 45 (3) 150–159.
3. Friedman, M. Food browning and its prevention: an overview J. Agric. Food Chem. 1996, 44 (3) 631–653.
4. Jaeger, H.; Janositz, A.; Knorr, D. The Maillard reaction and its control during food processing. The potential of emerging technologies Pathol. Biol. 2010, 58, 207–213.
5. Kokkinidou, S.; Peterson, D. G. Control of Maillard-type off-flavor development in ultrahigh-temperature-processed bovine milk by phenolic chemistry J. Agric. Food Chem. 2014, 62, 8023–8033.
6. Löbner, J.; Degen, J.; Henle, T. Creatine is a scavenger for methylglyoxal under physiological conditions via formation of N-(4-methyl-5-oxo-1-imidazolin-2-yl)sarcosine (MG-HCr) J. Agric. Food Chem. 2015, 63, 2249–2256.
7. Lund, M. N.; Ray, C. A. Control of Maillard Reactions in Foods: Strategies and Chemical Mechanisms J. Agric. Food Chem. 2017, 65, 4537–4552.
8. Moeckel, U.; Duerasch, A.; Weiz, A.; Ruck, M.; Henle, T. Glycation reactions of casein micelles J. Agric. Food Chem. 2016, 64, 2953–2961.
9. Totlani, V. M.; Peterson, D. G. Reactivity of epicatechin in aqueous glycine and glucose Maillard reaction models: quenching of C2, C3, and C4 sugar fragments J. Agric. Food Chem. 2005, 53, 4130–4135.
10. Wu, C.-H.; Huang, S.-M.; Lin, J.-A.; Yen, G.-C. Inhibition of advanced glycation endproduct formation by foodstuffs Food Funct. 2011, 2, 224–234.

L23

REAKCE METHYLGLYOXALU S PRODUKTY MAILLARDOVY REAKCE: ANTIGLYKAČNÍ ÚČINEK NORFURANOLU A KÁVOVÝCH MELANOIDINŮ

Průšová A., Procházková Z., Cejpek K.

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

Abstrakt

Tato studie se zaměřuje na reakce α -dikarbonylových sloučenin, zejména methylglyoxalu (MGO), s methylen-aktivními redukujícími produkty Maillardovy reakce (MRPs), reprezentovanými norfuranolem (NF). Dále je hodnocena schopnost kávových melanoidinů eliminovat MGO prostřednictvím chemické reakce nebo jiné formy interakce. α -Dikarbonylové



sloučeniny vznikající během Maillardovy reakce jsou klíčovými prekurzory různých pokročilých MRPs - melanoidinů, aromatických látek a antioxidantů. Některé z těchto MRPs však mohou s α -dikarbonylovými sloučeninami dále reagovat, čímž vykazují antiglykační účinek, spočívající ve snižování rozsahu glykace bílkovin a dalších biomakromolekul. K nejreaktivnějším glykačním činidlům patří právě methylglyoxal. MRPs, které vykazují potenciální antioxidační účinky, mohou ovšem po glykaci (adici) s MGO a dalšími α -dikarbonylovými sloučeninami tyto schopnosti naopak ztratit. Kinetika reakce norfuraneolu s MGO byla sledována pomocí HPLC-PDA, zatímco antioxidační změny byly hodnoceny metodou HPLC s elektrochemickou detekcí (HPLC-ELD) a spektrofotometricky metodou zhášení radikálového kationtu ABTS. Metoda ABTS byla využita pro stanovení antioxidační kapacity jak rozpustných, tak nerozpustných frakcí melanoidinů. Reakce NF s MGO probíhala při 95 °C v mírně kyselém (pH 5,5) a neutrálním (pH 7,0) prostředí. Výsledky ukázaly, že MGO reaguje rychleji než NF a během krátké doby dochází k téměř úplné přeměně MGO za vzniku převážně izomerů (Z,E)-4-hydroxy-5-methyl-2-(3-oxopropan-2-yliden)furan-3(2H)-onu a jejich sekundárních aduktů. Kávové melanoidiny (nerozpustné a rozpustné, které byly dále frakcionované dle MWCO na frakce >30 kDa, 10–30 kDa, 3–10 kDa, <1 kDa) vykazují schopnost zachytávat MGO obdobně jako NF. Nejvyšší účinnost vykazovala frakce >30 kDa, což korelovalo s intenzitou zbarvení. Zároveň bylo pozorováno, že reakce nebo interakce s MGO vedou k určitému snížení antioxidační kapacity melanoidinových frakcí. Navzdory této skutečnosti může obohacení zpracovaných potravin testovanými MRPs i tak navýšit celkovou antioxidační kapacitu a zároveň zmírnit hladiny a tím pak negativní účinky dietárních reaktivních karbonylů, jako je MGO, v těle spotřebitele. Tento dvojitý účinek kávových melanoidinů a norfuraneolu – jakožto antioxidačního a antiglykačního činidla – z nich činí slibné potenciální funkční složky potravin.

Úvod

Maillardova reakce (MR) je komplexní síť neenzymových reakcí mezi redukujícími sacharidy a aminosloučeninami, která vede k tvorbě rozsáhlého spektra produktů s významnými senzorickými i bioaktivními vlastnostmi. Produkty MR zahrnují nízkomolekulární aromatické látky, intermediáty typu α -dikarbonylových sloučenin (např. methylglyoxal, glyoxal, 3-deoxyglukosulosa) a v pokročilých fázích reakce také vysokomolekulární pigmenty – melanoidiny¹. α -Dikarbonylové sloučeniny jsou vysoce reaktivní elektrofilní intermediáty, které snadno reagují s aminoskupinami, thioley či fenoly. Jejich nadměrná akumulace v organismech je spojována s tzv. karbonylovým stresem a s tvorbou pokročilých produktů glykace (AGEs), které jsou považovány za rizikové faktory vzniku diabetické nefropatie, aterosklerózy či neurodegenerativních onemocnění². Methylglyoxal (MGO) představuje z těchto sloučenin jednu z nejvýznamnějších. V organismech vzniká neenzymově jako vedlejší produkt glykolýzy, konkrétně degradací glyceraldehyd-3-fosfátu a dihydroxyacetonfosfátu³, přičemž je následně detoxikován enzymy glyoxalaseového systému⁴. Kromě endogenního původu vzniká MGO i při tepelném zpracování potravin, zejména v rámci Maillardovy reakce a karamelizace⁵. Jiné (mezi)produkty Maillardovy reakce mohou naopak vykazovat antiglykační účinky, spočívající ve schopnosti reagovat s MGO a dalšími α -dikarbonylovými sloučeninami za vzniku méně reaktivních aduktů⁶. Z nízkomolekulárních MRPs je vysoce reaktivní norfuraneol (4-hydroxy-5-methyl-3(2H)-furanon, NF), který reaguje s karbonylovými sloučeninami díky své methylenové skupině a zároveň působí jako významný antioxidant⁷. Melanoidiny představují heterogenní vysokomolekulární produkty pozdní fáze Maillardovy reakce, které jsou charakteristické tmavým zbarvením a antioxidační aktivitou^{8,9}. Předpokládá se, že zejména díky přítomným aminovým skupinám mohou melanoidiny reagovat s α -dikarbonylovými sloučeninami, a tím přispívat k antiglykačnímu účinku potravin, zejména kávových nápojů¹⁰. Cílem této práce bylo



porovnat reaktivitu methylglyoxalu s norfuraneolem a melanoidinovými frakcemi z kávy a dále zhodnotit antioxidační a antiglykační vlastnosti těchto reakcí

Experimentální část

Methylglyoxal (40% roztok, Sigma-Aldrich) a norfuraneol (97%, Sigma-Aldrich) byly použity pro přípravu modelových systémů. Reakce NF a MGO probíhala při 95 °C po dobu 0–120 minut a 12–72 h. Kávové melanoidiny byly izolovány z pražené kávy *Arabica* podle postupu Borrelli *et al.*⁸: extrakcí horkou vodou, ultrafiltrací (MWCO = 1, 3, 10, 30 kDa) a lyofilizací. Analýzy byly provedeny metodami: HPLC-PDA – sledování kinetiky reakce a úbytku MGO a NF, HPLC-ELD – hodnocení změn antioxidační kapacity po reakci, ABTS^{•+} test – stanovení celkové antioxidační kapacity rozpustných i nerozpustných frakcí melanoidinů.

Výsledky a diskuse

Reakce norfuraneolu (NF) s methylglyoxalem (MGO) potvrdila jeho vysokou reaktivitu a schopnost účinně odstraňovat reaktivní karbonylové sloučeniny. HPLC-PDA analýzy prokázaly téměř úplnou přeměnu MGO během prvních 120 min reakce, zatímco NF se spotřebovával pomaleji, což naznačuje víceetapový mechanismus s tvorbou stabilních sekundárních produktů (P1 a P2). Hlavním identifikovaným produktem byl (Z,E)-4-hydroxy-5-methyl-2-(3-oxopropan-2-yliden)furan-3(2H)-on⁷. Navržený mechanismus zahrnuje nukleofilní adici enolátové formy NF na karbonylovou skupinu MGO, následovanou cyklizací a tvorbou furanonové struktury. Tyto výsledky potvrzují, že NF patří mezi účinné nízkomolekulární nukleofilní lapače MGO a významně přispívá k omezování karbonylového stresu.

Kávové melanoidiny rovněž vykazovaly schopnost reagovat s MGO, přičemž nejvyšší účinnost zachycení byla pozorována u rozpustné frakce > 30 kDa. Tato frakce byla přibližně 2,8× účinnější než ultrafiltrát < 1 kDa a zároveň vykazovala nejvyšší optickou hustotu při 420 nm, což naznačuje vyšší stupeň kondenzace a větší obsah aromatických struktur^{8,9}. Vyšší účinnost vysokomolekulárních melanoidinů souvisí s větším počtem reaktivních funkčních skupin, zejména aminových a fenolických, a s jejich schopností fyzikálně i chemicky zachytit MGO. Nerozpustná melanoidinová frakce vykazovala nižší reaktivitu, pravděpodobně i v důsledku omezené dostupnosti aktivních míst, nicméně stále přispívala 40–50 % k celkové antioxidační kapacitě kávy.

Reakce melanoidinů s MGO byla doprovázena poklesem antioxidační aktivity, zejména u rozpustných frakcí, kde po 10 minutách reakce zůstalo 45–60 % původní hodnoty. Tento jev je v souladu s pozorovaným „trade-off“ mezi antiglykační a antioxidační funkcí melanoidinů: aktivní karbonyl-reaktivní místa se vážou s MGO, čímž se omezuje jejich redoxní aktivita. Elektrochemická detekce (HPLC-ELD) potvrdila stabilní signál u nízkomolekulární frakce (< 1 kDa) a přechodnou odezvu u nerozpustných melanoidinů, pravděpodobně v důsledku dočasného uvolnění a následného vyčerpání redoxně aktivních míst. Soubor dat tak jednoznačně dokládá duální roli melanoidinů i norfuraneolu – působí současně jako antioxidanty i antiglykační činidla.

Závěr

Studie potvrdila, že norfuraneol (NF) i kávové melanoidiny významně přispívají k eliminaci methylglyoxalu (MGO) v modelových systémech. NF reaguje s MGO velmi rychle – již během prvních desítek minut dochází k téměř úplné přeměně MGO za vzniku stabilních furanonových aduktů (P1, P2). Tento výsledek potvrzuje vysokou nukleofilní reaktivitu methylenové pozice NF a jeho schopnost neutralizovat elektrofilní α -dikarbonylové sloučeniny, což zdůrazňuje jeho antiglykační potenciál.

Kávové melanoidiny rovněž vykazovaly výraznou schopnost eliminovat MGO, přičemž nejaktivnější byla rozpustná frakce s molekulovou hmotností nad 30 kDa, jejíž reaktivita byla



přibližně 2,7× vyšší než u frakce < 1 kDa. Tato aktivita pravděpodobně souvisí s přítomností fenolových a aminových funkčních skupin ve struktuře melanoidinů. Zachytávání MGO však vedlo k částečné ztrátě antioxidační kapacity, zejména u rozpustných frakcí, které si po reakci zachovaly přibližně 45–60 % původní aktivity. Nerozpustné melanoidiny přispívaly více než 50 % k celkové antioxidační aktivitě a projevíly výraznou funkční stabilitu.

Elektrochemická detekce (HPLC-ELD) potvrdila trvalou redoxní aktivitu nízkomolekulárních frakcí a přechodnou odezvu u nerozpustných melanoidinů, odpovídající dočasné mobilizaci redox-aktivních struktur. Tyto výsledky dokládají, že melanoidiny i NF vykazují duální aktivitu – antioxidační i antiglykační, která je závislá také na velikosti molekuly melanoidinů a rozpustnosti.

Získané poznatky podporují předpoklad, že produkty Maillardovy reakce (MRPs), resp. jejich vybrané frakce nebo konkrétní produkty, mohou představovat přirozené ochranné složky potravin schopné snižovat obsah reaktivních karbonylových sloučenin a tím omezovat vznik pokročilých produktů glykace (AGEs) jak při zpracování potravin, tak v organismu po jejich konzumaci. Z technologického hlediska tyto výsledky rozšiřují možnosti využití MRPs, zejména kávových melanoidinů a norfuraneolu, jako funkčních ingrediencí s potenciálem snižovat karbonylový stres a zvyšovat antioxidační stabilitu potravinářských systémů. Do budoucna bude vhodné zaměřit se na detailní charakterizaci vzniklých aduktů MGO s NF a melanoidiny, studium kinetiky těchto reakcí za různých teplotních a pH podmínek a na ověření antiglykační účinnosti v biologických modelech.

Literatura

1. Velíšek J., Cejpek K. The Chemistry of Food. 2nd ed. Wiley-Blackwell, 2020.
2. Thornalley P. J. The glyoxalase system. Biochem. J., 2003, 369, 1–12. doi: [10.1042/bj2690001](https://doi.org/10.1042/bj2690001).
3. Richard J. P. Mechanism for the formation of methylglyoxal from triosephosphates. Biochem. Soc. Trans., 1993, 21, 549–553.
4. Kalapos M. P. Methylglyoxal metabolism and detoxification. Pathol. Oncol. Res., 2008, 14, 91–109.
5. Martins S. I. F. S. et al. Trends Food Sci. Technol., 2000, 11, 364–373.
6. Uribarri J. et al. J. Am. Diet. Assoc., 2010, 110, 911–916.
7. Cejpek K. et al. J. Agric. Food Chem., 2005, 53(14), 6063–6068.
8. Borrelli R. C. et al. J. Agric. Food Chem., 2002, 50, 6527–6533.
9. Bekedam E. K. et al. J. Agric. Food Chem., 2008, 56, 4060–4067.
10. Gniechwitz D. et al. Mol. Nutr. Food Res., 2008, 52, 1160–1170.

L24

TECHNOLOGICKÁ A NUTRIČNÁ KVALITA TRITORDEA

Gavurníková S. (1), Hozlár P. (1), Havrlentová M. (1, 2), Šliková S. (1)

- (1) Výskumný ústav rastlinnej výroby, NPPC v Piešťanoch
(2) UCM v Trnave

Úvod

Tritordeum (× *Tritordeum martinii* A. Pujadas) je nová obilnina vzniknutá medzidruhovou hybridizáciou medzi pšenicou tvrdou (*Triticum turgidum subsp. durum* (Desf.) Husn.) a divým jačmeňom (*Hordeum chilense* Roem. et Schult.) (Martín & Sánchez-Monge Laguna, 1982). Od svojho vyšľachtenia v 80. rokoch 20. storočia si získava pozornosť vďaka svojmu unikátnemu spojeniu technologických, nutričných a agronomických vlastností, ktoré ju odlišujú od tradičných obilnín. Tritordeum kombinuje dobré pekárske vlastnosti s vyššou nutričnou hodnotou, najmä vyšším obsahom vlákniny, antioxidantov (xantofyly, fenolické zlúčeniny)



a nižším obsahom imunogénnych glutenínových frakcií v porovnaní s pšenicom (Álvarez *et al.*, 1992; Nieto-Taladriz *et al.*, 1994; Méndez *et al.*, 2019).

Z hľadiska agronomických charakteristík sa tritordeum vyznačuje dobrou adaptabilitou na suché a polopúštne oblasti, čo je významným benefitom v kontexte meniacej sa klímy a obmedzených vodných zdrojov (Martín *et al.*, 1999; Kakabouki *et al.*, 2021; Cubero *et al.*, 1986). Rastlina je dobre prispôbená stredomorským podmienkam, kde zvláda vysoké teploty a nedostatok zrážok (Villegas *et al.*, 2010; Kakabouki *et al.*, 2020), a jej efektívne využívanie vody je pripisované genetickému príspevku *Hordeum chilense* (Gallardo *et al.*, 1993; Álvarez *et al.*, 1992). Tritordeum vykazuje aj vyššiu odolnosť voči teplotnému stresu v porovnaní s bežnou pšenicom (Rodríguez-Quijano *et al.*, 2016; Vaquero *et al.*, 2018) a toleruje rôzne typy pôd, pričom optimálne výsledky dosahuje na dobre priepustných a úrodných pôdach (Kakabouki *et al.*, 2021). Podľa štúdií dosahuje v suchých podmienkach porovnateľné alebo vyššie výnosy ako pšenica, pričom redukcia úrody je menšia než pri pšenici alebo tritikale (Küçük *et al.*, 2018). Sucho zároveň zvyšuje obsah bielkovín v zrne (Küçük *et al.*, 2018).

Ďalšou významnou prednosťou je odolnosť voči niektorým hubovým chorobám a škodcom, vrátane listovej a žltej hrdze či fuzariózy klasov (Rubiales *et al.*, 2001; Comino *et al.*, 2016). Táto rezistencia, odvodená od genetickej variability *Hordeum chilense* (Nevo *et al.*, 2010), môže znížiť potrebu používania pesticídov a podporiť udržateľné poľnohospodárske systémy. Robustný koreňový systém prispieva k lepšej tolerancii voči pôdnym patogénom a hád'atkám (Bertola *et al.*, 2021; Smiley *et al.*, 2017).

V súčasnosti sa tritordeum pestuje na približne 13 000 ha, z toho najviac v Španielsku (450 ha), Taliansku (440 ha) a Turecku (250 ha), pričom približne 50 % pestovateľských plôch je v certifikovanom ekologickom systéme (World Bakers, 2023). Jeho spracovanie na múku a potraviny, ako sú chlieb, cestoviny či pečivo, podporuje rastúci dopyt na trhu (Mattera *et al.*, 2017; Visioli *et al.*, 2020). Licencovanú výrobu a distribúciu osiva zabezpečuje spoločnosť Vivagran, ktorá od roku 2021 prebrala všetky vlastnícke práva registrovaných odrôd tritordea a ďalej sa podieľa na vývoji nových odrôd a komercializácii a umiestňovaní tritordea na trh. V súčasnosti sú registrované dve odrody – 'AUCAN' (2010) a 'BULEL' (2015) – a ďalších 12 línií je v procese registrácie (Rózewicz, Wyzińska, 2021).

Potenciál tritordea spočíva v jeho všestrannom využití, priaznivom nutričnom profile a takisto môže prispieť k udržateľnej poľnohospodárskej produkcii. Prebiehajúci výskum sa zameriava na optimalizáciu agronomických vlastností, zvýšenie nutričnej hodnoty a rozšírenie jeho aplikácií v potravinárstve, čím sa tritordeum stáva perspektívnou plodinou budúcnosti (Suchowilska *et al.*, 2021a,b; Sánchez *et al.*, 2021; Papadopoulus, *et al.*, 2023).

Vďaka týmto vlastnostiam sa tritordeum javí ako perspektívna plodina nielen z hľadiska agronomického, ale aj technologického a nutričného potenciálu, čím sa otvára priestor na jeho širšie využitie v potravinárskom priemysle aj v podmienkach klimatických zmien.

Cieľom našej práce bolo zhodnotiť technologickú a nutričnú kvalitu tritordea dopestovaného v agroklimatických podmienkach Slovenska a na základe získaných výsledkov posúdiť jeho pestovateľský potenciál a možnosti využitia v potravinárskej výrobe. Hodnotenie bolo zamerané na overenie, či je možné v podmienkach Slovenska dosiahnuť úrodu s dobrou pekárskou kvalitou a priaznivým nutričným profilom.

Experimentální část

Tritordeum sme pestovali v rámci maloparcelkových poľných experimentov. Osivo troch odrôd tritordea nám poskytla spoločnosť Vivagran (Španielsko). V roku 2023 sme na pracovisku Výskumno-šľachtiteľskej stanice (VŠS) Vígláš-Pstruša v jarnom termíne (marec 2023) vysiali 3 genotypy tritordea ('Bulel', 'Coique' a 'HT 2008') a na porovnanie pšenicu letnú f. jarnú (odroda 'Slovenka'). Tritordeum sme pestovali konvenčnou technológiou (s použitím herbicídov a insekticídov), avšak bez dávok hnojív a bez aplikácie fungicídov. Predplodinou



boli zemiaky. Výsevok bol na úrovni 4,5 mil. klíčivých zrn. Všetky odrody sme pestovali v randomizovaných blokoch v 4 opakovaníach, veľkosť 1 parcelky bola 10 m².

Počas vegetácie sme hodnotili zdravotný stav, avšak primárne sme sa zamerali na výšku dosiahnutej úrody a kvalitu produkcie. Keďže sa tritordeum vyznačuje dobrými pekárskymi vlastnosťami, hodnotili sme jeho mlynársku a pekársku kvalitu. Porasty maloparcelkových experimentov tritordea a jarnej pšenice pred zberom úrody sú na Obrázku 1. Zber úrody bol 2.8. 2023.



Obrázok 1 Porasty tritordea na pracovisku VŠS Vígľaš-Pstruša júl 2023

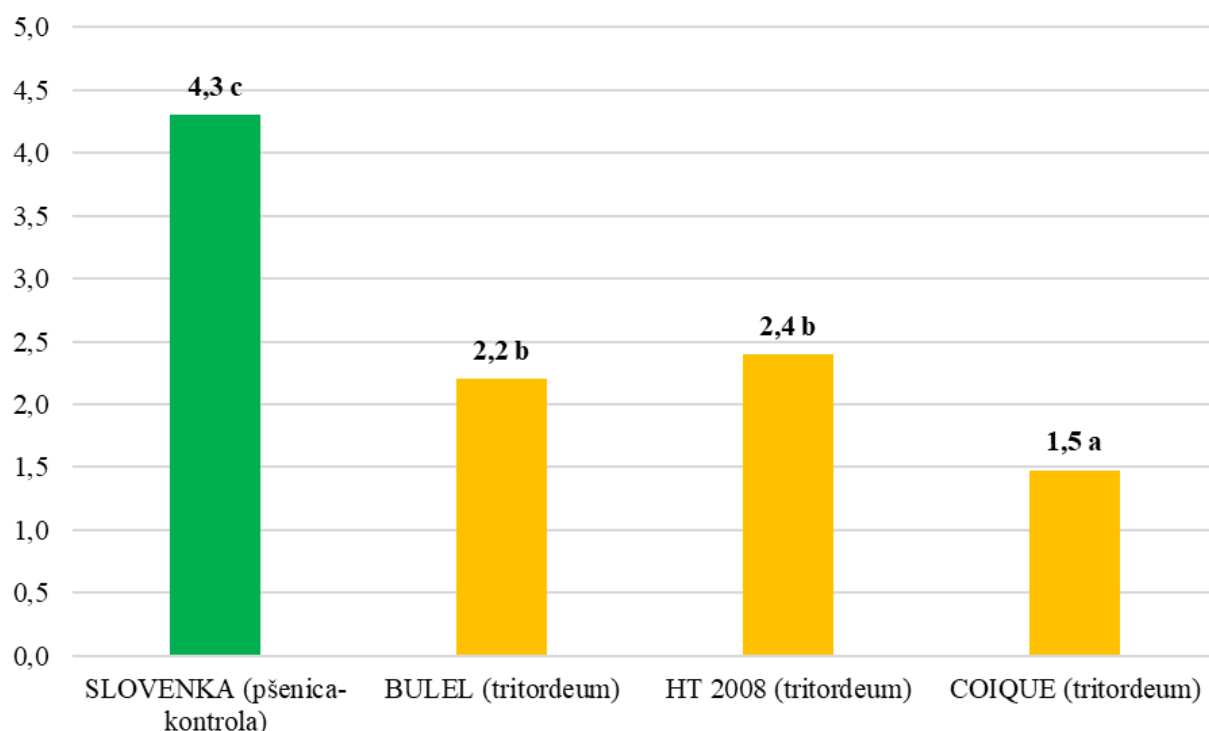
Mlynárske kvalitatívne a pekárske parametre sme analyzovali podľa platných národných a medzinárodných štandardov: výmeľnosť múky podľa STN EN ISO 27971 (2015) (LabMill, Chopin), objemová hmotnosť podľa STN EN ISO 7971-3 (2010) (obilný skúšač OS - 01, GAC 500 XT, Diceky-John), celkový popol podľa STN ISO 2171 (2008) (muflová pec Carbolite AAF 11/7), obsah dusíkatých látok Dumasovou metódou STN EN ISO 16634-2 (2016) (Tru Mac, LECO), dusíkaté látky boli prepočítané na bielkoviny faktorom 5,7, mokrý lepok a gluten index podľa ICC č. 155 (1994) (Glutomatic 2200, Centrifuge 2015, Perten), číslo poklesu podľa STN EN ISO 3093 (2010) (Falling Number 1000, Perten), sedimentačný index podľa Zelenyho podľa STN ISO 5529 (2008) (Trepážka Brabender), farinografické ukazovatele podľa ICC č. 115/1 (1992) (Farinograph AT, Brabender), alveografické ukazovatele podľa STN EN ISO 27971 (2015) (Alveolab, Chopin), pekársky pokus (stavebnicová pec Domino, Marton), základná receptúra pekárskeho pokusu pozostáva z 250 g múky, 12,5 g droždia, 2,5 g cukru, 3,75 g soli, 2,5 g bravčovej masti, voda podľa farinografickej väznosti. Suroviny boli vymiesené na cesto spôsobom na záraz, Vymiesené cesto zrelo 20 minút pri teplote 32 °C ± 1 °C, rozdelené bolo na 5 rovnakých častí. Následne klonky boli ručne tvarované do tvaru bochníka (žemle). Vytvarované cestové kusy sme nechali dokysnúť v kysiarni 25 minút pri teplote 32 °C ± 1 °C, vlhkosti 80 % ± 1 %. Bochníky sa piekli v elektrickej rúre 20 minút pri teplote 230 °C so záparou. Po vychladnutí (2 hodiny po upečení), sme zmerali objem bochníkov, pomer výška/šírka a bochníky sme senzoricky ohodnotili 10 bodovou stupnicou. Hodnotené vlastnosti (celkový vzhľad a tvar, povrch a vlastnosti kôrky, nakysnutie a vzhľad striedky, štruktúra a pružnosť striedky, vôňa a chuť) boli prepočítané podľa koeficienta významnosti. Maximálny počet bodov za senzorické hodnotenie je 100.



Obsah škrobu bol stanovený Ewersovou polarimetrickou metódou podľa STN EN ISO 10520 (2002), obsah lipidov bol stanovený podľa STN 461011-28 (1988), celkový obsah β -D-glukánov bol stanovený pomocou súpravy β -glukánu (Mixed Linkage) (Megazyme by Neogen®, Írsko) v súlade s AACC metódou 32-23.01, celková potravinová vláknina pomocou Megazyme Total dietary fibre kitu (Megazyme by Neogen®, Írsko), ktorá je v súlade s AACC metódou 32-07. Získané výsledky boli vyhodnotené pomocou štatistického programu SPSS Statistics 22.0.

Výsledky a diskuse

Výška dosiahnutej úrody je znázornená graficky na Obrázku 2. Odroda tritordea 'Coique' dosiahla najnižšiu úrodu $1,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, nasledovala odroda 'Bulel' $2,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a najvyššiu úrodu dosiahol genotyp s označením 'HT 2008' $2,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na porovnanie jarná pšenica 'Slovenka' dosiahla úrodu $4,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Prvotné výsledky nám teda naznačujú, že tritordeum v našich pestovateľských podmienkach bude pravdepodobne dosahovať polovičné úrody v porovnaní so pšenice. Vzhľadom k tomu, že sme v našich experimentoch pri pestovaní nedodali žiadnu dávku hnojív je zrejmé, že pri aplikácii vhodných dávok hnojív a teda zabezpečením dostatočnej výživy a vhodnou predplodinou bude možné výšku dosiahnutej úrody ešte zvýšiť. Martinek *et al.* (2003) vo svojej štúdii uvádzajú, že v prípade jesenného výsevu tritordeá vykazovali lepšie výnosy ako tie, ktoré sa vysievali ako jarné plodiny v agroklimatických podmienkach strednej Európy (Česká republika). Výnos tritordea (r. 2001) z rastlín vysiatych na jar bol $2,05\text{--}3,12 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, v porovnaní s výnosom $3,86\text{--}3,92 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ u rastlín vysiatych na jeseň, čo v jarnom termíne zodpovedá aj našim výsledkom. Giordano *et al.* (2019) v severnom Taliansku v poľných experimentoch hodnotili odrody tritordea ('Aucan' a 'Bulel') v pestovateľskom ročníku 2015/2016 (jesenný výsev). Odrody tritordea v ich experimentoch dosiahli úrodu $4,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (odroda 'Bulel') a $5,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (odroda 'Aucan'). Čo je dvojnásobná výška úrody u odrody 'Bulel' v porovnaní s našim experimentom, čo takisto potvrdzuje vyššie úrody pri jesennom výseve.



Obrázok 2 Výška úrody ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) tritordea a pšenice vo VŠS Vígľaš-Pstruša v r. 2023 (jarný výsev); hodnoty označené rozdielnymi písmenami vykazujú štatisticky významné rozdiely (Tukey's HSD, $p < 0.05$)



Dosiahnuté výsledky mlynárskej kvality sú uvedené v Tabuľke I. Hodnoty objemovej hmotnosti tritordea sa pohybovali medzi 68,8 až 72,1 kg.hl⁻¹, čo sú hodnoty nižšie v porovnaní s jarnou pšenitou (78,6 kg.hl⁻¹). Giordano *et al.* (2019) zaznamenali u odrody 'Bulel' aj 'Aucan' objemovú hmotnosť na úrovni 72,7 kg.hl⁻¹, čo je totožné s našim dosiahnutými výsledkami.

Najvyššiu výťažnosť predných múk dosiahla odroda 'Coique' (68,5 %), čo je porovnateľné s jarnou pšenitou, ktorej výťažnosť bola vyššia iba o 1 % (69,5 %).

Tabuľka I Mlynárska kvalita odrôd tritordea

Odroda	HTZ (g)	Objemová hmotnosť (kg.hl ⁻¹)	Výťažnosť predných múk (%)	Výťažnosť krupíc (%)	Obsah popola (%)
'SLOVENKA'	46,0 ± 0,312 b	78,6 ± 0,043 c	69,5 ± 0,132 b	6,9 ± 0,132 a	1,99 ± 0,026 a
'BULEL'	37,7 ± 0,312 a	72,1 ± 0,043 b	63,9 ± 0,132 a	6,1 ± 0,132 a	2,09 ± 0,026 ab
'HT - 2008'	46,2 ± 0,312 b	69,1 ± 0,043 a	64,1 ± 0,132 a	6,6 ± 0,132 a	2,09 ± 0,026 ab
'COIQUE'	44,7 ± 0,312 b	68,8 ± 0,043 a	68,5 ± 0,132 b	5,5 ± 0,132 a	2,15 ± 0,026 b

Hodnoty označené rozdielnymi písmenami vykazujú štatisticky významné rozdiely (Tukey's HSD, $p < 0.05$)

Základné kvalitatívne parametre analyzovaných vzoriek tritordea sú znázornené v Tabuľke II. Obsah N-látok tritordeí prevyšoval obsah N-látok v pšenici, okrem odrody 'Bulel'. N-látky sa pohybovali pri tritordeu od 15,5 % do 16,1 %. Štúdie autorov Giordano *et al.* (2019), Martinek *et al.* (2003), Hrušková *et al.* (2010) uvádzajú obsah bielkovín u genotypov tritordea od 14,1 % do 21,2 %. I napriek štatisticky významne vyššiemu obsahu N-látok u tritordeí oproti pšenici, obsah mokrého lepku vykazuje štatisticky významne nižšie obsahy. Medzi hodnotami čísla poklesu sme nezaznamenali výrazné rozdiely, všetky hodnotené vzorky presahovali hodnotu čísla poklesu 300 s. Sedimentačný index sa u genotypov tritordea pohyboval od 30 ml do 40 ml v porovnaní so pšenitou, ktorá mala výšku sedimentačného indexu 50 ml. Z pomedzi vzoriek tritordea dosahovala najvyššie hodnoty základných rozborov odroda 'Coique'.

Tabuľka II Základné kvalitatívne parametre odrôd tritordea

Odroda	N-látky x 5,7 (%)	Mokrý lepok v sušine (%)	Gluten index	Číslo poklesu (s)	Sedimentačný index (ml)
'SLOVENKA'	15,5 ± 0,050 a	36,6 ± 0,050 d	50,5 ± 0,433 a	374 ± 0,968 d	50 ± 0,433 d
'BULEL'	15,5 ± 0,050 a	30,2 ± 0,050 a	64,5 ± 0,433 b	312 ± 0,968 a	30 ± 0,433 a
'HT - 2008'	16,1 ± 0,050 c	31,8 ± 0,050 b	82,0 ± 0,433 d	325 ± 0,968 b	36 ± 0,433 b
'COIQUE'	15,8 ± 0,050 b	34,1 ± 0,050 c	71,5 ± 0,433 c	336 ± 0,968 c	40 ± 0,433 c

Hodnoty označené rozdielnymi písmenami vykazujú štatisticky významné rozdiely (Tukey's HSD, $p < 0.05$)

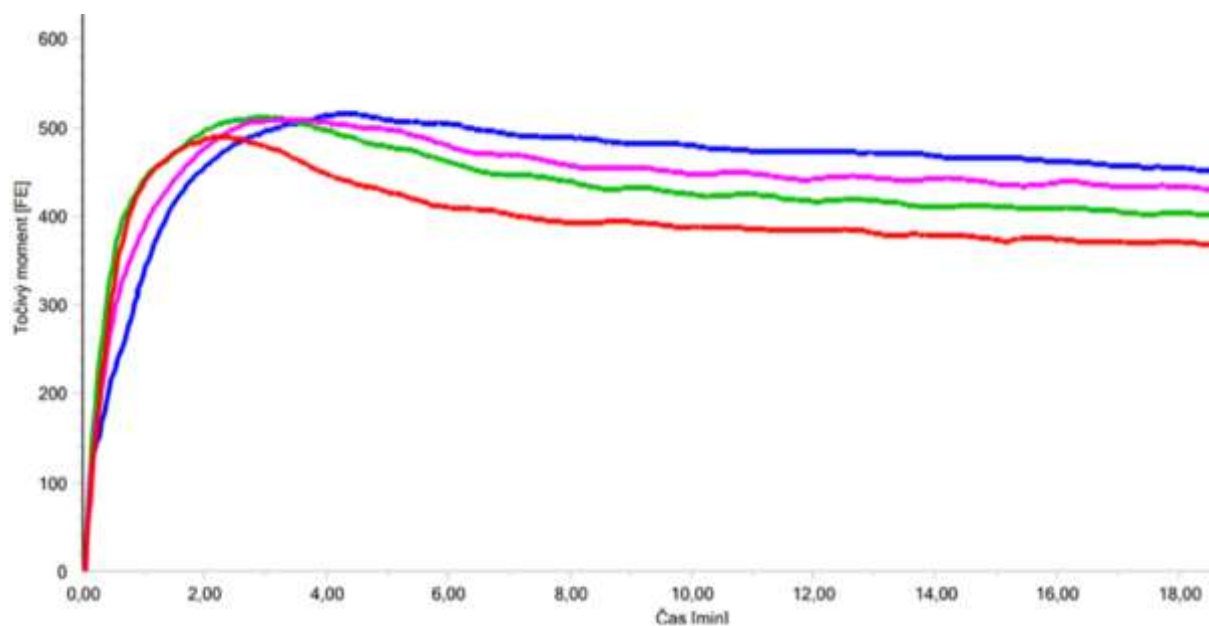
Kvalitu múky sme hodnotili reologickými meraniami-farinografom (Tabuľka III). Na základe farinografického hodnotenia môžeme konštatovať, že všetky tri vzorky tritordea sa vyznačovali pomerne nízkou väznosťou vody (53,3 - 53,6 %). Priebeh farinografických kriviek je znázornený na Obrázku 3. Podľa farinografického hodnotenia, pekársky najslabšou múkou z tritordeí bola odroda 'Bulel'. Martinek *et al.* (2003) udáva hodnoty farinografickej väznosti u tritordeí na úrovni od 56,8 % do 57,7 %.



Tabuľka III Farinografické hodnotenie odrôd tritordea

Odroda	Väznosť vody (%)	Vývin cesta (min)	Stabilita cesta (min)	Stupeň mäknutia ICC 12 min. (BJ)	Číslo kvality
'SLOVENKA'	59,6 ± 0,050 b	4,5 ± 0,046 c	4,7 ± 0,051 c	55 ± 0,433 a	88 ± 0,433 d
'BULEL'	53,3 ± 0,050 a	2,3 ± 0,046 a	2,6 ± 0,051 a	111 ± 0,433 b	38 ± 0,433 a
'HT - 2008'	53,5 ± 0,050 a	3,6 ± 0,046 b	4,4 ± 0,051 c	75 ± 0,433 a	60 ± 0,433 c
'COIQUE'	53,6 ± 0,050 a	2,9 ± 0,046 ab	3,8 ± 0,051 b	100 ± 0,433 b	48 ± 0,433 b

Hodnoty označené rozdielnymi písmenami vykazujú štatisticky významné rozdiely (Tukey's HSD, $p < 0.05$)



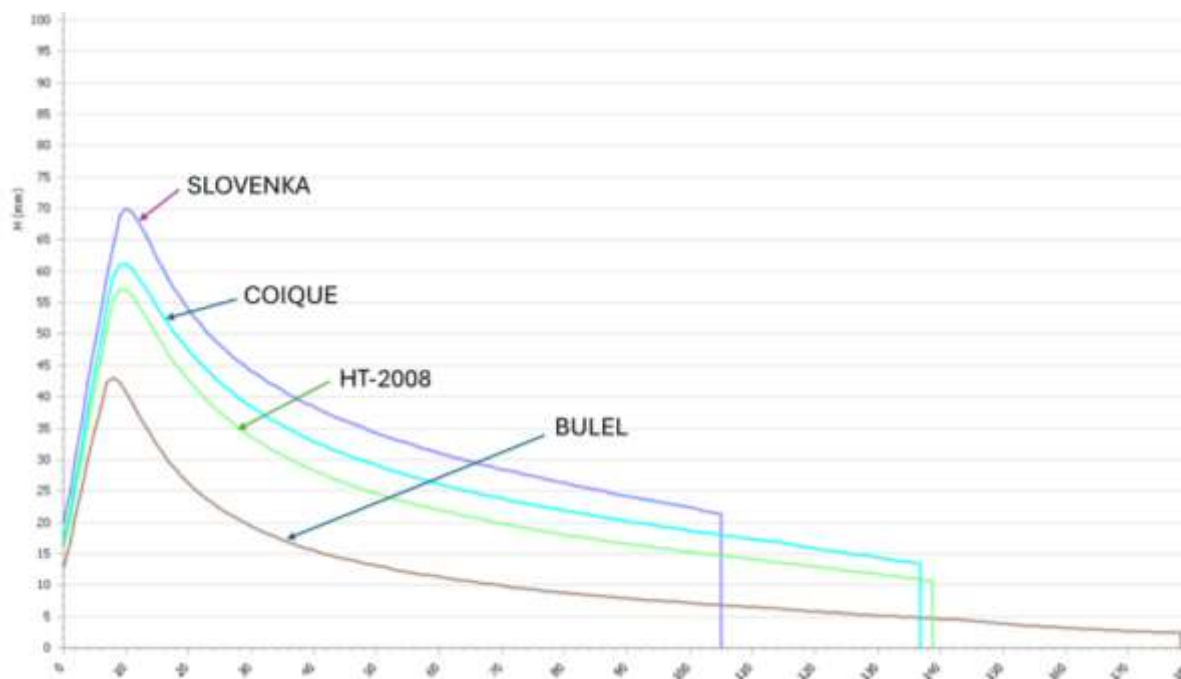
Obrázok 3 Farinogramy tritordeí: — 'Bulel', — 'HT 2008', — 'Coique' a — pšenice 'Slovenka'

Takisto aj podľa alveografického hodnotenia najslabšiu múku mala odroda 'Bulel', mala najnižšiu hodnotu energie ($134 \cdot 10^{-4}$ J) a najnižší pomer P/L (0,26) (Tabuľka IV, Obrázok 4). Hrušková *et al.* (2010) vo svojej štúdii uvádzajú hodnoty alveografickej energie u línii tritordeí od $94 \cdot 10^{-4}$ J do $155 \cdot 10^{-4}$ J, pomer P/L bol oproti našim genotypom tritordeí buď porovnateľný alebo vyšší, pohyboval sa od 0,49 do 0,85. Na základe našich výsledkov celkovo oproti pšenici, múky z tritordea boli pekársky slabšie, čo sa potvrdilo aj na nižšom objeme pečiva pri pekárskom pokuse (Tabuľka V). Avšak čo sa týka celkového senzorického hodnotenia, vzorky tritordea dosahovali porovnateľné výsledky so pšenickou. Upečené bochníky tritordea mali výraznú žltú farbu (Obrázok 5), vykazovali pekný tvar - klenutie bochníka a takisto štruktúru striedky porovnateľnú so pšenickou.

Tabuľka IV Alveografické hodnotenie odrôd tritordea a pšenice

Odroda	P (mm H ₂ O)	L (mm)	G	W (10 ⁻⁴ J)	P/L
'SLOVENKA'	77	105	22,7	254 ± 0,661 c	0,73 ± 0,004 d
'BULEL'	47	178	29,6	134 ± 0,661 a	0,26 ± 0,004 a
'HT - 2008'	63	138	26,1	219 ± 0,661 b	0,46 ± 0,004 b
'COIQUE'	67	137	26	251 ± 0,661 c	0,49 ± 0,004 c

Hodnoty označené rozdielnymi písmenami vykazujú štatisticky významné rozdiely (Tukey's HSD, $p < 0.05$)

**Obrázok 4** Alveogramy tritordei a pšenice**Tabuľka V** Výsledky pekárenského pokusu

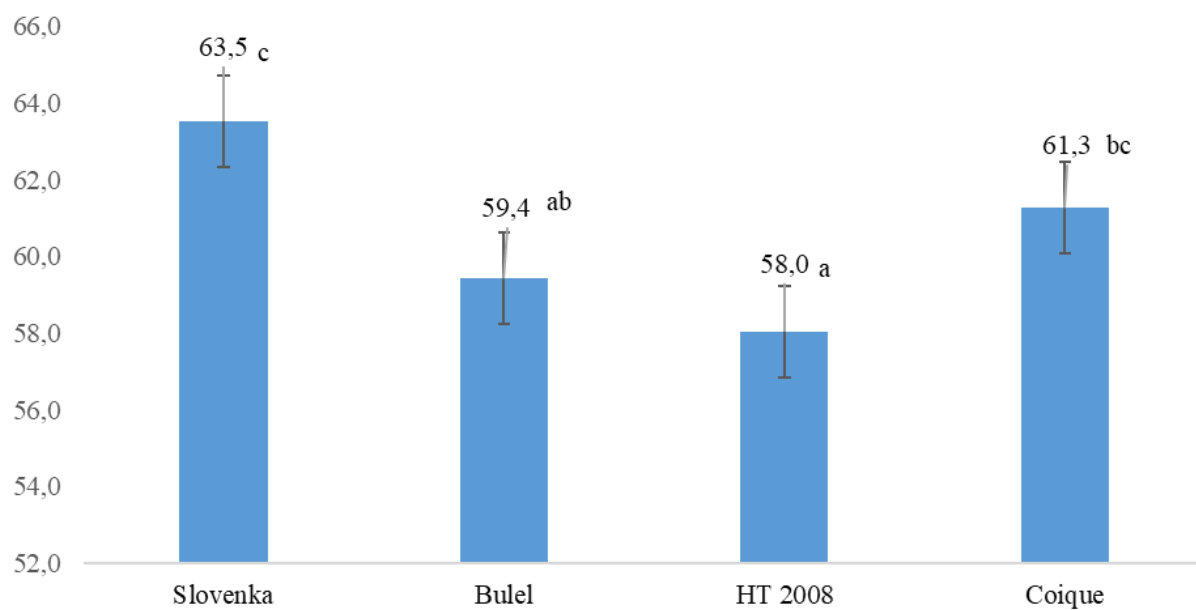
Odroda	Objem bochníka z 250 g múky (ml)	Špecifický objem bochníka (ml/100 g)	Pomer výška/šírka	Senzorické hodnotenie (počet bodov)
'SLOVENKA'	1320 ± 4,33 c	370 c	0,69 ± 0,004 b	90,8 ± 0,066 a
'BULEL'	1060 ± 4,33 a	301 a	0,63 ± 0,004 a	91,8 ± 0,066 a
'HT - 2008'	1200 ± 4,33 b	343 b	0,62 ± 0,004 a	92,0 ± 0,066 a
'COIQUE'	1040 ± 4,33 a	295 a	0,72 ± 0,004 c	91,3 ± 0,066 a

Hodnoty označené rozdielnymi písmenami vykazujú štatisticky významné rozdiely (Tukey's HSD, $p < 0.05$)

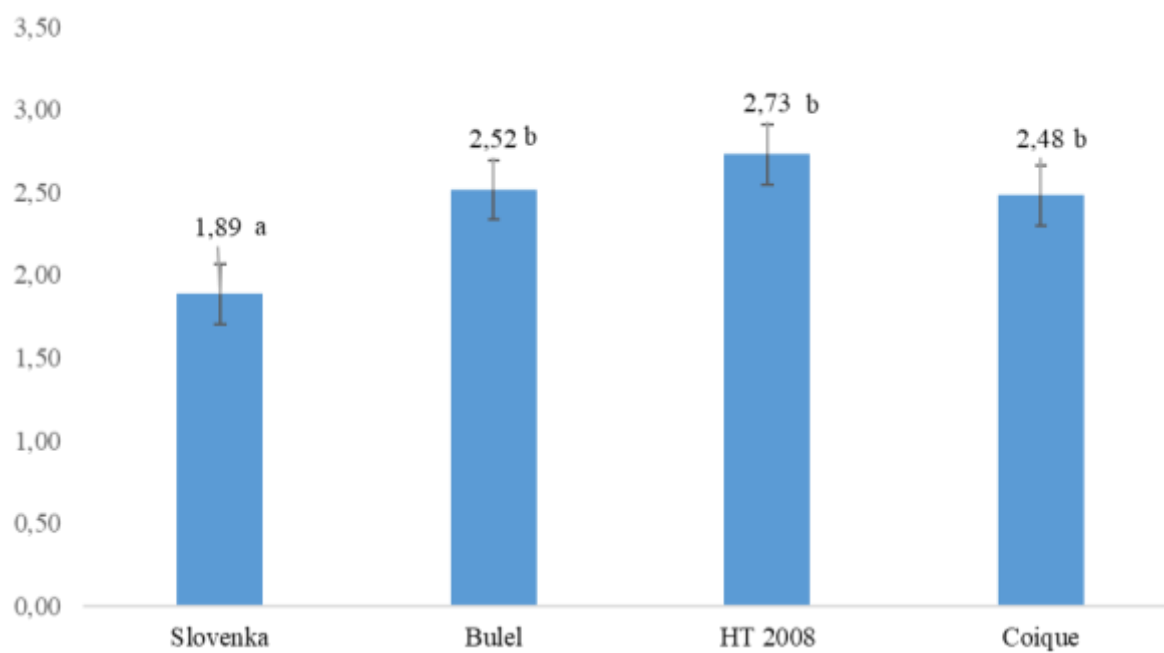


Obrázok 5 Pekársky pokus – bochníky z tritordeí a pšenice

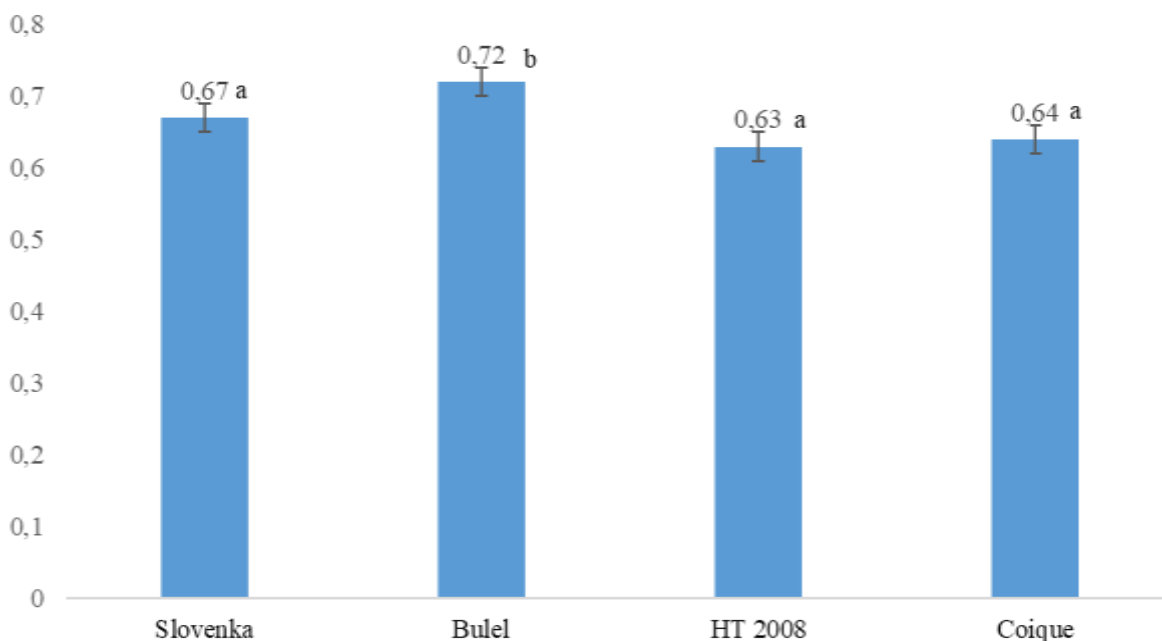
Z nutričných parametrov sme v pšenici a tritordeách stanovovali obsah škrobu, lipidov, betaglukánu a celkovej potravinovej vlákniny (Obrázky 6 - 9). Obsah škrobu v zrne sa pohyboval u tritordeí od 58 % do 61,3 %, čo je menej v porovnaní s pšenicom (63,5 %). Genotyp 'HT 2008' sa vyznačoval najvyšším obsahom bielkovín (16,1 %) a najnižším obsahom škrobu (58 %), pomerne vysokým obsahom celkovej potravinovej vlákniny (9,08 %) a najvyšším obsahom lipidov (2,73 %). Všetky genotypy tritordeí obsahovali vyššie množstvo lipidov oproti pšenici, čo však môže byť negatívne z hľadiska skladovania múky, predovšetkým u celozrnnnej múky. Celozrnná múka z tritordea bude vykazovať nižšiu dobu trvanlivosti oproti pšeničnej múke. Pozitívne však je z nutričného hľadiska vyšší obsah vlákniny u tritordeí (7,37 % - 9,93%) oproti pšenici (7,15 %). Obsah betaglukánov u tritordeí nie je významný (0,63 % - 0,72 %), pohybuje sa na úrovni pšenice (0,67 %). Odroda 'Bulel' sa z nutričného hľadiska vyznačovala spomedzi tritordeí najvyšším obsahom vlákniny a betaglukánov. Autori Giordano *et al.* (2019) vo svojej štúdii takisto uvádzajú významne vyšší obsah celkovej potravinovej vlákniny u odrody 'Bulel' (14,7 %) v porovnaní s odrodou 'Aucan' (12,2 %). Obsah betaglukánu u tritordeí zaznamenali v podobnej koncentrácii (0,614 % a 0,691 %) ako my v našej práci (0,63 % až 0,72 %). Takisto aj kolektív autorov Rakha *et al.* (2012) uvádza u 5 genotypov tritordea obsah betaglukánu na úrovni 0,6 % a 0,7 %.



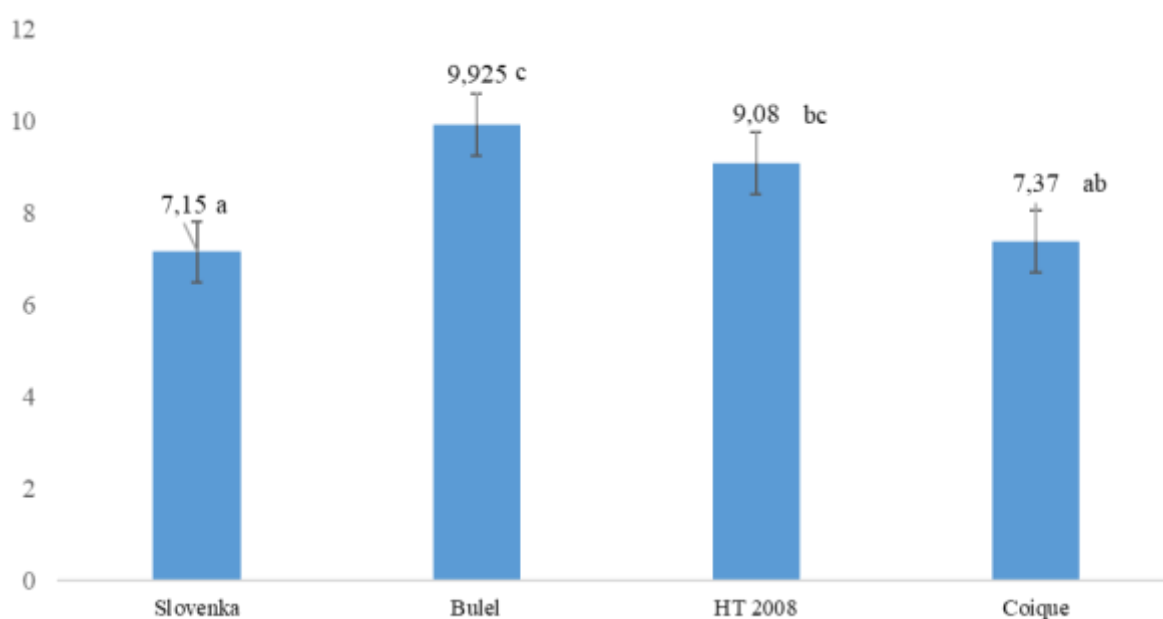
Obrázok 6 Obsah škrobu (%) v zrne tritordeí a pšenice



Obrázok 7 Obsah tuku (%) v zrne tritordeí a pšenice



Obrázok 8 Obsah betaglukánu (%) v zrne tritordei a pšenice



Obrázok 9 Obsah celkovej potravinovej vlákniny (%) v zrne tritordei a pšenice

Záver

Tritordeum ako nová obilnina spája genetický základ pšenice a jačmeňa, čím prináša jedinečnú kombináciu vlastností. Medzi výzvy ďalšieho rozvoja patrí najmä zvýšenie poľnej úrodnosti a vylepšenie technologickej kvality lepku. Súčasné odrody dosahujú výnos zrna približne na úrovni 50 - 80 % úrod moderných pšeníc, čo by sa ďalším šľachtením mohlo zlepšiť. Adaptácia tritordea na klimatické podmienky mimo Stredomoria (napr. stredná Európa) si taktiež vyžaduje pozornosť, hoci prvé pokusy naznačujú možnosť úspešnej kultivácie v Českej republike, v Poľsku či z našich prvotných experimentov aj na Slovensku. Na základe získaných kvalitatívnych výsledkov analyzovaných vzoriek tritordea môžeme konštatovať, že tritordeum sa vyznačuje dobrými pekárskymi vlastnosťami, avšak treba počítať s nižším



objemom pečiva. Z hľadiska výživy tritordeum predstavuje „funkčnú“ obilninu – jeho vyšší obsah vlákniny, luteínu, betaglukánov a nižší obsah lepku oslovuje spotrebiteľov hľadajúcich zdraviu prospešné alternatívy k pšenici. Takisto jeho odolnosť voči suchu a teplu, efektívne využitie živín a vody, ako aj prirodzená rezistencia voči chorobám znižujú potrebu agrochemikálií a podporujú udržateľné hospodárenie. Prvé tritordeové produkty (pečivo, cestoviny, pivo) sa už objavujú na európskom trhu a zaznamenávajú pozitívne ohlasy. Očakáva sa, že s pokračujúcim výskumom a popularizáciou by tritordeum mohlo nájsť širšie uplatnenie v pekárňach a potravinárskom priemysle ako surovina pre výživovo hodnotné a k životnému prostrediu šetrnejšie potraviny.

PodĎakování

Tento výskum bol realizovaný vďaka podpore projektu č. APVV-23-0375 Agentúrou na podporu výskumu a vývoja Slovenskej republiky.

Literatura

1. Álvarez J.B., Martín A., Martín L.M. Genetic variation for quality traits in tritordeum. *Cereal Chem.*, 1992, 69, 556–558.
2. Atienza S.G., Ballesteros J., Martín A. Genetic variability for carotenoid concentration in tritordeum. *Euphytica*, 2007, 158, 49–57.
3. Bertola M., et al. Root traits and pest resistance in tritordeum. *Appl. Soil Ecol.*, 2021, 158, 103785.
4. Comino I., et al. Reduced immunogenic gluten epitopes in tritordeum. *Food Chem.*, 2016, 197, 618–624.
5. Cubero J.I., et al. Agronomic performance of tritordeum. *Plant Breeding*, 1986, 97, 1–8.
6. Gallardo M., et al. Water use efficiency in tritordeum. *Field Crops Res.*, 1993, 33, 337–347.
7. Giordano D., Reyneri A., Locatelli M., Coisson J.D., Blandino M. Distribution of bioactive compounds in pearled fractions of tritordeum. *Food Chem.*, 2019, 301, 125228. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125228>.
8. Hrušková M., Švec I., Jurinová I. Quality evaluation of the selected Tritordeum lines. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 2010, 41(1), 49–54.
9. Kakabouki I., et al. Adaptability of tritordeum to Mediterranean climate. *Sustainability*, 2021, 13, 8501.
10. Martín A., et al. Tritordeum: A new crop for dryland agriculture. *Agronomie*, 1999, 19, 583–587.
11. Martín A., Sánchez-Monge Laguna E. Tritordeum: a new cereal derived from hybridization between durum wheat and *Hordeum chilense*. *Euphytica*, 1982, 31, 289–293.
12. Martinek P., Ohnoutková L., Vyhnánek T., Bednář J. Characteristics of wheat-barley hybrids (×Tritordeum Ascherson et Graebner) under Central-European climatic conditions. *Biuletyn IHAR*, 226/227, 2003, 87–95.
13. Mattera M., et al. Food applications of tritordeum. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 2017, 68, 778–784.
14. Montesano D., et al. Carotenoid and tocol composition in Tritordeum: A novel cereal. *J. Cereal Sci.*, 2020, 92, 102901.
15. Papadopoulos G., Mavroeidis A., Stavropoulos P., Anastasopoulos V., Beslemes D., Tigka E., Kakabouki I. Tritordeum: a versatile and resilient cereal for Mediterranean agriculture and sustainable food production. *Cereal Research Communications*, 2023, 52, 323–331.
16. Rakha A., Saulnier L., Aman P., Andersson R. Enzymatic fingerprinting of arabinoxylan and β -glucan in triticale, barley and tritordeum grains. *Carbohydr. Polym.*, 2012, 90(3), 1226–1234. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.06.054>.
17. Rodríguez-Quijano M., et al. Heat tolerance in tritordeum. *Cereal Res. Commun.*, 2016, 44, 352–362.
18. Rózewicz M., Wyzińska M. Characteristics of Tritordeum and evaluation of its potential for cultivation in Poland, with considerations for the nutritional and fodder value of the grains. *Polish Journal of Agronomy*, 2021, 44, 15–21. <https://doi.org/10.26114/pja.iung.431.2021.44.03>.
19. Rubiales D., et al. Disease resistance in tritordeum. *Plant Pathol.*, 2001, 50, 316–322.
20. Sánchez-León S., et al. Low-gluten, nontransgenic wheat by RNA interference. *Plant Biotechnol. J.*, 2018, 16, 902–910.
21. Suchowilska E., et al. Nutritional and functional properties of tritordeum grain. *J. Cereal Sci.*, 2021, 100, 103250.
22. Vaquero L., Comino I., Vázquez-Cornejo E., Real A., Larretxi I., et al. Tritordeum: A novel cereal for food processing with good acceptability and potential health benefits. *Foods*, 2018, 7, 1–12.
23. Villegas D., et al. Tritordeum yield under heat stress. *Euphytica*, 2010, 174, 49–59.
24. Visioli F., et al. Nutritional benefits of tritordeum-based foods. *Nutrients*, 2020, 12, 2343.
25. World Bakers. Tritordeum cultivation statistics. [online]. 2023. [cit. 8. augusta 2025]. Dostupné z: <https://www.worldbakers.com>.

SENZORICKÉ HODNOCENÍ KÁVOVINOVÝCH NÁHRAŽEK

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

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

Úvod

Káva je jedním z nejoblíbenějších nápojů, který se konzumuje po celém světě díky své bohaté vůni, chuti a stimulačním účinkům na centrální nervový systém. Navzdory mnoha zdravotním přínosům existují určitá omezení, např. při vyšší konzumaci může způsobovat nespavost a neklid a kofein v ní obsažený může mít vliv na vysoký krevní tlak a další nemoci. Právě obsah kofeinu je pro některé jedince omezením pro její konzumaci, a proto dávají přednost náhražkám kávy.

Náhražky začaly být využívány už v 18. století, kdy byla káva drahá a nedostupná pro chudší vrstvy. V době jejího nedostatku např. válečná období, epidemie nemocí jako mor, cholera či tyfus, ale i krachy na trzích či období neúrody, se jí lidé snažili nahradit nápoji z jiných rostlin. Použití rostlin a jejich částí se lišilo podle dostupnosti jednotlivých plodin v daných zemích. Během napoleonských válek a později v meziválečném období se v Čechách rozšířila výroba "melty" (směsi pražené cukrové řepy, žita a ječmene). Tento nápoj nejenže imitoval chuťové vlastnosti kávy, ale díky vysokému podílu sacharidů sloužil i jako kalorická náhrada během nedostatku potravin.

V současnosti jsou za kávové náhražky obvykle považovány části pražených, rostlin jako je list, kořen, ovoce a semeno. Náhražka je definována jako horký nápoj, který se připravuje pražením různých rostlinných částí, dokud se nezíská hnědá barva a určitá chuť podobná kávě. Kávové náhražky neobsahují ve svých vodných extraktech kofein, navíc jsou bohaté na různé bioaktivní látky, jako jsou fenolické sloučeniny, minerální látky a mohou mít různé zdravotní účinky, které v některých případech předčí účinky kávy.

Vývoj náhražek kávy je v současné době na vzestupu. Cílem je vyvinout a testovat takové náhražky, které by mohly napodobovat chuť a aroma kávy. Důvodů je více, jednak vyhovění požadavkům zdravého životního stylu, podíl na pestrosti trhu a ekonomické důvody.

Přehled tradičně používaných rostlin pro výrobu náhražek kávy***Byliny***

Z bylin se nejvíce uplatňuje čekanka, pampeliška, artyčok a pražené kořeny cukrové řepy. Pro výrobu kávových náhražek se používají buď samostatně, nebo ve směších. Čekanka obecná (*Cichorium intybus*), původně sbíraná jako plevel, se stala klíčovou plodinou pro průmyslovou výrobu kávovin díky vysokému obsahu inulinu (až 20 %) v kořenech. Proces pražení vykazuje velký vliv na obohacení nápojů antioxidanty v důsledku Maillardovy reakce, která vede k tvorbě produktů (např. melanoidin) a tvorbě široké škály těkavých látek, které mají vliv na aroma.

Obilná zrna

Z obilí se nejvíce uplatňuje ječmen, pšenice, žito, pohanka, špalda a slad. Pražený ječmen je jednou z nejvíce konzumovaných a také studovaných náhražek kávy. Výhodou obilných zrn je, že jsou mimo jiné zdrojem sacharidů, vlákniny a minerálů. Práce s nimi je jednoduchá, zrna se praží, rozemelou a vzniká hmota, která po zalití horkou vodou, má barvu a chuť podobnou kávě.



Luštěniny - čeleď Leguminosae

Nejdůležitější náhražkou kávy z čeledi *Leguminosae* jsou semena lupiny (vlčí bob). Rozlišuje se sladký vlčí bob, který se používá jako náhražka kávy. Divoký vlčí bob, je obecně hořký a jedovatý kvůli vysokému obsahu chinolizidinových alkaloidů. Velmi rozšířenou náhražkou z čeledi *Leguminosae* byla v 19 století semena kozince bétického (*Astragalus baeticus* L.) používaná při výrobě tzv. švédské kávy. Bohužel tento nápoj byl vytlačen kávou z čekanky. V Americe se z této čeledi používal kávovník Kentucky (*Gymnocladus dioica* L.). Kávovník Kentucky, neboli nahovětec dvoudomý (*Gymnocladus dioica*), je statný, opadavý strom s charakteristickým, dvakrát zpeřeným listím, který pochází ze Severní Ameriky. Ve své domovině roste až do výšky 30 metrů, v České republice se pěstuje jako okrasná dřevina. Využití se hledá i pro pískavici řecké seno (*Trigonella foenum-graecum*), kvůli výrazné chuti se studuje její použití ve směsi s kávou

Stromy (datle, žaludy, trnka)

Ze stromů se nejvíce uplatňují pecky datlí, žaludů a plody trnky a hlohu. Pecky datlí se praží a obsahují podobné aromatické sloučeniny, jaké existují v kávě. Žaludy, jsou plody dubů *Quercus* pěstovaných v oblasti Středozemního moře. Žaludy se v minulosti používaly hlavně k výrobě chleba a náhražky kávy. Jejich nutriční hodnota je srovnatelná s obilovinami. Plody trnky (*Prunus spinosa* L.) a hlohu (*Crataegus monogyna* Jacq.) jsou běžně konzumovány např. v Portugalsku. Po jejich usušení a pražení se používají jako náhražka kávy.

Přehled nověji používaných rostlin pro výrobu náhražek kávy

Tamarind (Tamarindus indica)

Geethalaxmi *et al.* (2025) publikoval podrobnou práci o vlivu různých podmínek pražení na vlastnosti tamarindového prášku ze semen Tamarindu. Semena jsou vedlejším produktem při výrobě buničiny. Semena obsahují několik významných fenolů a flavonoidů, včetně rutinu, katecherinu, galiku a kyseliny ferulové, jsou dobrým zdrojem minerálů, včetně sodíku, fosforu, draslíku, hořčíku, vápníku, mědi a zinku a obsahují důležité aminokyseliny, včetně lysinu, leucinu, izolucinu, valinu, fenylalaninu a methioninu.

Baobab (Adansonia digitata L.)

V roce 2022 Ismail *et al.* publikovali práci popisující využití semen baobabu (*Adansonia digitata* L.). Africký strom, je endemitem subsaharské Afriky a západního Madagaskaru (Ismail *et al.*, 2019). Semena, která tvoří 43-60 % celkové hmotnosti plodů, jsou považována za vedlejší produkt při zpracování plodů. Nedávné studie však naznačují, že jsou bohaté na fenolické sloučeniny s významnou antioxidační aktivitou a farmakologickým významem.

Cizrna (Cicer)

Jako náhradu kofeinové kávy je možné použít i praženou cizrnu. Jde o druh luštěniny, která je podobná hrachu. Je však větší a chutnější. Zrna jsou větší, kulatá, a žlutá až žlutohnědá. Chutná lehce oříškově. Cizrna je známá především ve Středozeří a také je tam s oblibou používána. Na světovém trhu zaujímá místo hned za sójou, fazolemi a hrachem. Obsahuje bílkoviny, vápník a další důležité minerály. Připravují se z ní nákypy, dušené pokrmy a polévky. Snad nejznámější pokrm je středomořská kaše Hummus (Homos). Cizrna je považována za zdravou vegetariánskou potravinu díky svému příznivému nutričnímu profilu a léčivým vlastnostem. Proto byla publikovaná studie s cílem formulovat pražený prášek z cizrny a zhodnotit jeho fyzikálně-chemické vlastnosti, obsah živin, celkovou přijatelnost cizrnové kávy (tzv. chiffee) vyrobené různými metodami ve srovnání se standardní kávou a posoudit trvanlivost prášku.



Zázvor lékařský (pravý), (*Zingiber officinale*)

Švarc-Gajić *et al.* (2017) zkusili využít jako funkční náhražka kávy nálev připravený z oddenku zázvoru podkritickým vodním extraktem v domácím extraktoru/reaktoru. Sensorické vlastnosti připravené náhražky kávy na bázi zázvoru byly porovnány s běžnými druhy kávy, které zahrnovaly tradiční, instantní, espresso a americkou/filtrovanou kávu.

Quinoa, merlík chilský, (*Chenopodium quinoa*)

Cílem studie z roku 2022 bylo vyrobit a zhodnotit kávovou náhražku ze semen Quinoa pražených při různých teplotách (175, 200 a 225 °C) s kořením (kardamom + muškátový oříšek) nebo bez něj. Kromě vedených náhražek se také testují různé směsi kávových zrn s listy moringy (*Moringa oleifera*) (strom pocházející z Indie, ale dnes se pěstuje v mnoha tropických a subtropických oblastech po celém světě), sachy inchi (*Plukenetia volubilis*), cascary (sušené slupky kávových třešní), kakaových zrn a hub.

Experimentální část

V rámci sensorického porovnání vybraných kávových náhražek probíhaly všechny analýzy v souladu s mezinárodními ISO normami. Samotné hodnocení se uskutečnilo v sensorické laboratoři vybavené 12 boxy (ISO 8589:2007). Panel hodnotitelů tvořili zaměstnanci VŠCHT Praha, účastníci Univerzity třetího věku, studenti a absolventi sensorických kurzů. Celkem se hodnocení zúčastnilo 80 osob ve věku od 16 do 80 let. Popis vzorků uvádí Tabulka I.

Tabulka I Popis vzorků použitých pro sensorické hodnocení

Název	Složení	Postup přípravy	Výrobce/dodavatel
Tchibo Gold *	Instantní káva, 100 % Arabica	Zalít 1-2 lžičky instantní kávy horkou, ne však vroucí vodou	Tchibo GmbH Hamburg, Německo
Melta	Žito, kořen cukrové řepy, ječmen, čekankový kořen	Sáček vložit do šálku a zalít horkou vodou. Louhovat 5 minut	Kávoviny, Pardubice, ČR
Caro	Ječmen, slad z ječmene, čekanka, žito	2g směsi, zalít 120 ml horké vody	Společnost Nestlé
Špaldové kafe s cikorkou	Pšenice špalda (80 %), cikorka (20 %),	1,5-3 g zalít 100 ml horké vody	Prodejce PRO BIO www.probio.cz
Čas čekanky	kořen čekanky z kontrolovaného ekologického zemědělství	2 kávové lžičky v hrnku zalít horkou vodou	Země původu Polsko
Yannoh	obsahuje bio čekanku, žito, ječmen a žaludy.	1 lžička zalít vroucí vodou a zamíchat	Vyrobeno ve Švýcarsku

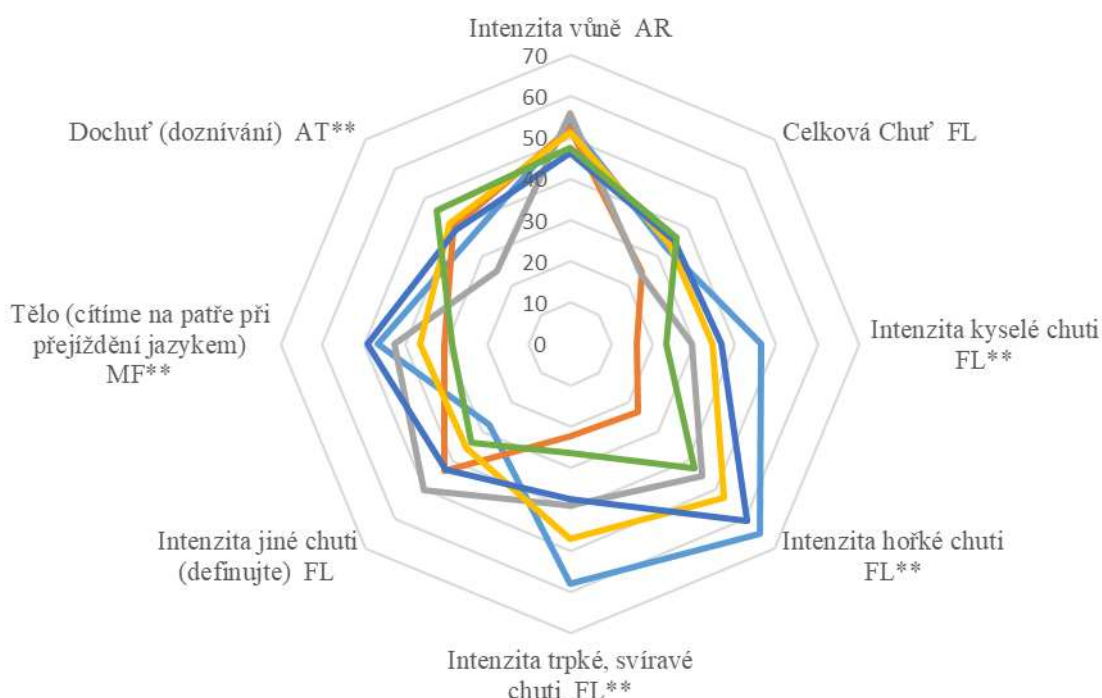
* Káva Tchibo Gold byla zařazena pro porovnání, ale posuzovatelé nebyli informováni, že jeden vzorek není kávovina

Vzorky byly připraveny dle návodů jednotlivých výrobců (viz Tab. I). K hodnocení byla využita profilová zkouška, přičemž hodnotitelé zaznamenávali výsledky přímo do počítačů prostřednictvím formuláře v softwaru Red Jade. Posuzovány byly deskriptory zahrnující barvu kávy, příjemnost a intenzitu vůně, celkovou chuť, intenzitu kyselého, hořkého a trpkého chuti, intenzitu jiných vjemů (s možností jejich specifikace), dále tělo nápoje a dochuť. Pro hodnocení intenzity byla použita 100bodová stupnice v rozmezí od „nezřetelná“ po „velmi silná“. Hedonické

hodnocení probíhalo rovněž na 100bodové stupnici, tentokrát od „velmi nepříjemná“ po „velmi příjemná“. Kromě profilové zkoušky byla provedena také pořadová zkouška.

Výsledky a diskuze

Do hodnocení se zapojilo celkem 80 osob, z toho převážně ženy (65 %). Panel byl složen zejména z mladších účastníků ve věku 18–40 let, kteří tvořili 80 % všech hodnotitelů. Starší věkové kategorie byly zastoupeny výrazně méně – 15 % účastníků bylo starších 61 let a pouze 5 % spadalo do věku 41–60 let. Z hlediska konzumních zvyklostí pije kávu denně více než polovina účastníků (51 %), třetina (35 %) ji konzumuje alespoň jednou týdně a jen menší část (14 %) ji nepije vůbec. Preference při pití kávy ukázaly vyrovnaný zájem o různé způsoby přípravy – přibližně třetina účastníků upřednostňuje kávu s mlékem a cukrem (32 %) nebo s mlékem (34 %), zatímco 30 % preferuje černou kávu bez mléka a cukru a pouhá 4 % volí kávu pouze s cukrem. Pokud jde o odrůdy, nejčastěji byla preferována arabika (38 %), zatímco robusta nebyla preferována vůbec. Zajímavým zjištěním je také skutečnost, že pro značnou část účastníků (44 %) není druh kávy rozhodující.



Obrázek 1 Grafické znázornění profilové metody. — Tchibo Gold, — Melita, — Špaldové kafe s cikorkou, — Caro, — Čas čekanky, — Yannoh

** jsou označeny deskriptory, u nichž byl nalezen statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$)

Pro srovnání byl do hodnocení zařazen i vzorek instantní kávy (Tchibo Gold), který sloužil jako referenční standard. Jeho sensorický profil se přirozeně odlišoval od hodnocených kávových náhražek, zejména v intenzitě hořké, kyselé a trpké chuti. Je však třeba zdůraznit, že pokud by byla použita kvalitnější čerstvě připravená káva, její celkové přijetí by pravděpodobně bylo výrazně lepší. **Barva nápoje** byla nejtmavší u čekanky (86 bodů) a Špaldového kafe s cikorkou (81 bodů), zatímco nejsvětlejší byla Melita (41 bodů). Referenční instantní káva byla hodnocena jako středně tmavá (54 bodů). Tento výsledek je v souladu s tím, že pražená čekanka zajišťuje charakteristické tmavé zabarvení, zatímco obilné náhražky mívají světlejší vzhled (Torma *et al.*, 2019). Pokud jde o **příjemnost vůně**, nejlepšího hodnocení dosáhla instantní káva a nápoj z čekanky (oba 48 bodů), zatímco Špaldové kafe s cikorkou skončilo nejhůře (28 bodů). Intenzita vůně se mezi vzorky významně nelišila, což naznačuje, že rozhodující byla



spíše kvalita než síla aromatu. Lang *et al.* (2022) ukázali, že hořké látky v čekance aktivují stejné receptory jako látky v kávě, což vysvětluje podobnost jejich aromatického profilu. V parametru **celková chuť** nebyly rozdíly statisticky významné. Nejlépe dopadl Yannoh (37 bodů), zatímco káva a čekanka získaly podobné hodnocení (33 a 36 bodů). To naznačuje, že některé alternativy – zejména Yannoh – mohou v celkovém dojmu dosahovat přijatelnosti srovnatelné s kávou. Podobně Zare *et al.* (2024) uvádějí, že směsi obilovin a čekanky patří mezi nejperspektivnější náhražky díky blízkosti senzorického profilu ke kávě. Výrazné rozdíly se objevily u **chuťových atributů**. Instantní káva byla hodnocena jako nejvíce kyselá (46 bodů), hořká (65 bodů) i trpká (58 bodů). Náhražky měly chuť jemnější – Melta měla velmi nízkou kyselost (16 bodů) i hořkost (23 bodů), zatímco Yannoh se vyznačoval střední hořkostí (43 bodů) a nízkou trpkostí (26 bodů). Tento rozdíl odpovídá literatuře, kde je popsáno, že obilné kávy mají tendenci působit plošším a méně výrazným dojmem (Lang *et al.*, 2022; Tahmouzi *et al.*, 2024). V parametru **tělo** dosáhla nejvyšší hodnoty čekanka (49 bodů), což naznačuje plnější vjem v ústech, zatímco Yannoh (29 bodů) a Melta (30 bodů) byly hodnoceny jako vodovější. **Dochuť** byla nejvýraznější u Yannoha (46 bodů), zatímco Špaldové kafe s cikorkou skončilo nejhůře (25 bodů). Referenční instantní káva byla hodnocena průměrně (35 bodů). Specifické aromatické tóny ukázaly, že káva a čekanka byly spojeny především s příjemnými praženými tóny, zatímco u Melty a Špaldového kafe s cikorkou se častěji objevovalo zemité zatuchlé či připálené aroma. Čekanka byla navíc spojována s karamelovými tóny, které jsou podle Ahmeda *et al.* (2024) charakteristické pro směsi s jejím podílem. Celkové hedonické hodnocení ukázalo, že Špaldové kafe s cikorkou bylo přijímáno nejhůře (57 % hodnotitelů jej označilo za nevyhovující). Naopak Yannoh a čekanka dosáhly nejlepšího výsledku, přičemž 5 % hodnotitelů je označilo dokonce za „vynikající“. Instantní káva byla paradoxně často hodnocena jako nevyhovující (41 %), což lze vysvětlit její instantní formou. Při použití čerstvě připravené kvalitní kávy by výsledky s největší pravděpodobností vyzněly výrazně příznivěji (Torma *et al.*, 2019). Celkově lze říci, že zatímco instantní káva vykazovala očekávaně vyšší intenzitu hořkých, kyselých a trpkých chutí, její celková přijatelnost nebyla o mnoho vyšší než u nejlépe hodnocených náhražek. Produkty na bázi čekanky a směs Yannoh se ukázaly jako senzoricky nejbližší tradiční kávě, zatímco Špaldové kafe s cikorkou dopadlo nejhůře.

Tabulka II Vyhodnocení pořadové zkoušky, kde hodnotitelé měli seřadit vzorky dle příjemnosti ($p < 0,05$, Friedman's Two-way)

	Tchibo Gold	Melta	Špaldové kafe s cikorkou	Caro
1. pořadí	35%	24%	11%	30%
2. pořadí	32%	30%	11%	27%
3. pořadí	11%	32%	27%	30%
4. pořadí	22%	14%	51%	14%
Post Hoc	A	A	B	A

Byla provedena také pořadová zkouška (Tab. II), při níž bylo zjištěno, že pouze vzorek Špaldové kafe s cikorkou se statisticky významně lišil od ostatních tří vzorků (Tchibo Gold, Melta, Caro). Mezi těmito zbývajících vzorky nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl v hodnocení příjemnosti. Tento výsledek naznačuje, že špaldový nápoj byl vnímán odlišně především kvůli svému méně atraktivnímu aromatickému profilu, ve kterém se častěji objevovaly zatuchlé a připálené tóny. Tyto senzorické charakteristiky pravděpodobně přispěly

k nižší akceptovatelnosti a jeho vyhranění oproti ostatním vzorkům. Nakonec byli respondenti dotázáni, zda konzumují kávové náhražky. Většina z nich (74 %) uvedla, že tyto nápoje nepije vůbec. Pouze 22 % je zařazuje do svého jídelníčku příležitostně a jen 4 % respondentů odpovědělo, že kávové náhražky konzumují pravidelně. Tento výsledek ukazuje, že náhražky kávy mají spíše okrajové zastoupení a nejsou vnímány jako běžná alternativa ke klasické kávě. Lze tedy předpokládat, že jejich spotřeba je motivována specifickými důvody, jako jsou zdravotní omezení, snaha omezit příjem kofeinu či rodinná tradice, spíše než obecnou oblibou mezi konzumenty kávy.

Závěr

Moderní kávové náhražky překračují svůj původní účel náhradního výrobku a uplatňují se na trhu jako funkční potraviny se specifickými zdravotními benefity. Jejich další rozvoj vyžaduje spolupráci mezi potravinářskými technologi, nutričními epidemiology a zástupci trhu. Český trh s kávovinami vykazuje meziroční růst 8,4 %. Předpokládá se, že celosvětový trh s náhražkami kávy bude nadále růst a do roku 2032 dosáhne tržeb ve výši 19,8 miliardy USD. Tento růst je způsoben rostoucím zájmem spotřebitelů o zdravější varianty kávy bez kofeinu a o udržitelné alternativy. Cena přírodních alternativ (např. organická pampelišková káva) je někdy i vyšší oproti kávě Arabica až o 120-150 %, což limituje její dostupnost pro nízkopříjmové skupiny

Poděkování

Tato práce byla realizována za podpory projektu Specifického vysokoškolského výzkumu – projekt č. AI_FPBT_2025_004.

Literatura

1. Prakoso A., Rizka M., Chang-Wei Hsieh: Improving flavor, safety, and sustainability of coffee substitute: Challenges and future research directions. Trends in Food Science & Technology August 2025.
2. Salamonik M.: Coffee substitutes: Past and potential future International Journal of Gastronomy and Food Science, September 2025.
3. Geethalaxmi M., Suni C.K.L., Rawson A., Venkatachalapathy N.: Tamarind seeds: Potential valorisation as coffee substitute-roasting and its characterization. Food and Humanity Volum 4, May 2025.
4. Ismail B., Huang R., Liu D., Ye X., Guo M.: Potential valorisation of baobab (*Adansonia digitata*) seeds as a coffee substitute: Insights and comparisons on the effect of roasting on quality, sensory profiles, and characterisation of volatile aroma compounds by HS-SPME/GC–MS. Food Chemistry, Volume 394, 15 November 2022.
5. Švarc-Gajić J., Cvetanović A., Jakšić A.: Functional coffee substitute prepared from ginger by subcritical water. The Journal of Supercritical Fluid, October 2017.
6. Fouad Omer Abou-Zaid: Evaluation of coffee substitute produced from quinoa. Asian Research Journal of Current Science, 4 (1) 125-133., 2022.
7. Torma, Andrea & Csaba, Orbán & Bodor, Zsanett & Benedek, Csilla: Evaluation of sensory and antioxidant properties of commercial coffee substitutes. Acta Alimentaria. 48. 297-305. 10.1556/066.2019.48.3.3., 2019.
8. Lang R., Lang T., Dunkel A, Ziegler F. and Behrens M.: Overlapping activation pattern of bitter taste receptors affect sensory adaptation and food perception. Front. Nutr. 9:1082698. doi: 10.3389/fnut.2022.108269, 2022.
9. Tahmouzi S., Nasab S.S., Alizadeh-Salmani B., Zare L., Mollakhalili-Meybodi N., Nematollahi A. Coffee substitutes: A review of the technology, characteristics, application, and future perspective. Compr Rev Food Sci Food Saf. Nov;23(6):e70041. doi: 10.1111/1541-4337.70041. PMID: 39385342, 2024.
10. Ahmed, Hassan & Ali, Hanan & A. H. S., Soliman & Ismail El-tahawy, Hassan. (2024). Chicory, Barley Extract, and Date Powder as a Coffee-Like Drink. Middle East Journal of Agriculture Research. 13. 189-203. 10.36632/mejar/13.1.11., 2024.



STOPOVÉ PRVKY V LUŠTĚNINÁCH: CHEMICKÉ FORMY A SOUVISLOST S BIOLOGICKOU DOSTUPNOSTÍ

Koplík R. (1), Valášková M. (1), Borková M. (1), Revenco D. (1), Mestek O. (2)

(1) Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

(2) Ústav analytické chemie, VŠCHT Praha

Luštěniny jsou z nutričního hlediska velmi ceněny pro vysoký obsah bílkovin, což určuje jejich mimořádný význam ve vegetariánské stravě. Rovněž v běžné stravě s obsahem potravin živočišného původu jsou luštěniny doporučovány jako zdroj vlákniny, případně kvůli příznivějšímu složení lipidové frakce. Obvyklou námitkou vůči vegetariánské a zejména veganské stravě bývá poukaz na nedostatečné zastoupení mikronutrientů (železo, zinek, vitamin B12) nebo jejich omezenou biologickou dostupnost z potravin rostlinného původu.

Pokud jde o esenciální stopové prvky, luštěniny patří celkovým obsahem mezi dosti bohaté zdroje, a to i ve srovnání s masem (svalovou tkání) nebo vejci; například celkový obsah železa ve fazolích, sojových bobech a čočce dosahuje hodnot 59–82, 50–110 a 69–130 mg/kg, kdežto typické hodnoty u hovězího masa činí 22–30 mg/kg a u vaječné hmoty 21–26 mg/kg. (Značné rozpětí uvedených hodnot pro luštěniny je dáno rozdílnými podmínkami pěstování, obsahem a chemickými formami železa v půdě a genetickými faktory). Obsah železa v luštěninách je zpravidla vyšší než v obilovinách (u pšenice jsou typické hodnoty 24–54, u žita 27–49, u ječmene 20–36, u ovsa 38–45 mg/kg). Navíc při mlýnském zpracování obilí na nejběžnější výrobky (nízkovymílané mouky) je většina minerálních složek z původního zrna odstraněna. Při porovnání s obilovinami je pro luštěniny typický vyšší obsah molybdenu, niklu a kobaltu, mírně nižší obsah manganu (s výjimkou soji, u které se objevují i vyšší hodnoty obsahu manganu) a srovnatelný obsah zinku a mědi.

Biologická dostupnost prvků z potravin souvisí se zastoupením chemických forem prvků (tzv. prvkových specií) a s chemickými změnami těchto forem v průběhu trávení potravy. Tyto chemické formy prvků lze do jisté míry postihnout metodami prvkové speciální analýzy. Jednou z možností je frakcionace rozpustných sloučenin gelovou permeační chromatografií ve spojení s prvkově specifickou detekcí hmotnostní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem (SEC-ICPMS). Tato analýza v zásadě umožňuje diferencovat a kvantifikovat vysokomolekulární a nízkomolekulární frakce stabilních komplexů kovů (metaloproteiny, komplexy s peptidy, komplexy s dalšími látkami) a sledovat případné změny v distribuci prvků v průběhu kulinárního zpracování luštěnin nebo změny při procesu trávení. Biologická dostupnost prvku z určitého nutričního zdroje se v nejjednodušším případě určuje *in vitro* jako velikost rozpustného podílu prvku ve vzorku, který prošel enzymovou digestí za simulovaných gastrointestinálních podmínek (tj. působením pepsinu v kyselém prostředí a následně po úpravě pH působením směsi pankreatických enzymů). S ohledem na víceméně známé mechanismy absorpce prvků buňkami střevní sliznice se z tohoto celkového rozpustného množství vyřazují (tj. nezapočítávají se) vysokomolekulární sloučeniny, které technika SEC-ICPMS dokáže odlišit.

Pojem biologická dostupnost (tj. pro absorpci potenciálně přístupná část obsahu prvku) se nesmí zaměňovat za biologickou využitelnost, která představuje reálně využitelný podíl obsahu prvku, který se u konkrétního jedince objeví v krevním oběhu nebo v cílovém orgánu nebo tkáni. Biologická využitelnost se stanovuje velmi náročnými *in vivo* testy.

Prvky Cu, Zn, Ni, Co jsou v luštěninách přítomny v dobře rozpustných formách (např. v semenech fazolu představuje podíl prvku extrahovatelný pufrům o pH 7,5 asi 45–70 %



z celkového obsahu), přičemž většinu tvoří stabilní nízkomolekulární komplexy. Tyto frakce z větší části přetrvávají i v hydrolyzátu získaném *in vitro* digescí. V podstatě totéž platí také o molybdenu, který je však soustředěn v jiné nízkomolekulární frakci. Mangan a železo se vyznačují nižším rozpustným podílem (ze semen fazolu je extrahovatelná přibližně jedna čtvrtina celkového obsahu Mn a Fe), přičemž většina rozpustného manganu připadá na labilní komplexy a iontové formy, které však mohou být dostupné. Rozpustný podíl Mn a Fe se v důsledku hydrolýzy při simulované digesci zvyšuje na přibližně tři pětiny. Železo je v extraktu přítomno ve vysokomolekulárních (> 150 kDa) formách (pravděpodobně fytoferritin). V hydrolyzátu je patrná degradace vysokomolekulární frakce železa a jeho přesun do frakce o střední molekulové hmotnosti (10–20 kDa).

V přednášce bude chování jednotlivých prvků ukázáno na příkladu analýzy semen fazolu a bude naznačena interpretace ve smyslu odhadu biologické dostupnosti.

Trace elements in legumes: their chemical species and the relation to elements bio-accessibility

Legumes are nutritionally highly valued for their high protein content, which determines their particular importance in vegetarian diets. Also in a normal diet containing foods of animal origin, legumes are recommended as a source of dietary fibre and because of their more favourable lipid fraction composition. A common objection to vegetarian and especially vegan diets is the lack of micronutrients (iron, zinc, vitamin B12) or their limited bioavailability from plant-based foods.

In terms of essential trace elements, legumes are rather rich in their total content, even compared to meat (muscle tissue) or eggs; for example, the ranges of total iron content in beans, soybeans and lentils are 59–82, 50–110 and 69–130 mg/kg, respectively, compared to typical values of 22–30 mg/kg for beef and 21–26 mg/kg for eggs. (The wide range of the values given for legumes is due to differences in growing conditions, soil iron content and its chemical forms and genetic factors). The iron content of legumes is generally higher than that of cereals (typical values are 24–54 mg/kg for wheat, 27–49 mg/kg for rye, 20–36 mg/kg for barley and 38–45 mg/kg for oats). In addition, during the milling of grain into the most common products (low-milled flours), most of the mineral components are removed from the original grain. Compared to cereals, legumes are typically higher in molybdenum, nickel and cobalt, slightly lower in manganese (except for soybeans, which may have even higher manganese contents) and comparable in zinc and copper.

The biological accessibility of chemical elements contained in food is related to chemical nature of the elements and to distribution of their chemical forms (so called element species) in food material and it is also affected by the chemical changes of these species in the course of food digestion process. These chemical element species can be detected and quantified using some methods of element speciation analysis. A common possibility is the fractionation of soluble elements species using size-exclusion chromatography hyphenated with inductively coupled plasma mass spectrometry (SEC-ICPMS). In principle, this analysis allows to differentiate and quantify the high-molecular and low-molecular fractions of stable metal complexes (metalloproteins, complexes with peptides, complexes with low-molecular ligands) and to monitor possible changes in the distribution of element species during the culinary processing of food or the changes during the digestion process.

*In the simplest case, the bio-accessibility of an element from a particular dietary source is determined *in vitro* as the amount of soluble fraction of the element in a sample that has undergone enzymatic digestion under simulated gastrointestinal conditions (i.e. pepsin treatment in an acidic dispersion followed by pancreatic enzymes treatment after pH adjustment). With respect to the more or less known mechanisms of element absorption by intestinal mucosal cells, the high molecular weight compounds are excluded from this total*



soluble amount of the element (it means this fraction is usually not counted). The technique of SEC-ICPMS can distinguish the corresponding high-molecular weight fraction of the element species.

The term bio-accessibility (i.e. the portion of the element content potentially available for absorption) should not be confused with bio-availability, which is the proportion of the element content that is actually available for absorption to get into the bloodstream or the target organ or tissue of a particular individual. Bio-availability is determined by sophisticated in vivo tests.

The elements Cu, Zn, Ni, Co are present in legumes in highly soluble forms (e.g. in bean seeds, the percentage of the element extractable with a pH 7.5 buffer is about 45–70 % of the total content), most of which are stable low molecular weight complexes. These fractions largely persist in the hydrolysate obtained by in vitro digestion. Essentially the same is also true for molybdenum, which is however concentrated in a different low molecular weight fraction. Manganese and iron are characterised by a lower soluble fraction (approximately one quarter of the total Mn and Fe content is extractable from bean seeds), while the most of the soluble manganese is represented by labile complexes and ionic forms, which may, however, be partially accessible for absorption. The soluble fraction of Mn and Fe increases to approximately three-fifths due to enzymatic hydrolysis. Iron is present in the extract as a high molecular weight (> 150 kDa) species (probably phytoferritin). As a result of digestion, phytoferritin is almost completely degraded and the majority of iron is transferred into medium molecular weight fraction (10–20 kDa).

In the lecture, the behaviour of the individual elements will be shown using the example of the analysis of bean seeds and the interpretation in terms of bio-accessibility estimation will be outlined.

L27

NUTRIČNÍ A SENZORICKÁ HODNOTA VYSOKOPROTEINOVÝCH CEREÁLNÍCH VÝROBKŮ

Doležal M. (1), Hnátková M. (2), Ilko V. (1), Horová E. (2), Panovská Z. (1)

(1) Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

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

Úvod

Zájem o vysokoproteinové potraviny výrazně roste. Současně s tímto trendem narůstá zájem o bílkoviny rostlinného původu, u kterých je však otázkou jejich kvalita z hlediska esenciálních aminokyselin, vstřebatelnosti a stravitelnosti. Do vysokoproteinových potravin lze využít různé zdroje živočišných i rostlinných bílkovin nebo jejich kombinace. Z živočišných bílkovin jsou často využívány mléčné bílkoviny, kasein a bílkoviny získané ze syrovátky¹. Z rostlinných bílkovin se využívají proteiny luštěnin, obilovin či pseudoobilovin². Novějšími možnými zdroji jsou například bílkoviny získané z hmyzu nebo mikrořas³.

U potravin, které obsahují zvýšené množství bílkovin, lze využít zejména výživová tvrzení, která určují, z kolika procent bílkoviny zastupují energetickou hodnotu výrobku. Prvním z nich je výživové tvrzení „zdroj bílkovin“, kde bílkoviny musí zastupovat alespoň 12 % z energetické hodnoty výrobku. U druhého tvrzení je požadavek na obsah bílkovin navýšen a může být využito pouze v případě, pokud energetickou hodnotu potraviny tvoří bílkoviny alespoň z 20 %. Pokud tyto požadavky splňuje, lze ji označit výživovým tvrzením „s vysokým obsahem bílkovin“ (Nařízení (ES) č. 1924/2006).



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

Experimentální část

Pro laboratorní testování byly zakoupeny vzorky v tržní síti České republiky v roce 2025. První soubor vzorků obsahoval osm vzorků proteinových sušenek (S01-S08). Druhý soubor obsahoval osm vzorků proteinových granol (označeny kódy G09 – G16). Stanovení obsahu „hrubého proteinu“ bylo založeno na měření celkového obsahu dusíku v potravinách Kjeldahlovou metodou. Pro přepočítání dusíku na protein byl použit faktor 6,25 v souladu s nařízením (EU) 1169/2011. Pro stanovení celkového množství tuků u vzorků bylo využito extrakčního postupu podle Soxhleta. Zastoupení mastných kyselin (MK) bylo stanoveno po jejich esterifikaci na methylestery metodou plynové chromatografie za použití plamenově-ionizačního detektoru (GC/FID) dle ČSN 56 0146. Z důvodu ověření spolehlivosti výsledků bylo provedeno šest paralelních stanovení vybraného vzorku. Opakovatelnost metody vyjádřená jako relativní směrodatná odchylka (RSD) u žádné metody nepřesáhla 5 %. Organoleptické vlastnosti vzorků byly posuzovány v Senzorické laboratoři VŠCHT Praha, která je vybavena podle příslušné mezinárodní normy ISO 8589, 12 členným panelem zaškolených hodnotitelů. K hodnocení byly použity grafické lineární nestrukturované orientované stupnice s deskriptory: příjemnost vzhledu, vůně, chuti, sladké chuti, příchutě, textury, dochutě (0 % nepříjemná – 100 % velmi příjemná) a intenzita vůně, celkové chuti, sladké chuti, hořké chuti, příchutě, pachutí (0 % neznatelná – 100 % velmi silná) a konzistence (0 % příliš měkká – 100 % příliš tvrdá). K celkovému hodnocení byla použita ordinální kategorová stupnice (1 - vynikající, 2 - velmi dobrý, 3 - dobrý, 4 - ještě přijatelný, 5 - nepříjemný) doplněná volným slovním popisem. Získaná data byla následně statisticky zpracována pomocí počítačových programů Excel (Microsoft Corp.) a Statistica (StatSoft, Inc.) jednofaktorovou analýzou rozptylu se Schefféovým post-hoc testem. Rozdíly byly považovány za významné ve všech případech pro interval spolehlivosti 95 % ($p < 0,05$).

Výsledky a diskuse

Stanovený obsah sušiny, tuku a bílkovin včetně deklarovaných hodnot ve vybraných vysokoproteinových výrobcích je uveden v Tabulce I.

Obsah sušiny se u obou kategorií pohyboval v malém rozpětí. Proteinové granoly měly vyšší obsah sušiny (průměrný obsah 96,23 g/100 g) ve srovnání s proteinovými sušenkami (průměrný obsah 88,95 g/100 g). Vyšší míra variability byla zaznamenána v obsahu tuku (7,45 - 31,89 g/100 g). Nejvyšší naměřenou i deklarovanou hodnotu bílkovin měl vzorek G15. Naopak u vzorku G13 byl nalezen nejmenší obsah bílkovin. U proteinových sušenek byla v průměru stanovena hodnota 24,00 g/100 g, zatímco u proteinových granol byla průměrná stanovená hodnota nižší a to 21,19 g/100 g. Deklarovaný obsah bílkovin byl potvrzen u 12 z 16 výrobků. Vzorky G10 a G14 nesplňují hranici pro označení výživovým tvrzením. Deklarované bílkoviny u vzorku G16 byly sice potvrzeny, ale nesplňují podmínku pro výživové tvrzení „s vysokým obsahem bílkovin“.



Tabulka I Přehled parametrů ve vzorcích proteinových sušenek a granol

Vzorek	Stanovený obsah sušiny	Deklarovaný obsah tuku	Stanovený obsah tuku	Deklarovaný obsah bílkovin	Stanovený obsah bílkovin
	[g/100 g vzorku]	[g/100 g vzorku]	[g/100 g vzorku]	[g/100 g vzorku]	[g/100 g vzorku]
S01	88,16	15,8	16,40	25	25,35
S02	89,64	23	23,40	22,6	22,45
S03	88,85	14	11,98	23	21,80
S04	86,80	13	13,60	27	26,30
S05	88,36	14	12,57	25	24,19
S06	88,36	15	14,49	25	22,37
S07	93,87	21	21,30	24	24,16
S08	87,57	11,5	11,68	25	25,40
G09	97,22	15	14,18	21	22,17
G10	96,49	15	15,64	21	19,88
G11	95,97	25	24,55	20	23,23
G12	94,61	20,0	20,80	21,0	22,44
G13	96,27	21	18,54	16	16,45
G14	96,13	9,4	7,45	22	17,77
G15	97,33	29	31,89	28	28,10
G16	95,81	17	18,86	20	19,46

V Tabulkách II a III jsou zaznamenány profily MK v tuku sledovaných vzorků. Ve složení proteinových sušenek byla často zahrnuta kombinace olivového oleje společně s kokosovým tukem. U proteinových granol byl častým zdrojem tuku slunečnicový olej, řepkový olej a tuk přirozeně obsažený v ořechích. V obou kategoriích se často vyskytovalo kakaové máslo, které bylo ve vzorcích přítomné díky obsahu čokolády. Zastoupení MK odpovídá příslušným surovinovým deklaracím výrobců.

Vyšší obsah nasycených mastných kyselin byl zjištěn u proteinových sušenek. Nejvyšší zastoupení měl vzorek S07, který obsahoval 76,25 % nasycených mastných kyselin. Z proteinových granol měl nejvyšší zastoupení nasycených mastných kyselin vzorek G16 (44,83 %). Oba vzorky obsahovaly kokos (S07 – kokosový tuk, G16 – kokosové plátky) a kakaové máslo.



Tabulka II Zastoupení mastných kyselin (jako % celkových mastných kyselin) v proteinových sušenkách

Mastná kyselina	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08
Kaprylová	0,26	0,04	2,04	1,94	5,37	1,68	5,19	0,36
Kaprinová	0,52	0,02	1,50	1,45	3,30	1,51	3,93	0,28
Laurová	0,64	0,15	12,19	10,94	20,98	11,28	31,63	1,68
Myristová	2,04	0,15	5,32	4,68	6,86	5,52	13,50	1,05
Palmitová	13,48	13,54	14,41	15,65	14,13	15,26	12,54	15,93
Stearová	6,03	10,30	8,58	9,85	7,20	8,62	8,37	7,67
Arachová	0,19	1,26	0,45	0,47	0,23	0,45	0,30	0,52
Olejová	49,73	39,26	43,74	42,89	32,28	44,63	16,19	56,37
Linolová (LA)	21,82	28,88	8,10	8,28	6,08	6,73	6,02	10,70
α-Linolenová (ALA)	0,20	0,27	0,60	0,60	0,30	0,53	0,73	1,04
Nasycené MK celkem	25,21	29,58	45,02	45,54	59,04	45,09	76,25	27,99
Monoenové MK celkem	52,18	41,06	46,17	45,37	34,31	47,25	16,94	60,01
Polyenové MK celkem	22,05	29,18	8,72	8,91	6,38	7,27	6,76	11,77
<i>Trans</i> isomery MK celkem	0,57	0,19	0,10	0,18	0,27	0,39	0,05	0,23
Omega-6 MK celkem	21,85	28,90	8,11	8,29	6,08	6,73	6,03	10,71
Omega-3 MK celkem	0,20	0,27	0,60	0,60	0,30	0,53	0,73	1,04



Tabulka III Zastoupení mastných kyselin (jako % celkových mastných kyselin) v proteinových granolách

Mastná kyselina	G09	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16
Kaprylová	0,01	0,01	0,05	0,01	1,89	0,01	0,01	2,79
Kaprinová	<LOQ	<LOQ	0,11	0,01	1,21	<LOQ	<LOQ	2,08
Laurová	0,06	0,02	0,16	0,04	9,67	0,01	0,01	17,16
Myristová	0,20	0,15	0,60	0,16	4,05	0,26	0,11	7,31
Palmitová	9,31	10,35	15,35	11,19	9,55	8,55	6,87	8,89
Stearová	7,29	8,67	15,20	9,39	6,72	3,46	3,88	5,69
Arachová	0,35	0,40	0,54	0,46	0,28	0,31	0,26	0,39
Olejová	71,54	64,25	50,03	44,09	50,88	67,30	36,15	34,89
Linolová (LA)	8,29	13,21	15,36	26,36	13,15	16,12	37,50	13,40
α-Linolenová (ALA)	0,26	0,36	0,20	5,40	0,59	0,86	12,84	4,01
Nasyčené MK celkem	18,29	20,58	32,61	21,89	34,04	13,77	11,90	44,83
Monoenové MK celkem	73,10	65,75	51,65	46,20	52,14	69,09	37,58	37,48
Polyenové MK celkem	8,56	13,58	15,57	31,78	13,76	17,02	50,36	17,46
Trans isomery MK celkem	0,06	0,09	0,17	0,13	0,07	0,12	0,17	0,24
Omega-6 MK celkem	8,30	13,21	15,36	26,38	13,16	16,14	37,52	13,44
Omega-3 MK celkem	0,26	0,36	0,20	5,40	0,59	0,86	12,84	4,01

LOQ=limit kvantifikace



Obsah sacharidů byl stanoven dopočtem. Od sušiny byl odečten stanovený tuk, bílkoviny, výrobcem uvedená sůl a pokud výrobce uvedl, tak také vláknina (viz Tabulka IV).

Tabulka IV Přehled parametrů ve vzorcích proteinových sušenek a granol

Vzorek	Deklarovaný obsah vlákniny [g/100 g vzorku]	Deklarovaný obsah soli [g/100 g vzorku]	Obsah sacharidů stanovený dopočtem [g/100 g vzorku]
S01	13	1,1	32,32
S02	6,2	0,69	36,90
S03	4,5	1,5	49,07
S04	6,7	0,7	39,50
S05	5	1,5	45,09
S06	3,5	1,1	46,91
S07	Neuveden	0,68	47,72
S08	Neuveden	1	49,49
G09	4,3	0,29	56,28
G10	18	0,41	42,56
G11	6,1	0,07	42,02
G12	19,0	0,03	32,34
G13	6,03	0,14	55,11
G14	8,1	0,49	62,32
G15	20	0,03	17,30
G16	14	0,29	43,20

Energetickou hodnotou byly vzorky poměrně podobné – proteinové sušenky deklarují průměrně 400 kcal/100 g a proteinové granoly pouze o 35 kcal více, tedy 435 kcal/100 g. Při porovnání s referenčním energetickým příjmem, který je stanoven Nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 a činí 2000 kcal, by při konzumaci 100 g výrobku zastupovala jeho energetická hodnota 20 - 21,75 %. To představuje zhruba jednu pětinu referenčního příjmu. Proteinové sušenky se prodávají v gramážích v rozmezí 50 - 90 g. Nejčastější gramáží bylo 60 g, což by představovalo z průměrné energetické hodnoty 261 kcal/porce. Z referenčního energetického příjmu by při této hmotnosti porce zastupovaly pouze zhruba 13 %. Většina proteinových granol nemá uvedenou gramáž porce, což ztěžuje stanovení procentuálního zastoupení referenčního energetického příjmu.

Senzorická analýza byla uskutečněna ve dvou termínech a analyzované vzorky byly rozděleny na kategorie: proteinové sušenky (viz Tabulka V) a proteinové granoly (viz Tabulka VI).

Tabulka V Senzorické hodnocení proteinových sušenek (průměry)

Deskriptor	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08
Příjemnost vzhledu	58,33	52,82	69,17	61,33	67,83	60,83	55,00	58,25
Intenzita vůně	31,42	58,73	59,92	44,33	49,92	53,00	48,58	52,33
Příjemnost vůně	60,33	62,27	57,17	49,75	55,08	54,83	47,25	48,00
Intenzita celkové chuti	39,33	65,82	63,58	38,67	63,75	55,42	48,00	52,25
Příjemnost celkové chuti	48,25	26,64	56,42	37,92	53,58	53,67	50,83	48,00
Intenzita sladké chuti	38,92	40,09	60,33	42,42	59,75	70,83	51,33	64,25
Příjemnost sladké chuti	62,42	32,45	56,08	45,67	52,42	52,67	55,25	47,08
Intenzita hořké chuti	18,83	45,82	27,67	34,42	27,08	19,42	23,33	14,50
Intenzita příchutě	39,83	73,45	63,92	41,00	61,42	60,67	52,42	59,25
Příjemnost příchutě	55,92	35,64	54,92	40,50	45,00	59,67	41,67	35,33
Konzistence	48,75	68,45	39,67	60,25	46,42	39,92	78,17	40,00
Příjemnost textury	35,50	28,09	62,17	32,17	52,08	58,00	29,67	32,50
Intenzita pachutí	18,67	37,36	33,92	31,75	36,83	35,83	26,67	29,33
Příjemnost dochuti	54,25	35,18	41,92	40,33	48,75	47,00	57,67	45,58
Celkové hodnocení	2,92	3,82	3,00	3,67	3,00	2,83	3,25	3,33

Tabulka VI Senzorické hodnocení proteinových granol (průměry)

Deskriptor	G09	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16
Příjemnost vzhledu	77,33	55,62	64,08	73,25	67,33	62,33	48,25	78,75
Intenzita vůně	49,92	42,62	51,54	26,92	45,75	36,75	28,25	43,50
Příjemnost vůně	77,67	63,23	69,31	61,83	71,25	59,42	51,42	73,42
Intenzita celkové chuti	56,58	63,85	54,38	39,08	58,50	47,92	42,50	54,83
Příjemnost celkové chuti	71,50	77,54	55,38	55,33	68,50	46,08	45,58	51,83
Intenzita sladké chuti	52,83	70,00	52,69	38,08	56,33	39,25	19,42	43,33
Příjemnost sladké chuti	71,58	61,38	54,23	59,83	63,17	51,58	41,00	62,67
Intenzita hořké chuti	24,83	13,62	25,23	23,25	15,33	16,17	27,33	31,75
Intenzita příchutě	49,58	58,15	57,46	37,92	50,92	44,33	35,08	52,83
Příjemnost příchutě	66,33	66,31	58,15	58,50	65,42	52,42	46,33	53,42
Konzistence	68,50	74,08	43,54	52,50	57,75	59,50	62,00	38,42
Příjemnost textury	21,00	19,92	20,85	22,67	28,75	30,25	30,50	36,75
Intenzita pachutí	71,08	64,08	62,00	54,92	63,50	49,25	52,00	51,08
Příjemnost dochuti	77,33	55,62	64,08	73,25	67,33	62,33	48,25	78,75
Celkové hodnocení	2,25	2,15	2,69	3,00	2,25	3,08	3,50	3,00



Průměrné celkové hodnocení bylo u proteinových granol 2,7 a u proteinových sušenek 3,2. Z hlediska bílkovin obsahovaly nejlépe hodnocené vzorky granol pšeničnou, sójovou a hrachovou bílkovinu. Naopak u proteinových sušenek nejlépe hodnotitelé označili vzorky obsahující mléčné a pšeničné proteiny. Proteinové sušenky s obsahem hrachového či sójového proteinu se v rámci celkového hodnocení umístily nejhůře a byla jim vytykána nepříjemná celková chuť a dochuť po jedné minutě.

Závěr

Cílem práce bylo poskytnout experimentální údaje o nutriční a senzorické kvalitě vybraných vysokoproteinových výrobků, které jsou dostupné na českém trhu. Analyzováno bylo celkem 8 vzorků proteinových sušenek a 8 vzorků proteinových granol. Z hlediska nutriční kvality se vzorky liší. Tuk byl stanoven extrakcí dle Soxhleta v rozpětí 7,5 - 31,9 g/100 g a obsah hrubých bílkovin Kjeldahlovou metodou 17,8 - 28,1 g/100 g. Dopočtený obsah sacharidů se pohyboval v rozmezí 17,3 - 62,3 g/100 g. Obsah sušiny byl stanoven gravimetricky v rozmezí 86,8- 97,3 g/100 g. Zastoupení nasycených mastných kyselin představovalo 11,9 - 76,3 %, u *trans*-izomerů mastných kyselin nepřesáhlo 0,57 % ze všech mastných kyselin. Sensoricky dobře hodnocené byly proteinové granoly s rostlinnými bílkoviny. U proteinových sušenek naopak vnímali hodnotitelé lépe vzorky s mléčnými proteiny, které byly v některých vzorcích kombinovány s pšeničnými bílkoviny. V celkovém senzorickém hodnocení posuzovatelé klasifikovali senzorickou jakost jako velmi dobrou až ještě přijatelnou.

Poděkování

Tato práce byla realizována za podpory projektu Specifického vysokoškolského výzkumu - projekt č. A1_FPBT_2025_004.

Literatura

1. Henchion, M.; Hayes, M.; Mullen, A. M.; *et al.*, Future protein supply and demand: Strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. *Foods*, 2017, 7. <https://doi.org/10.3390/foods6070053>.
2. Velíšek J., Hajšlová J., *Chemie potravin*, 3rd edition, Osis, 2009.
3. De Angelis, D.; Latrofa, V.; Caponio, F.; *et al.*, (2024). Techno-functional properties of dry-fractionated plant-based proteins and application in food product development: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2024, 104(4), 1884–1896. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13168>.

L28

NUTRIČNÍ A SENZORICKÉ HODNOCENÍ ALTERNATIV SÝRŮ

Ilko V., Polcarová B., Procházková Z., Hrdličková M., Doležal M.

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

Úvod

Rostoucí zájem o rostlinné alternativy sýrů je v současnosti formován několika klíčovými faktory, přičemž mezi nejčastěji uváděné důvody patří zdravotní a dietní omezení, zejména laktózová intolerance a alergie na mléčné bílkoviny. Významný podíl spotřebitelů je rovněž motivován environmentálními a etickými aspekty. K růstu trhu významně přispívá i rozmach alternativních stravovacích přístupů, jako je veganství, flexitariánství či koncepty typu *plant-forward*, které posilují poptávku po potravinách na bázi rostlinných surovin¹.

Nutriční profil komerčně dostupných variant s označením „classic/original“ vykazuje řadu specifík. Tyto produkty zpravidla obsahují nižší množství bílkovin (<3 g/100 g), zvýšený podíl



nasycených mastných kyselin (často >20 g/100 g), nejčastěji pocházejících z kokosového oleje, a nižší koncentrace vápníku v porovnání s konvenčními mléčnými sýry². U fermentovaných variant na bázi kešu ořechů lze pozorovat vyšší obsah proteinů, avšak složení i mikrobiologická stabilita se mezi jednotlivými výrobci značně liší³. V recentních vývojových prototypových produktech se objevují inovace v podobě obohacení luštěninovými izoláty či ovesnými proteiny, které vedou k trojnásobnému navýšení obsahu bílkovin a zlepšení tavitelnosti, a to bez negativního dopadu na senzorickou přijatelnost⁴.

Navzdory těmto technologickým posunům však nadále přetrvávají senzorické a funkční nedostatky. Spotřebitelské hodnocení ukazuje, že chuť, rozplývavost a elasticita rostlinných alternativ, zejména v segmentech napodobujících čedar, jsou signifikantně nižší než u jejich mléčných protějšků¹. V kontrolované senzorické studii, v níž bylo hodnoceno deset komerčních vzorků, dosáhl nejlépe hodnocený rostlinný sýr pouze 63 % senzorického skóre referenční goudy². Přesto lze konstatovat, že pozitivní percepce etických a environmentálních benefitů významně ovlivňuje ochotu ke koupi a celkovou akceptaci těchto výrobků ze strany spotřebitelů.

Experimentální část

V rámci experimentální části bylo analyzováno celkem šestnáct vzorků rostlinných alternativ sýrů. Tyto vzorky byly rozděleny do čtyř skupin podle typu konvenčního sýra, který napodobují – konkrétně parmezán, mozzarellu, čedar a camembert. Pro účely senzorického hodnocení byly navíc zařazeny i odpovídající referenční vzorky konvenčních mléčných sýrů. Přehled analyzovaných vzorků je uveden v Tabulce I.

Tabulka I Analyzované vzorky alternativ sýrů

Skupina	Vzorek	Název vzorku
Parmezán	P1	Mondarella – Pastasan
	P2	Rýsárna – Tvrdák
	P3	Mozzarisella Granri strouhané
	P4	Green Vie – Parveggio grated
Mozzarella	M1	Rýsárna – Mozzi – Mozzi
	M2	Mondarella Clasic
	M3	Zügger – MozzaVella Bio
	M4	Mozzarisella Bio – Mozzarisella classic
	M5	Nurishh Strouhaný Mozzarella Style
Cheddar	CH1	Vegenation – Vegan cheddar slices
	CH2	Mondarella – Cheddar Style
	CH3	Hello-V – Cheddar flavour
	CH4	Nurishh – Rostlinné plátky na burger
Camembert	C1	Mondarella – Soft Blanc
	C2	Mondarella – Ofen Rouge
	C3	Violife – Le Rond s příchutí camembert



U vzorků byla stanovena sušina, obsah bílkovin, vápníku, tuku a složení mastných kyselin. Dále byla provedena senzorická analýza pomocí metody senzorického profilu.

Stanovení sušiny

Stanovení bylo provedeno dle normy ČSN 46 1011-1:1988. Vzorky byly sušeny při teplotě 105 °C do konstantní hmotnosti.

Stanovení bílkovin

Obsah bílkovin byl určen dle normy ČSN EN ISO 20483:2014 za použití Kjeldahlovy metody.

Stanovení vápníku

Obsah vápníku byl stanoven metodou plamenové atomové absorpční spektrometrie (AAS) po tlakovém mikrovlnném rozkladu vzorku v přítomnosti koncentrované kyseliny dusičné dle standardního programu pro rozklad potravin. Pro vyhodnocení byla použita metoda standardního přidavku.

Stanovení tuku

Tuk byl extrahován dle normy ČSN EN ISO 659:2011 za použití Soxhletovy metody. Vzorky byly po předchozím vysušení extrahovány diethyletherem po dobu osmi hodin.

Stanovení složení mastných kyselin

Složení mastných kyselin bylo analyzováno dle normy ČSN EN ISO 12966-2:2017. Tukové složky byly nejprve převedeny na methylestery mastných kyselin (FAME) a následně analyzovány pomocí plynové chromatografie s plamenově-ionizačním detektorem (GC-FID). Obsah jednotlivých methylesterů byl vyjádřen jako relativní plošný podíl odpovídajícího píku vzhledem k celkové ploše všech detekovaných methylesterů.

Senzorická analýza

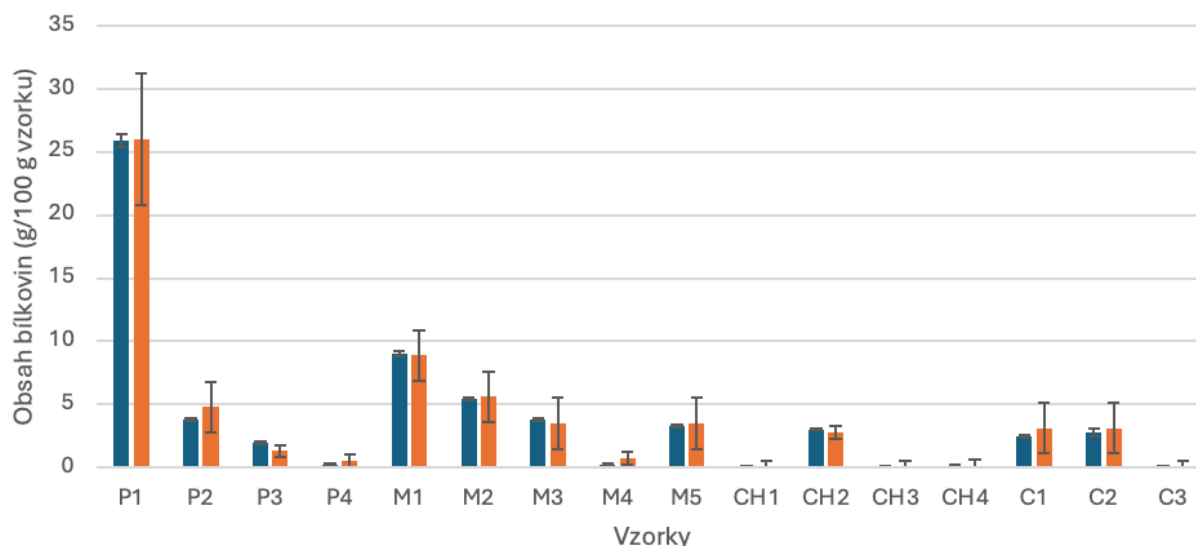
Hodnocení bylo provedeno metodou senzorického profilu dle ČSN EN ISO 13299:2018 ve specializované senzorické laboratoři na VŠCHT v Praze. Vzorky byly anonymizovány, standardizovaně připraveny a hodnoceny pomocí dvanáctičlenného senzorického panelu. Na sběr dat a jejich vyhodnocení byl použit softwaru RedJade. Ke každé skupině byla přidána referenční mléčná varianta. K hodnocení byla použity stobodové nestrukturované stupnice. Hodnotil se vzhled, textura, vůně a chuť.

Výsledky a diskuse

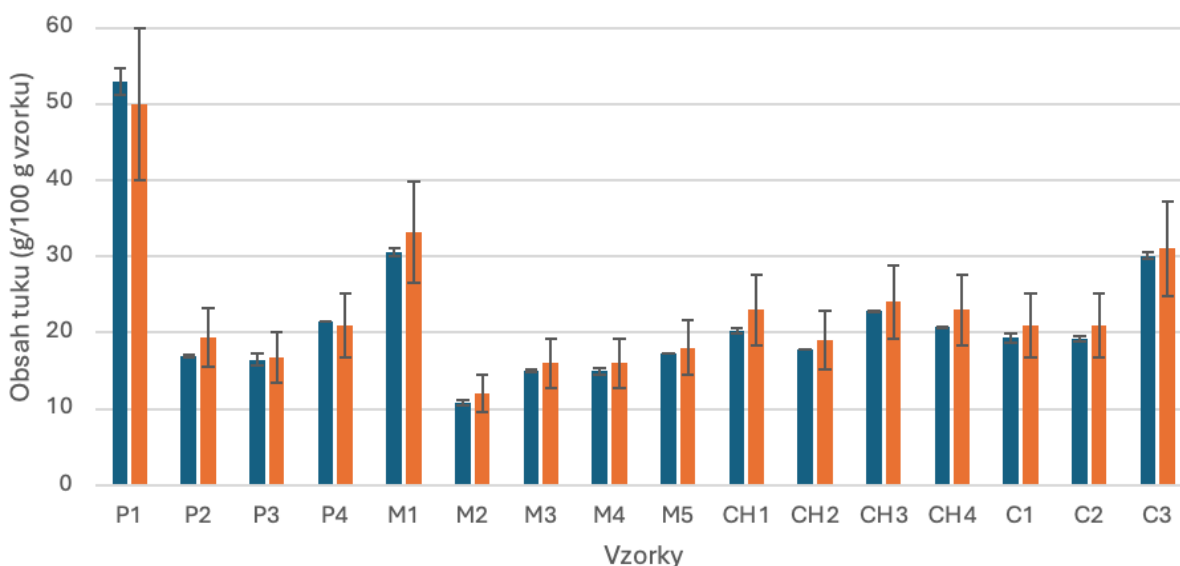
Obsah hrubých bílkovin byl stanoven Kjeldahlovou metodou ve dvou opakováních a výsledky byly porovnány s deklarovanými hodnotami na obalech výrobků. Přípustné legislativní odchylky činí $\pm 0,5$ g u obsahu bílkovin < 3 g/100 g, ± 2 g pro rozmezí 3 - 10 g/100 g a ± 20 % u obsahu > 10 g/100 g. Většina analyzovaných rostlinných alternativ sýrů obsahovala méně než 10 g bílkovin na 100 g produktu, přičemž u řady vzorků byly hodnoty blízké nule (viz Obrázek 1). Nejvyšší obsah byl naměřen u vzorku P1 ($25,9 \pm 0,5$ g/100 g), což odpovídalo deklarované hodnotě 26,0 g/100 g. Nejnížší průměrný obsah bílkovin vykazovala skupina čedarů (0,78 %), zatímco tři vzorky neobsahovaly bílkoviny vůbec, jak správně uváděla i jejich etiketa. Pouze u jednoho vzorku (P3) byla překročena legislativně přípustná odchylka, a to o 0,2 g/100 g. Srovnání s literárními údaji ukazuje zásadní rozdíl mezi mléčnými sýry a jejich rostlinnými alternativami. Medián obsahu bílkovin u mléčných sýrů činí přibližně 23 g/100 g, zatímco u rostlinných alternativ pouze 0,5 g/100 g, což z nutričního hlediska představuje výrazný deficit. Tvrdé sýry typu parmezán obsahují běžně 36 - 38 g bílkovin/100 g, zatímco kokosovo-škrobové alternativy prodávané na zahraničních trzích mají jen 0 - 2 g/100 g, tedy méně než 1 % referenční denní hodnoty. Podobně výrazné rozdíly jsou i u mozzarely a čedaru – mléčné varianty obsahují 22 - 26 g/100 g, zatímco běžné rostlinné bloky či plátky (kokos +



tapioka) deklarují 0 - 2 g/100 g⁵. Výjimku představují některé fermentované alternativy typu camembert vyráběné z kešu nebo luštěnin, jejichž obsah bílkovin se pohybuje mezi 11 – 18 g/100 g, tedy 55 - 90 % hodnot klasického camembertu (~20 g/100 g)⁶. Z testovaných vzorků v této práci však žádný z camembertů nebyl vyráběn z těchto surovin, a jejich obsah bílkovin byl zanedbatelný. Jediným produktem, u něhož se fermentace kešu projevila zvýšeným obsahem bílkovin, byl vzorek M1 (Mozzi-Mozzi) s hodnotou 9 g/100 g, což je sice nadprůměr v rámci rostlinných alternativ, ale stále výrazně pod úroveň mléčného originálu.



Obrázek 1 Obsah bílkovin ve vzorcích alternativ (g/100 g); ■- průměrný stanovený obsah bílkovin, ■ - deklarovaný obsah bílkovin

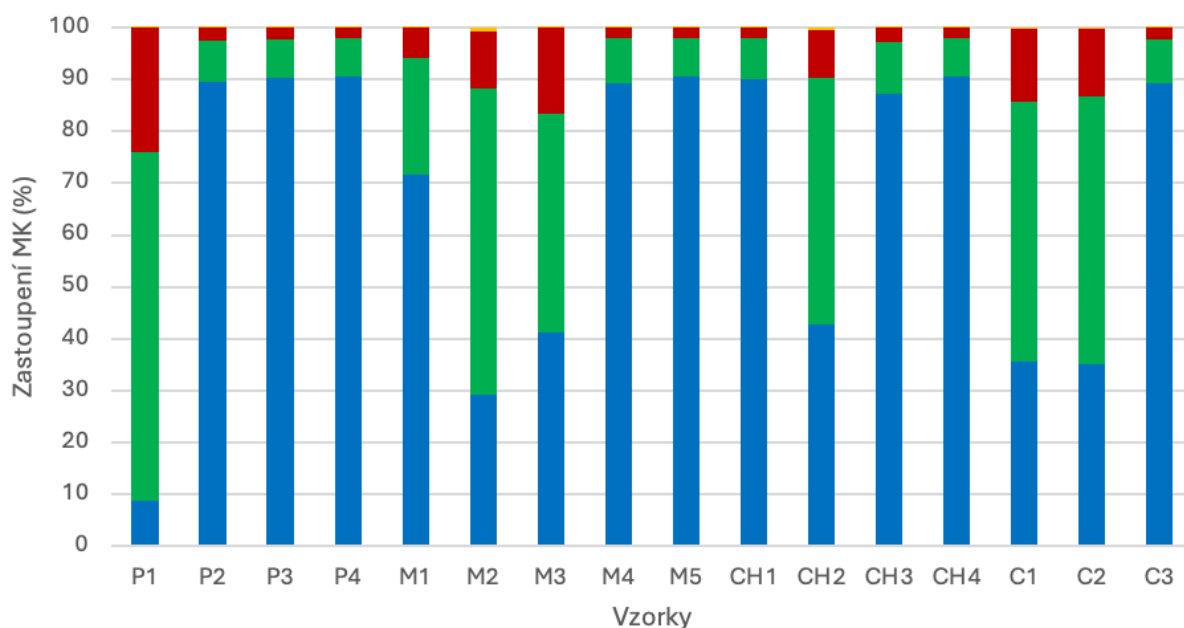


Obrázek 2 Obsah tuku ve vzorcích alternativ; ■- průměrný stanovený obsah tuku, ■ - deklarovaný obsah tuku

Nejvyšší průměrný obsah tuku byl zaznamenán u skupiny parmezánů (26,9 %), především díky vzorku P1 (Mondarella Pastasan) s hodnotou 52,9 g/100 g. Naopak nejnižší průměrný obsah tuku měla skupina mozzarell (17,7 %), přičemž nejnižší hodnotu vykazoval vzorek M2 (Mondarella Classic) s 10,8 g/100 g (viz Obrázek 2). Celkově poskytují rostlinné alternativy sýrů podobné množství tuku jako jejich mléčné protějšky, avšak zásadně se liší složením



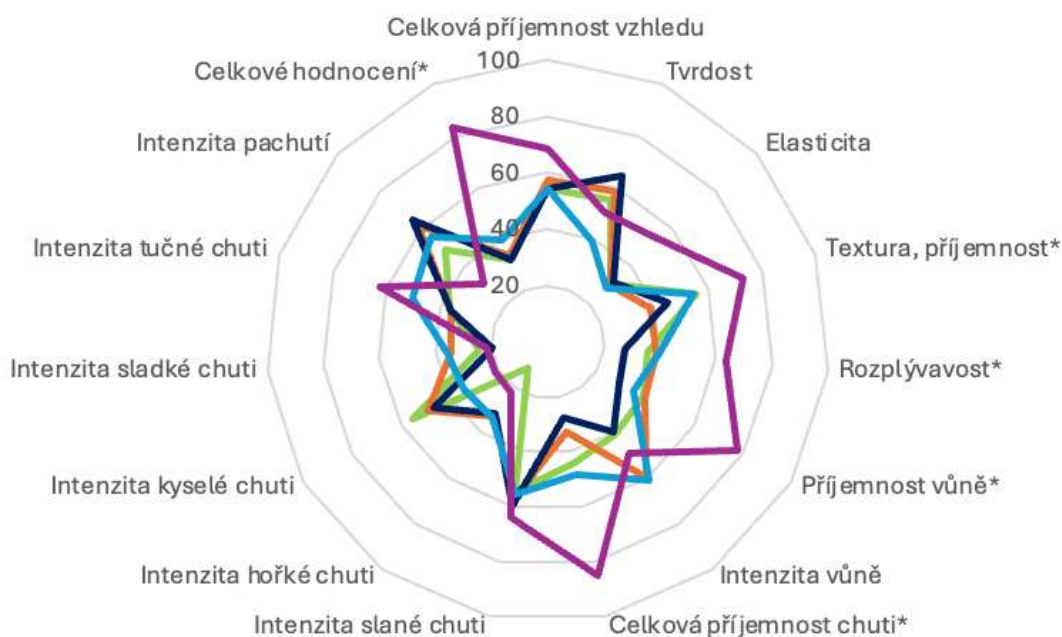
masných kyselin, neboť mléčný tuk je často nahrazen tropickými tuky, zejména kokosovým olejem. Pro ilustraci – originální Parmigiano-Reggiano obsahuje přibližně 25,8 g tuku/100 g, zatímco jeho kokosovo–škrobové alternativy z USA a Španělska mají 19 - 25 g/100 g, tedy podobné množství, avšak více než 90 % tvoří nasycené mastné kyseliny (SFA). Mozzarellly z kokosového tuku mají obvykle 18 - 24 g tuku/100 g, tofu varianty pak jen 8 - 12 g/100 g a nižší obsah SFA. Alternativy čedaru deklarují 20 - 28 g/100 g, což je asi o pětinu méně než klasický čedar, ale s dvojnásobným podílem SFA⁵. Fermentované alternativy camembertu z kešu nebo luštěnin mají 17 - 21 g/100 g, zatímco kokosové bílé plísňové prototypy jen 8 – 12 g/100 g, přičemž téměř veškerý jejich tuk tvoří SFA⁶. Analýza profilu mastných kyselin metodou plynové chromatografie s plamenově ionizačním detektorem ukázala, že 9 z 16 vzorků mělo podíl nasycených MK okolo 90 %, oproti 60 – 65 % u mléčných sýrů (Obrázek 3). Dominovaly kyseliny laurová, myristová a palmitová – typické pro kokosový olej. Obsah nenasycených MK v mléčných sýrech činí přibližně 25 – 35 %, zatímco u alternativ se pohyboval kolem 7 %. Vzorky P2, P3, P4, M4, M5, CH1, CH3, CH4 a C3 (s kokosovým tukem) vykazovaly podíl nasycených MK blízky 90 %, přičemž kyselina laurová tvořila 41,36 - 45,76 %, myristová 17,68 - 19,11 % a palmitová 9,66 - 12,60 %. Výjimkou byl vzorek M3, obsahující kromě kokosového tuku i řepkový olej, s podílem nasycených MK jen 41,19 %. Nejnížší podíl nasycených MK (<36 %) měly vzorky P1, M2, C1 a C2, které lze považovat za nutričně příznivější. Ve většině analyzovaných alternativ byl obsah omega-3 mastných kyselin nízký, což v kombinaci s převahou omega-6 MK bez jejich vyvážení podporuje zánětlivé procesy a může přispívat k rozvoji nadváhy a obezity⁷.



Obrázek 3 Stanovený profil MK: ■ – nasycené, ■ – monoenové MK, ■ – polyenové MK, ■ -transisomery MK

Mléčné sýry se typicky vyznačují vysokou elasticitou, kompaktní spojitou texturou a intenzivní sýrovou chutí, což jsou klíčové atributy i při hodnocení jejich rostlinných alternativ. V mnoha případech právě tyto parametry stojí za nižším hodnocením alternativních produktů. Studie ukazují, že průměrné skóre plant-based sýrů bývá výrazně nižší než u mléčných výrobků – například 4 - 5 z 9 bodů – přičemž nejčastěji negativně hodnocenými rysy jsou voskovitá textura, škrobová pachut' a nevýrazná sýrová chuť. Přidání nutričního droždí sice může zlepšit vnímání sýrové chuti, avšak texturu zásadně neovlivňuje⁸. Další studie uvádějí také drobnou strukturu, nedostatek chuti umami či olejovitý chuťový profil jako

faktory snižující atraktivitu těchto výrobků⁹. Naopak výrobky na bázi kešu či fermentovaných směsí mohou dosahovat vyššího sensorického hodnocení – ve slovinské studii získaly nejlepší alternativy 8 - 9 bodů z 10, zatímco nejhůře hodnocené měly kolem 5 bodů, zejména kvůli drobné textuře a umělé chuti². V této práci byly alternativy jednotlivých typů sýrů hodnoceny v přímém srovnání s jejich mléčnými protějšky (Obrázek 4). U skupiny parmezánů dosáhl nejvyššího hodnocení mléčný referenční vzorek, který vynikal vzhledem, tvrdostí, texturou, rozplývavostí i chutí. Naopak vzorky P1 a P2 byly hodnoceny nejhůře, zejména pro horší texturu a nižší celkovou příjemnost chuti. U mozzarely získal nejlepší hodnocení mléčný vzorek, především díky vysoké elasticitě a příjemné textuře, což jsou klíčové parametry pro tento typ sýra. Alternativy M1 a M2 byly hodnoceny jako nejslabší, s nízkou příjemností chuti, vzhledu a zvýšenou intenzitou pachuti. Ve skupině čedarů se nejlépe umístil mléčný vzorek, který dominoval v elasticitě, textuře, rozplývavosti a příjemnosti vůně i chuti. Nejhůře hodnocené vzorky CH1 a CH3 byly označeny za málo atraktivní kvůli nízkému hodnocení většiny sensorických atributů. U camembertů opět nejlépe dopadl mléčný referenční vzorek, který vynikal vzhledem, texturou, elasticitou a chutí. Nejslabší byl vzorek C2, jenž získal podprůměrné hodnocení téměř ve všech hodnocených parametrech. Výsledky potvrzují, že současné rostlinné alternativy sýrů, s výjimkou některých fermentovaných produktů na bázi ořechů nebo luštěnin, nedosahují sensorické úrovně mléčných protějšků, přičemž slabiny se projevují zejména v textuře, elasticitě a intenzitě sýrové chuti.



Obrázek 4 Výsledky sensorického hodnocení alternativ cheddarů (stupnice 0-100); — CH1, — CH2, — CH3, — CH4, — CH5

* mezi daty je statisticky významný rozdíl (p-value <0,05)

Obsah vápníku u analyzovaných alternativ byl v rozmezí 9 - 373 mg/100 g. U vzorků M5 a CH4 byl obsah vápníku zvýšen přidavkem vápenatých solí kyseliny citronové, zatímco u vzorku M2 byl použit mléčnan vápenatý, deklarovaný na obalu jako regulátor kyselosti. Výrazně vyšší obsah vápníku byl zaznamenán také u produktů, které obsahují větší podíl surovin přirozeně bohatých na tento minerál – typickým příkladem je vzorek P1 s 91% podílem mletých mandlí. Klasické mléčné sýry jsou tradičně považovány za významný zdroj vápníku. Tvrdé sýry, jako parmezán nebo čedar, běžně obsahují více než 700 mg vápníku na 100 g, zatímco měkké sýry, například Brie či Camembert^{10,11}, mívají přibližně poloviční množství.

V kontrastu s tím mají rostlinné alternativy bez fortifikace obvykle jen zanedbatelný obsah vápníku a ani jeho přídavek během výroby nedosahuje hodnot typických pro mléčné výrobky. Naměřené hodnoty u analyzovaných vzorků potvrdily tento trend (Tabulka II). Mezi parmezány vykazoval nejvyšší obsah vápníku vzorek P1 (224 mg/100 g), což lze přičíst vysokému podílu mandlí, zatímco ostatní varianty této skupiny obsahovaly pouze 12 - 36 mg/100 g. U mozzarellы vynikal vzorek M5 s 373 mg/100 g díky cílené fortifikaci, zatímco ostatní vzorky dosahovaly 12 - 96 mg/100 g. Podobná situace byla zaznamenána u cheddaru – nejvyšší obsah měl fortifikovaný vzorek CH4 (336 mg/100 g), následovaný CH2 (198 mg/100 g) a CH3 (181 mg/100 g), přičemž nejnižší hodnotu měl CH1 (56 mg/100 g). U camembertu byly zjištěny hodnoty mezi 9 a 105 mg/100 g. Celkově lze konstatovat, že i u výrobků s přídavkem vápníku zůstává jeho koncentrace několikanásobně nižší než u jejich mléčných protějšků. Z hlediska výživové hodnoty tedy současné rostlinné alternativy nemohou plně nahradit mléčné sýry jako významný zdroj této minerální látky.

Tabulka II Obsah vápníku ve vzorcích alternativ sýrů (mg/100 g)

Skupina	Vzorek	Stanovený obsah vápníku	Deklarovaný obsah vápníku
Parmezán	P1	224	283
	P2	14	N
	P3	36	N
	P4	12	N
Mozzarella	M1	12	N
	M2*	96	N
	M3	57	N
	M4	15	N
	M5*	373	285
Cheddar	CH1	56	N
	CH2	198	120
	CH3	181	N
	CH4*	336	270
Camembert	C1	105	N
	C2	97	N
	C3	9	N

Závěr

Cílem této studie bylo porovnat nutriční a senzorické parametry rostlinných alternativ sýrů s jejich mléčnými protějšky. V rámci experimentální části bylo analyzováno šestnáct rostlinných výrobků napodobujících čtyři typy sýrů (parmezán, mozzarella, camembert, čedar). Do senzorického hodnocení byly pro účely srovnání zařazeny také čtyři konvenční mléčné sýry.

Výsledky chemické analýzy ukázaly, že většina rostlinných vzorků obsahovala velmi nízké množství bílkovin, v některých případech prakticky nulové. Z nutričního hlediska tak tyto



výrobky nepředstavují adekvátní náhradu mléčných sýrů, které jsou běžně považovány za významný zdroj plnohodnotných bílkovin. Obsah tuku byl u rostlinných alternativ srovnatelný s mléčnými sýry, avšak složení mastných kyselin se výrazně lišilo – zejména vzorky na bázi kokosového tuku vykazovaly vysoký podíl nasycených mastných kyselin, což může být z hlediska výživy problematické. Také obsah vápníku byl u rostlinných výrobků výrazně nižší, přičemž ani jeho případná fortifikace nedosáhla hodnot běžných u mléčných výrobků.

Senzorická analýza rovněž potvrdila rozdíly mezi hodnocenými skupinami. Rostlinné alternativy byly hodnoceny jako méně elastické, s vyšší drobivostí a častější přítomností cizích pachutí. Přestože některé vzorky vykazovaly uspokojivou senzorickou přijatelnost, celková kvalita rostlinných alternativ zaostávala za konvenčními výrobky.

Získané výsledky ukazují, že současné rostlinné alternativy sýrů nedosahují nutričních ani senzorických parametrů mléčných protějšků. Vývoj těchto výrobků by se proto měl zaměřit na optimalizaci složení, zejména z hlediska zvýšení nutriční hodnoty (obsah bílkovin a vápníku) a zlepšení textury, chuti a dalších organoleptických vlastností.

Poděkování

Tato práce byla realizována za podpory projektu Specifického vysokoškolského výzkumu – projekt č. AI_FPBT_2025_004.

Literatura

1. Jaeger, S. R.; Jin, D.; Roigard, C. M.; Cardello, A. V. Consumer evaluations of commercially available plant-based cheddar cheese alternatives reveal inferior taste, nutrition and emotional appeal. *Food Research International* 2025, 200, 115452. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115452>.
2. Majhenič, A. Č. L., A.; Salobir, J.; Prevc, T.; Pajk Žontar, T. Can Plant-Based Cheese Substitutes Nutritionally and Sensorially Replace Cheese in Our Diet? *Foods* 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods14050771>.
3. Jaeger, I.; Köhn, C. R.; Evans, J. D.; Frazzon, J.; Renault, P.; Kothe, C. I. Nutritional and microbial profiles of ripened plant-based cheese analogs collected from the European market. *Food Research International* 2024, 191, 114724. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114724>.
4. Chavarri-Uriarte, B. J.; Santisteban-Murga, L. N. R.; Tito-Tito, A. B.; Saintila, J.; Calizaya-Milla, Y. E. Evaluation of sensory acceptability and iron content of vegan cheeses produced with protein legume isolates and Cushuro algae (*Nostoc sphaericum*). *Food Chemistry Advances* 2025, 6, 100924. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.100924>.
5. Craig, W. J.; Mangels, A. R.; Brothers, C. J. Nutritional Profiles of Non-Dairy Plant-Based Cheese Alternatives. *Nutrients* 2022, 14 (6). DOI: 10.3390/nu14061247 From NLM.
6. Fabiszewska, A.; Wierzychowska, K.; Dębkowska, I.; Śliczniak, W.; Ziółkowska, M.; Jasińska, K.; Kobus, J.; Nowak, D.; Zieniuk, B. Plant-Based Alternatives to Mold-Ripened Cheeses as an Innovation among Dairy Analogues. *Foods* 2024, 13 (14). DOI: 10.3390/foods13142305 From NLM.
7. Simopoulos, A. P. An Increase in the Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio Increases the Risk for Obesity. *Nutrients* 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu8030128>.
8. Short, E.; Kinchla, A.; Nolden, A. Plant-Based Cheeses: A Systematic Review of Sensory Evaluation Studies and Strategies to Increase Consumer Acceptance. *Foods* 2021, 10, 725. DOI: 10.3390/foods10040725.
9. Short, E. C.; Kinchla, A. J.; Nolden, A. A. Plant-Based Cheeses: A Systematic Review of Sensory Evaluation Studies and Strategies to Increase Consumer Acceptance. *Foods* 2021, 10 (4). DOI: 10.3390/foods10040725 From NLM.
10. Calcium in Cheese: Everything You Need to Know. 2022. <https://bcdairy.ca/calcium-in-cheese/> (accessed 2 June, 2025).
11. CALCIUM CONTENT OF COMMON FOODS. <https://www.osteoporosis.foundation/patients/prevention/calcium-content-of-common-foods> (accessed 5 June, 2025).

**EVROPSKÝ INOVAČNÍ A TECHNOLOGICKÝ INSTITUT PRO POTRAVINY (EIT FOOD) -
PŘÍLEŽITOSTI PRO SPOLUPRÁCI A PODPORU INOVACÍ**

Tomaniová M., Ryšlavá E.

Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

EIT Food představuje největší a nejaktivnější komunitu na světě, která se věnuje inovacím v oblasti potravin. Usiluje o urychlení přechodu k potravinovému systému budoucnosti, který nabídne udržitelné a zdravé potraviny pro všechny.

EIT Food propojuje výzkumné a přední vědecké instituce s aktivitami start-upů, korporací, podnikatelů, investorů, spotřebitelů a průmyslu. Jeho cílem je rozvíjet dovednosti a podnikání v zemědělsko-potravinářském sektoru, a to včetně vzdělávání. Usiluje o urychlení inovací, tvorbu pracovních míst, posílení podnikatelského prostředí a zvýšení konkurenceschopnosti Evropy, se zvláštním zaměřením na klíčové mise EIT Food, (i) Healthier Lives Through Food, (ii) Net Zero Food System, (iii) Reducing Risk for a Fair and Resilient Food System. Pro podporu trvalé a udržitelné transformace potravinového systému spustil EIT Food program Impact Funding Framework, jehož cílem je podpořit ambiciózní, dlouhodobé spolupráce, které povedou k systémovým změnám přinášejícím prospěch celé společnosti.

EIT Food Protein Diversification Think Tank, jako neutrální a nezávislý orgán, zapojuje všechny zúčastněné strany potravinového systému do strukturované diskuse s cílem identifikovat mezery, překážky a příležitosti. Mezi aktivity think tanku patří také spoluvytváření plánů založených na důkazech a doporučování opatření a politik pro diverzifikaci bílkovin s cílem podpořit transformaci potravinových systémů.

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

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





Home > All EIT Food projects > EIT Food Protein Diversification Think Tank

EIT Food Protein Diversification Think Tank

The Think Tank convenes selected stakeholders and partners, fostering broad and inclusive participation to overcome barriers to innovation in the field of protein diversification.

[CONTACT →](#)

2022 > 2026

... As a neutral, independent body, the Think Tank engages all stakeholders of the food system in structured discussion to identify gaps, barriers, and opportunities as well as co-creates evidence-based roadmaps and recommends actions and policies for protein diversification to drive the food systems transformation.

<https://www.eitfood.eu/projects/eit-food-protein-diversification-think-tank>

Working groups

Protein Diversification Think Tank is focusing its activities within two working groups

- Ecosystem and value chain impact Working Group
- Policy Working Group

in order to:

- To **identify specific gaps** with the different stakeholders, and **implement needed activities** to narrow these gaps
- To **better understand the different types of alternative proteins**
- To **reply with innovative solutions** to Protein Diversification momentum happening globally
- To **foster a science-based public debate** on Protein Diversification in Europe
- To **map and coordinate the emergence of European network of expertise**

EIT Food Protein Diversification Think Tank - PUBLICATIONS



Projects linked to **Protein Diversification**:

[EU Food Biofutures](#)

[EcoMilk: Revolutionizing Dairy with On-Premise Sustainability](#)

[FitoWise](#)

[Light green eggs](#)

[Soil-free Proteins for alternative dairy foods – Nutritious, Sustainable, and Healthy Functional Protein](#)

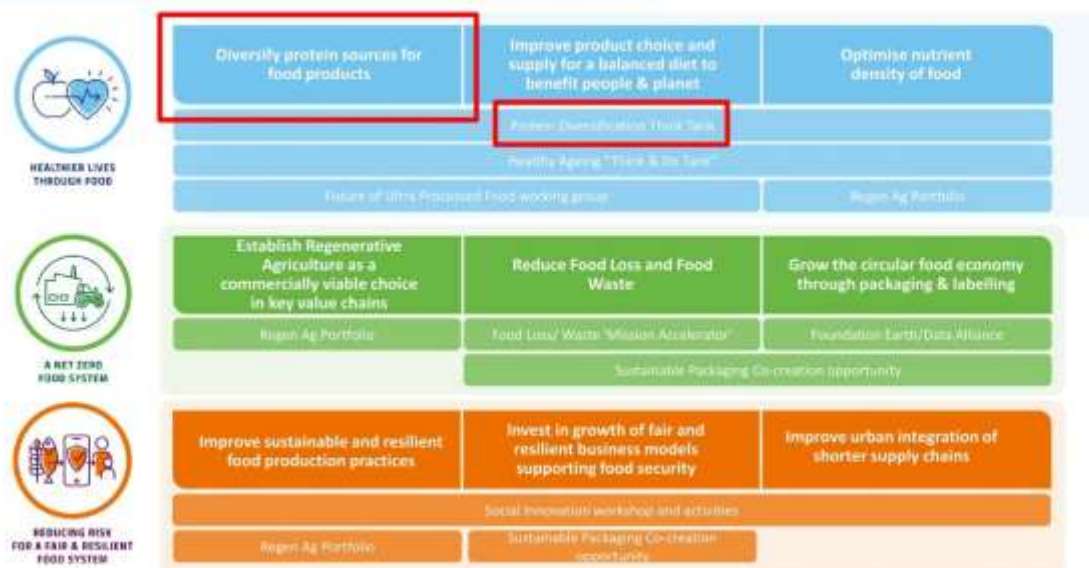
[New Aztecs: Innovative, Natural and Sustainable Cocoa/Chocolate Alternative Ingredients](#)

[Drying the "waste" of the legume industry \(Aquafaba\) into a functional powder for the food industry, and completing circular economy](#)





Our community activities are also driving IFF growth



IMPROVING FOOD TOGETHER

WHAT'S THE DIFFERENCE?

One Framework 2023–2025

Multiple Submission Windows



Co-funded by the European Union

www.eitfood.eu/missions

Impact Funding Framework



- **Launched September 2023**
Three-year Missions funding roadmap
- **€30m fund**
5 out of 7 submission windows complete
- **Two routes:**
Collaborative Programmes
Single Projects
- **IMPACT** focussed
- **Open to all types of food systems innovation**

Next deadlines: **10 July, 13 November 2025**



<https://www.eitfood.eu/open-calls/impact-funding-framework>

OUR ACTIVITIES – EDUCATION

Learning for food system transformation. We equip the brightest minds all over Europe and beyond, with **skills** and **knowledge** to create a sustainable food system.

LEARNING & ASSESSMENT SERVICES

Our EIT-labelled & Certified Learning Service programmes utilise a robust Competency Framework to equip Students and Professionals to drive meaningful change in the food industry. Notable offerings include the Master in Food Systems, Global Food Venture Programme for PhDs, Food Solutions and Inspire Programmes.

[READ MORE >](#)



B2B OFFERING

We provide targeted upskilling and reskilling programmes for Professionals, such as WE Lead Food for women, Innovator Fellowship for researchers, Algae Biotechnology, and GROW for farmers.

We also tailor solutions to enhance team development for Organisations and Companies.

[READ MORE >](#)



ONLINE COURSES

With over 25 engaging online courses, we offer lifelong learning opportunities for everyone that foster knowledge transfer and inspire a mindshift towards sustainable agrifood systems. Our courses have already reached over 226,000 learners, empowering them to make informed food choices and harness technology for sustainability.

[READ MORE >](#)



[Home](#) | [About EIT Food](#) | [Contact Us](#) | [About EIT Food](#)

[Course catalogue](#) | [Assess your skills](#) | [Learn with EIT Food](#) | [Develop your workforce](#) | [Collaborate](#)

EIT Food course catalogue

Explore our array of courses and programmes!

Discover our accredited courses and training programmes. Whether you're looking to [level up your skills](#) or [develop your workforce](#), [boost your skills](#) and [train your team](#) and get tailored course recommendations.

Interested in collaborating to develop a training programme? [Reach out](#) and connect with us. [Get in touch](#).

Search for courses, topics or keywords

Filter: **MODE** | **CERTIFICATION** | **LEARNING PATH** | **START DATE**

25 RESULTS

A FARMER'S GUIDE TO REGENERATIVE AGRICULTURE

Scale up regenerative agriculture training

[VIEW DETAILS](#)

THE REGENERATIVE AGRICULTURE REVOLUTION

Build your knowledge of sustainable farming methods and the skills and policies needed to transition to a regenerative model

[VIEW DETAILS](#)

THE HUMAN MICROBIOME

Discover what the microbiome is, how it changes throughout your life, and the role it plays in good human health

[VIEW DETAILS](#)

<https://learning.eitfood.eu/courses>

[Home](#) | [All EIT Food projects](#) | [Inspire Programme](#)

Inspire Programme

Boost your skills, drive change and do business in the agrifood sector!

[KEEP ME INFORMED](#)

[IF YOU ARE AN ORGANISATION, CONNECT WITH US TO EXPLORE ENGAGEMENT OPPORTUNITIES!](#)

2021 > 2025

<https://www.eitfood.eu/projects/inspire>



Competency Framework	Explore Level	Practice Level	Master Level
ENTREPRENEURSHIP PROBLEM SOLVING FOOD SYSTEMS	FEATURED COURSES: - Inspire Explore: Entrepreneurship & Food Systems - Inspire, Explore, Compete: Modern Solutions Food Systems	INSPIRE SCHOOLS: - Restorative Aquaculture - Digital Technologies in the Food System - Circular Agrifood - RIS HealthySoil4Life - RIS Deep Tech in Regenerative Agriculture - RIS Sustainable Food Production and Consumption - RIS SAFER (Student Entrepreneurship for an Agri-Food Ecosystem Recovery)	FEATURED COURSE: Inspire Impact

InfraBooster

EIT Food InfraBooster
Unlocking the hidden value of
European research infrastructures

www.eitfood.eu/projects/infrabuster

- Applications: on a rolling basis throughout the 2025
- FREE OF CHARGE

✓ online training for scientific organisations
to leverage research infrastructures

✓ industrial collaboration
+ international
partnerships
+ innovations







WHY JOIN?

...make underutilized commercially
relevant infrastructures available to
companies:

- ✓ understand your competitive strengths
- ✓ find industrial partners
- ✓ generate revenues
- ✓ increase your innovativeness
- ✓ add value to the industry
- ✓ deliver societal impacts

**LET'S CREATE THE FUTURE
OF FOOD TOGETHER**



BECOME PART OF OUR COMMUNITY
SHARE YOUR IDEAS
HELP US TRANSFORM THE FOOD SECTOR



FIND OUT MORE AT
www.eitfood.eu

Monika Tomaniová
VŠCHT Praha
Monika.Tomaniova@vscht.cz
<https://eitfoodhub.vscht.cz/>

KS2

INVITATION TO XXII EUROFOODCHEM, 11-13 JUNE 2025, BRATISLAVA, SK

Ciesarová Z.

Výskumný ústav potravinársky, NPPC v Bratislave

Dear Colleagues and Friends,

On behalf of the Slovak Chemical Society, the National Agricultural and Food Centre, and the Faculty of Chemical and Food Technology at the Slovak University of Technology in Bratislava, it is my pleasure to welcome you to the XXIII European Conference on Food Chemistry – EUROFOODCHEM XXIII – taking place in Bratislava, Slovakia, from 11 to 13 June 2025.

EUROFOODCHEM is the flagship congress of the Division of Food Chemistry of the European Chemical Society. Since 1981, it has served as a leading platform for researchers, technologists, and professionals in food chemistry to share advances, foster collaboration, and support young scientists.

We are honored to host this prestigious event in Slovakia for the first time. Bratislava, our capital city on the Danube River, offers a vibrant mix of history, accessibility, and hospitality – an ideal setting for scientific exchange and networking.

EUROFOODCHEM XXIII is bringing together more than 250 registered delegates, coming from 37 countries from Europe, Asia, America and Africa, which demonstrates the worldwide interest of academia and industry in food chemistry. This year's programme will feature 7 plenary lectures, 6 keynote lectures, 76 oral presentations, 16 flash presentations, 158 poster presentations and 3 workshops, and focused discussions around the central theme of WINSAF – Waste-less Innovative Safe Attractive Food Production. A highlight of the event is the dedicated workshop for early-career scientists "How to Be Successful in Science and Business," offering valuable insights into building a scientific career, securing funding, and exploring innovation and entrepreneurship.

We warmly invite you to join us for a stimulating scientific experience and the opportunity to connect with colleagues from across Europe and beyond. Let us work together to advance food chemistry and address the pressing global challenges of food systems and health.



We look forward to welcoming you to Bratislava in June 2025!

Warm regards,

P1

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

Náglová Z.

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

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

Czech Journal of Food Sciences

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

P2

INFRASTRUKTURA METROFOOD-CZ – ODBORNÁ POMOC V OBLASTI ZEMĚDĚLSTVÍ, KVALITNÍCH A BEZPEČNÝCH POTRAVIN A VÝŽIVĚ

Novotná P. (1), Gabrovská D. (1), Laknerová I. (1), Rysová J. (1), Urban M. (1), Kouřimská L. (2), Hajšlová J. (3)

(1) Odbor potravinářství, CARC

(2) Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU v Praze

(3) Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

METROFOOD-CZ je významná výzkumná infrastruktura pro oblasti potravin a výživy, jež funguje v souladu s RIS3 strategií. Jejím hlavním cílem je provozovat a podporovat nový interdisciplinární výzkum v oblastech od primární zemědělské výroby, přes zpracování, technologie a skladování potravin, až po kvalitu, autenticitu, bezpečnost a sledovatelnost potravin, surovin, produktů a doplňků stravy, tvorbu databází, vývoj nových metod a referenčních materiálů.

Infrastruktura METROFOOD-CZ vznikla v lednu 2017 jako národní uzel mezinárodní infrastruktury METROFOOD-RI, do níž je zapojeno 48 organizací z 18 zemí. V roce 2018 byla LRI zařazena mezi české velké infrastruktury na Cestovní mapě velkých výzkumných infrastruktur ČR, do domény Zdraví a potravin. Tvoří ji tři partneři – Česká zemědělská univerzita v Praze (ČZU, hlavní koordinátor), Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i. (NCZPV, v.v.i.) a Vysoká škola chemicko-technologická v Praze (VŠCHT).



Aktivita řešitelského kolektivu NCZPV (Odbor potravinářství) byly v posledním roce zaměřeny na vývoj a validaci analytických metod (např. stanovení obsahu chitinu, fenolických látek) a využití moderních technologií (vysoký tlak pro ošetření mateřského mléka), reformulace potravin (snižování obsahu cukrů, nasycených mastných kyselin, soli, zvýšení obsahu bílkovin, vlákniny), vývoj potravin pro spotřebitele se specifickými výživovými nároky (především bezlepková dieta), plýtvání potravinami v souvislosti s udržitelnou výrobou a spotřebou potravin, rizikové živiny, využití fermentačních technologií, probiotik a prebiotik a stanovení potravinových alergenů. Kromě toho METROFOOD-CZ nabízel služby také v oblasti vzdělávání na akcích pro laickou i odbornou veřejnost, ať to byly konference, workshopy nebo výstavy a veletrhy.

V rámci aplikací vývoje a spolupráce s průmyslovou sférou byla chráněna nová, průmyslově využitelná technická řešení, která přesahovala rámec pouhé odborné dovednosti. Prostřednictvím užitečných vzorů bylo chráněno v uplynulém roce několik inovovaných potravin v oblasti využití alternativních zdrojů bílkovin, reformulace potravin a využití rostlinných extraktů.

Poděkování: Tato práce vznikla za podpory výzkumné infrastruktury METROFOOD-CZ, MŠMT (projekt č. LM2023064) a Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO0425.

METROFOOD-CZ infrastructure – professional assistance in the field of agriculture, quality and safe food and nutrition

METROFOOD-CZ is a major research infrastructure for food and nutrition, operating in accordance with the RIS3 strategy. Its main objective is to conduct and support new interdisciplinary research in areas ranging from primary agricultural production, through food processing, technology and storage, to the quality, authenticity, safety and traceability of food, raw materials, products and food supplements, database creation, development of new methods and reference materials.

The METROFOOD-CZ infrastructure was established in January 2017 as a national node of the international METROFOODRI infrastructure, which involves 48 organizations from 18 countries. In 2018, the LRI was included among the Czech large infrastructures on the Roadmap of Large Research Infrastructures of the Czech Republic, in the Health and Food domain. It consists of three partners – Czech University of Life Sciences Prague (CZU, main coordinator), Czech Agrifood Research Center (CARC) and University of Chemistry and Technology Prague (UTC Prague).

The activities of the CARC research team (Division of Food) in the last year were focused on the development and validation of analytical methods (e.g. determination of chitin content, phenolic substances) and the use of modern technologies (high pressure for treating breast milk), food reformulation (reducing the content of sugars, saturated fatty acids, salt, increasing the content of proteins, fiber), the development of foods for consumers with specific nutritional requirements (especially gluten-free diet), food waste in connection with sustainable food production and consumption, risky nutrients, the use of fermentation technologies, probiotics and prebiotics and the determination of food allergens. In addition, METROFOOD-CZ also offered services in the field of education at events for the general public and professionals, whether they were conferences, workshops or exhibitions and fairs.

As part of the development applications and cooperation with the industrial sector, new, industrially usable technical solutions were protected, which went beyond the scope of mere professional skills. Several innovative foods in the areas of using alternative protein sources, food reformulation, and the use of plant extracts were protected through utility models last year.



LABORATORNÍ MLECÍ POKUS PRO VYBRANÉ ODRŮDY PŠENICE SETÉ A ŠPALDY

Švec I. (1), Dvořák P. (2), Skřivan P. (1), Rýparová Kvirencová J. (3), Hajšlová J. (3), Hrbek V. (3)

(1) Ústav sacharidů a cereálií, VŠCHT Praha

(2) Katedra agroekologie a rostlinné produkce, ČZU Praha

(3) Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

Úvod

Pšenice setá (*Triticum aestivum* L., případně *T. aestivum* subsp. *aestivum* L.) a pšenice špalda (*T. spelta* L., případně *Triticum aestivum* subsp. *spelta* L.) jsou blízce příbuzné botanické hexaploidní druhy snadno křížitelných travin, které jsou od nepaměti pěstovány pro lidskou výživu. Pro oba botanické druhy majoritně převažuje ozimá varianta, kdy špalda je kvůli nižším výnosům pěstována okrajově a většinou v ekologickém režimu (osevní plocha v ČR je cca 7.000 ha). V normě ČSN 46 1100-2 jsou odrůdy pšenice (tj. i špaldy) na základě reprezentativních mlynářsko-pekařských jakostních ukazatelů rozděleny na pekárenské a pečivářenské. Odrůdy pekárenské jsou dále legislativně rozděleny do 4 jakostních tříd, primárně podle kvality lepkových bílkovin v hladké mouce: *E* – elitní, zlepšující, *A* – kvalitní, samostatně zpracovatelná, *B* – chlebová, zpracovatelná ve směsi a *C* – pekařsky nevhodná (např. oplátková či keksová).

Výsledky statistického zpracování víceletého monitoringu kvality potravinářské pšenice, pěstované v rámci Středočeského kraje potvrdily převahu pěstování agronomicky méně náročnějších odrůd tříd A a B¹. Naproti tomu Hellin *et al.*² provedli komplexní čtyřletý kvalitativní průzkum 22 evropských odrůd špaldy, pěstovaných v Belgii intenzivně (oblast Gembloux) a ekologicky (regionu Michamps). Z více než 30 technologických kvalitativních parametrů vyplynulo předpokládané:

- „i) na vlastnosti špaldy má vliv jak vegetační období, tak i prostředí pěstování;
- ii) mezi odrůdami špaldy existují značné agronomické a technologické rozdíly (např. odrůda Zürcher Oberländer Rotkorn má pro špaldu atypické technologické vlastnosti);
- iii) 22 sledovaných odrůd špaldy by mohlo být roztrženo do 3 agronomických a 5 technologických skupin;
- iv) využití zveřejněného seskupení odrůd potenciálně usnadní finální využití špaldy (výběr odrůdy pro komerční produkci daného cereálního výrobku).“

Pro mlýnské zpracování patří mezi základní znaky také objemová hmotnost zrna a tvrdost zrna, které ovlivňují výtěžnosti jedlých mlýnských produktů (v případě pšenice krupice a mouky hrubé, polohrubé a hladké) a krmiv (otrub, krmné mouky). V případě prvního parametru se jedná o nepřímý odhad podílu endospermu na bázi morfologie zrna, pro druhý o snadnost oddělení tuhých obalových vrstev zrna (otrub) od moučného endospermu během mletí. Oba znaky jsou však primárně závislé na odrůdě pšenice, sekundárně na lokalitě pěstování a ročníku sklizně. V mezinárodním měřítku bylo schváleno několik metod pro stanovení tvrdosti pšeničného zrna; Faměra *et al.*³ na 10 odrůdách pšenice v letech 1997 – 2001 uspokojujivě prověřili těsnost korelací mezi metodami WHI (torze při mletí), PPS (propad sítem 0,140 mm), postupem PSI (propad sítem 0,075 mm) a měřením tvrdosti zrna spektrometricky v NIR oblasti. Další způsob je penetrace jednotlivých zrn v počtu desítek až stovek jehlou na přístroji Single-Kernel Wheat Hardness Tester, který byl úspěšně prověřen také pro posouzení



mlynářské kvality žita⁴. V případě pšenice *T. durum* lze hodnotit i sklovitost (z angl. vitreousness), která koresponduje s obsahem bílkovin, především jejich frakcí konkrétně jednořetězcových gliadinů.

Na laboratorních mlýnech různých výrobců (např. CD1 Auto Chopin (FRA), MLU-202 Bühler (CHE), Quadrumat Senior Brabender (GER) aj.) lze podle počtu semletých frakcí do jisté míry simulovat reálný provoz průmyslového pšeničného mlýna a kvalifikovaně odhadnout výsledky komerčního mletí. V pšeničném mlýně je základní proces mletí – prosévání, opakován 10× až 12×, kdy se mlýnem v potrubí najednou pohybují desítky frakcí. Sítováním jsou sestavovány tak, aby se akumulovaly částice pocházející ze stejných či blízkých morfologických partií zrna, jelikož každá tato část vykazuje unikátní a vzájemně rozdílné technologické (pekařské) vlastnosti. Celková výtěžnost jedlých produktů se pak běžně pohybuje od 75 – 82 %⁵.

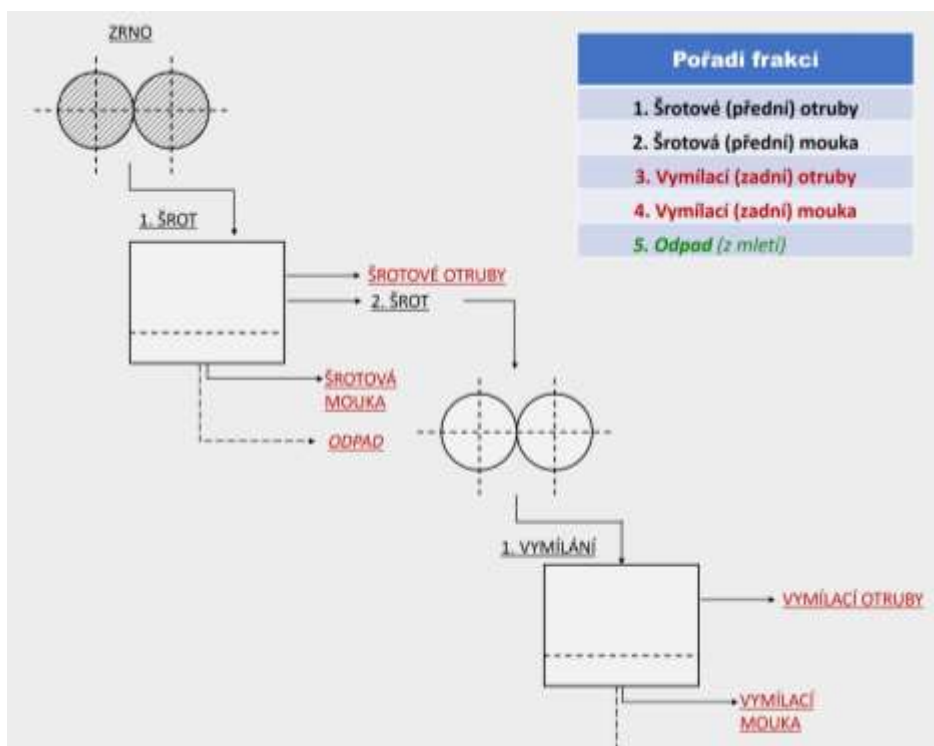
Pro porovnání mlynářské kvality pšenice a špaldy z konvenčního a pšenice z ekologického režimu pěstování byly shromážděny trojice, pětice a trojice odrůd. Popis jejich mlynářské kvality byl proveden výše uvedenými základními znaky a pokusným mletím na laboratorním mlýně CD1 Auto. Výsledky dezintegrace na 5 frakcí byly hmotnostně bilancovány a statisticky vyhodnoceny s cílem porovnat mlynářskou kvalitu špaldy z konvenčního režimu pěstování proti pšenícím vypěstovaným konvenčně i ekologicky.

Experimentální část

V testovaném souboru reprezentují konvenční režim pěstování odrůdy pšenice seté *Wiwa*, *Prim* a *Penelope*, resp. odrůdy špaldy *Serpentin*, *Rokoz*, *Orkus*, *Rubiota* a *Tauro*. Zrno těchto odrůd bylo dodáno firmou PRO-BIO, obchodní společnost s r.o., Staré Město. Za ekologický režim pěstování jsou zastoupeny odrůdy pšenice seté *RTG Telemark*, *Butterfly* a *LG Absalon* (dále používány dvoupísmenné zkratky). Podle příslušných ČSN byly stanoveny znaky objemová hmotnost (OH, ČSN ISO 7971-2) a hmotnost tisíce zrn (HTZ, ČSN 46 1011-26). Tvrdost zrna pšenice a špaldy byla posouzena metodou *Particle Size Index* (PSI, metoda AACC 55-30). Jedná se o nepřímou metodu, kdy je celozrnná mouka získaná na mlýnku LM 3303 (Perten Instruments, SWE) po dobu 10 min prosévána na rotační prosévače na síť 75 µm při 100 ot/min (zde typ KS 1000, Retsch, GER) s uzančným čištěním pomocí 10 ks plastových kostek. Po vysévání je vypočtena hodnota PSI jako desetinásobek hmotnosti propadu sítím. Podle hodnot PSI je definováno 8 kategorií od *extra tvrdá* (PSI 0 – 7) přes *středně měkká* (PSI 21 – 25) až po *extra měkká* (PSI 35 – 100). Uvedené 3 zkoušky byly provedeny vždy ve třech opakováních.

Mletí zrna na hladkou mouku bylo provedeno v Cereální hale VŠCHT Praha s využitím mlýna CD1 Auto (Chopin Technologies, FRA), vždy ve třech opakováních se základní dávkou zrna 530 g. Chod mlýna je nastavován a spouštěn obsluhou z dotykové obrazovky, vlastní proces mletí automaticky řídí zabudovaný PC a firemní software. V prvním kroku mletí, tzv. *šrotování*, jsou jako propad prvním sítím získány šrotové otruby a mouky (ŠO, ŠM). Hrubý přepad je aspirací veden na druhý krok mletí (*vymílání*), kde opakovaně cirkuluje až do automatického ukončení mletí. V druhém kroku jsou tedy získány vymílací otruby a mouky (VO a VM), resp. odpad vzniklý pneumatickým dočištěním mlýna (**Obrázek 1**). Počet cyklů přemletí vymílaných otrub proto přímo určuje dobu mletí jednoho vzorku. Hmotnostní bilance pokusného mletí zahrnuje výpočet hmotnostních podílů všech 5 uvedených frakcí. Vzájemně závislé doplňkové informace jsou doba mletí a zatížení mlýna (podíl navážky zrna semletý za jednotku času).





Obrázek 1 Technologické schéma mletí na mlýně CD1 Auto Chopin

Statistické zpracování dat proběhlo v programu Statistica 13.1 (TIBCO Software, USA) zahrnující lineární korelační analýzu ($P = 95\%$), která by měla potvrdit již známé vztahy vlastností zrna a výsledků pokusného mletí. Druhou statistikou byla vícefaktorová analýza rozptylu (MANOVA) v podobě HSD Tukeyova testu ($P = 95\%$) pro faktory $F1$ – Botanický druh pšenice (pšenice; špalda), $F2$ – Režim pěstování (konvenční, ekologický) a $F3$ – Odrůda (pšenice $Wi - Pe, Te - Ab$; špalda $Se - Ta$). V případě testu MANOVA ukazuje největší rozptyl dat na silnou interakci vyjmenovaných faktorů. Komplexní porovnání kvality odrůd pšenice a špaldy na základě OH, HTZ, PSI a znaků mlecího pokusu umožnila vícerozměrná průzkumná metoda hlavních komponent (PCA).

Výsledky a diskuse

Znaky zrna OH, HTZ a PSI

Parametr HTZ je více využíván šlechtiteli, jelikož při šlechtění se v prvních generacích kříženců získávají jen jednotky kilogramů zrna. Osiváři kromě HTZ při slovním popisu odrůdy používají zjednodušené kategorie *zrna malé, středně velké a velké*. Běžné rozpětí hodnot HTZ pro pšenici setou je 20 – 55 g a pro špaldu 24 – 70 g, zatímco archaické pšenice jednozrnka a dvouzrnka vykazují hmotnosti 24 – 35 g a 31 – 58 g⁶⁻⁹. Pro testované odrůdy pšenice a špaldy bylo zjištěno rozmezí od 36,8 g pro eko-pšenici *Te* až po 48,3 g pro špaldu *Ta*, kdy i přesto nelze statisticky odlišit oba botanické druhy a ani režim pěstování ($P = 95\%$; **Tabulka I**). Při porovnání výsledků šestiletého pěstování mezi roky 2006 a 2011 byly hodnoty HTZ pro konvenčně a ekologicky vypěstovanou pšenici *T. durum* stanoveny mezi 42,6 a 52,1 g. Rozdíly v jednotlivých ročnících činily 0,0 % – 4,7 % ve prospěch ekologického pěstování¹⁰.

Tabulka I Mlynářské znaky zrna odrůdy pšenice a špaldy – konvenční a ekologický režim pěstování

Druh pšenice	Režim pěstování	Odrůda	HTZ (g)	OH (g/l)	Tvrdost zrna PSI (%)			
Pšenice setá	konvenční	<i>Wiwa</i>	42,8 ^{bcd}	853 ^f	9,4 ^a			(velmi tvrdá)
		<i>Prim</i>	47,5 ^e	874 ^g	9,6 ^{ab}			(velmi tvrdá)
		<i>Penelope</i>	41,8 ^{bc}	774 ^c	11,4 ^{cd}			(velmi tvrdá)
	ekologický	<i>RTG Telemark</i>	36,8 ^a	845 ^f	14,4 ^f			(tvrdá)
		<i>Butterfly</i>	44,3 ^d	831 ^e	10,8 ^{bc}			(velmi tvrdá)
		<i>LG Absalon</i>	44,0 ^{cd}	815 ^d	18,1 ^g			(středně tvrdá)
Pšenice špalda	konvenční	<i>Serpentin</i>	41,8 ^{bc}	775 ^c	13,2 ^{ef}			(tvrdá)
		<i>Rokoz</i>	37,3 ^a	766 ^{bc}	17,7 ^g			(středně tvrdá)
		<i>Orkus</i>	41,2 ^b	716 ^a	18,1 ^g			(středně tvrdá)
		<i>Rubiota</i>	42,8 ^{bcd}	772 ^c	12,3 ^{de}			(velmi tvrdá)
		<i>Tauro</i>	48,3 ^e	761 ^b	14,5 ^f			(tvrdá)
Pšenice setá	konvenční	<i>Wi, Pr, Pe</i>	44,1 ^A	833 ^B	10,1 ^A			(velmi tvrdá)
	ekologický	<i>Te, Bu, Ab</i>	41,7 ^A	831 ^B	14,4 ^B			(tvrdá)
Pšenice špalda	konvenční	<i>Se, Ro, Or, Ru, Ta</i>	42,3 ^A	758 ^A	15,2 ^B			(tvrdá)

HTZ – hmotnost tisíce zrn; OH – objemová hmotnost; PSI – Particle Size Index (metoda AACC 55-30);
^{a-g} průměry odrůd ve sloupcích, označené stejným písmenem, nejsou statisticky odlišné ($P = 95\%$);
^{A-B} průměry skupin odrůd ve sloupcích, označené stejným písmenem, nejsou statisticky odlišné ($P = 95\%$)

V případě žita, které přirozeně vytváří tenčí a delší zrna, se uvádí HTZ v průměru odhadem poloviční než pro pšenici setou (25 – 40 g)¹¹. Trávy pěstované pro krmení nebo jako parkové rostliny, např. jilek vytrvalý nebo kostřava rákosovitá, mají přitom HTZ nejčastěji mezi 1,0 – 3,0 g; pro mák setý se běžně udává 0,4 – 0,8 g, resp. pro len setý 4 – 14 g.

Pro potravinářskou pšenici je zákonem dané minimum pro OH na úrovni 780 g/l (při vlhkosti 13,5 – 14,5 %), aby průmyslové mletí bylo efektivní. S ohledem na tento limit nevyhověly odrůdy špaldy *Ro*, *Or* a *Ta*, i když byly pěstovány konvenčně (tj. standardně hnojeny dusíkem). Z tohoto důvodu byl průměr skupiny “špaldy” o přibližně 10 % nižší než pro pšenice z konvenčního i z ekologického režimu pěstování (758 g/l proti 833 a 831 g/l; **Tabulka I**). Pšenici seté a kukuřici se šlechtitelé začali intenzivně věnovat již během a zejména po druhé světové válce, kdy byla v Mexiku založena mezinárodní organizace CIMMYT (ze španěl. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo – Mezinárodní centrum pro zlepšení kukuřice a pšenice), aby obě obiloviny dosahovaly vyšších výnosů a bylo možno je pěstovat i v tehdy pro ně nepříznivých podmínkách. Po letech tak z vyšších nadmořských výšek s méně úrodnou půdou pšenice částečně vytlačila agrotechnicky méně náročné žito.

Tvrdost zrna pšenice se rozlišuje i slovně – v Evropě pěstované odrůdy většinou patří mezi tzv. měkké pšenice, zatímco v severní Americe jsou rozeznávány varianty HRW (z angl. hard red winter), HRS (z angl. hard red spring), SRW (z angl. soft red winter), HWW (z angl. hard white winter) and SWW (z angl. soft white winter). Zásadní rozdíl je v obsahu a kvalitě bílkovin, který je v případě evropských kultivarů nižší. Pro 11 vlastních vzorků pšenice seté a pšenice špaldy se hodnoty PSI pohybovaly od 9,4 pro velmi tvrdou pšenici *Wi* až po dvojnásobek – 18,1 pro středně tvrdou špaldu *Or* (**Tabulka I**). Podobné rozpětí hodnot tohoto



parametru 14,2 – 19,3 zveřejnili Yamazaki a Donelson (1993)¹² pro 7 odrůd z kategorií SRW a SWW; pro dvě odrůdy HRW pšenice stanovili PSI na úrovních měkké a velmi měkké pšenice (PSI 27,4 a 34,9).

Výsledky pokusného mletí

V **Tabulce II** jsou porovnány hodnoty celkové výtěžnosti mouky, doby mletí a zatížení mlýna CD1 Auto. Z pohledu dlouhodobého používání tohoto dvoustupňového laboratorního mlýna byly získané výsledky očekávatelné – výtěžnost mouky pouze výjimečně dosáhla úrovně 65 %. Při porovnání s hodnotami PSI lze potvrdit, že i v této studii bylo vyšší výtěžnosti mouky dosaženo spíše pro měkčí špaldy (61,0 % proti 57,1 %), ale rozdíl nebyl mezi třemi sledovanými skupinami odrůd statisticky průkazný ($P = 95$ %). Podobně doba mletí a zatížení mlýna nevykázaly průkazný trend, i když mletí špaldu v průměru trvalo nejkratší dobu.

Tabulka II Vybrané parametry mlecího pokusu pro odrůdy pšenice a špaldy – konvenční a ekologický režim pěstování (mlýn CD1 Auto Chopin)

Druh pšenice	Režim pěstování	Odrůda	Výtěžnost mouky (%)		Doba mletí (min)		Zatížení mlýna (g/min)	
Pšenice setá	konvenční	<i>Wiwa</i>	57,7	bcd	6,93	bc	76,4	cd
		<i>Prim</i>	54,7	ab	6,90	bc	76,8	cd
		<i>Penelope</i>	58,8	bcd	7,06	c	75,1	bc
	ekologický	<i>RTG Telemark</i>	55,1	abc	6,93	bc	76,5	cd
		<i>Butterfly</i>	50,2	a	8,03	d	65,5	a
		<i>LG Absalon</i>	61,1	cdef	6,06	a	84,3	d
Pšenice špalda	konvenční	<i>Serpentin</i>	55,6	abc	6,62	b	80,1	cd
		<i>Rokoz</i>	54,1	ab	7,86	d	67,5	ab
		<i>Orkus</i>	67,0	f	6,23	a	83,2	cd
		<i>Rubiota</i>	63,7	def	6,79	bc	77,5	cd
		<i>Tauro</i>	64,5	ef	6,86	bc	77,3	cd
Pšenice setá	konvenční	<i>Wi, Pr, Pe</i>	57,1	A	6,96	A	76,1	A
	ekologický	<i>Te, Bu, Ab</i>	55,5	A	7,01	A	75,5	A
Pšenice špalda	konvenční	<i>Se, Ro, Or, Ru, Ta</i>	61,0	A	6,87	A	77,1	A

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

^{A-B} průměry skupin odrůd ve sloupcích, označené stejným písmenem, nejsou statisticky odlišné ($P = 95$ %)

Korelační analýza

Z výsledků korelační analýzy byly vybrány vztahy k výtěžnostem otrub a mouk (úplná korelační matice bude prezentována na plakátu). Pro korelace přitom obecně platí, že absolutní hodnoty Pearsonova koeficientu v intervalech $<0,30; 0,49$, $<0,50; 0,75$) a $<0,75; 1,00$ indikují středně těsný, těsný a velmi těsný párový vztah hodnocených proměnných. V případě výtěžnosti otrub byly prokázány pouze 4 korelace, v případě výtěžnosti mouk 8 z 10 možných. Získaný podíl otrub logicky nejsilněji závisel na objemové hmotnosti zrna ($r = 0,59$; **Tabulka III**). Výtěžnost mouky závisela statisticky těsně na objemové hmotnosti a středně

těsně na PSI tvrdosti zrna; výtěžnosti šrotových a vymílacích mouk byly druhem pšenice a režimem pěstování ovlivněny podobnou měrou.

Tabulka III Korelační analýza výtěžnosti otrub a mouk s kvalitativními znaky pšeničného zrna a parametry pokusného mletí (N = 33, * P = 95 %)

Proměnná	HTZ	OH	PSI	Výtěžnost					Doba mletí	Zatížení mlýna
				– ŠO	– VO	ŠO + VO ¹	– ŠM	– VM		
Výtěžnost otrub ¹	-0,20	0,59*	-0,33	0,22	0,99*	1,00	-0,83*	-0,44	0,80*	-0,76*
Výtěžnost mouk ²	0,14	-0,60*	0,38*	-0,10	-0,86*	-0,86*	0,81*	0,72	-0,68*	0,64*

OH, HTZ, PSI – objemová hmotnost zrna, hmotnost tisíce zrn a tvrdost zrna podle metody Particle Size Index ; ŠO, VO, ŠM, VM – šrotové a vymílací otruby, resp. mouky; ^{1,2}Výtěžnost otrub / mouk = Výtěžnost (ŠO / ŠM + VO / VM)

Vícerozměrná statistická analýza

Datová matice zahrnující 11 jakostních znaků a 11 odrůd byla transformována do prostoru hlavních komponent PC1 – PC10, kdy první tři postupně vysvětlily 53, 20 a 12 % rozptylu původních proměnných. K vysvětlení proměnlivosti dat jsou dostačující pouze první dvě PC, jelikož v součtu vysvětlují min. 70 – 75 % rozptylu dat. Podle shlukování proměnných (technologických parametrů; **Obrázek 2a**) se potvrdily předpokládané korelace:

- osa PC1: vzájemné odlišení znaků zrna a dvou kroků mletí na mlýně CD1 Auto (objemová hmotnost OH a šrotování vlevo, tvrdost PSI a vymílání vpravo),
- osa PC2, polorovina – PC1: reciproká pozice (vztah) výtěžnosti vymílacích otrub a objemové hmotnosti zrna, současně identifikována závislost doby mletí na podílu vymílacích otrub (tj. počtu cyklů přemletí až do ukončení práce mlýna),
- osa PC2, polorovina + PC1: potvrzena známá relace výtěžnosti šrotových mouk k PSI tvrdosti zrna.

Rozložení odrůd v rovině PC1 × PC2 ukazuje na rozdíly mezi sledovanými vzorky pšenice a špaldy, dané jak odrůdou, tak režimem pěstování. Z komplexního hodnocení pětice špald *Se* – *Ta* vyplynula pekařsky vyšší kvalita odrůd *Se* a *Ro*, srovnatelná s trojicí pšenic *Wi* – *Pr* – *Pe*. Měrné objemy pečiva pro tuto dvojici o 100 ml/100 g vyšší než pro zbývající tři špaldy (Švec *et al.*, 2024¹³). V případě odrůd ozimé pšenice *Te* – *Ab* ekologický režim pěstování významně negativně ovlivnil znaky zrna OH a HTZ (Cox *et al.*, 2019¹⁴; **Tabulka I**, **Obrázek 2b**). V souvislosti s tím byly zjištěny vyšší podíly vymílacích otrub a nižší výtěžnosti šrotové mouky; laboratorní pekařský pokus nemohl být tehdy pro nedostatek materiálu proveden.

3. Faměra O., Hrušková M., Novotná D.: Plant Soil Environ., 2004, 50(11), 489–493. DOI: [10.17221/4063-PSE](https://doi.org/10.17221/4063-PSE), staženo 29. 3. 2025.
4. Vejražka K., Faměra O., Kocourková Z.: In: Koceva Komlenić D., Ugarčić Ž., Planinić M., Hasenay S. (eds.): Proc. 6th Internat. Congress FLOUR–BREAD’11, 461–466. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20123355616>, staženo 29. 3. 2025.
5. Skřivan P.: Cereální technologie. Primární zpracování obilovin – produkty, řízení jakosti a efektivity. On-line výukový materiál, vyvěšeno 09/2020. https://vscht.sharepoint.com/p:/r/sites/321-O365-Cerealnchemieatechnologie/_layouts/15/Doc2.aspx?action=edit&sourcedoc=%7Bf45bbc98-cc76-4a2b-b708-4a3b103c2392%7D&wdOrigin=TEAMS-WEB&teamsSdk_ns.rwc&wdExp=TEAMS-TREATMENT&wdhostclicktime=1742457385425&web=1, staženo 29. 3. 2025.
6. Anon (2018a): JK Machinery / EDU plodiny / Pšenice. https://jk-machinery.cz/edu_plodina/psenice/, staženo 29. 3. 2025.
7. Anon (2018b): JK Machinery / EDU plodiny / Špalda. https://jk-machinery.cz/edu_plodina/spalda/, staženo 29. 3. 2025.
8. Anon (2018c): JK Machinery / EDU plodiny / Jednozrnka. https://jk-machinery.cz/edu_plodina/jednozrnka/, staženo 29. 3. 2025.
9. Anon (2018d): JK Machinery / EDU plodiny / Dvouzrnka. https://jk-machinery.cz/edu_plodina/dvouzrnka/, staženo 29. 3. 2025.
10. Campiglia E., Mancinelli R., De Stefanis E., Pucciarmati S., Radicetti E.: Field Crops Res., 2015, 176, 34–44. DOI: [10.1016/j.fcr.2015.02.021](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.02.021), staženo 29. 3. 2025.
11. Anon (2018e): JK Machinery / EDU plodiny / Žito. https://jk-machinery.cz/edu_plodina/zito/, staženo 29. 3. 2025.
12. Yamazaki W.T., Donelson J.R.: Cereal Chem., 1993, 60(5), 344–350. https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1983/Documents/chem60_344.pdf, staženo 29. 3. 2025.
13. Švec I., Polednová P., Sluková M., Skřivan P., Kvirencová Rýparová J., Hajšlová J., Hrbek V.: In: Cejpek K., Procházková Z. (eds.): Sborník CzechFoodChem 2024, 48–55. http://www.czechfoodchem.cz/Sbornik_2024.pdf, staženo 29. 3. 2025.
14. Cox W., Cherney J., Sorrells M.: Agronomy, 2019, 9(7), 380 (11 s.); DOI: [10.3390/agronomy9070380](https://doi.org/10.3390/agronomy9070380), staženo 29. 3. 2025.

P4

MOŽNOSTI VYUŽITIA CÍCEROVEJ MÚKY PRI VÝROBE PŠENIČNÉHO CHLEBA Z HEADISKA KVALITY A PRIJATELNOSTI VÝROBKU

Zetochová E., Gavurníková S., Vollmannová A.

Výskumný ústav rastlinnej výroby, NPPC Piešťany

Úvod

Potravinárske plodiny zaujímajú dôležité miesto v ľudskej výžive, pretože zostávajú hlavným zdrojom výživy a bielkovín pre veľkú časť svetovej populácie, najmä v rozvojových krajinách. Z ekonomických a sociálnych dôvodov je mnoho miliónov ľudí v Ázii a afrických krajinách závislých od rastlinných produktov z obilnín a strukovín. Podľa správy FAO (2016) sú strukoviny cenovo dostupným zdrojom bielkovín a minerálov pre veľkú časť vidieckej populácie vo svete. Ich dlhá trvanlivosť a schopnosť rásť v suchých podmienkach z nich robí kľúčovú plodinu pre potravinovú bezpečnosť.

Cícer (*Cicer arietinum* L.) je jednoročná strukovina, ktorá sa vo veľkej miere pestuje na ľudskú spotrebu po celom svete vrátane Stredomoria, Blízkeho východu, Strednej a Južnej Ázie, východnej Afriky, Južnej a Severnej Ameriky a Austrálie (Aharon *et al.*, 2012). Podľa najnovších údajov FAOSTAT dosiahla celosvetová produkcia cícera (*Cicer arietinum* L.) v roku 2022 približne 16,5 milióna ton. India je najväčším producentom, nasledovaná Tureckom, Pakistanom, Austráliou a Etiópiou (FAOSTAT, 2024). Cícer je populárna potravina v mnohých krajinách a hodnota tejto strukoviny ako výživového doplnku bola preukázaná už



dávno (Sultan, 1976). Medzi strukovinami je cícer nielen bohatý na mnohé vitamíny, minerály, bioaktívne zlúčeniny (napr. kyselina ferulová, rezistentný škrob), bielkoviny (25,3–28,9 %), ale je tiež bohatý na lyzín a arginín (Moreno-Valdespino *et al.*, 2020). Cícer sa tiež uvádza ako bohatý zdroj mnohých fenolických antioxidačných zlúčenín (Ferreira *et al.*, 2019). Cícer obsahuje bielkoviny a niektoré esenciálne aminokyseliny, ktoré v obilninách chýbajú, a preto môže zlepšiť nutričnú hodnotu produktov na báze pšenice (Sharma *et al.*, 2021). Garcia-Valle *et al.* (2021) obohatili cestovinové výrobky o cícerovú múku bohatú na nestráviteľné uhlíohydráty (rezistentný škrob), aby zlepšili príjem vlákniny v strave, čím pomáhajú v boji proti obezite a mnohým neprenosným ochoreniam súvisiacim so stravou. Obsah bielkovín v zrnách strukovín sa pohybuje od 17 % do 40 %, na rozdiel od obilnín, kde je obsah bielkovín od 7 – 13 % obilnín (Bojňanská, 2004) a rovnajú sa tak obsahu bielkovín v mäse (18 – 25 %) (Čuboň *et al.*, 2011). Strukoviny sú bohaté na rozpustnú aj nerozpustnú vlákninu, najmä na rezistentný škrob, ktorý si zachováva svoju funkčnosť aj po varení (Summo *et al.*, 2019). Pridanie strukovín do obilných výrobkov zvyšuje ich obsah vlákniny (Utrilla-Coello *et al.*, 2007). Tieto pekárenské produkty s prídavkom strukovín majú v porovnaní s klasickým chlebom pripravovaným z pšenice alebo raže vyššiu nutričnú hodnotu. Na výrobu sa okrem klasického spracovania používajú aj múky zo strukovín so špecifickou granuláciou a pridávajú sa do rôznych potravín vrátane pečiva, chleba či pochutín (Maaroufi *et al.*, 2000). Cieľom tejto štúdie bolo obohatiť pšeničnú múku rôznymi podielmi cícerovej múky, s cieľom vytvoriť pekársky výrobok s vylepšenými nutričnými a kvalitatívnymi vlastnosťami.

Experimentálna časť

Materiál

V našej štúdii boli použité semená cíceru typu Kabuli (*Cicer arietinum* L.) odroda Slovák, získané z NPPC-VÚRV Génová banka SR. Cícerová múka bola pripravená mletím suchých semien na laboratórnom mlyne. Komerčná pšeničná múka typ hladká múka špeciál 0 bola zakúpená z mlynu Pohronský Ruskov.

Metodika

V jednotlivých múkach boli analyzované základné chemické a technologické parametre s cieľom komplexne charakterizovať ich kvalitatívne vlastnosti pred samotným pekárskym spracovaním. Obsah dusíka bol stanovený metódou podľa Dumasa pomocou prístroja TruMac (LECO Corp., USA), pričom výsledky boli prepočítané na obsah bielkovín s použitím konverzných faktorov: $N \times 5,7$ pre pšeničnú múku a $N \times 6,25$ pre zmesové múky. Obsah popola bol určený gravimetricky podľa normy STN ISO 2171 (2008).

Z technologických ukazovateľov boli hodnotené: obsah mokrého lepku a gluten index podľa ICC Standard No. 155 (1994), sedimentačný index podľa Zelenyho podľa STN ISO 5529 (2008) a číslo poklesu na stanovenie amylolytickej aktivity podľa STN EN ISO 3093 (2010).

Reologické vlastnosti cesta boli analyzované na Farinografe-E (Brabender, Nemecko) podľa ICC Standard No. 115/1 (1992). Hodnotené boli nasledovné parametre: väznosť múky, vývin cesta, stabilita cesta, mäknutie cesta a číslo kvality, ktoré slúžia na posúdenie správania sa cesta počas miesenia.

Pekárske skúšky boli realizované v laboratóriu kvality NPPC – Výskumného ústavu rastlinnej výroby v Piešťanoch. Vzorky bochníkov boli upečené v elektrickej laboratórnej stavebnicovej peci (Marton). Po upečení boli hodnotené základné fyzikálne vlastnosti bochníkov, konkrétne hmotnosť, špecifický objem (cm^3/g) a pomer výšky k šírke bochníka. Senzorické hodnotenie sa uskutočnilo 2 hodiny po upečení, pričom bol použitý hedonický päťbodový hodnotiaci systém podľa Pokorného (1997). Objem a tvar chleba, vlastnosti kôrky (farba, hrúbka, tvrdosť) a striedky (farba, konzistencia, veľkosť a rovnomernosť pórov, lepivosť), ako aj vôňu a chuť chleba hodnotil päťčlenný tím odborníkov.



Štatistika

Získané výsledky boli spracované štatistickým programom STATGRAPHICS Centurion XVI (2009) od StatPoint Technologies, Inc. Každý parameter bol testovaný v štyroch opakovaníach.

Výsledky a diskusia

Hodnotenie pekárenských vlastností chlebíkov bolo realizované s využitím zmesnej múky, pripravenej kombináciou pšeničnej múky a múky z cíceru baranieho (*Cicer arietinum* L.) v zastúpení 5 %, 10 %, 15 % a 20 %. Pred samotnými pekárskymi testami boli analyzované jednotlivé múky pšeničná a cícerová s cieľom charakterizovať ich základné technologické vlastnosti (Tabuľka 1). Tieto analytické údaje poskytl dôležité informácie pre interpretáciu výsledkov pekárenských skúšok a hodnotenie vplyvu prídavku cícerovej múky na kvalitu výsledných výrobkov.

Tabuľka 1 Charakteristika použitých typov múk

Charakteristika múk	Vlhkosť (%)	Celkový popol (%)	Obsah bielkovín (%)	Sediment podľa Zelenyho (ml)	Číslo poklesu (s)
Pšenica	13,50	0,75	13,53	35,00	277,00
Cícer baraní	8,37	2,22	23,37	5,00	663,00

Cícerová múka sa vyznačovala nižšou vlhkosťou v porovnaní s múkou z pšenice. Podstatne vyšší obsah celkového popola 2,22 % mala cícerová múka čo znamená, že táto múka zo strukovín obsahuje viac minerálnych látok, bielkovín, tukov a vlákniny a má tak vyššiu výživovú hodnotu. Okrem toho sa cícerová múka vyznačovala vyšším obsahom bielkovín 23,37 % v porovnaní s múkou z pšenice. Múka z cíceru baranieho sa vyznačovala veľmi vysokým číslom poklesu 663 s. múky s vysokým číslom poklesu (400 a viac sekúnd) indikujú príliš nízku aktivitu α -amylázy a múky s nízkou aktivitou α -amylázy majú sklon vytvárať suché cesto a malý objem výrobku (Balážiová, 2011).

Tabuľka 2 Vplyv prídavku cícerovej múky na kvalitatívne parametre zmesnej múky s pšenicou

Zmesné múky % podiel pšenica + strukovina	Obsah bielkovín (%)	Celkový popol (%)	Sediment podľa Zelenyho (ml)	Číslo poklesu (s)	Obsah mokrého lepku (%)	Gluten index
kontrola 100 % pšenica	13,52 ^a	0,75 ^a	35,00 ^c	277,00 ^a	36,89 ^d	77,15 ^a
95 % pšenica + 5 % cícer	14,07 ^b	0,82 ^b	32,50 ^d	282,00 ^{ab}	35,42 ^c	84,27 ^b
90 % pšenica + 10 % cícer	14,72 ^c	0,90 ^c	31,00 ^c	285,50 ^{ab}	32,98 ^b	90,86 ^c
85 % pšenica + 15 % cícer	15,15 ^d	0,97 ^d	26,50 ^b	276,00 ^a	31,02 ^a	93,46 ^d
80 % pšenica + 20 % cícer	15,75 ^e	1,07 ^e	25,00 ^a	306,50 ^b	ND	ND

Hodnoty uvedené v tabuľkách sú vyjadrené ako aritmetický priemer (n = 4). Rozdielne písmená (a, b, c, d, e) medzi premennými znázorňujú štatisticky významné rozdiely (p < 0,05) medzi jednotlivými zmesnými múkami - Analysis of Variance. ND - not detected (namerané hodnoty boli pod detekčný limit)

Tabuľka 2 sumarizuje vplyv prídavku cícerovej múky v rozsahu 5 až 20 % na kvalitatívne parametre zmesných múk v kombinácii s pšeničnou múkou. Výsledky preukazujú, že so zvyšujúcim sa podielom cícerovej múky dochádza k významnému zvýšeniu obsahu bielkovín a celkového popola, čo poukazuje na nutričné obohatenie zmesnej múky. Obsah bielkovín



vzrástol zo 13,52 % (kontrola) na 15,75 % pri 20% podiele cícerovej múky, zatiaľ čo obsah popola stúpol z 0,75 % na 1,07 % ($p < 0,05$). Erbersdobler *et al.*, (2017) vo svojej štúdiu uvádza, že bez ohľadu na druh strukovín, náhrada pšeničnej múky strukovinovou múkou výrazne zlepšuje nutričnú hodnotu zvýšením obsahu bielkovín, minerálnych látok a vlákniny v chlebe a znížením glykemického indexu, čo sa potvrdilo aj v našej práci.

Na druhej strane sa zaznamenal pokles technologických parametrov súvisiacich s kvalitou lepku. Sedimentačný test podľa Zelenyho, ktorý nepriamo hodnotí silu lepku, preukázal postupné znižovanie hodnôt z 35 ml (kontrola) na 25 ml pri najvyššom podiele cícerovej múky. Výsledky ukazujú štatisticky významné zníženie hodnôt sedimentácie, predovšetkým medzi kontrolnou vzorkou a zmesami s vyšším podielom cícerovej múky. Podobný trend bol pozorovaný aj pri obsahu mokrého lepku, ktorý pri 20% obsahu nebol detegovateľný, čo indikuje výraznú degradáciu štruktúry lepku. Zaujímavým zistením je zvýšenie gluten indexu z 77,15 (kontrola) na 93,46 pri 15% podiele cíceru, čo by mohlo naznačovať zvýšenie elasticity lepku, avšak v kombinácii s jeho zníženým množstvom to poukazuje skôr na narušenie lepkovej siete než na jej posilnenie. Tieto zmeny sú v súlade s predchádzajúcimi štúdiami, ktoré poukazujú na to, že prídavok strukovín zvyšuje nutričnú hodnotu múk, ale zároveň môže znížiť pekárenské vlastnosti v dôsledku narušenia lepkovej siete (Mohammed *et al.*, 2012; Kotsiou *et al.*, 2022).

Podobne Mohammed *et al.* (2011) preukázali, že zvýšený podiel strukovinovej múky v zmesných múkach vedie k zníženiu čísla poklesu a sedimentačného indexu, čo limituje použiteľnosť týchto múk na tradičné pekárske výrobky.

Reologické vlastnosti cesta boli sledované pomocou farinografickej analýzy, ktorej výsledky sú uvedené v Tabuľke 3. Zamerali sme sa najmä na väznosť vody, vývin a stabilitu cesta, stupeň mäknutia a farinografické číslo kvality. Tieto parametre poskytujú dôležité informácie o správaní sa cesta počas miesenia, ktoré úzko súvisí s obsahom a kvalitou bielkovín a škrobu. Obsah bielkovín a ich kvalita silne ovplyvňujú farinografické vlastnosti pšeničnej múky (Mohammed *et al.*, 2011). Väznosť vody sa zvyšovala vo všetkých vzorkách s prídavkom cícerovej múky, pričom najvyššiu hodnotu (59,50 %) sme zaznamenali pri 20% zastúpení. Štatisticky významné rozdiely ($p < 0,05$) boli preukázané medzi kontrolnou vzorkou a zmesami s 5 %, 10 % a 20 % prídavkom cíceru. Tento trend poukazuje na schopnosť strukovinových bielkovín viazať viac vody než bielkoviny pšeničné, čo bolo potvrdené aj v iných štúdiách (Kotsiou *et al.*, 2022). Vývin cesta sa s rastúcim podielom cícerovej múky zvyšoval od 4,90 min (kontrola) na 5,70 min (20 %). Všetky obohatené vzorky vykazovali štatisticky významný rozdiel oproti kontrole ($p < 0,05$). Dlhší vývin cesta môže byť spôsobený vyššou absorpciou vody a zmenou hydratácie bielkovinovej frakcie (Mohammed *et al.*, 2012). Najvyššia stabilita bola zaznamenaná pri 5% (7,35 min.) a 10% (7,10 min.) obsahu cícerovej múky. Pri týchto koncentráciách bol pozorovaný pozitívny vplyv na štruktúru cesta, čo môže byť dôsledkom synergického pôsobenia pšeničných a strukovinových bielkovín. Naopak, pri 15% a 20% podiele došlo k poklesu stability na 6,25 a 4,50 min. Rozdiel medzi kontrolou a najvyššou koncentráciou (20 %) bol štatisticky významný ($p < 0,05$), čo naznačuje narušenie štruktúry lepku pri vyšších dávkach strukovinovej múky (Mohammed *et al.*, 2011). Stupeň mäknutia sa znižoval pri všetkých obohatených vzorkách oproti kontrole (89,50 FU), čo naznačuje vyššiu pevnosť cesta. Výrazné zníženie (a teda zlepšenie reologickej odolnosti) bolo pozorované pri 10% obsahu (67,50 FU). Farinografické číslo kvality dosiahlo najvyššiu hodnotu pri 10% podiele cícerovej múky (100,50), pričom aj 5% a 15% podiely viedli k vyšším hodnotám ako kontrola. Tento trend naznačuje, že prídavok 10 % cícerovej múky predstavuje optimálnu koncentráciu z hľadiska technologickej kvality cesta.



Tabuľka 3 Reologické vlastnosti pšenično-strukovinového cesta merané farinografom

Zmesné múky % podiel pšenica + strukovina	Väznosť vody múkou (%)	Vývin cesta (min.)	Stabilita cesta (min.)	Stupeň mäknutia ICC 12 min. (FU)	Farinografické číslo kvality
kontrola 100 % pšenica	58,85 ^a	4,90 ^b	6,50 ^b	89,50 ^c	89,00 ^{ab}
95 % pšenica + 5 % cícer	59,35 ^c	5,45 ^a	7,35 ^b	70,00 ^{ab}	98,00 ^{ab}
90 % pšenica + 10 % cícer	59,20 ^b	5,55 ^a	7,10 ^b	67,50 ^a	100,50 ^b
85 % pšenica + 15 % cícer	58,90 ^a	5,60 ^a	6,25 ^b	75,00 ^{ab}	96,00 ^{ab}
80 % pšenica + 20 % cícer	59,50 ^c	5,70 ^a	4,50 ^a	80,50 ^{bc}	85,00 ^a

Hodnoty uvedené v tabuľkách sú vyjadrené ako aritmetický priemer (n = 4). Rozdielne písmená (a, b, c, d, e) medzi premennými znázorňujú štatisticky významné rozdiely ($p < 0,05$) medzi jednotlivými zmesnými múkami - Analysis of Variance

Fyzikálne parametre bochníkov boli stanovené po upečení a výsledky sú uvedené v Tabuľke 4. Prídavok múky z cíceru baranieho viedol k štatisticky významnému zvýšeniu hmotnosti bochníkov v porovnaní s kontrolou. Najvyššiu hmotnosť (81,95 g) sme zaznamenali pri 20% obsahu cícerovej múky, čo bolo štatisticky významne viac než kontrolná vzorka (79,79 g). Všetky varianty zmesnej múky vykazovali signifikantne vyššiu hmotnosť, čo môže súvisieť so schopnosťou strukovinových múk viazať viac vody počas pečenia (Bojňanská *et al.*, 2021). Špecifický objem (ml/100g) je kľúčovým ukazovateľom technologickej kvality pečiva, pričom vyššia hodnota svedčí o lepšom náraste cesta. Vzorky s 5%, 10% a 20% podielom cícerovej múky vykazovali vyšší špecifický objem než kontrola (325,58 ml), hoci štatistická významnosť bola potvrdená len pre 5% podiel (332,97 ml). Naopak, prídavok 15 % cícerovej múky viedol k signifikantnému poklesu objemu (299,11 ml), čo môže súvisieť s narušením lepku a nedostatočnou retenciou plynov (Nkurikiye *et al.*, 2023). Pomer výška/šírka, indikujúci tvarovú stálosť bochníkov, bol najvyšší pri kontrolnej vzorke (0,70), čo naznačuje lepšiu schopnosť lepku udržať štruktúru počas pečenia. Prídavok 10 %, 15 % a 20 % cícerovej múky tento pomer štatisticky významne znížil, čím došlo k zníženiu výšky bochníka a plochejšiemu profilu. Tieto výsledky sú v súlade s pozorovaniami Sabanisa a Tziu (2011), ktorí pri obohacovaní pšeničného chleba cícerovou múkou pozorovali podobný efekt.

Tabuľka 4 Parametre upečených pšenično-strukovinových bochníkov

Zmesné múky % podiel pšenica + strukovina	Pomer výška/šírka	Hmotnosť bochníka (g)	Špecifický objem bochníka / na 100 g výrobku (ml)
kontrola 100 % pšenica	0,70 ^b	79,79 ^a	325,58 ^{bc}
95 % pšenica + 5 % cícer	0,61 ^{ab}	81,11 ^b	332,97 ^c
90 % pšenica + 10 % cícer	0,53 ^a	80,59 ^b	316,30 ^{abc}
85 % pšenica + 15 % cícer	0,50 ^a	81,03 ^b	299,11 ^a
80 % pšenica + 20 % cícer	0,53 ^a	81,95 ^c	308,25 ^{ab}

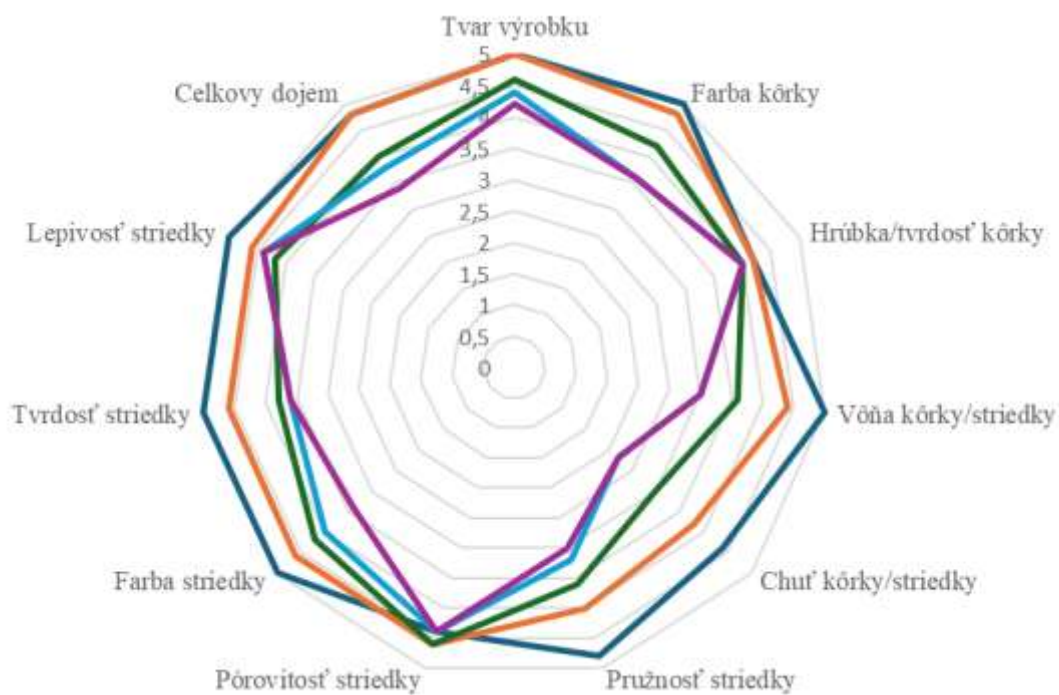
Hodnoty uvedené v tabuľkách sú vyjadrené ako aritmetický priemer (n = 4). Rozdielne písmená (a, b, c, d, e) medzi premennými znázorňujú štatisticky významné rozdiely ($p < 0,05$) medzi jednotlivými zmesnými múkami - Analysis of Variance



Zároveň sme jednotlivé upečené bochníky (Obrázok 1) hodnotili senzoricky a v hedonickom päťbodovom systéme (Obrázok 2) sme vyhodnotili nasledovné parametre: tvar bochníka, kôrku (farba, hrúbka, tvrdosť) a striedku (farba, tvrdosť, vôňa, pružnosť, pórovitosť).



Obrázok 1 Bochníky po upečení s prídavkom cícerovej múky (zleva do prava): Pšenica 100 %, Cícer 5 %, 10 %, 15 % a 20 %



Obrázok 2 Sensorické hodnotenie bochníkov s prídavkom cícerovej múky v päťbodovom hedonickom systéme. Pšenica (—), cícer 5 % (—), 10 % (—), 15 % (—) a 20 % (—)

Tvar výrobku bol najlepšie hodnotený pri kontrole (5,0 – dobre klenutý a pravidelný). So zvyšujúcim sa podielom cícerovej múky hodnotenie mierne klesalo (4,2 pri 20 %), čo môže súvisieť s odlišnou schopnosťou zmesi udržať tvar počas pečenia. Farba kôrky bola pri pšeničných bochníkoch hodnotená ako typická a lesklá (5,0). Prídanie cícerovej múky spôsobilo stmavnutie alebo zosvetlenie kôrky (hodnotenie 3,6 pri 15 % a 20 %). Hrúbka a tvrdosť kôrky ostávala stabilná medzi 4,2 - 4,0 naprieč všetkými vzorkami, čo zodpovedá polohrubej až hrubej a polotvrdej/tvrdej konzistencii kôrky, bez významného ovplyvnenia prídavkom cíceru. Vôňa kôrky a striedky bola najvýraznejšia pri 100% zastúpení pšeničnej múky (5,0). So stúpajúcim obsahom cíceru hodnotenie klesalo až na 3,0, čo predstavuje málo výraznú arómu. Prídavok vyšších podielov cíceru teda ovplyvňuje arómu chleba smerom k menej typickej vôni. Kyslá chuť bola cítiť v bochníkoch s 15% a 20% zastúpením cícerovej múky. Typická chlebová chuť bola potvrdená v bochníkoch s 5% zastúpením cícerovej múky. Pružnosť striedky sa znižovala z veľmi dobrej (4,8) na dostatočnú až nízku (3,0), čo poukazuje na zhoršenie jemnosti a pružnosti s rastúcim podielom strukoviny. Pórovitosť striedky bola najvyššie hodnotená pri 5 - 10 % cíceru (4,6) – jemné steny a rovnomerné póry. Vyšší podiel už neovplyvnil túto vlastnosť negatívne, hodnotenia ostali na úrovni 4,4. Farba striedky prechádzala z typickej (5,0) cez jemné zafarbenie (4,6) až po silnejší odtieň (3,4), čím sa potvrdzuje, že prídavok cícerovej múky ovplyvňuje farebný profil vnútornej časti chleba. Tvrdosť striedky bola optimálna (5,0 – veľmi mäkká) pri kontrole, s poklesom na 3,6 pri vyšších podieloch cíceru, čo predstavuje stredne tvrdú konzistenciu. Lepivosť striedky sa pohybovala v rozsahu 4,2 - 5,0, čo znamená, že všetky vzorky ostali v rozsahu „veľmi málo až málo lepivá“, a teda senzoricky akceptovateľné. Celkový dojem bol najvyšší pri použití 5% zmesnej cícerovej múky (4,8), čo naznačuje vhodnosť nízkeho podielu cícerovej múky na zlepšenie výživovej hodnoty bez negatívneho vplyvu na senzorické vlastnosti. Pri vyššom obsahu (15 - 20 %) došlo k výraznému poklesu hodnotenia (3,8 a 3,4), čo poukazuje na zníženú prijateľnosť.

Záver

Štatisticky významné rozdiely medzi zmesnými múkami poukazujú na to, že prídavok cícerovej múky zásadne ovplyvňuje chemické aj technologické vlastnosti múky. Výsledky zároveň potvrdzujú, že zvýšenie nutričnej hodnoty je sprevádzané znížením technologickkej funkčnosti, najmä pri vyšších koncentráciách zmesných múk nad 15 %. Z technologického hľadiska však vyšší podiel cícerovej múky negatívne ovplyvňuje vlastnosti lepku, čo sa prejavuje znížením sedimentačného indexu a obsahu mokrého lepku. Tieto zmeny vedú k zhoršeniu reologických vlastností cesta a zníženiu objemu a pružnosti chleba. Farinografická analýza ukázala, že prídavok 10 % cícerovej múky predstavuje optimálnu koncentráciu z hľadiska technologickkej kvality cesta, pričom vyššie podiely vedú k narušeniu štruktúry lepku a zhoršeniu stability cesta. Senzorické hodnotenie potvrdilo, že chlieb s 5% prídavkom cícerovej múky dosahuje najvyššiu akceptovateľnosť, zatiaľ čo vyššie podiely negatívne ovplyvňujú vôňu, chuť a textúru výrobku. Chlieb vyrobený zo zmesi s obsahom strukovín má vylepšené nutričné zloženie a vyhovujúce technologické a senzorické vlastnosti (Boukid *et al.*, 2019). Naše výsledky potvrdzujú, že zmesné múky s prídavkom cícerovej múky sú vhodnou alternatívou ku klasickým druhom pšeničných múk na výrobu chlebov. Takéto chlebové výrobky sa vďaka prídavku strukovínovej múky vyznačujú vyššou nutričnou hodnotou, vyšším obsahom bielkovín a ďalších zdraviu prospešných látok. Na základe hodnotenia parametrov a senzorických vlastností upečených pšenično-strukovínových bochníkov môžeme pre výrobu chlebov zároveň odporúčať ako najvhodnejšie zmesné múky s 5% podielom cícerovej múky, z ktorých sú vyrobené bochníky z pohľadu konzumenta najakceptovateľnejšie.



Pod'akovanie

Tento výskum bol realizovaný vďaka podpore projektu č. APVV-23-0375 Agentúrou na podporu výskumu a vývoja Slovenskej republiky a projektu v rámci ECPGR Activity Grant Scheme Sixth Call – Phase X (2019-2023) - Exploring of Grain Legumes diversity for sustainable European Agri-food Systems (ExploDiv).

Literatúra

1. Aharon, S., Hana, B., Liel, G., Ran, H., Yoram, K., Ilan, S., Shmuel, G. (2012) Effects of baking, roasting and frying on total polyphenols and antioxidant activity in colored chickpea seeds. *Food and Nutrition Sciences*, 2012. DOI: 10.4236/fns.2012.33053.
2. Balážiová, I. Analýza faktorov pekárskej kvality obilnín. 2011. 56 s, [3] s príl. Diplomová práca (Ing.). - Katedra udržateľného poľnohospodárstva a herbológie FAPZ SPU v Nitre.
3. Bojňanská, T. (2024) Kvalita obilnín a strukovín ako surovín pre potravinárske spracovanie. *Habilitačná práca*. Nitra: SPU. 2004.
4. Bojňanská, T., Musilová, J., Vollmannová, A. (2021) Effects of Adding Legume Flours on the Rheological and Breadmaking Properties of Dough. *Foods*, 2021, 10(5), 1087. <https://doi.org/10.3390/foods10051087>.
5. Boukid, F., Zannini, E., Carini, E., Vittadini, E. (2019) Pulses for bread fortification: A necessity or a choice? *Trends in Food Science & Technology*, 2019, 88, 416-428. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.04.007.
6. Čuboň, J., Kačániová, M., Haščík, P., Foltys, P., Baláž, B., Prívarová, L. (2011) Analýza základného zloženia a aminokyselinovej skladby mäsa teliat z ekologickej produkcie. 2011.
7. Erbersdobler, H. F., Barth, C. A., & Jahreis, G. Legumes in human nutrition. Nutrient content and protein quality of pulses. 2017. *Ernahrungs Umschau*, 64(9), 134-139.
8. FAO (2016) *Pulses contribute to Food Security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. [{index=28}](https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/5f2cf889-3437-417e-98d5-428ad61eb796/content?contentReference=oaicite:28).
9. FAO (2024) *FAOSTAT – Crops and livestock products: Chickpeas, 2022*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2024. <https://www.fao.org/statistics/en>.
10. Ferreira, C. D., Bubolz, V. K., da Silva, J., Dittgen, C. L., Ziegler, V., de Oliveira Raphaelli, C., de Oliveira, M. (2019) Changes in the chemical composition and bioactive compounds of chickpea (*Cicer arietinum* L.) fortified by germination. *LWT*, 2019, 111, 363-369. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.05.049.
11. Garcia-Valle, D. E., Bello-Perez, L. A., Tovar, J. (2021) Addition of chickpea markedly increases the indigestible carbohydrate content in semolina pasta as eaten. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2021, 101(7), 2869-2876. DOI: 10.1002/jsfa.10918.
12. Kotsiou, K., Sacharidis, D. D., Matsakidou, A., Boliaderis, C. G., Lazaridou, A. (2022) Physicochemical and functional aspects of composite wheat-roasted chickpea flours in relation to dough rheology, bread quality and staling phenomena. *Food Hydrocolloids*, 2022, 124, 107322. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107322.
13. Maaroufi, C., Melcion, J. P., De Monredon, F., Giboulot, B., Guibert, D., Le Guen, M. P. (2000) Fractionation of pea flour with pilot scale sieving. I. Physical and chemical characteristics of pea seed fractions. *Animal Feed Science and Technology*, 2000, 85(1-2), 61-78. DOI: 10.1016/S0377-8401(00)00127-9.
14. Mohammed, I., Ahmed, A. R., Senge, B. (2012) Dough rheology and bread quality of wheat–chickpea flour blends. *Industrial Crops and Products*, 2012, 36(1), 196–202. DOI: 10.1016/j.indcrop.2011.09.006.
15. Mohammed, I., Ahmed, A. R., Senge, B. (2011) Dynamic Rheological Properties of Chickpea and Wheat Flour Doughs. *Journal of Applied Sciences*, 2011, 11(20), 3405–3412. DOI: 10.3923/jas.2011.3405.3412.
16. Moreno-Valdespino, C. A., Luna-Vital, D., Camacho-Ruiz, R., Mojica, L. (2020) Bioactive proteins and phytochemicals from legumes: Mechanisms of action preventing obesity and type-2 diabetes. *Food Research International*, 2020, 130, 108905. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108905>.
17. Nkurikiye, E., Chen, G., Tilley, M., Wu, X., Zhang, G., Fritz, A., Li, Y. (2023) Incorporating chickpea flour can enhance mixing tolerance and dough strength of wheat flour. *Cereal Chemistry*, 2023, 100(1), 10705. <https://doi.org/10.1002/cche.10705>.
18. Sabanis, D., Tzia, C. (2011) Effect of hydrocolloids on selected properties of gluten-free dough and bread. *Food Science and Technology International*, 2011, 17(4), 279–291. <https://doi.org/10.1177/1082013210382350>.
19. Sharma, R., Dar, B. N., Sharma, S., Singh, B. (2021) In vitro digestibility, cooking quality, bio-functional composition, and sensory properties of pasta incorporated with potato and pigeonpea flour. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 23, 2021, 100300. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100300>.
20. Sharma, P., Gujral, H. S., Rosell, C. M. (2019). Effect of incorporating chickpea flour on the quality characteristics of wheat flour tortillas. *LWT - Food Science and Technology*, 2019, 100, 189–196. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.059>.
21. STATGRAPHICS, program od od StatPoint Technologies, Inc. www.STATGRAPHICS.com.



22. Sultan, W.J. (1976) Wheat and wheat products. In: Practical Baking. Avi Publishing Co., Westport, Connecticut, USA. 1976, Pp. 14-36.
23. Summo, C., De Angelis, D., Rochette, I., Mouquet-Rivier, C., Pasqualone, A. (2019) Influence of the preparation process on the chemical composition and nutritional value of canned purée of kabuli and Apulian black chickpeas. *Heliyon*, 2019, 5(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01361>.
24. Utrilla-Coello, R. G., Osorio-Díaz, P., Bello-Pérez, L. A. (2007) Alternative use of chickpea flour in breadmaking: chemical composition and starch digestibility of bread. *Food Science and Technology International*, 2007, 13(4), 323-327. <https://doi.org/10.1177/1082013207082537>.

P5

KLÍČIACE ZRNÁ: NUTRIČNÝ POTENCIÁL V OBILNINÁCH

Havrlentová M. (1, 2), Nemcová E. (1), Gerges P. (3), Nemeček P. (1)

(1) UCM v Trnave

(2) NPPC v Piešťanoch

(3) Université Clermont Auvergne, FR

Úvod

Obilniny sú dôležitou súčasťou ľudskej stravy, hoci sa často diskutuje o ich kvalite, nutričných a prípadne aj zdravotných výhodách. Jednou z metód na zvýšenie nutričnej hodnoty obilnín je klíčenie, ktoré umožňuje získať v primárnej potravinovej surovine pre konzumenta vyšší obsah metabolitov so zvýšenou nutričnou hodnotou, ako aj biologickou aktivitou a zdravotným významom.

Klíčenie zvyšuje biologickú dostupnosť esenciálnych živín, ako je železo, zinok a horčík, znížením antinutričných faktorov, ako je kyselina fytová. Klíčenie zvyšuje hladiny bioaktívnych zlúčenín vrátane antioxidantov, vitamínov (najmä vitamínov skupiny B) a aminokyselín, čím zlepšuje celkový nutričný profil. Naklíčené obilniny tiež vykazujú zlepšenú stráviteľnosť a kontrolu glykémie, pretože enzymatická aktivita počas klíčenia rozkladá komplexné sacharidy a proteíny na formy ľahšie prijateľné pre organizmus.

V literatúre sú popísané niektoré oblasti odporúčajúce aplikáciu a využívanie naklíčených obilnín:

- i. Zlepšený nutričný profil: Klíčenie zvyšuje hladiny vitamínov (najmä B-komplexu a E), esenciálnych aminokyselín a látok s antioxidačnou aktivitou, vďaka čomu sú výrobky atraktívnejšie pre spotrebiteľov, ktorí dbajú o svoje zdravie.
- ii. Zlepšená stráviteľnosť: Enzymatická aktivita počas klíčenia rozkladá komplexné a polymérne látky ako sú napr. škroby a proteíny, výsledkom čoho sú produkty, ktoré sú ľahšie stráviteľné a potenciálne menej alergénne pre konzumenta.
- iii. Lepšie funkčné vlastnosti: Naklíčené obilné zrná môžu zlepšiť reológiu cesta, absorpciu vody a textúru tepelne pripravovaných výrobkov, čo prispieva ku konečným výrobkom väčším a chutnejším.
- iv. Prirodzená sladkosť a chuť: Premena škrobov na jednoduchšie cukry počas klíčenia zvyšuje prirodzenú sladkosť a chuť potravín, čím sa znižuje potreba pridaného cukru.
- v. Atraktivita čistého označovania: Naklíčené zrná podporujú trendy čistého označovania tým, že ponúkajú prirodzený spôsob, ako zvýšiť nutričnú hodnotu a funkčnosť bez syntetických prísad alebo obohacovania (1-5).



Na základe toho bolo cieľom predkladanej práce sledovať a zhodnotiť vplyv klíčenia na kvalitu zŕn ovsa siateho (*Avena sativa* L.) a pšenice letnej (*Triticum aestivum* L.) pre ich ďalšie použitie v potravinárskom priemysle. Analyzované boli vybrané nutrične hodnotné parametre a aktivity vybraných hydrolytických enzýmov.

Experimentální část

Zdravé a nepoškodené semená vybraných odrôd a druhov obilnín boli päťkrát premyté destilovanou vodou a potom namočené v destilovanej vode na 24 h pri teplote 20 °C v tme. Semená boli prenesené následne v jednej vrstve na navlhčený filtračný papier v Petriho miskách a umiestnené do inkubátora na klíčenie pri teplote 20 °C, 75 % relatívnej vlhkosti a v nepretržitej tme počas rôznej doby klíčenia (0 h = kontrola a 24, 48, 72, 96 a 120 h). Po vyklíčení boli celé zrná (aj s vyvinutými klíčkami) sušené pri teplote 50 °C počas 24 h, zomleté na veľkosť častíc 0,5 mm pomocou ultraodstredivého mlynu Retch ZM300 (Retsch GmbH, Haan, Nemecko) a následne analyzované.

Odroda ovsa siateho Inovec (*Avena sativa* L.) a odroda pšenice letnej Dagmar (*Triticum aestivum* L.) boli konvenčne pestované v roku 2022 vo Vígľaši-Pstruši (ovos) a Báhoňi (pšenica) v Slovenskej republike.

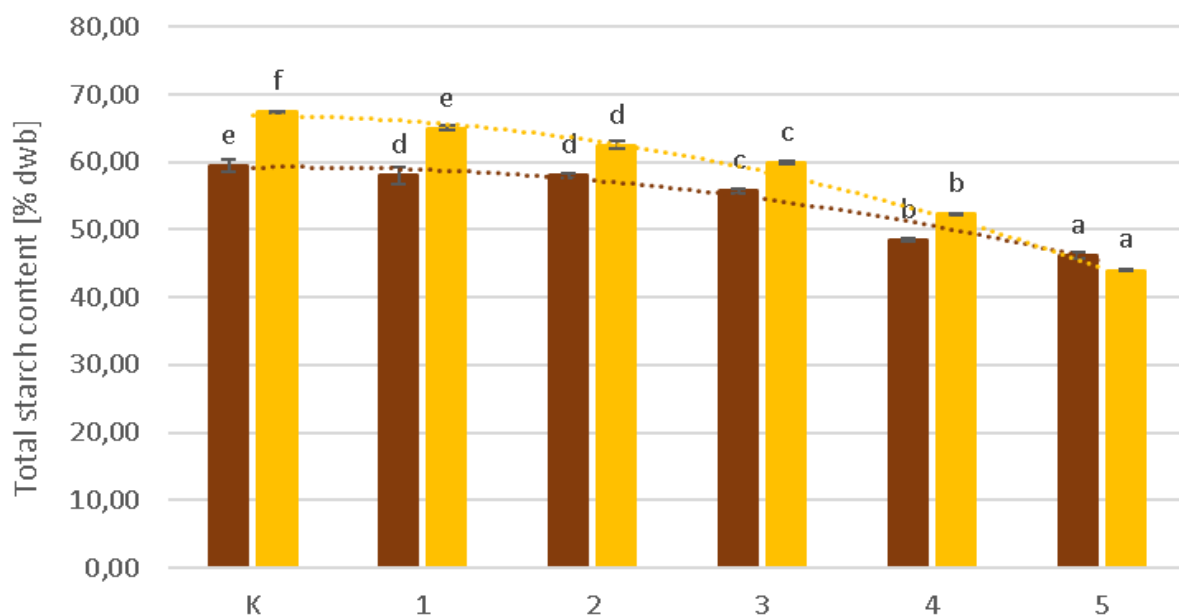
Obsah škrobu bol analyzovaný polarimetricky podľa Ewersa (STN EN ISO 10520; 2002). Na stanovenie obsahu celkovej potravinovej vlákniny bola použitá analytická súprava (Total Dietary Fiber Assay Kit, Megazyme by Neogen®, Bran, Ireland). Obsah obilninového β -D-glukánu bol stanovený enzymatickým kitom β -Glucan Assay Kit (Mixed Linkage) (Megazyme by Neogen®, Bran, Ireland). Stanovenie obsahu celkových proteínov bolo realizované Dumasovou metódou s použitím prístroja TruMac CNS (TruMac CNS Macro Analyser, LECO Corp., St. Joseph, MI, USA) a následným prepočtom 5,70 pre pšenicu a 6,25 pre ovsené zrno. Obsah lipidov bol analyzovaný vo vzorkách extrakciou v n-hexáne (STN 461011-28; 1988). Aktivity enzýmov α - a β -amyláza boli realizované pomocou analytických súprav od firmy Megazyme (Bran, Ireland), pre stanovenie enzymovej aktivity α -amylázy bol použitý analytický kit α -Amylase Assay Kit (Ceralpha Method) a pre enzymovú aktivitu β -amylázy bol použitý β -Amylase Assay Kit (Betamyl-3). Aktivita sacharázy bola stanovená spektrofotometricky a lipázy titráciou. Všetky analýzy boli realizované v troch opakovaniach a výsledky boli prepočítané na sušinu, ktorá bola vo vzorke stanovená automatickým analyzátorom vlhkosti MA 45 (Sartorius AG, Göttingen, Nemecko) pri teplote 110 °C. Získané dáta boli vyhodnotené štatisticky softvérom JMP 11.0 a IBM SPSS Statistics 22, pričom ovos a pšenica boli štatisticky analyzované samostatne.

Výsledky a diskuse

V experimentálnej časti práce sme naklíčili zrná vybraných obilnín a pozorovali sme, ako klíčenie v rôznych časových úsekoch vplýva na vybrané nutričné parametre zrna a aktivitu enzýmov. Zamerali sme sa na parametre zrna, ktoré majú význam pre konzumenta a sú súčasťou nutričnej hodnoty obilného zrna.

Z hľadiska obsahu škrobu výsledky ukázali, že klíčenie po dobu 5 dní spôsobuje pokles v jeho obsahu v zrne ovsa aj pšenice, pričom pokles bol najvýraznejší od 4. dňa (96 hodín klíčenia) (Obrázok 1). Škrob je hlavnou zložkou zrelých obilných zŕn a pri namáčaní semien vo vode sa aktivujú enzýmy obsiahnuté v suchých semenách (Obrázok 2a, 2b). Hydrolytické enzýmy sú dôležité pre rozklad zložitých organických zlúčenín, ako sú proteíny, polysacharidy a tuky, na jednoduchšie zložky, aby boli ľahšie využiteľné organizmom pri vývoji novej rastliny.

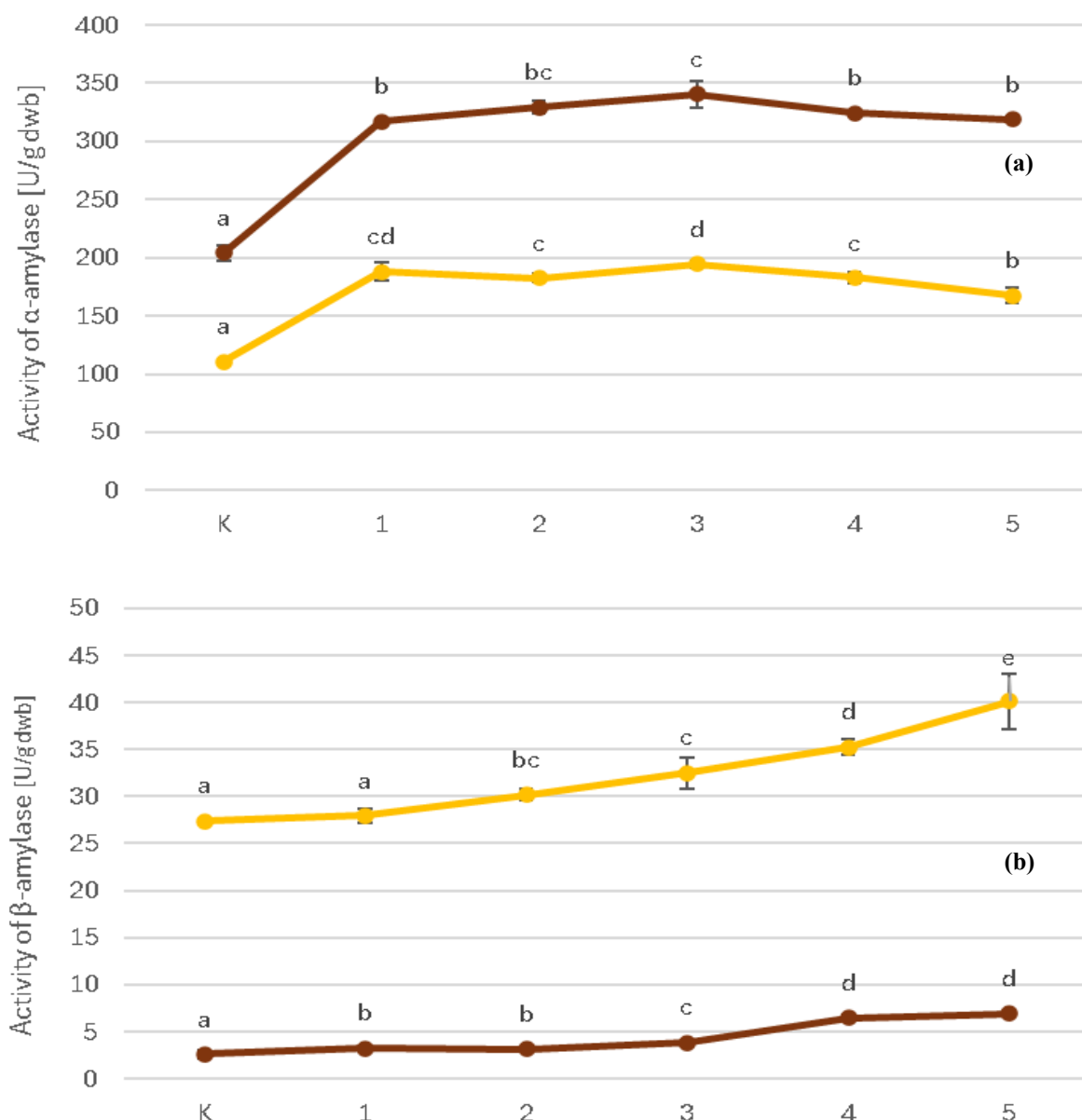




Obrázok 1 Obsah celkového škrobu v zrnách ovsa (■) a pšenice (■) v závislosti od doby klíčenia (počet dní)

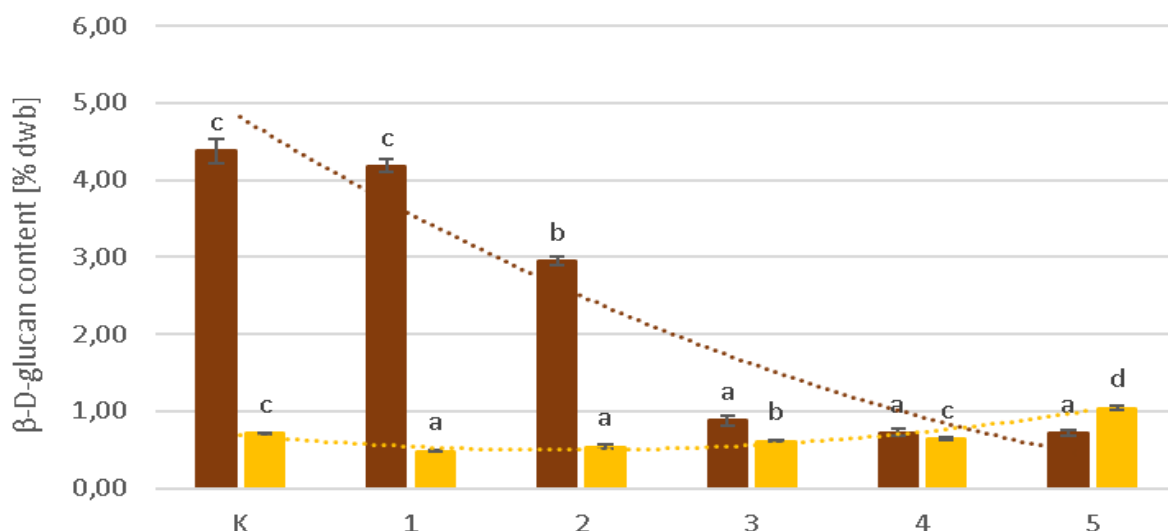
Enzymy α -amyláza a β -amyláza sú schopné štiepiť škrobové reťazce len na väzbách α -1 $\rightarrow$ 4. Najväčší rozdiel medzi nimi je v tom, že α -amyláza štiepi škrob vo vnútri (endoenzým) a β -amyláza štiepi škrob zvonka (exoenzým) po každej druhej glukózovej jednotke počnúc neredukujúcim koncom. Kombinácia aktivity α - a β -amylázy rozkladá škrob rýchlejšie a kompletnejšie ako každá z nich samostatne.

V našej práci sme pozorovali podstatne nižšiu aktivitu β -amylázy (Obrázok 2a) v porovnaní s aktivitou α -amylázy (Obrázok 2b), pričom v oboch prípadoch pri oboch druhov obilniny pozorujeme stúpajúci trend v aktivite v závislosti od doby klíčenia. V prípade β -amylázy pozorujeme nárast aktivity postupne od začiatku klíčenia, na rozdiel od toho pri α -amyláze je výrazný nárast v aktivite na začiatku klíčenia, po prvých 24 hodinách.



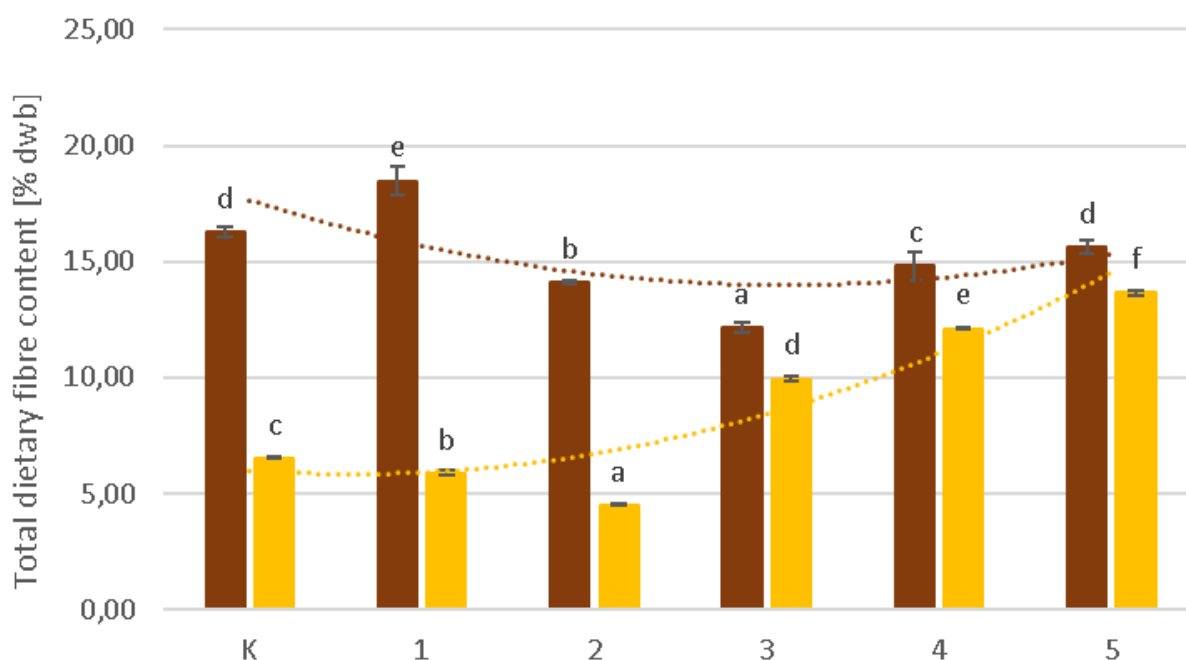
Obrázok 2 Aktivita β -amylázy (a) a α -amylázy (b) v zrnách ovsa (■) a pšenice (●) v závislosti od doby klíčenia (počet dní)

Arabinoxylány a β -D-glukán sú hlavnými zložkami bunkových stien v endosperme aj v aleurónovom pletive obilnín. β -D-glukánová glukohydroláza, ktorej aktivita sa zvyšuje v tme, katalyzuje hydrolytické odstránenie jednotlivých neredukujúcich koncových jednotiek glukózy nielen z obilninových, (1-3,1,4)- β -D-glukánov, ale aj z celého radu iných β -D-glukánov a β -D-oligoglukoidov. Uvoľnená glukóza je tak k dispozícii pre okamžitý metabolizmus vo fotosyntetizujúcich pletivách alebo sa môže premiestniť do iných častí rastliny a použiť ako rýchly zdroj energie v podmienkach vyčerpania iných zdrojov sacharidov. Preto môžeme v našich výsledkoch vidieť pokles hladiny tohto metabolitu predovšetkým v zrnách ovsa, kde je obsah β -D-glukánu podstatne vyšší ako v prípade zrna pšenice (Obrázok 3). Mierny nárast v obsahu tohto metabolitu v zrnách pšenice na 5. deň klíčenia môžeme vysvetliť budovaním nových rastlinných pletív, buniek a bunkových stien.



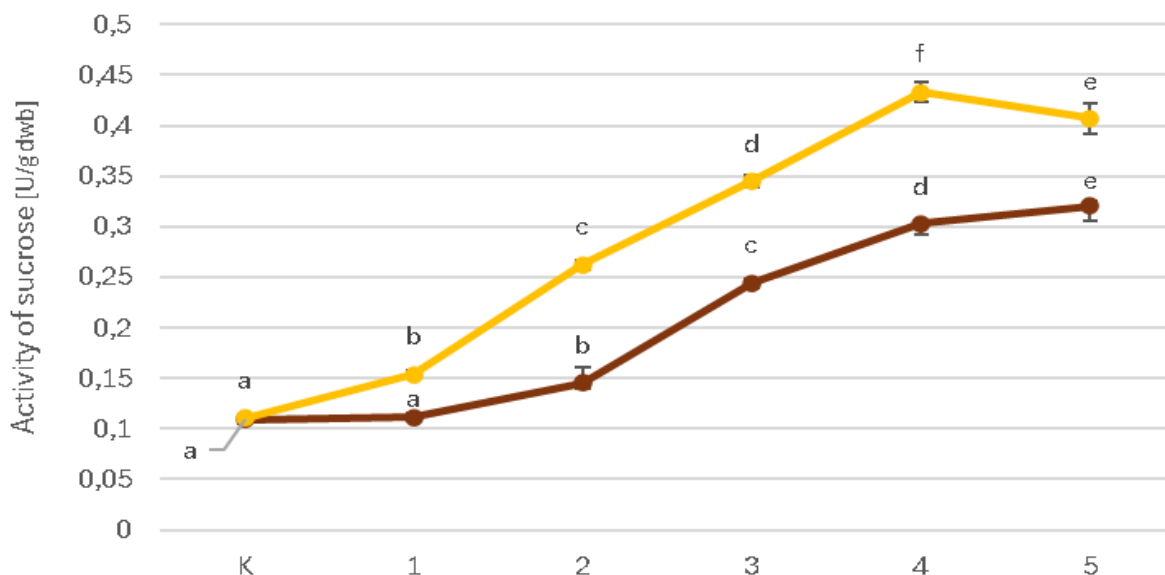
Obrázok 3 Obsah β -D-glukánu v zrnách ovsa (■) a pšenice (■) v závislosti od doby klíčenia (počet dní)

Analýzou obsahu celkovej potravinovej vlákniny môžeme pozorovať kolísavý trend, čo znamená, že v prípade oboch analyzovaných obilných druhov pozorujeme do 2., prípadne 3. dňa klíčenia pokles v porovnaní s kontrolou (s výnimkou pri ovse, kedy nastal nárast po 24 hod, ale následne pokles), ktorý bol nasledovaný postupne s dobou klíčenia nárastom s porovnateľným obsahom tohto nutričného parametra v prípade ovsa s kontrolou po 120 hod klíčenia a v prípade pšenice dokonca pozorujeme výrazný nárast na 5. deň klíčenia v porovnaní s kontrolou (Obrázok 4). Príjem potravinovej vlákniny je v ľudskej výžive žiaduci a hľadajú sa jej prirodzené zdroje. Naklíčenie zrna (v závislosti od doby klíčenia) vedie nielen k hydrolytickým javom vo vnútri zrna, ktoré smerujú z rozkladu polymérnych látok na látky stráviteľnejšie ľudským organizmom, ale aj k tvorbe klíčka, prípadne korienka, ktoré sú zdrojom rýchlo sa vyvíjajúcich a množiacich mladých buniek s vlastnými bunkovými stenami, chemickými látkami a enzýmami.



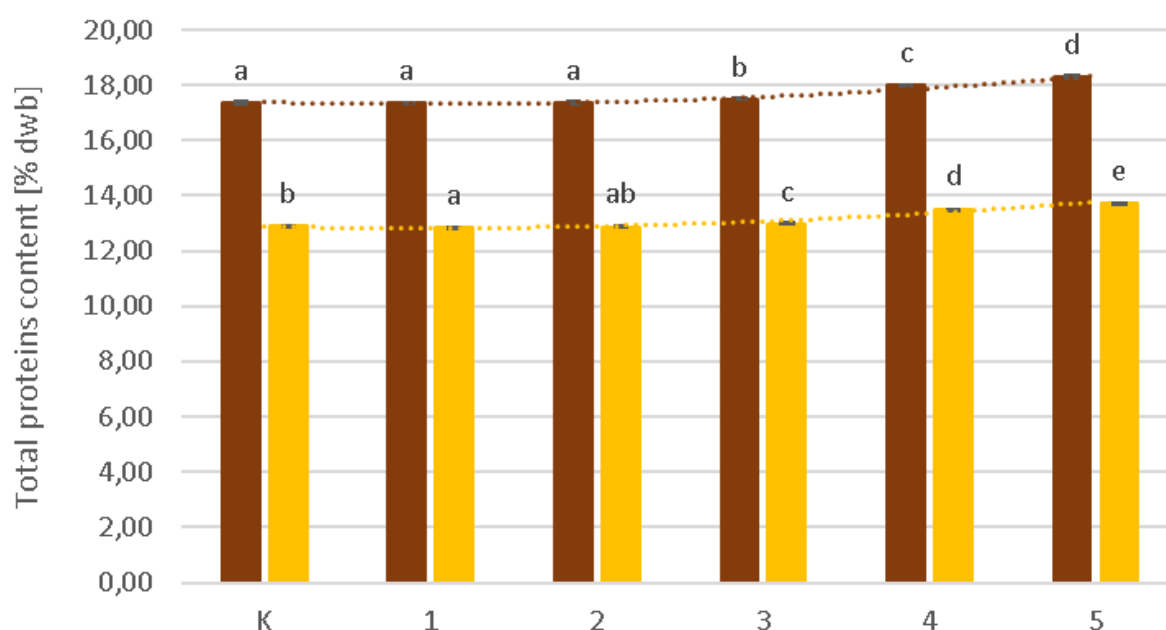
Obrázok 4 Obsah celkovej potravinovej vlákniny v zrnách ovsa (■) a pšenice (■) v závislosti od doby klíčenia (počet dní)

Hydrolytickým enzýmom, ktorý sa aktivuje pri klíčení obilného zrna, je okrem amyláz aj sacharáza. V naklíčených zrnách ovsa aj pšenice sme pozorovali nárast v aktivite tohto enzýmu s pribúdajúcou dobou klíčenia (Obrázok 5), čo je evidentné vzhľadom k tomu, že v prítomnosti vody sa aktivujú hydrolytické enzýmy zrna obilnín a rastliny využívajú zásoby rôznych typov sacharidov ako zdroje energie pre vyvíjajúci sa klíčok.



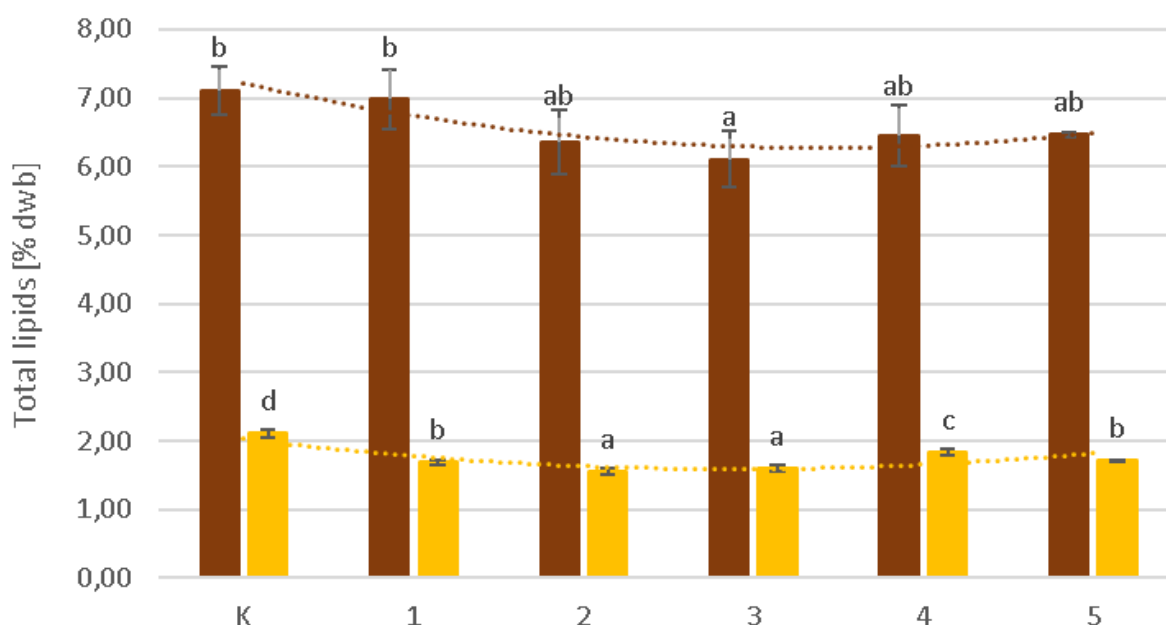
Obrázok 5 Aktivita sacharázy v zrnách ovsa (■) a pšenice (■) v závislosti od doby klíčenia (počet dní)

Rastliny hromadia zásoby proteínov vo vyvíjajúcich sa semenách. Zásobné proteíny sa mobilizujú počas klíčenia semien a následnom raste klíčkov, semenáčikov. Počas klíčenia sa malé množstvá zásobných proteínov začínajú postupne rozkladať zásobnými proteínázami. Počas klíčenia sa tvoria endopeptidázy, ktoré sú dôležité pre rast klíčkov, pretože rozkladajú zásobné proteíny, ktoré umožňujú vznik funkčných proteínov. Ako môžeme vidieť na Obrázku 6, v práci sme pozorovali v porovnaní s kontrolou nemenný, prípadne zvyšujúci sa obsah proteínov s dobou klíčenia, čo poukazuje na dôležitosť proteínov počas vývinu zrna, ale aj tvorbu nových štruktúr pri klíčení, pre ktoré majú proteíny existenčný význam.



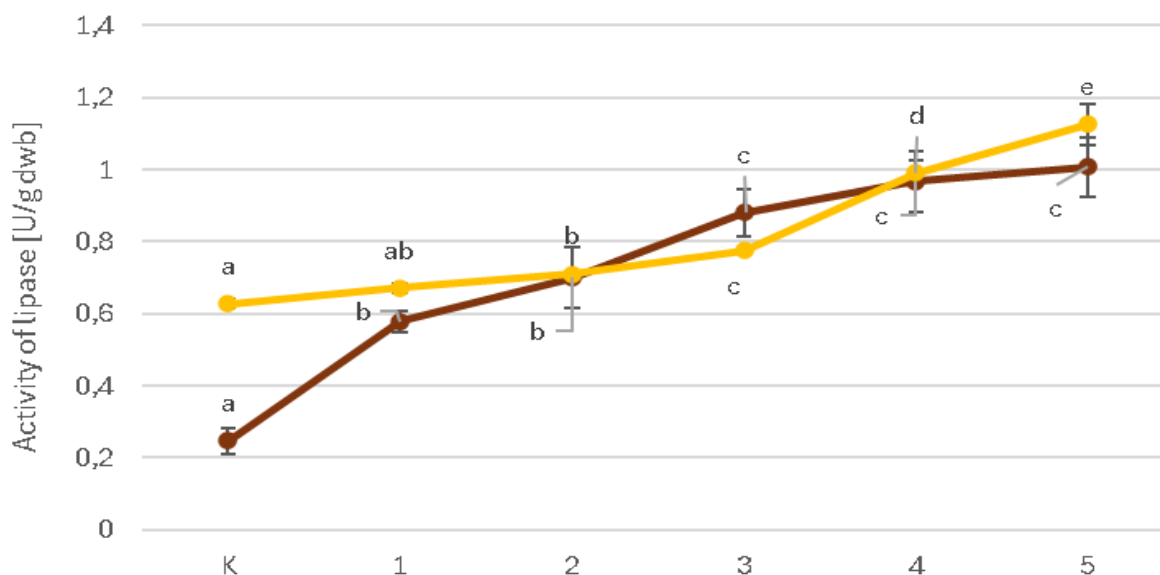
Obrázok 6 Obsah proteínov v zrnách ovsa (■) a pšenice (■) v závislosti od doby klíčenia (počet dní)

Pri klíčení je triglyceridová hydroláza hlavnou lipázou, ktorá spúšťa mobilizáciu uložených lipidov a poskytuje energiu na podporu rastu po samotnom procese klíčenia. Vysoké hladiny lipidov sa pozorujú v aleurónovej vrstve, nízke hladiny v základnom endosperme a lipidy uložené v embryu a aleuróne sa mobilizujú ako prvé v počiatočných štádiách klíčenia pred rozkladom škrobu na cukry v endosperme. V našej práci sme pozorovali mierny pokles v obsahu lipidov v obilnom zrne ovsa aj pšenice v závislosti od doby klíčenia (Obrázok 7), čo poukazuje na štiepenie týchto metabolitov počas klíčenia a využívanie rastlinou pri budovaní nových štruktúr.



Obrázok 7 Obsah lipidov v zrnách ovsa (■) a pšenice (■) v závislosti od doby klíčenia (počet dní)

Z hľadiska sledovania aktivity lipázy (Obrázok 8) môžeme pri oboch pozorovaných rastlinných druhoch sledovať nárast aktivity s pribúdajúcou dobou klíčenia. Lipáza hydrolyzuje triglyceridy na voľné mastné kyseliny, ktoré sú náchylné na oxidáciu a spôsobujú žltnutie obilných múk, to je riziko hroziace pri manipulácii s obilnými múkami s vyšším podielom lipidov, prípadne vyššou aktivitou lipáz. Typ lipidov prítomných v prvých fázach klíčenia by mohol byť faktorom meranej aktivity lipáz, pretože lipázy sú selektívne, uprednostňujú tvorbu kyseliny linolovej a sú nevýhodné voči iným, napríklad kyseline palmitovej.



Obrázok 8 Aktivita lipázy v zrnách ovsa (■) a pšenice (■) v závislosti od doby klíčenia (počet dní)

Pšeničné zrno patrí v krajinách strednej Európy k základným primárnym potravinovým surovinám, ale zároveň sa hľadajú stále intenzívnejšie možnosti, ako zvýšiť nutričnú hodnotu potravín založených na báze obilnín. Preto si získava stále väčšiu pozornosť zrno ovsa siateho. V porovnaní s pšeničným zrnom sa vyznačuje napr. vyšším obsahom celkovej potravinovej vlákniny, jej rozpustnej zložky β -D-glukánu alebo proteínov, prípadne lipidov. Na druhej strane má zrno ovsa vo všeobecnosti nižší obsah škrobu, čo vedie pri jeho aplikácii vo vývoji potravín k tvorbe potravín s nižším kalorickým zaťažením a zároveň vyššou biologickou hodnotou (napr. vďaka obsahu β -D-glukánu s dokázanými vlastnosťami znižovať hladinu cholesterolu a glukózy v krvnom sére a pozitívne vplývať na fyziológiu trávenia). Aplikáciou techník nakličovania, prípadne fermentácie obilného zrna, môžeme nutričný a preventívno-terapeutický potenciál obilného zrna zvýšiť (6-10).

Záver

Klíčenie zrna spôsobilo pokles niektorých parametrov (obsah β -D-glukánu a škrobu) a na druhej strane, aktivita enzýmov sa zvyšovala s časom klíčenia. Čas klíčenia vplýva na nutričnú kvalitu zrna. Optimálny čas klíčenia vyvažuje maximálne nutričné zlepšenie bez kompromisov v spracovateľských alebo senzorických vlastnostiach – často okolo 48 až 72 h, v závislosti od zrna a požadovaného výsledku. Vďaka nutričnej hodnote ovsených zrn, ich zdravotným výhodám a ekonomickej a jednoduchšej metóde klíčenia majú naklíčené zrná potenciál na využitie v pekárskom priemysle na výrobu chleba, sušienok, cereálnych tyčínok a ovsených vločiek alebo vo forme fermentovateľných nápojov. V potravinárskom priemysle sa môžu stať alternatívou k diastatickej sladovej múke.

Poděkování

Agentúra na podporu výskumu a vývoja SR podporila tento výskum v rámci zmluvy č. APVV-23-0375.

Literatura

1. Gunathunga, Ch., Senanayake, S., Arunoda Jayasinghe, M., Brennan, Ch. S., Truong, T., Marapana, U., Chandrapala, J., *J. Food Comp. Analysis*, 2024, 128, 106024.
2. Lemmens, E., Moroni, A.V., Pagand, J., Heirbaut, P., Ritala, A., Karlen, Y., Lê, K.-A., Van den Broeck, H.C., Brouns, F.J.P.H., De Brier, N. and Delcour, J.A., *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 2019, 18, 305-328.
3. Yang, B., Yin, Y., Liu, Ch., Zhao, Z., Guo, M., *Food Chem.*, 2021, 349, 129125.
4. Morena, G., Pucci, L., In: Hernández-Ledesma B., Martínez-Villaluenga, C., Eds.: *Current Advances for Development of Functional Foods Modulating Inflammation and Oxidative Stress*, 2022. [online]. [cit. 14. januára 2025]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128234822000145>.
5. Nkhata, S.G., Ayua, E., Kamau, E.H., Shingiro, J.B., *Food Sci Nutr.*, 2018, 6(8), 2446-2458.
6. Roulin, S., Buchala, A. J., Fincher, G. B., *Planta*, 2002, 215, 51-59.
7. Helland, M. H., Wicklund, T., Narvhus, J. A., *Food Res. Int.*, 2002, 35(2-3), 315-321.
8. Guzmán-Ortiz, F. A., Castro-Rosasb, J., Gómez-Aldapa, C. A., Mora-Escobedoc, R., Rojas-Leónb, A., Rodríguez-Marína, M. L., Falfán-Cortésa, R. N., Román-Gutiérrez, A. D. *Food Rev. Int.*, 2018, 35(3), 1-24.
9. Müntz, K., Belozersky, M. A., Dunaevsky, Y. E., Schlereth, A., Tiedemann, J., *J. Exp. Bot.*, 2001, 52(362), 1741-1752.
10. Hübner, F., O'neil, T., Cashman, K. D., Arendt, E. K., *Eur. Food Res. Technol.*, 2010, 231, 27-35.

P6

VALORIZATION OF FRUIT/VEGETABLE WASTE FOR THE PRODUCTION OF NATURAL PIGMENTS AND THEIR APPLICATION IN FOOD PACKAGING MATERIALS: A REVIEW

Hazar H. (1), Güzdemir Ö. (2)

(1) Graduate School of Natural and Applied Sciences, Aydin Adnan Menderes University, Turkey

(2) Department of Food Engineering, Aydin Adnan Menderes University, Turkey

Each year, approximately one-third of the food (~ 1.3 billion tonnes) is wasted. Reducing or valorizing waste plays a critical role in achieving sustainability goals in the food industry. Large amounts of fruit peels, the main by-product of industrial fruit processing, are often discarded as waste. Waste generated during fruit/vegetable processing generally consists of materials such as peel, fruit seeds, leaves, stems, peels, and roots. These residues often contain valuable natural compounds. One of these valuable compounds available in fruit/ vegetable waste is natural pigments like chlorophylls, carotenoids, flavonoids, and betalins.

There have been various extraction methods studied in the literature to obtain natural pigments from food waste. These methods have been improved by the researchers to increase the stability of the pigments and preserve their functional properties. Encapsulation techniques are used to improve the stability and bioavailability of natural pigments. These techniques enable the pigments to be coated with protective materials, making them more durable and useful. Extraction and encapsulation techniques optimize the use of natural pigments.

The recovered natural pigments have been studied in food packaging research to track real-time quality changes through color change. This method decreases the possible food waste amount by warning the consumers and sellers for the upcoming possible spoilage. The smart packaging technology provides biosensors processed from fruit/vegetable industry waste, which makes the food industry more sustainable via both waste valorization and food waste reduction.



This present study aims to systematically review the literature on the valorization of fruit/vegetable waste as natural pigments and their utilization in the food packaging industry

This study will present a systematic literature review that covers extraction techniques of natural pigments and their encapsulation methods. It also contains the literature research results on the food packaging applications of natural pigments and their effects on the engineering properties of packaging materials.

P7

EDIBLE PACKAGING FROM GREEN TEA POLYPHENOLS

Aksu M. (1), Güzdemir Ö. (2)

(1) Graduate School of Natural and Applied Sciences, Aydin Adnan Menderes University, Turkey

(2) Department of Food Engineering, Aydin Adnan Menderes University, Turkey

Green tea industrial waste contains polyphenols (GTP), a bioactive extract component that is a valuable material to be thrown away. The valuable GTP extract has excellent antioxidant and antibacterial properties and has attracted the interest of researchers as a good additive to improve the properties of degradable, environmentally friendly and edible food packaging materials. The flavanoid component catechins are found in large quantities in green tea and green tea waste. As an active ingredient, catechins contribute to the aroma, flavour and fragrance of tea and are known for their high antioxidant properties. These active ingredients are being evaluated for use in active food packaging to increase the shelf life of packaged foods. This study is a literature review focusing on the use of GTP addition in edible packaging materials and its effects in improving barrier properties, mechanical properties, antioxidant and antibacterial properties of edible films.

The aim of this present study is to systematically review the literature on the edible packaging materials made of green tea polyphenols.

This study will present a systematic literature review on the extraction methods of GTPs and their utilization in packaging materials. Their effects in enhancing the barrier properties, mechanical properties, antioxidant and antibacterial properties of edible films will be discussed.

P8

SENZORICKÁ PŘIJATELNOST KÁVY BALENÉ V JEDLÝCH FILMECH S KÁVOVOU SEDLINOU: INOVATIVNÍ PŘÍSTUP K UDRŽITELNÉMU OBALOVÉMU DESIGNU

Tauferová A., Kotianová D., Pencák T., Dordevic D., Tremlová, B., Budina J., Kovtun V.

Ústav hygieny a technologie potravin rostlinného původu, VETUNI Brno

Úvod

Káva je po vodě druhým nejkonzumovanějším nápojem na světě a její globální roční produkce stále roste. Podle Mezinárodní organizace pro kávu přesáhla v posledních letech hranici 122 milionů 60kg pytlů¹. Takto vysoká spotřeba je spojena s produkcí značného množství odpadu v podobě kávové sedliny (KS), která je však potenciálním zdrojem množství cenných látek, včetně biologicky aktivních polyfenolů. S ohledem na životní prostředí



a principy cirkulární ekonomiky je nutné hledat vhodné způsoby zhodnocení kávové sedliny. Současný výzkum se proto zaměřuje na řadu oblastí jejího využití od produkce biopaliv a krmiv přes využití ve stavebnictví a výrobu biopolymerů až po aplikace v potravinářství, například jako zvýrazňovač chutě piva či zdroj antioxidantů pro kontrolu oxidace masa²⁻⁴. Jednou z perspektivních možností zvyšujících udržitelnost potravinářského sektoru je i využití kávové sedliny jako součásti obalových materiálů^{5,6}.

Skladování představuje jeden z nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících kvalitu kávy⁷. V průběhu skladování pražené kávy dochází ke ztrátě aromatických složek, uvolňování oxidu uhličitého a oxidačním reakcím lipidové frakce, které mohou negativně ovlivňovat její organoleptické vlastnosti a tyto procesy probíhají intenzivněji v mleté kávě. Řada spotřebitelů však preferuje nákup kávy v mleté formě. Sensorická jakost kávy hraje klíčovou roli při posuzování kvality zrn i hotového nápoje a zásadně ovlivňuje její tržní hodnotu. Z toho důvodu se některé studie zabývají výzkumem ochranného vlivu obalových materiálů včetně různých kapslí, které by mohly negativní efekt stárnutí kávy zpomalovat^{8,9}.

Vývoj různých postupů a pomůcek pro usnadnění přípravy kávy, například při cestování, je trendem posledních let. Kromě kategorie pomůcek se objevují i filtry již ve výrobě naplněné jednou porcí kávy. V rámci této studie byla kávová sedlina využita pro výrobu jedlých primárních obalů jednotlivých porcí mleté kávy, které by spotřebiteli usnadnily přípravu jedné dávky nápoje eliminací potřeby vážení a zároveň přispěly k uchování sensorických vlastností kávy během skladování. Cílem bylo stanovit vliv přídavku kávové sedliny na vnímání sensorické jakosti kávového nápoje.

Experimentální část

Dizajn experimentu

Cílem sensorické analýzy bylo vyhodnotit vliv jedlých obalů s přídavkem různých koncentrací kávové sedliny na vybrané klíčové deskriptory hotového nápoje v podobě filtrované kávy. Filtrovaná káva byla připravována ze vzorků mleté kávy (I) zabalené do jedlých obalů s obsahem KS (SCG_0_1 – SCG_0_75), (II) zabalené do jedlých obalů na bázi karagenanu bez přídavku KS v jakékoli podobě (Ctrl_Film_with_Carrageenan) a (III) bez jedlého obalu (Ctrl_Filmfree).

Příprava jedlých obalů

Do 250ml kádinky bylo naváženo 0,9 g karagenanu, k němuž byla následně přidána kávová sedlina (KS). Množství přidané KS se odvíjelo od požadované koncentrace ve vzorku, přičemž pro koncentraci 0,1 % bylo naváženo 0,135 g KS, pro 0,25 % – 0,338 g, pro 0,5 % – 0,675 g a pro 0,75 % – 1,013 g. Ke směsi bylo následně přidáno 135 ml destilované vody.

Směs byla intenzivně míchána, dokud nedošlo k úplnému rozpuštění karagenanu. Poté byla kádinka umístěna na magnetickou míchačku (900 rpm, 50 °C, 10 min).

Následně bylo do směsi přidáno 0,75 ml glycerolu a míchání pokračovalo dalších 5 minut. Připravené vzorky byly nality do Petriho misek o průměru 18 cm a sušeny mezi ventilátory po dobu 48 hodin. Bylo připraveno celkem 5 vzorků jedlých obalů: kontrolní vzorek bez přídavku kávové sedliny a 4 experimentální vzorky s přídavkem kávové sedliny v koncentraci 0,1; 0,25; 0,5 a 0,75 %.

Příprava nápoje

Vzorek čerstvé výběrové mleté kávy arabica pocházející z lokální pražírny o hmotnosti 12 g (s nebo bez jedlého obalu) byl krouživým pohybem zalit kojeneckou vodou o objemu 200 ml a teplotě 93 °C. Celková doba filtrování byla 4 minuty, přičemž po třetí minutě následovalo zamíchání objemu french pressu pomocí lžice. Poté byl kávový nápoj scezen a podáván hodnotitelům.



Senzorická analýza

Senzorická analýza proběhla v senzorické laboratoři Fakulty veterinární hygieny a ekologie Veterinární univerzity Brno. Senzorický panel tvořilo 10 školených hodnotitelů – pravidelných konzumentů kávy ($n = 10$, z toho 8 žen a 2 muži, průměrný věk 34 let) z řad zaměstnanců a studentů.

Samotné analýze předcházely cvičný blok hodnocení spojený s diskuzí panelu zaměřenou na nejčastěji hodnocené deskriptory kávy, a to za účelem selekce těch deskriptorů, které nejlépe charakterizovaly vzorky. Současně byly eliminovány deskriptory, ve kterých mezi vzorky hodnotitelé nezaznamenaly žádný rozdíl, případně které nebyly většinou hodnotitelů zaznamenány. Po výběru deskriptorů a sestavení formuláře byla provedena kalibrace panelu s ohledem na intenzity hodnocených deskriptorů pomocí vzorku filtrované kávy bez jedlého obalu.

Vzorky byly podávány ve skleněných kádinkách o objemu 50 ml a označeny třímístným číselným kódem, jako neutralizátor byla použita neperlivá voda. Pro předkládání vzorků filtrované kávy bylo využito sekvenční monadické schéma a kompletní návrh bloku. Senzorická analýza byla provedena v duplikátech a byla rozdělena do dvou samostatných bloků.

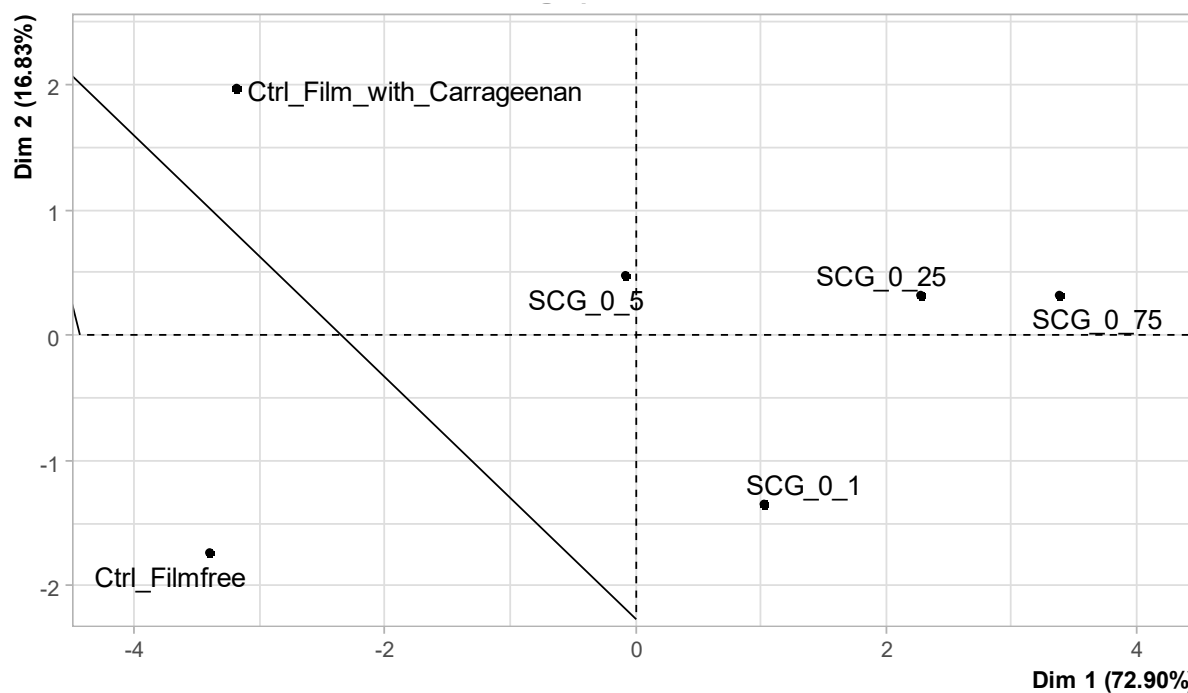
Statistická analýza

Výsledky byly vyhodnoceny statistickým softwarem R, verze 4.3.3 (The R Foundation for Statistical Computing, Vídeň, Rakousko) pomocí balíčku SensoMineR. Data ze senzorické analýzy byla zpracována metodou analýzy základních komponent (PCA).

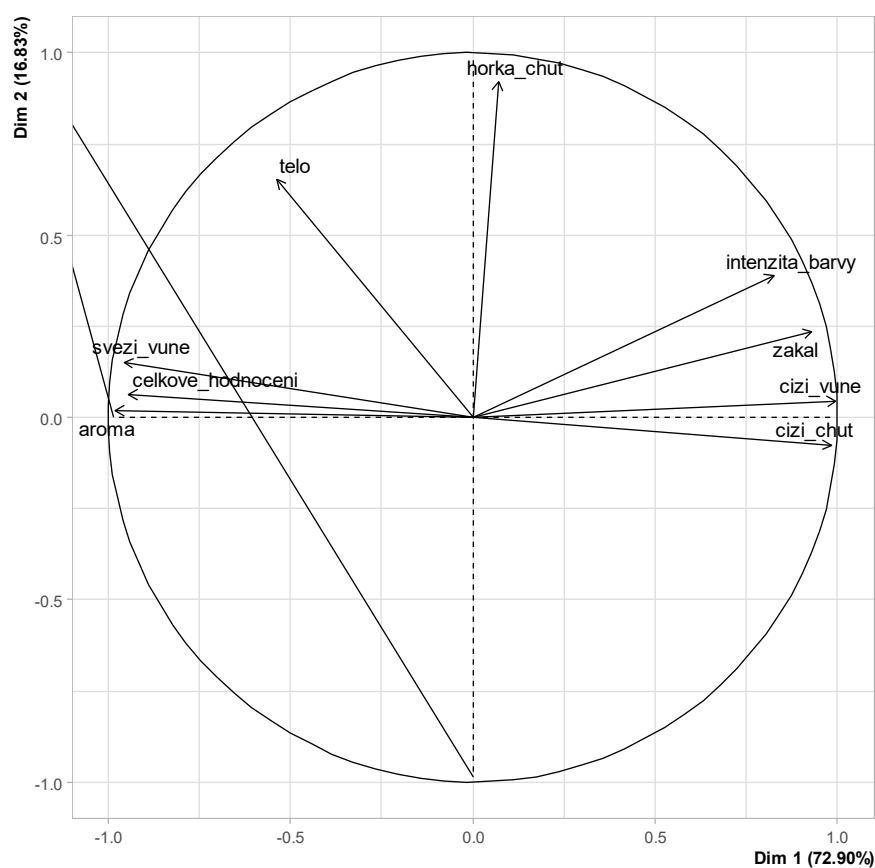
Výsledky a diskuse

Výsledky vyhodnocení vlivu koncentrace přídavku kávové sedliny na senzorickou jakost kávového nápoje jsou zobrazeny na Obrázku 1 a 2 níže. Grafy zobrazující výsledky analýzy základních komponent popisují 89,73 % celkové variability, přičemž první komponenta popisuje 72,90 % a druhá 16,83 % variability. Faktor celkové hodnocení úzce koreloval s intenzitou celkového aromatu a intenzitou svěží vůně, byla naopak potvrzena záporná korelace mezi celkovým hodnocením a intenzitou cizí vůně, cizí chuti a zákalu.





Obrázek 1 Výsledky PCA kvantitativní deskriptivní analýzy experimentálních vzorků kávových nápojů připravených z jedlých obalů s přidavkem kávové sedliny: Mapa vzorků



Obrázek 2 Výsledky PCA kvantitativní deskriptivní analýzy experimentálních vzorků kávových nápojů připravených z jedlých obalů s přidavkem kávové sedliny: Faktorová mapa proměnných

Jedním z hlavních cílů senzorické analýzy bylo vyhodnotit, jestli použití jedlého obalu s obsahem kávové sedliny ovlivňuje senzorickou jakost filtrované kávy a pokud ano, ve kterém konkrétním deskriptoru. Statistickou analýzou bylo potvrzeno, že mezi vzorky kávového nápoje v závislosti na použití jedlého obalu existovaly statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$). Původním předpokladem bylo, že použití jedlého obalu s obsahem kávové sedliny by mohlo vést k pozitivnímu senzorickému efektu v dosažení plnějšího těla kávy, jelikož do nápoje vnese malé množství karagenanu. Toto se však nepotvrdilo. Dalším předpokladem bylo, že použití jedlého obalu s obsahem kávové sedliny může vést k negativním efektům v podobě zesílení hořké chuti, potlačení sladké chuti, vnesení spálené chuti, tvorby povrchového filmu na nápoji, tvorby zákalu a zintenzivnění cizí vůně a chuti. Z uvedených deskriptorů byly statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$) potvrzeny pouze v případě zákalu, cizí chuti a cizí vůně. Deskriptory přítomnost povrchového filmu a intenzita sladké, kyselé a spálené chuti se nepodílely na tvorbě celkové variability vzorků a ve faktorové mapě proměnných vůbec nefigurují.

Kontrolní vzorek bez obalu společně s kontrolním vzorkem v obalu s obsahem karagenanu bez přídavku kávové sedliny dosáhly nejvyššího celkového hodnocení (5,6 a 5,5). Dále byly charakteristické nejvyšší intenzitou celkového aromatu (shodně 5,6) i svěží vůně (shodně 4,6) a současně nejnižší intenzitou zákalu (4,6 a 4,7), cizí chuti (shodně 1,7) a cizí vůně (1,6 a 1,7). Kontrolní vzorek bez obalu navíc vykazoval nejnižší intenzitu barvy (4,9). Všechny tyto rozdíly byly statisticky významné ($p < 0,05$) a odlišily kontrolní vzorky v rámci souboru vzorků kávových nápojů.

Dalším dílčím cílem bylo stanovit vhodnou koncentraci přídavku kávové sedliny s ohledem na dosažení co nejlepšího senzorického hodnocení. Vzorky SCG_0,1, SCG_0,25 a SCG_0,5 s kávovými obaly obsahujícími kávovou sedlinu v koncentracích 0,1 - 0,5 % si byly navzájem velmi podobné a nebyly mezi nimi nalezeny žádné statisticky významné rozdíly. Jejich celkové hodnocení se pohybovalo v rozmezí 4,5 - 5, co představuje průměrné až mírně podprůměrné hodnocení. Rozdíl v celkovém hodnocení ve srovnání se vzorkem kávového nápoje bez obalu (5,6) byl minimální, přesto statisticky významný ($p < 0,05$). Todhanakasem *et al.*¹⁰ hodnotili vliv pražení na senzorickou jakost filtrovaného kávového nápoje pomocí stupnice od 1 do 7 a podobně popsali pouze minimální rozdíly (4,8 - 5) v celkovém hodnocení mezi jednotlivými stupni pražení, což může naznačovat, že celkové senzorické hodnocení kávy může být relativně stabilní vůči určitým technologickým zásahům. Amorin-Da-Silva *et al.*¹¹ sledovali vliv skladování mleté kávy v papírovém obalu potaženém vrstvou na bázi chitosanu na senzorickou jakost filtrovaného kávového nápoje a nezaznamenali statisticky významný rozdíl v chuti ani v celkovém hodnocení mezi nápojem připraveným z kávy skladované v obalu potaženém chitosanem a v obalu bez povrchové úpravy. Jedlé polymery bez dalších složek vedoucích k fortifikaci byly za účelem uchování senzorických vlastností aplikovány také na zelená kávová zrna, přičemž nedošlo k ovlivnění senzorické jakosti kávového nápoje¹².

Nejnižšího celkového hodnocení (4,3) dosáhl vzorek SCG_0,75, tedy vzorek s nejvyšší koncentrací přídavku kávové sedliny. Tento vzorek se současně vyznačoval nejnižší intenzitou svěží vůně (3,0) a nejvyšší intenzitou cizí vůně (3,8) i cizí chuti (3,2) z celého souboru vzorků. Statisticky významně ($p < 0,05$) se v těchto deskriptorech lišil od všech ostatních vzorků. Pravděpodobným důvodem mohl být vyšší obsah polynenasycených mastných kyselin v kávovém oleji, které se vyznačují kouřovým zápachem, vedou k hořké chuti či svíravosti a poměrně snadno oxidují¹³.

Závěr

Použití obalu s přídavkem kávové sedliny vedlo k mírnému snížení senzorické jakosti filtrovaného kávového nápoje připraveného ve french pressu, a to zejména mírným potlačením celkového aromatu, maskováním svěží vůně kávy a zintenzivněním cizí vůně, chuti a zákalu.



Všechny tyto změny byly mírné, přesto byl efekt statisticky významný. Z hlediska koncentrace přídavku kávové sedliny do obalu se jako nejvhodnější prokázal přídavek v rozmezí od 0,1 do 0,5 % kávové sedliny, který vedl k dosažení průměrného až mírně podprůměrného celkového hodnocení.

Alternativní možnost přídavku kávové sedliny do jedlého obalu mleté kávy představuje extrakt z kávové sedliny. Další výzkum se zaměřuje na vyhodnocení vlivu různých koncentrací přídavku ve formě extraktu z kávové sedliny do jedlých obalů mleté kávy a jeho vliv na senzorickou jakost nápoje.

Poděkování

Tato práce byla podpořena projektem ITA č. 2024TA25 Veterinární univerzity Brno.

Literatura

1. International Coffee Organization, "Coffee Market Report" Accessed: 15. 5. 2025. [Online]. Available: <https://ico.org/resources/coffee-market-report-statistics-section/>.
2. Nascimento Dari D.; Fernandes da Silva L.; Mairton Bezerra Lima Júnior A.; Silveira Freitas I.; da Silva Aires F.I.; Sousa dos Santos J.C. Spent coffee grounds: Insights and future prospects for bioenergy and circular economy applications. *Green Technologies and Sustainability*, 2025, 3, 100213.
3. Zheng J.; Luo S.; Aaqil M.; Guo Y.; Zhang F.; Huang X.; Gu Y.; Zhang Z.; Li F.; Zhao C.; Tian Y. From waste to flavor enhancer: differential pressure explosion puffing modifies spent coffee grounds for microbial consortia-driven flavor synthesis in craft beer systems. *Food Research International*, 2025, In Press, 116933.
4. Jully K.M.M.; Toto C.S.; Were L. Antioxidant effect of spent, ground, and lyophilized brew from roasted coffee in frozen cooked pork patties. *LWT - Food Science and Technology*, 2016, 66, 244-251.
5. Muhammad S.; Bairwan R.D.; Khalil H.P.S.; Abdul M.M.; Ahmad M.I. *et al.* Comparative study of lignin from patchouli waste fibers and spent coffee grounds as biofillers in poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate)-based biodegradable packaging materials. *Bioresource Technology Reports*, 2025, 30, 102138.
6. Corrado I.; Argenziano R.; Borselleca E.; Moccia F.; Panzella L. *et al.* Cascade disassembling of spent coffee grounds into phenols, lignin and fermentable sugars en route to a green active packaging. *Separation and Purification Technology*, 2024, 334, 125998.
7. Pazmiño-Arteaga J.; Gallardo C.; González-Rodríguez T. *et al.* Loss of sensory cup quality: physiological and chemical changes during green coffee storage. *Plant Foods Hum Nutr*, 2022, 77, 1-11.
8. Strocchi G.; Müller A.B.; Kuhnert N.; Martina K.; Bicchi C.; Liberto E. Diterpenes stability of commercial blends of roasted and ground coffees packed in copolymer coupled with aluminium and eco-friendly capsules. *Food Research International*, 2023, 174, 113577.
9. Strocchi G.; Bagnulo E.; Ravaioli G.; Pellegrino G.; Bicchi C. *et al.* Evaluation of the behaviour of phenols and alkaloids in samples of roasted and ground coffee stored in different types of packaging: Implications for quality and shelf life. *Food Research International*, 2023, 174, 113548.
10. Todhanakasem T.; Van Tai N.; Kanyanee K.; Pitinidhipat N. Physicochemical characteristics and metabolite content of roasted arabica coffee in relation to consumer preference. *LWT*, 2025, 217, 117438.
11. Amorin-Da-Silva B.C.; Zambuzi G.C.; Francisco K.R.; Verruma-Bernardi M.R.; Ceccato-Antonini S.R. Chitosan-coated paper packaging for specialty coffee beans: Coating characterization, bean and beverage analysis. *Food Research International*, 2024, 188, 114467.
12. Ferreira L.F.; De Abreu G.F.; Lago A.M.T.; Figueiredo L.P.; Borém F.M. *et al.* Development and application of biopolymer coatings to specialty green coffee beans: Influence on water content, color and sensory quality. *LWT*, 2018, 96, 274-280.
13. Sharma A.; Ray A.; Singhal R.S. A biorefinery approach towards valorization of spent coffee ground: Extraction of the oil by supercritical carbon dioxide and utilizing the defatted spent in formulating functional cookies. *Future Foods*, 2021, 4, 100090.



VLIV SKLADOVÁNÍ NA FYZIKÁLNĚ-CHEMICKOU STABILITU A AROMATICKÝ PROFIL LYOFILIZOVANÉ KÁVY SE SMETANOU NÁPOJÍCH

Trenzová K. (1), Diviš P. (1), Knapovská P. (1), Malíšek J. (2), Szotkowski M. (2)

(1) Ústav chemie potravin a biotechnologií, VUT Brno

(2) Katedra logistiky, Univerzita obrany Brno

Lyofilizace je pokročilá metoda sušení umožňující zachování choulostivých složek a přírodního aroma v potravinářských systémech, včetně směsí obsahujících mléčný tuk. Cílem této práce bylo navrhnout optimální recepturu kávy espresso se smetanou za účelem vytvoření senzorycky atraktivního nápoje s možností rychlé a efektivní přípravy ve ztížených podmínkách. Získané poznatky jsou významné pro vývoj trvanlivých emulzních nápojů na bázi smetany určených pro specifické aplikace, jako jsou „ready-to-eat“ produkty pro armádu, záchranné složky, kosmonautiku či prémiový instantní trh.

Pro simulaci různých skladovacích scénářů byly vzorky uchovávány při třech teplotách: 5 °C (referenční teplota), 25 °C (dle normy STANAG 2937) a 40 °C (teplotní extrém). V úvodní fázi výzkumu byla pozornost věnována úpravě složení směsi s cílem zachovat strukturu vzorku a minimalizovat separaci mléčného tuku. Druhá část práce hodnotila fyzikálně-chemickou stabilitu produktu na základě barevných změn (CIELAB), obsahu vlhkosti, aktivity vody, reologických vlastností a aromatického profilu analyzovaného metodou SPME-GC-MS.

Výsledky ukazují, že i přes šetrnost lyofilizace docházelo k separaci mléčného tuku a rozvoji senzorycky negativních projevů spojených se žluknutím během skladování, což výrazně snižovalo kvalitu výsledného produktu. Vylepšená formulace s přídavkem lecitinu umožnila stabilizovat mléčnou fázi a zachovat kompaktní strukturu lyofilizátu. Po rehydrataci však docházelo ke ztmavnutí, pravděpodobně vlivem změn v koloidní struktuře a sníženého světelného rozptylu. Reologie prokázala podobnost tokových křivek s čerstvou kávou, avšak u vzorků s vyšším obsahem smetany skladovaných při 40 °C se objevily výrazné odchylky, svědčící o částečné denaturaci bílkovin. Přestože některé strukturální změny přetrvávají, lecitin výrazně přispěl ke zlepšení stability a senzorycké kvality výsledného produktu.

Effect of storage on the physicochemical stability and aromatic profile of freeze-dried coffee with cream

Lyophilization is an advanced drying method enabling the preservation of delicate components and natural flavour in food systems, including mixtures with milk fat. This study aimed to design an optimal espresso coffee recipe with cream to create a sensory-attractive beverage suitable for fast and efficient preparation under demanding conditions. The findings are relevant for the development of stable cream-based emulsion beverages for applications such as military, emergency, aerospace, or premium instant products.

To simulate storage scenarios, samples were stored at 5 °C (reference), 25 °C (according to STANAG 2937), and 40 °C (temperature extreme). The first research phase focused on optimizing the mixture to preserve the structure of the freeze-dried matrix and stabilize free milk fat. The second part assessed physicochemical stability through colour parameters (CIELAB), moisture content, water activity, rheology, and aroma profile via SPME-GC-MS.

The results show that despite the gentle nature of freeze-drying, milk fat separation and the development of sensory adverse effects associated with rancidity during storage significantly reduced the quality of the final product. The improved formulation with the addition of lecithin made it possible to stabilise the milk phase and maintain the compact structure of the



lyophilisate. However, darkening occurred after rehydration, probably due to changes in the colloidal structure and reduced light scattering. The rheology showed similarity of the flow curves to fresh coffee, but the higher cream content samples stored at 40 °C showed significant deviations, indicating partial denaturation of the proteins. Although some structural changes remain, lecithin has contributed significantly to improving the stability and sensory quality of the final product.

P10

PŘÍRODNÍ VS. SYNTETICKÉ: JAK BRUSNICE BORŮVKA (*VACCINIUM MYRTILLUS L.*) OVLIVŇUJE KVALITU ŽELÉ CUKROVINEK

Knapovská P. (1), Vítová E. (1), Trenzová K. (1,2)

(1) Ústav chemie potravin a biotechnologií, VUT Brno

(2) Katedra logistiky, Univerzita obrany Brno

Tato práce se zaměřuje na využití brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus L.*) jako přírodní alternativy k syntetickým aditivům, používaným při výrobě želé cukrovinek. Borůvky jsou ceněny pro svou příjemnou chuť, výraznou červenofialovou barvu a vysoký obsah bioaktivních látek, jako jsou antioxidanty, anthokyany a fenolické látky. Želé cukrovinky jsou oblíbenou pochoutkou, jak mezi dětmi, tak i dospělými. Cílem této práce bylo připravit cukrovinky, které budou nejen chutné, ale také bohaté na bioaktivní látky. Využití borůvek v cukrovinkách by tak mohlo vyhovovat současnému trendu nahrazování syntetických aditiv přírodními alternativami.

V rámci práce byly vyrobeny želé cukrovinky s přídavkem čerstvých borůvek, lyofilizovaných borůvek a cukrovinky se syntetickými barvivy (E132, E129) a komerčně dostupným borůvkovým aromatem. Všechny vzorky byly hodnoceny z hlediska antioxidační aktivity, celkového obsahu fenolických látek a anthokyanů. Rovněž byla provedena analýza těkavých aromatických látek, měření textury a senzorická analýza. Stabilita jednotlivých variant byla posouzena prostřednictvím skladovacího experimentu, při kterém byly cukrovinky po třiceti dnech podrobeny opakovaným analýzám.

Výsledky ukázaly, že přídavek borůvek do cukrovinek nejenže výrazně zvyšuje jejich nutriční hodnotu, ale má také pozitivní vliv na jejich senzorické vlastnosti. Vyrobené cukrovinky s přídavkem borůvek se tak jeví jako vhodná a zdravější alternativa ke komerčně dostupným výrobkům.

Natural vs. synthetic: How bilberry (*Vaccinium myrtillus L.*) affects the quality of jelly candy

*This work focuses on the use of bilberry (*Vaccinium myrtillus L.*) as a natural alternative to synthetic additives used in the production of jelly candy. Bilberries are valued for their pleasant flavour, distinctive reddish-purple colour and high content of bioactive compounds such as antioxidants, anthocyanins and phenolics. Jelly candies are a popular treat among both children and adults. The aim of this work was to prepare candy that is not only tasty but also rich in bioactive substances. Thus, the use of bilberries in confectionery could suit the current trend of replacing synthetic additives with natural alternatives.*

In this work, jelly candy with the addition of fresh bilberries, freeze-dried bilberries and candy with synthetic colours (E132, E129) and commercially available bilberry flavouring were produced. All samples were evaluated for antioxidant activity, total phenolics, and anthocyanins content. Analysis of volatile aroma compounds, texture measurements, and



sensory analysis were also performed. The stability of the different variants was assessed by a storage experiment, in which the candy was subjected to repeated analyses after thirty days.

The results showed that the addition of bilberries to the candy not only significantly increased its nutritional value but also had a positive effect on its sensory properties. Thus, confectionery made with the addition of bilberries appears to be a suitable and healthier alternative to commercially available products.

P11

VLIV SKLADOVACÍCH PODMÍNEK NA STABILITU A KVALITU AGAROVÝCH CUKROVINEK S EXTRAKTEM TUŽEBNÍKU JILMOVÉHO

Rychetský M. (1), Trenzová K. (1,2), Vítová E. (1)

(1) Ústav chemie potravin a biotechnologií, VUT v Brně

(2) Fakulta vojenského leadershipu, Univerzita obrany v Brně

V posledních letech roste zájem o vývoj zdravějších alternativ cukrovinek, které využívají přírodní složky s funkčními vlastnostmi. Jeden z takových přístupů zahrnuje použití rostlinných extraktů s příznivými účinky na zdraví. Extrakt z tužebníku jilmového je zkoumán pro své potenciální antioxidační a protizánětlivé vlastnosti. Začlenění těchto bioaktivních látek do potravinářských výrobků však představuje problémy související se stabilitou a zachováním výživové hodnoty během skladování.

Cílem této studie bylo zhodnotit, jak extrakt z tužebníku i samotné cukrovinky reagují na různé podmínky skladování, se zaměřením na změny nutričních vlastností, textury a senzorických vlastností v průběhu času.

Byly připraveny agarové cukrovinky obsahující extrakt tužebníku a byl hodnocen vliv délky skladování, teploty a působení světla na jejich klíčové vlastnosti. Sledovanými parametry byly antioxidační aktivita, obsah polyfenolů, obsah vitamínu C a přítomnost aromaticky aktivních látek. Kromě toho byla provedena reologická měření pro posouzení textury v průběhu času, zatímco nutná senzorická analýza hodnotila, zda cukrovinky zůstaly senzoricky akceptovatelné po celou dobu experimentu. Výsledky ukázaly, že za standardních podmínek si cukrovinky zachovaly své nutriční vlastnosti až po dobu dvou měsíců, zatímco chlazení mírně snížilo jejich udržitelnost na přibližně 45 dní. Jako hlavní limitující faktor se ukázala strukturální integrita samotných cukrovinek, která byla ovlivněna uvolňováním vody během skladování a následným vysycháním. Pro řešení tohoto problému se budoucí výzkum zaměří na potahování cukrovinek karnaubským voskem, aby se prodloužila jejich trvanlivost a zachovala jejich kvalita.

Poděkování

Tato práce byla podpořena Interními granty VUT (Specifický výzkum) reg. č. 1. č. FCH-S-25-8818 a Ministerstvem obrany ČR, grant INTAL: Zavádění nových technologií a postupů do logistické podpory Armády ČR (DZROFVL22-INTAL).

Impact of storage conditions on the stability and quality of agar-based confectionery with *Filipendula ulmaria* extract

*In recent years, there has been growing interest in the development of healthier confectionery alternatives that combine natural ingredients with functional properties. One such approach involves the use of plant extracts with beneficial health effects. *Filipendula ulmaria* extract has been studied for its potential antioxidant and anti-inflammatory properties.*



However, incorporating such bioactive compounds into food products presents challenges related to stability and retention of nutritional value during storage.

This study aimed to evaluate how both Filipendula extract and the confectionery itself respond to different storage conditions, focusing on changes in nutritional properties, texture, and sensory characteristics.

Agar-based confectionery containing Filipendula extract was prepared, and the impact of storage duration, temperature, and light exposure on its key properties was assessed. Monitored parameters included antioxidant activity, total phenol content, vitamin C levels, and the presence of aroma-active compounds. Additionally rheological analysis was performed to examine the texture over time, while the necessary sensory analysis evaluated whether the confectionery remained sensorially acceptable throughout the experiment. The results showed that under standard conditions, the confectionery retained its nutritional properties for up to two months, while refrigeration slightly reduced its sustainability to approximately 45 days. The main limiting factor appeared to be the structural integrity of the confectionery itself, which was affected by the release of water during storage and subsequent drying. To address this problem, future research will focus on coating the sweets with carnauba wax to extend their shelf life and maintain their quality.

Acknowledgement: This work was supported by the Internal Grants of BUT (Specific Research) Reg. No. FCH-S-25-8818 and by Ministry of Defence of the Czech Republic, grant INTAL: Implementation of new technologies and procedures into the logistic support of the Army of the Czech Republic (DZRO-FVL22-INTAL).

P12

VÝVOJ BROWNIE S VYSOKÝM OBSAHEM BÍLKOVIN PRO VOJENSKÉ A NOUZOVÉ PŘÍDĚLOVÉ SYSTÉMY

Szotkowski M., Škarecký A., Malíšek M., Trenzová K., Křištofová K.

Katedra logistiky, Univerzita Obrany Brno

Roste poptávka po skladovatelných, nutričně vyvážených potravinářských produktech vhodných pro vojenský personál a záchranné složky. Tato studie představuje vývoj vysokoproteinového brownie navrženého jako chutný a funkční komponent bojových a krizových dávek. Formulace byla upravena začleněním fazolí jako přírodního zdroje bílkovin, čímž se zvýšila nutriční hodnota bez použití proteinových izolátů na bázi mléka. Fazole také přispěly vlákninou a komplexními sacharidy. Senzorická kvalita byla pečlivě optimalizována, aby byla zachována známá chuť a textura tradičních brownies.

Analýza textury pomocí textuometru ukázala, že produkt si po lyofilizaci zachoval kompaktní a soudržnou strukturu, což podporuje jeho vhodnost pro dlouhodobé skladování a polní podmínky. Senzorické hodnocení vyškoleným panelem potvrdilo vysokou přijatelnost variant obohacených o fazole bez znatelných pachů nebo nežádoucích pachutí. Nutriční analýza prokázala významný nárůst bílkovin na porci při zachování celkové energetické hustoty. Simulace skladovatelnosti při 5, 25 a 40 °C ukázaly dobrou stabilitu. Výsledky potvrzují potenciál sušenek na bázi fazolí jako funkční potraviny bohaté na bílkoviny a podporující morálku pro zařazení do vojenských a nouzových výživových programů.

Development of a high-protein brownie for military and emergency ration systems

There is growing demand for shelf-stable, nutritionally balanced food products suitable for military personnel and emergency responders. This study presents the development of a high-protein brownie designed as a palatable and functional component of combat and crisis



rations. The formulation was modified by incorporating beans as a natural protein source, increasing nutritional value without using dairy-based protein isolates. Beans also contributed fiber and complex carbohydrates. The sensory quality was carefully optimized to maintain the familiar taste and texture of traditional brownies.

Texture analysis using a texture meter showed that the product retained a compact and cohesive structure after freeze-drying, supporting its suitability for long-term storage and field conditions. Sensory evaluation by a trained panel confirmed high acceptability of the bean-enriched variants, with no noticeable off-flavors or undesirable aftertastes. Nutritional analysis demonstrated a significant protein increase per portion while preserving overall energy density. Shelf-life simulations at 5, 25, and 40 °C indicated good stability. The results confirm the potential of bean-based brownies as a functional, protein-rich, and morale-supporting food for inclusion in military and emergency nutrition programs.

P13

VLIV ALTERNATIVNÍCH SLADIDEL A MAKOVÉ MOUKY NA GLYKEMICKÝ INDEX A SENZORICKOU PŘIJATELNOST SUŠENEK

Havlová L., Klimovičová R., Tauferová A., Pečová M., Tremlová B.

Ústav hygieny a technologie potravin rostlinného původu, VETUNI Brno

Nadměrný příjem sacharózy je spojován s řadou nežádoucích účinků včetně civilizačních onemocnění, jako je obezita nebo cukrovka. Tato práce se věnuje možnosti využití alternativních sladidel a mouky z makových výlisků, a to za účelem zlepšení nutričního profilu a zvýšení udržitelnosti inovativním využitím vedlejšího produktu při výrobě oleje. Cílem práce bylo sledovat vliv použitých surovin na glykemický index a senzorickou přijatelnost sušenek. Do sušenek byla použita sacharóza a sirupy: javorový (M), čekankový (C), datlový (D) a agáve (A). Vybrané vzorky obsahovaly kromě pšeničné mouky také přídavek makové mouky v množství 10% (P10) nebo 20% (P20). Glykemický index (GI) byl zjištěn pomocí metody GOPOD, trávení in vitro. Vliv surovin na senzorickou jakost byl stanoven pomocí kvantitativní deskriptivní analýzy panelem školených hodnotitelů ($n = 16$, průměrný věk 29 let). Výsledky ukázaly, že maková mouka snížila hodnoty glykemického indexu sušenek u všech sladidel, nicméně pouze v případě javorového sirupu ($M - 57,06 \pm 1,24$; $MP20 - 52,06 \pm 1,54$) a datlového sirupu ($D - 63,24 \pm 0,32$; $DP20 - 59,03 \pm 3,23$) byly rozdíly statisticky významné ($p < 0,05$). Z hlediska senzorické analýzy byly nejlépe celkově hodnoceny vzorky sušenek s obsahem sacharózy (6,50) a z experimentálních vzorků dosáhly nejvyššího celkového hodnocení sušenky s obsahem javorového sirupu bez přídavku makové mouky (5,13) a s přídavkem 10 % makové mouky (5,31). Tyto vzorky zároveň dosáhly statisticky významně ($p < 0,05$) vyšších hodnot v celkovém hodnocení ve srovnání s ostatními experimentálními vzorky. Nejhuře hodnoceným vzorkem byly sušenky s obsahem datlového sirupu (2,75), které vykazovaly statisticky významně vyšší intenzitu cizí chuti (4,69) a také nejintenzivnější barvu. Nejlépe hodnocenou alternativou sacharózy mezi sladidly byl javorový sirup. Z pohledu zvýšení nutriční hodnoty sušenek a udržitelnosti se ukázal jako vhodný přídavek 10 % makové mouky, který nesnížil senzorickou přijatelnost sušenek..

Impact of alternative sweeteners and poppy seed flour on glycemic index and sensory acceptability of biscuits

Excessive sucrose intake is associated with various adverse effects, including lifestyle-related diseases such as obesity and diabetes. This study explores the potential use of



alternative sweeteners and poppy seed press cake flour to enhance the nutritional profile and sustainability of biscuits through the innovative utilization of a by-product of oil production. The objective of this study was to assess the impact of the selected ingredients on the glycemic index and sensory acceptability of biscuits. The biscuits were prepared using sucrose and syrups: maple (M), chicory (C), date (D), and agave (A). Selected samples were also fortified with 10% (P10) or 20% (P20) poppy seed press cake flour. The glycemic index (GI) was determined using the GOPOD method via in vitro digestion. The impact of the ingredients on sensory quality was evaluated through quantitative descriptive analysis by a panel of trained assessors (n = 16, mean age 29 years). The results demonstrated that the addition of poppy seed flour reduced the glycemic index values of biscuits for all sweeteners; however, the differences were statistically significant (p<0.05) only in the case of maple syrup (M - 57.06±1.24; MP20 – 52.06±1.54) and date syrup (D 63.24±0.32; DP20 – 59.03±3.23). From a sensory perspective, biscuits containing sucrose received the highest overall rating (6.50). Among the experimental samples, biscuits made with maple syrup without poppy seed flour (5.13) and those with a 10% addition of poppy seed flour (5.31) received the highest overall ratings, with both scoring significantly higher (p<0.05) than the other experimental variants. The lowest-rated sample was the biscuit containing date syrup (2.75), which exhibited a statistically significantly higher intensity of foreign flavor (4.69) and the most intense color. Among the alternative sweeteners, maple syrup was the most favorably evaluated. From the perspective of enhancing the nutritional value and sustainability of biscuits, the addition of 10% poppy seed press cake flour proved to be a suitable option, as it did not negatively impact the sensory acceptability of the biscuits.

P14

ÚČINEK CHITOSANU A KYSELINY SORBOVÉ NA *GLUCONOBACTER SPP.*, TECHNOLOGICKY NEŽÁDOUCÍ BAKTERIE V NÁPOJÁŘSTVÍ

Šviráková E., Bucko F., Kvasnička F.

Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha

Úvod

Na kontaminaci nealkoholických nápojů se často podílejí octové bakterie¹, mezi které patří i bakterie rodu *Gluconobacter*, jež jsou považovány za technologicky nežádoucí. Bakterie druhu *G. frateurii* jsou pro člověka podmíněně patogenní a představují riziko vážných infekcí zejména u chronicky nemocných a imunokompromitovaných pacientů². Moderním přístupem k redukci či eliminaci glukonobakterií v nápojářství je například použití přírodních antibakteriálně aktivních látek, jako je chitosan, zatímco tradičním přístupem je použití kyseliny sorbové³.

Chitosan vykazuje antibakteriální účinek vůči gramnegativním i grampozitivním bakteriím⁴; přesný mechanismus však dosud není zcela objasněn. Bylo publikováno, že chitosan funguje jako chelatační látka, která se váže na kovy a působí na bakterie toxicky. V jiné studii bylo uvedeno, že se chitosan váže na negativně nabitě bakteriální buňky, proniká přes jejich membrány a inhibuje replikaci DNA⁵. Chitosan je účinný v prostředí s pH < 6,3, je biodegradabilní a vykazuje nízkou toxicitu⁴. V nápojářství se používá například k prodloužení trvanlivosti ovocných džusů (namísto pasterace, z důvodu zabránění hnědnutí a kažení) nebo k čiření (odstranění pektinu)⁶. Chitosan se rovněž používá jako doplněk stravy a je považován za bezpečný podle pravidel EU pro uvádění nových potravin na trh⁷.



Kyselina sorbová včetně jejích solí vykazuje antibakteriální účinek⁸, který je nejvyšší v prostředí o pH < 4,5⁹ a souvisí s inhibicí bakteriálních enzymů¹⁰. V bakteriích podporuje tvorbu reaktivních forem kyslíku, vede k vzniku mitochondriálně defektních drobných buněk a destabilizuje buněčnou stěnu, což má za následek jejich smrt¹¹. Maximální povolený přídavek kyseliny sorbové do nealkoholických nápojů se pohybuje v rozmezí 250 – 600 mg·l⁻¹ a závisí na konkrétním typu nápoje. Přídavek kyseliny sorbové (E200), sorbanu draselného (E202) a sorbanu vápenatého (E203) je regulován platnou legislativou¹². Kyselina sorbová patří k nejčastěji používaným konzervačním látkám díky vysoké účinnosti a nízké ceně³.

Cílem této studie je zjistit účinek chitosanu (0 – 1,50 hm. %) a kyseliny sorbové (0 – 0,03 hm. %) na bakterie pěti kmenů *Gluconobacter* spp. v modelových Sabouraudových dextrózových bujónech, realizovaných v laboratorním bioreaktoru, a rovněž účinek chitosanu (0,20 a 0,40 hm. %) na vybraný kmen *G. oxydans* CCM 3618 v modelových sirupech či cukerných roztocích během skladovacích pokusů s využitím laboratorního denzitometru.

Experimentální část

Použité bakteriální kmeny

K experimentům byly použity gramnegativní octové bakterie, konkrétně pět sbírkových kmenů rodu *Gluconobacter*: *G. albidus* CCM 2365^T, *G. cerinus* CCM 1792, *G. cerinus* CCM 1806^T, *G. oxydans* CCM 1772 a *G. oxydans* CCM 3618. Kmeny byly uloženy ve Sbírce mikroorganismů Ústavu konzervace potravin (VŠCHT Praha, CZE). Kultivační podmínky použitých kmenů a jejich původ jsou uvedeny v Tabulce I.

Tabulka I Použité bakteriální kmeny a jejich původ

Bakteriální kmen	Kultivační médium (Bujón / Agar)	Kultivace (Teplota / doba / atmosféra)	Původ kmene
<i>Gluconobacter albidus</i> CCM 2365 ^T	Bujón SDB Agar SDA	30 °C / 48 h / aerobní 30 °C / 72 h / aerobní	Jirána šarlatová (<i>Dahlia coccinea</i>)
<i>Gluconobacter cerinus</i> CCM 1792	Bujón SDB Agar SDA	30 °C / 48 h / aerobní 30 °C / 72 h / aerobní	Nespecifikováno
<i>Gluconobacter cerinus</i> CCM 1806 ^T	Bujón SDB Agar SDA	30 °C / 48 h / aerobní 30 °C / 72 h / aerobní	Muškat vzpřímený (<i>Pelargonium zonale</i>)
<i>Gluconobacter oxydans</i> CCM 1772	Bujón SDB Agar SDA	30 °C / 48 h / aerobní 30 °C / 72 h / aerobní	Nespecifikováno
<i>Gluconobacter oxydans</i> CCM 3618	Bujón SDB Agar SDA	30 °C / 48 h / aerobní 30 °C / 72 h / aerobní	Hroznové víno

CCM... Česká sbírka mikroorganismů (Czech Collection of Microorganisms, PF MU, Brno)

Kultivace testovaných glukonobakterií

Bakterie *Gluconobacter* spp. byly aerobně kultivovány v Sabouraudově dextrózovém bujónu (SDB; 2 % dextróza, pH 5,6; Merck KGaA, Darmstadt, DEU) s inokulem 1,0 obj. %, při teplotě 30 °C po dobu 48 h a použity přímo k experimentům nebo uchovávány při teplotě 4 °C. Byly přeočkovávány (inokulum 1,0 obj. %) 1× týdně do sterilního bujónu SDB.

Stanovení počtů testovaných glukonobakterií

Pro stanovení počtů bakterií *Gluconobacter* spp. byla použita plotnová metoda¹³. Po kultivaci bakterií v bujónu SDB (viz odstavec výše) následovala jejich aerobní kultivace na povrchu Sabouraudova dextrózového agaru (SDA; 4% dextróza, pH 5,6; Merck KGaA, Darmstadt, DEU) s inokulem 100 µl (technika roztěru) při teplotě 30 °C po dobu 72 h. Následně



byly spočítány narostlé kolonie a proveden numerický výpočet počtu bakterií. Výsledky byly vyjádřeny jako počty kolonie tvořících jednotek (KTJ) v 1 ml bakteriální suspenze.

Účinek chitosanu a kyseliny sorbové na testované glukonobakterie – dlouhodobé kultivace

Byl zjišťován účinek chitosanu (0; 0,20; 0,50; 1,00 a 1,50 hm. %) (Porta s.r.o., Praha, CZE) a kyseliny sorbové (0; 0,01; 0,02 a 0,03 hm. %) (Merck KGaA, Darmstadt, DEU) na bakterie *Gluconobacter* spp. s využitím spektrofotometrické metody na laboratorním bioreaktoru RTS-8 (BioSan, LVA). Kultivace bakterií probíhaly aerobně v modelových Sabouraudových dextrózových bujónech s chitosanem (mSDB: A–B, C–F, viz Tabulka II) nebo kyselinou sorbovou (mSDB: A–B, K–M) (viz Tabulka III) při teplotě 30 °C po dobu 72 h. Během kultivací byla v reálném čase sledována optická hustota ($\lambda = 600$ nm) buněčných suspenzí.

Tabulka II Složení modelových Sabouraudových bujónů s chitosanem (mSDB: A–B, C–F)

Modelový Sabouraudův bujón (mSDB)	Sabouraudův bujón (SDB) (g·l ⁻¹)	K. citronová (bezvodá) (g·l ⁻¹)	Chitosan (g·l ⁻¹)	pH
A) mSDB kontrolní (K0)	5,0	0	0	5,60
B) mSDB kontrolní (K1)	5,0	12,5	0	2,75
C) mSDB s chitosanem (0,20 hm. %)	5,0	12,5	2,0	2,75
D) mSDB s chitosanem (0,50 hm. %)	5,0	30,0	5,0	2,75
E) mSDB s chitosanem (1,00 hm. %)	5,0	35,0	10,0	2,75
F) mSDB s chitosanem (1,50 hm. %)	5,0	40,0	15,0	2,75

Tabulka III Složení modelových Sabouraudových bujónů s kyselinou sorbovou (mSDB: A–B, K–M)

Modelový Sabouraudův bujón (mSDB)	Sabouraudův bujón (SDB) (g·l ⁻¹)	Kyselina sorbová (g·l ⁻¹)	K. citronová (bezvodá) (g·l ⁻¹)	pH
A) mSDB kontrolní (K0)	5,0	0	0	5,60
B) mSDB kontrolní (K1)	5,0	0	12,5	2,75
K) mSDB s k. sorbovou (0,01 hm. %)	5,0	0,1	12,5	2,75
L) mSDB s k. sorbovou (0,02 hm. %)	5,0	0,2	12,5	2,75
M) mSDB s k. sorbovou (0,03 hm. %)	5,0	0,3	12,5	2,75

Účinek chitosanu na testované glukonobakterie – dlouhodobé skladovací pokusy

Byl zjišťován účinek k chitosanu (0,20 a 0,40 hm. %) (Porta s.r.o., Praha, CZE) na bakterie vybraného kmene *G. oxydans* CCM 3618 s využitím spektrofotometrické metody na laboratorním denzitometru Densi-la-meter® II (Erba Lachema s.r.o., Brno, CZE). Dlouhodobé skladovací pokusy probíhaly v modelových sirupech/cukerných roztocích ovocných (jahodových a malinových) (a–g, viz Tabulka IV) cíleně zaočkovaných (inokulum 1,0 obj. %) bakteriemi *G. oxydans* CCM 3618 při teplotě 30 °C po dobu 35 dnů. Během pokusů byla měřena optická hustota ($\lambda = 600$ nm) buněčných suspenzí (McFarland) v intervalu 24 h.

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

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

GI... glykemický index

Výsledky

Růstová aktivita *Gluconobacter* spp.

Výsledky růstové aktivity (kvantitativní profil, $\text{KTJ} \cdot \text{ml}^{-1}$) bakterií pěti kmenů *Gluconobacter* spp. (*G. albidus* CCM 2365^T, *G. cerinus* CCM 1792, *G. cerinus* CCM 1806^T, *G. oxydans* CCM 1772 a *G. oxydans* CCM 3618) jsou uvedeny v Tabulce V a představují průměr ze dvou paralelně provedených experimentů na dvou Petriho miskách.

Tabulka V Růstová aktivita bakterií *Gluconobacter* spp. – kvantitativní výsledky; aerobní kultivace bakterií na Sabouraudově dextrózovém agaru při teplotě 30 °C po dobu 72 h

Bakteriální kmen	Počet bakterií ($\text{KTJ} \cdot \text{ml}^{-1}$)
<i>Gluconobacter albidus</i> CCM 2365 ^T	$1,2 \cdot 10^8$
<i>Gluconobacter cerinus</i> CCM 1792	$1,8 \cdot 10^7$
<i>Gluconobacter cerinus</i> CCM 1806 ^T	$2,9 \cdot 10^7$
<i>Gluconobacter oxydans</i> CCM 1772	$1,8 \cdot 10^8$
<i>Gluconobacter oxydans</i> CCM 3618	$7,5 \cdot 10^7$

Z výsledků uvedených v Tabulce V vyplývá, že testované bakterie *Gluconobacter* spp. vykazovaly velmi dobrou růstovou aktivitu a na agaru SDA dosahovaly vysokých počtů v rozmezí 10^7 – 10^8 $\text{KTJ} \cdot \text{ml}^{-1}$. Nejvyšších počtů dosáhly bakterie dvou kmenů, *G. albidus* CCM 2365^T a *G. oxydans* CCM 1772, a to v řádu 10^8 $\text{KTJ} \cdot \text{ml}^{-1}$.

Účinek chitosanu a kyseliny sorbové na *Gluconobacter* spp. v modelových Sabouraudových dextrózových bujónech během dlouhodobých kultivací (bioreaktor RTS-8)

Kvalitativní výsledky účinku chitosanu (0; 0,20; 0,50; 1,00 a 1,50 hm. %) a kyseliny sorbové (0; 0,01; 0,02 a 0,03 hm. %) na bakterie pěti kmenů *Gluconobacter* spp., vyjádřené symboly charakterizujícími jejich růst (++/+) nebo žádný růst (–), jsou pro přehlednost uvedeny ve společné Tabulce VI.

Kvantitativní výsledky účinku chitosanu (0; 0,20; 0,50; 1,00 a 1,50 hm. %) a kyseliny sorbové (0; 0,01; 0,02 a 0,03 hm. %) na bakterie vybraného kmene *G. oxydans* CCM 3618, znázorněné graficky jako závislosti optické hustoty bakteriálních suspenzí na době kultivace, jsou uvedeny na Obrázku 1 (chitosan) a Obrázku 2 (kyselina sorbová). Výsledky představují



průměr ze tří nezávisle provedených experimentů, po zpracování s využitím programu Microsoft Excel.

Tabulka VI Účinek chitosanu (0–1,50 hm. %) a kyseliny sorbové (0–0,03 hm. %) na bakterie *Gluconobacter* spp. s využitím laboratorního bioreaktoru RTS-8; dlouhodobé aerobní kultivace bakterií v modelových Sabouraudových dextrózových bujónech (mSDB) (A–B, C–F, K–M) při teplotě 30 °C po dobu 72 h

Bakteriální kmen	Růst bakterií															
	Kontrola		Chitosan (hm. %)				Kyselina sorbová (hm. %)									
	0 (K0) (mSDB: A)	0 (K1) (mSDB: B)	0,20 (mSDB: C)	0,50 (mSDB: D)	1,00 (mSDB: E)	1,50 (mSDB: F)	0,01 (mSDB: K)	0,02 (mSDB: L)	0,03 (mSDB: M)							
<i>Gluconobacter albidus</i> CCM 2365 ^T	++ (8,0)	+	(21,0)	+	(13,0)	+	(16,0)	+	(17,0)	+	(18,0)	+	(14,0)	+	(32,0)	–
<i>Gluconobacter cerinus</i> CCM 1792	++ (8,0)	+	(13,0)	+	(10,0)	+	(12,0)	+	(12,0)	+	(13,0)	+	(22,0)	–	–	–
<i>Gluconobacter cerinus</i> CCM 1806 ^T	++ (7,0)	+	(14,0)	+	(10,0)	+	(12,0)	+	(12,0)	+	(13,0)	+	(12,0)	+	(22,0)	–
<i>Gluconobacter oxydans</i> CCM 1772	++ (8,0)	+	(22,0)	+	(10,0)	+	(11,0)	+	(11,0)	+	(12,0)	–	–	–	–	–
<i>Gluconobacter oxydans</i> CCM 3618	++ (7,0)	+	(16,0)	+	(13,0)	+	(14,0)	+	(14,0)	+	(16,0)	+	(25,0)	–	–	–

K0... kontrolní bujón mSDB: A: kyselina citronová (0 hm. %) + chitosan (0 hm. %) + kyselina sorbová (0 hm. %)
K1... kontrolní bujón mSDB: B: kyselina citronová (1,25 hm. %) + chitosan (0 hm. %) + kyselina sorbová (0 hm. %)

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

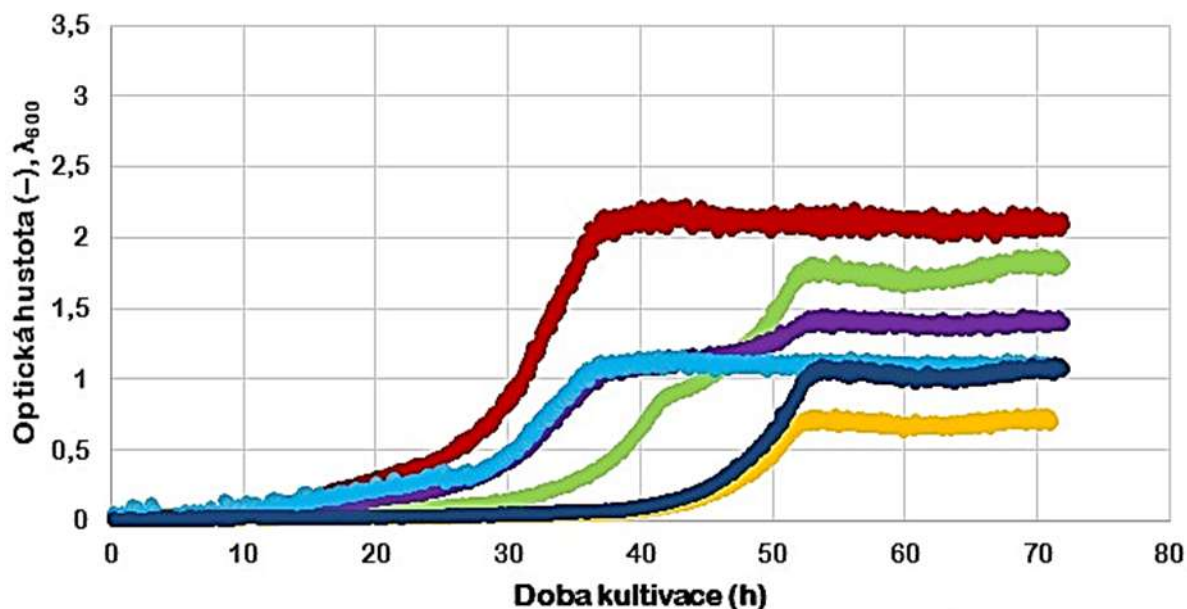
Z výsledků (kvalitativní profil) uvedených v Tabulce VI vyplývá, že všechny testované bakterie *Gluconobacter* spp. rostly ve všech modelových bujónech mSDB (C–F) s chitosanem (0,20; 0,50; 1,00 a 1,50 hm. %). V přítomnosti chitosanu bakterie vykazovaly nízký růst (+), což bylo doloženo zjištěnými, individuálně dlouhými lag fázemi růstu a optickými hustotami. Bylo konstatováno, že všechny bakterie rostly i při nejvyšší testované koncentraci chitosanu (1,50 hm. %) (F) a že jejich lag fáze se pohybovaly v rozmezí 12 - 18 h.

Z výsledků (kvalitativní profil) uvedených v Tabulce VI vyplývá, že všechny bakterie *Gluconobacter* spp. byly inhibovány kyselinou sorbovou v nejvyšší testované koncentraci (0,03 hm. %) (M) a v její přítomnosti nerostly (–). Nejcitlivější ke kyselině sorbové byly bakterie kmene *G. oxydans* CCM 1772, které nerostly v žádné z testovaných koncentrací (0,01; 0,02 a 0,03 hm. %). V přítomnosti kyseliny sorbové (0,01 hm. %) rostly v bujónu mSDB (K) bakterie čtyř kmenů (*G. albidus* CCM 2365^T, *G. cerinus* CCM 1792, *G. cerinus* CCM 1806^T a *G. oxydans* CCM 3618), přičemž vykazovaly nízký růst (+) a jejich lag fáze se pohybovaly v rozmezí 12 - 25 h. V přítomnosti kyseliny sorbové (0,02 hm. %) rostly v bujónu mSDB (L) pouze bakterie dvou kmenů (*G. albidus* CCM 2365^T a *G. cerinus* CCM 1806^T), které vykazovaly nízký růst (+) a jejich lag fáze se pohybovaly v rozmezí 22 - 32 h.

Z výsledků (kvalitativní profil) uvedených v Tabulce VI také vyplývá, že všechny bakterie *Gluconobacter* spp. rostly v obou kontrolních modelových bujónech mSDB (A–B). V kontrolním bujónu mSDB (A) vykazovaly všechny bakterie střední růst (++) a jejich lag fáze

se pohybovaly v rozmezí 7 - 8 h. V kontrolním bujónu mSDB (B) vykazovaly všechny bakterie nízký růst (+) a jejich lag fáze se pohybovaly v rozmezí 13 - 22 h.

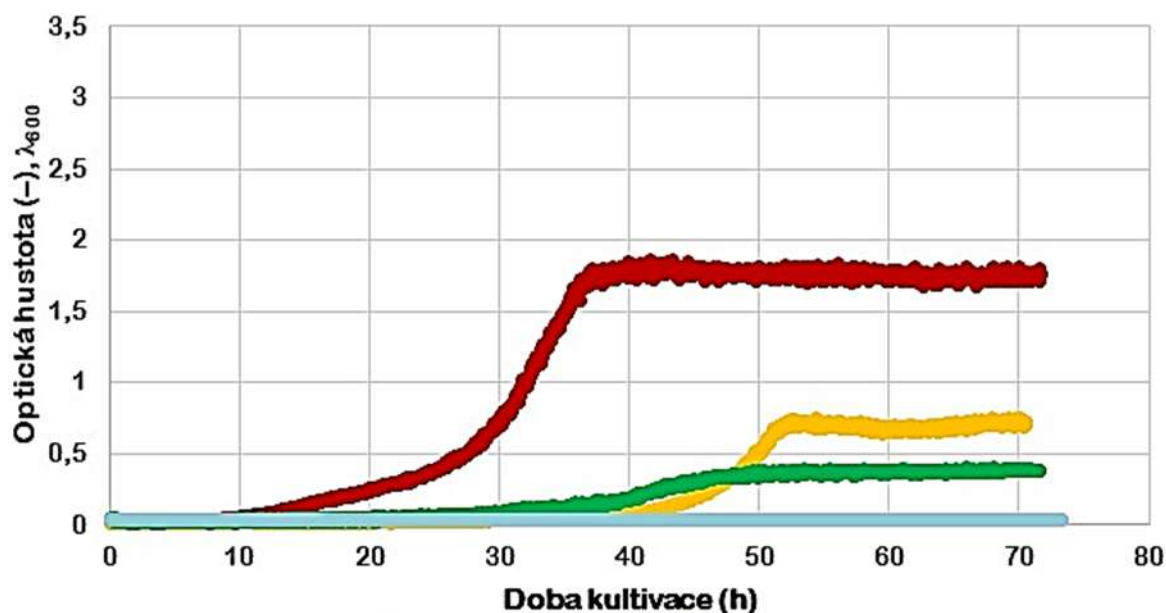
Ze zjištěných (kvantitativních) výsledků vyplývá, že kyselina sorbová vykazovala vůči bakteriím *Gluconobacter* spp. vyšší eliminační účinek než chitosan. Kyselina sorbová (0,03 hm. %) obsažená v bujónu mSDB (M) působila bakteriocidně, zatímco chitosan v bujónech mSDB (C–F) působil pouze bakteriostaticky.



Obrázek 1 Účinek chitosanu (0 - 1,50 hm. %) na bakterie kmene *G. oxydans* CCM 3618 v modelových Sabouraudových dextrózových bujónech (mSDB) A(—); B(—); C(—); D(—); E(—); F(—) (viz Tabulka II) při teplotě 30 °C během 72 h aerobní kultivace na bioreaktoru RTS-8

Z výsledků prezentovaných na ukázkovém Obrázku 1 je patrné, že účinek chitosanu o všech testovaných koncentracích (0,20; 0,50; 1,00 a 1,50 hm. %) na bakterie vybraného kmene *G. oxydans* CCM 3618 v modelových bujónech mSDB (C–F) byl vyhodnocen jako bakteriostatický. Se zvyšující se koncentrací chitosanu docházelo k postupnému snižování růstu bakterií, přičemž nejvyšší redukční účinek byl pozorován při použití chitosanu o nejvyšší testované koncentraci (1,50 hm. %) v bujónu mSDB (F).

Při experimentech nebyl zjištěn významný rozdíl v růstu bakterií v přítomnosti chitosanu o dvou vyšších koncentracích (0,50 a 1,00 hm. %), a to konkrétně v bujónech mSDB (D a E). V kontrolním bujónu mSDB (B), který obsahoval pouze kyselinu citronovou (1,25 hm. %), bylo zjištěno, že kyselina citronová vykazovala na bakterie významný redukční účinek, který byl nejvyšší ze všech testovaných bujónů mSDB (A–F). Kyselina citronová při experimentech sloužila nejen jako kontrolní bujón (mSDB), ale byla také součástí bujónů mSDB (C–F) jako vhodné médium pro rozpuštění chitosanu. Vyšší koncentrace chitosanu (>1,50 hm. %) již z praktických důvodů testovány nebyly, protože roztoky by byly příliš husté a k jejich rozpuštění by bylo zapotřebí vyšších koncentrací kyseliny citronové. Uskutečněné experimenty přinesly originální, dosud nepublikované výsledky.



Obrázek 2 Účinek kyseliny sorbové (0–0,03 hm. %) na bakterie kmene *G. oxydans* CCM 3618 v modelových Sabouraudových dextrózových bujóněch (mSDB A(—); B(—); K(—); L(—); M(—)) (viz Tabulka III) při teplotě 30 °C během 72h aerobní kultivace na bioreaktoru RTS-8

Na základě výsledků prezentovaných na Obrázku 2 bylo konstatováno, že v modelovém bujónu mSDB s kyselinou sorbovou o nejvyšší testované koncentraci (0,03 hm. %) (M) nedocházelo k růstu žádných testovaných bakterií *Gluconobacter* spp. Účinek kyseliny sorbové byl inhibiční a byl vyhodnocen jako bakteriocidní. Dále bylo zjištěno, že v bujóněch mSDB (K–L) s nižšími koncentracemi kyseliny sorbové (0,01 a 0,02 hm. %) bakterie rostly, a její účinek byl vyhodnocen jako bakteriostatický. S rostoucí koncentrací kyseliny sorbové docházelo k vyšší redukci růstu bakterií. V kontrolním bujónu mSDB (A) rostly bakterie standardně, zatímco v kontrolním bujónu mSDB (B) docházelo díky kyselině citronové (1,25 hm. %) k redukci jejich růstu. Ještě vyšší redukce byla pozorována v bujóněch mSDB (K–L), které obsahovaly kyselinu sorbovou o dvou nižších koncentracích (0,01 a 0,02 hm. %).

Ze zjištěných (kvantitativních) výsledků vyplývá, že kyselina sorbová vykazovala vůči bakteriím *Gluconobacter* spp. vyšší eliminační účinek než chitosan. Kyselina sorbová (0,03 hm. %) obsažená v bujónu mSDB (M) působila bakteriocidně, zatímco chitosan v bujóněch mSDB (C–F) působil pouze bakteriostaticky.

Účinek chitosanu a kyseliny sorbové na *Gluconobacter* spp. v modelových sirupech/ cukerných roztocích během skladovacích pokusů (denzitometr Densi-la-meter® II)

Byl hodnocen účinek chitosanu (0,20 a 0,40 hm. %) na bakterie vybraného kmene *G. oxydans* CCM 3618 v modelových sirupech/cukerných roztocích (a–g) (složení viz Tabulka IV) jimi inokulovaných (inokulum 1,0 obj. %) během dlouhodobých skladovacích pokusů při teplotě 30 °C po dobu 35 dnů.

Nejvyšší bakteriální stabilitu vykazovaly sirupy a), f) a g). Jako sirup je označován nápojový koncentrát obsahující více než 50,0 hm. % cukru (míněno sacharózy)¹⁴.

Závěr

Ohledně dlouhodobých kultivací bakterií pěti kmenů *Gluconobacter* spp. na laboratorním bioreaktoru bylo zjištěno, že s rostoucí koncentrací chitosanu (0–1,5 hm. %) se snižoval jejich růst, a účinek chitosanu byl hodnocen jako bakteriostatický. K inhibici bakterií všech kmenů došlo při použití kyseliny sorbové o nejvyšší testované koncentraci (0,03 hm. %).

Při dlouhodobých skladovacích pokusech (30 °C, 35 dní) modelových ovocných sirupů/ cukerných roztoků cíleně kontaminovaných bakteriemi *G. oxydans* CCM 3618 bylo zjištěno, že bakteriální stabilita jahodových sirupů byla podobná stabilitě malinových sirupů. Nejvyšší stabilitu vykazovaly tři sirupy: sirupy originální, sirupy s přidavkem čekankového sirupu a chitosanem (0,20 hm. %), sirupy s přidavkem čekankového sirupu a chitosanem (0,40 hm. %).

Výsledky mohou být využity při výrobě nealkoholických nápojů, zejména ovocných sirupů, redukci či eliminaci bakterií rodu *Gluconobacter*, s využitím potenciálu přírodních i chemických látek s antibakteriální aktivitou, jako jsou chitosan a kyselina sorbová. Využití chitosanu jako účinné bakteriostatické látky bude předmětem dalšího zkoumání.

Poděkování

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

Literatura

1. Silva, M. M. N., Holanda, V. L., Pereira, K. S., Coelho, M. A. Z., Arch. Microbiol., 2022, 204, 194–203.
2. Alauzet, C., Teyssier, C., Jumas-Bilak, E., Gouby, A., Chiron, R., Rabaud, C., Counil, F., Lozniewski, A., Marchandin, H. J., Clin. Microbiol., 2010, 48, 11, 3935–3942.
3. Silva, M. M. N., Albuquerque, T. L., Pereira, K. S., Coelho, M. A. Z., J. Nutri. Health Food Eng., 2019, 9, 109–121.
4. Tyagi, P., Mathew, R., Opperman, C., Jameel, H., Gonzalez, R., Lucia, L., Hubbe, M., Pal, L., Langmuir, 2019, 35, 104–112.
5. Yilmaz Atay, H., Functional Chitosan, 1st ed., Springer, 2019.
6. Cosme, F., Vilela, A., Appl. Sci., 2021, 11, 11427.
7. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283. 2015 [online]. [citováno 31. srpna 2025]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A02015R2283-20210327>.
8. Zeece, M., Introduction to the Chemistry of Food, 1st edition, Academic Press, 2020.
9. Destanoğlu, O., Food Addit. Contam. A, 2023, 40, 812–823.
10. Stopforth, J., Kudron, T. Antimicrobials in Food, 4th ed. CRC Press, Abingdon, 2020.
11. Stratford, M., Vallières, C., Geoghegan, I. A., Archer, D. B., Avery, S. V., Msphere, 2020, 5, e00273-20.
12. Nařízení Komise (EU) 2024/2597. 2024 [online]. [citováno 31. srpna 2025]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/2597/oj?eliuri=eli%3Areg%3A2024%3A2597%3Aoj&locale=cs>.
13. EN ISO 7218, Český normalizační institut, 2008.
14. VYHLÁŠKA č. 248/2018 Sb., Zákony pro lidi – Sbírka zákonů 2018 [online]. [citováno 31. srpna 2025]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-248>.

P15

POUŽITÍ OCHRANNÝCH KULTUR PŘI VÝROBĚ SÝRŮ

Kalhotka L., Kouřil P., Zemanová J., Jůzl M.

Ústav technologie potravin, MU v Brně

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



The use of protective cultures in the production of cheeses

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

P16

MOŽNOSTI VYUŽITÍ ZBYTKŮ PO FILETOVÁNÍ KAPRA OBECNÉHO: HODNOCENÍ KVALITY MECHANICKY ODDĚLENÉ SVALOVINY

Zelenková A., Šístková I., Čížková H.

Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha, Technická 5, 166 28 Praha 6

Úvod

V České republice je ročně vyprodukováno 20 000 tun ryb, přičemž 80 % tvoří kapr obecný (*Cyprinus carpio*), který je na trhu vyžadován zejména jako živá ryba v období Vánoc. Obecně je spotřeba ryb v ČR na nízké úrovni – dlouhodobě se drží kolem 5 kg na obyvatele za rok, z toho sladkovodní ryby tvoří pouze asi čtvrtinu (1,2 kg)¹. Zvýšení produkce zpracovaných rybích produktů by (za přiměřené poptávky trhu) přineslo řadu benefitů jak pro zpracovny ryb (ekonomické zhodnocení jinak špatně prodejných částí ryb, zmírnění sezónnosti poptávky, zvýšení konkurenceschopnosti), tak pro spotřebitele (výživově hodnotnější alternativy k tradičním masným výrobkům)². Mechanicky oddělené produkty rybolovu (MOPR) pak mohou být vhodnou základní složkou takovýchto potravin, jelikož neobsahují neoblíbené rybí kosti; nevýhodou je, že už tak malá údržnost rybí svaloviny se procesem strojního oddělení ještě zhoršuje³.

Výzkum se zaměřuje na stanovení kvalitativních parametrů mechanicky oddělené svaloviny z kapra obecného vyrobené z čerstvé a rozmražené vstupní suroviny a skladované při -18 °C po dobu 3 a 6 měsíců. Během první fáze skladovacího testu, který je plánován na celkem 12 měsíců, byla kvalita hodnocena na základě těchto znaků: míra mikrobiální kontaminace (sledováno jako celkový počet mikroorganismů, CPM), míra degradace tuků (thiobarbiturové číslo, TBA) a míra degradace bílkovin a dalších dusíkatých sloučenin (celkový těkavý bazický dusík, TVBN) a profil těkavých látek.

Experimentální část

Analyzované vzorky

Celkem 20 vzorků mechanicky oddělených produktů rybolovu (MOPR) vyrobených z ořezů po filetování kapra poskytnutých Fakultou rybářství a ochrany vod (JČU) bylo opatřeno kódovým označením zohledňujícím surovinu, šarži (měsíc výroby), podnik a dobu skladování podle zvoleného klíče (Tabulka I).



Tabulka I Seznam a kódování testovaných vzorků

Úsek kódu	Hodnoty	Popis
R/X/9/0M	R, CH	rozmražená, chlazená surovina
R/X/9/0M	X, Y	podnik X, podnik Y
R/X/9/0M	9, 11	šarže výroby (září, listopad roku 2024)
R/X/9/0M	0M, 3M, 6M	počet měsíců skladování při -18 °C

Metody

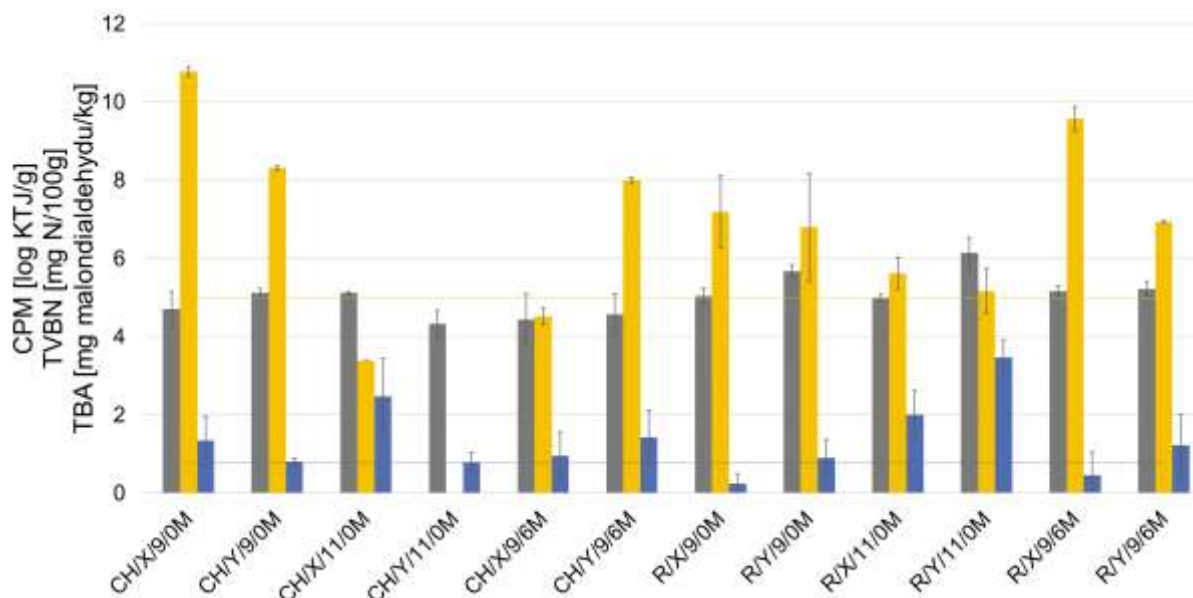
- Stanovení celkového bazického dusíku (TVBN): destilačně-titrační metoda dle prováděcího nařízení Komise 2019/627⁴ s mírnou modifikací.
- Stanovení thiobarbiturového čísla (TBA): destilačně-spektrofotometrická metoda dle⁵.
- Stanovení celkového počtu mikroorganismů (CPM): plotnová metoda dle normy ČSN EN ISO 4833-1 (560083)⁶.
- Stanovení profilu těkavých látek: plynová chromatografie ve spojení s hmotnostním detektorem (SPME-GC/MS); vlákno CAR/PDMS/DVB, kolona DB-5MS.

Výsledky a diskuse

Cílem experimentální části této práce bylo u 20 vzorků MOPR ověřit vliv vnějších (doba mrazírenského skladování, nakládání se surovinou) a vnitřních (variabilita suroviny) faktorů na profily těkavých látek. Jelikož je měření součástí dlouhodobějšího skladovacího testu, nejsou níže uváděná data z pohledu reprezentace doby skladování úplná a důraz byl tedy kladen zejména na potvrzení či vyvrácení hypotézy, že rozdíl v kvalitě MOPR vyrobených z chlazené/rozmražené suroviny je zanedbatelný, což by potvrdilo správnou hygienickou a výrobní praxi zpracovatelských podniků.

Nejprve byly u vzorků stanoveny klasické parametry kvality. Z Obrázku 1 je zřejmé, že největší rozpětí vykazují hodnoty TVBN (průměrně 6,9 mg N/100 g svaloviny, rozmezí hodnot 3,4–10,8), což je parametr spojený s mikrobiální kontaminací a mírou degradace dusíkatých substrátů. Míra žluknutí vyjádřená jako TBA byla nízká (průměrně 1,4 mg malondialdehydu/kg svaloviny, rozmezí 0,2–3,5). Jen ve třech případech TBA překročilo hodnotu 2 (přičemž senzoricky přijatelný horní limit je 8 mg malondialdehydu/kg⁷), a to u vzorků R/X/11/0M a CH/X/11/0M, kde se nejspíše jedná o důsledek vyššího podílu tuku v materiálu (23,5 % oproti ostatním, kde byl podíl tuku <18 %) a R/Y/11/0M, kde byla zároveň zjištěna nejvyšší mikrobiální kontaminace (6,1 logKTJ/g). Celkové počty mikroorganismů byly srovnatelné s literárními údaji (~5 log KTJ/g, rozmezí 4,3–6,1); prokázán byl však statisticky průkazný rozdíl (na hladině významnosti $\alpha = 0,05$) mezi kontaminací vzorků z rozmražené a chlazené suroviny (5,2 pro rozmraženou resp. 4,6 log KTJ/g pro chlazenou surovinu).

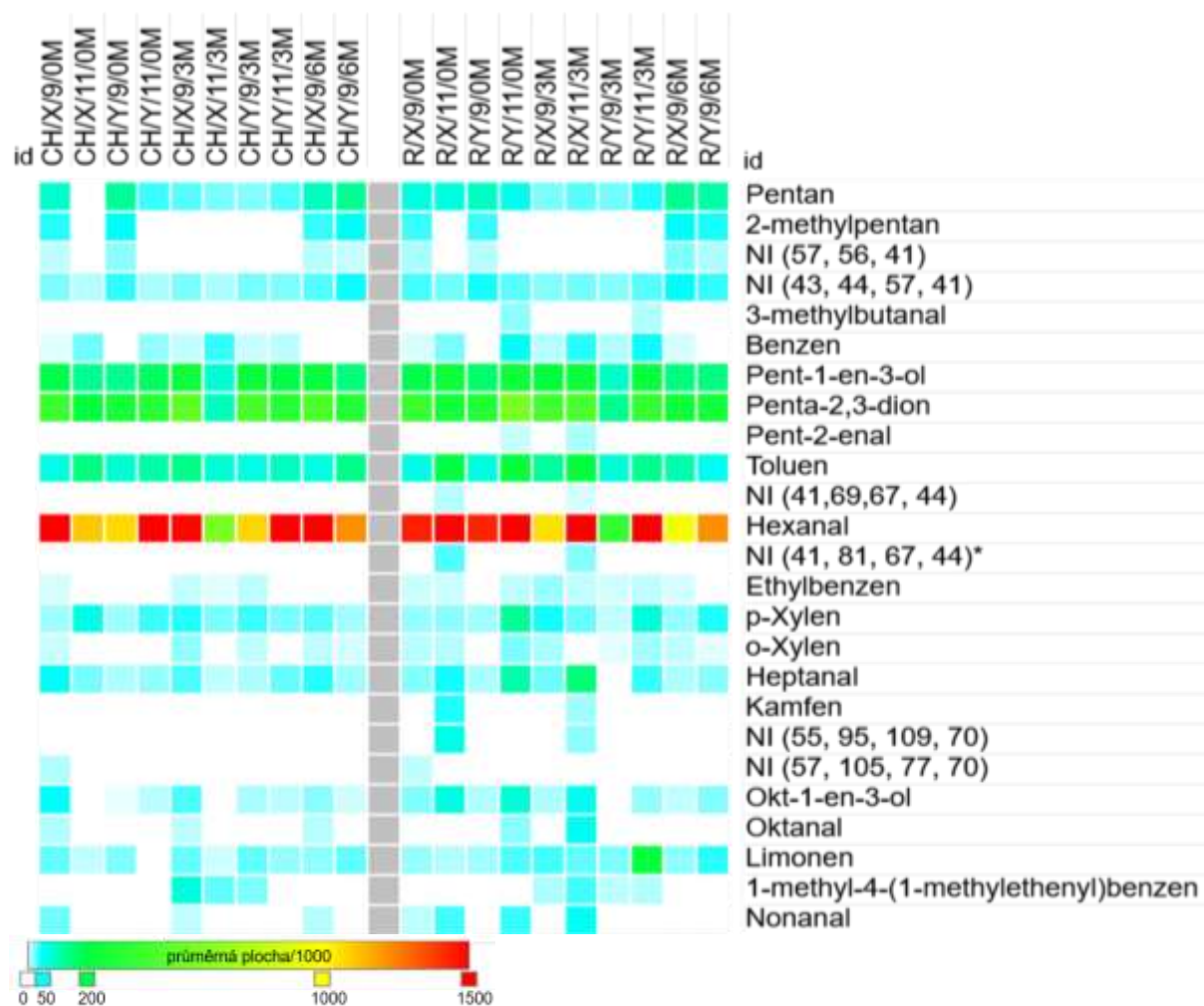




Obrázek 1: Výsledky stanovení klasických parametrů kvality. — CMP, — TVBN, — TBA, — deklarovaná použitelnost metody, — odhad limitu kvantifikace TBA

V analyzovaných vzorcích MOPR bylo nalezeno 25 těkavých látek, z toho 18 bylo následně identifikováno. V rámci cílené analýzy byly hexanal (průměrně 59 % celkové plochy), penta-2,3-dion (14 %) a pent-1-en-3-ol (8 %) určeny jako majoritní těkavé látky, ostatní sloučeniny byly vyhodnoceny jako minoritní. Jelikož se jedná o látky vznikající oxidací mastných kyselin⁸, dá se předpokládat, že primární mechanismus kažení je v případě mrazírensky skladovaného MOPR žluknutí. Pro tyto majoritní látky a okt-1-en-3-ol bylo následně provedeno statistické vyhodnocení pro zjištění, zda lze na základě jejich obsahu odlišit MOPR podle sledovaných specifikací. Statistické testování neprokázalo na zvolené hladině významnosti $\alpha = 0,05$ odlišnost v žádném z případů. Další skupinou těkavých látek zahrnujících větší množství zástupců byly aromatické sloučeniny (benzen, toluen, ethylbenzen a xyleny). S nejvyšší pravděpodobností se jedná o kontaminaci z životního prostředí, která je v tělech ryb bioakumulována⁹.

Vizualizace dat na Obrázku 2 nenasvědčuje existenci významného rozdílu mezi MOPR z chlazené nebo mražené suroviny. Zajímavým pozorováním jsou bílá místa na grafu (tedy analýzy kde daná látka nebyla zachycena) vykazující určitý vzorec (zejména v horní části heatmapy), kdy sloupce odpovídající chlazené surovině jsou téměř identické jako sloupce odpovídající rozmražené surovině (např. CH/X/9/0M je velmi podobný sloupci R/X/9/0M). Tato skutečnost naznačuje, že profil těkavých látek je spíše funkcí specifičnosti suroviny než technologického zpracování.



Obrázek 2 Vizualizace nálezů těkavých látek formou heatmapy (vyjádřeno jako průměrná plocha píku/1000)

Závěr

Předběžné výsledky skladovacího testu ukazují, že mikrobiální kontaminace testovaných vzorků je v přijatelných mezích a míra degradace tuků a bílkovin, stejně jako změna profilu těkavých látek, je zanedbatelná. Zjištěné výsledky jsou primárně ovlivněny složením a vlastnostmi vstupní suroviny, nikoli způsobem zpracování nebo délkou mrazírenského skladování.

Z klasických parametrů kvality byl zjištěn pouze statisticky významný rozdíl v hodnotách CPM pro vzorky MOPR vyrobené z chlazené a rozmražené suroviny ($p < 0,05$). Ačkoliv se vzorky mírně lišily v profilu těkavých látek, nebyl zjištěn vliv skladování MOPR na tento profil ($p > 0,05$).

Zjištěné výsledky ukazují, že při dodržení vysokých hygienických standardů při zpracování suroviny lze očekávat chemickou a mikrobiální stabilitu MOPR během mrazírenského skladování po dobu minimálně 6 měsíců.

Poděkování

Tento výstup vznikl v rámci projektu Specifického vysokoškolského výzkumu – projekt č. A1_FPBT_2025_002.

Literatura

1. Mořický J., Tomášek O., Chalupa P., Párys T. Situační a výhledová zpráva RYBY; MZe. 2024. [online]. [cit. 21. července 2025]. Dostupné z: <https://mze.gov.cz/public/portal/mze/publikace/situačni-vyhledove-zpravy/situačni-a-vyhledove-zpravy-ryby/situačni-a-vyhledova-zprava-ryby-2024>.
2. Mráz, J., Fulínová K., Zajíc, T. Zpráva o vývoji nových výrobků z ryb: Vývoj nových rybích výrobků využívající surovinu vznikající při zpracování sladkovodních ryb. Vodňany, FROV JU, 2013, 41 s.
3. Zajíc T. Zpráva o vývoji nových výrobků z ryb: Prodloužení trvanlivosti separovaného masa ze sladkovodních ryb a využití pro vývoj nových výrobků; Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2015. [online]. [cit. 21. července 2025]. Dostupné z: https://mze.gov.cz/public/web/file/434699/13_468_Prodlouzeni_trvanlivosti_separovaneho_masa_ze_sladkovodnich_ryb_a_vyuziti_pro_vyvoj_novych_vyrobků.pdf.
4. Prováděcí nařízení Komise (EU) 2019/627. [online]. [cit. 21. července 2025]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0627>.
5. Beňo F., Velková A., Hruška F., Ševčík R. Use of lactoperoxidase inhibitory effects to extend the shelf life of meat and meat products, *Microorganisms*, 2024, 12, 1010.
6. ČSN EN ISO 4833-1 (560083). Mikrobiologie potravinového řetězce – Horizontální metoda pro stanovení počtu mikroorganismů – Část 1: Technika přelivem a počítání kolonií vykultivovaných při 30 °C. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
7. Secci G., Parisi G. From farm to fork: lipid oxidation in fish products. A review. *Italian Journal of Animal Science*, 2016, 15, 124-136.
8. Gómez-Cortés P., Camiña J.M. Oxidomics on the omega-3 volatile degradation pattern to determine differences between vegetable and marine oils. *Food Research International*, 2019, 122, 10-15.
9. Akinsanya B., Ayanda I.O., Onwuka B., Saliu J.K. Bioaccumulation of BTEX and PAHs in *Heterotis niloticus* (Actinopterygii) from the Epe Lagoon, Lagos, Nigeria. *Heliyon*, 2020, 6.



CARCASS CHARACTERISTICS AND MEAT QUALITY OF DUCK FROM CONVENTIONAL AND ORGANIC REARING SYSTEMS

Abdullah F.A.A., Bursová Š.

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

Introduction

Duck meat production and consumption is highest worldwide in China and other Southeast Asian countries (Kokoszynski *et al.*, 2020). In the Czech Republic duck meat constitutes a minority share of the poultry market supply. Although there are 19 organic farms in total, ducks are produced in the Czech Republic mainly in a conventional way (Šejnohová *et al.*, 2020). Organically raised duck meat is perceived as a healthy food without residues of agrochemicals or pharmaceuticals, yet consumer interest in this meat is declining, to which organic farms have responded in recent years by reducing the number of ducks bred. Meat of ducks from organic farms and the offer of duck game are a complementary assortment on the market (Rojíček *et al.*, 2020). Broilers of various genotypes of the domestic Pekin duck or meat hybrids (eg. Cherry Valley) are raised in an intensive or semi-intensive manner, which have demonstrated good production properties (at 6 to 8 weeks of life) (Kokoszynski *et al.*, 2020; Starčević *et al.*, 2021; Baltic *et al.*, 2017). Duck meat has a high nutritional value. Myofibrillar proteins are full-fledged with a favourable composition of essential amino acids (Leu, Lys, Trp, Phe) lipids have a dietary appropriate fatty acid (FA) profile and polyunsaturated FA content (Starčević *et al.*, 2021). Game meat of duck is most commonly consumed in hunters' households, where it is considered a gastronomic delicacy. It is characterized by a high protein content (23.54 - 23.58%) and a low fat content (0.65 - 0.84%) (Flis and Brodzki, 2020). Although more studies have been published in recent years on the quality of duck meat, studies comparing ducks produced in different ways (conventional farming, organic farming, hunting) are still lacking. The study aims to analysing carcasses of farmed (conventional and organic) ducks and wild duck game and determining differences in production property and chemical composition of duck body parts placed on the market.

Material and methods

Sampling

The carcasses of ducks which are used in study were from:

1) conventional breeding: *Anas platyrhynchos domesticus*, Cherry Valley (fresh without offal, quality class A, calibration 2300 g), 24 pieces, breeding and slaughter in the Czech Republic, fattening period approx. 45 days, special feed mixture, without the use of animal meal or energy concentrates;

2) organic farming: Domestic duck *Anas platyrhynchos domesticus*, White Pekin (fresh with offal, quality class A, uncalibrated), 24 pieces, breeding and slaughter in the Czech Republic, fattening period approx. 7 months, feed mixture Bio BR1 and BR2 (Mikrop Čebín a.s., Čebín 416, 664 23 Čebín, Czech Republic), pasture, own mixture of oats and hybrid cereals triticale.

Sample analysis

The weight of the carcass with skin (without feathers, head, legs and internal organs) was monitored. The influence of the method of breeding (conventional, organic) on selected quality



parameters was monitored. The duck carcasses were divided into parts (breast, thigh, wing, skeleton) and weighed then its yield were determined. Raw lard samples (6 samples from each duck rearing type) were collected for fatty acid profile determination. The obtained parts were homogenized and immediately used for chemical composition determination (dry matter, total protein, collagen, total fat and ash). The moisture content was determined gravimetrically according to the Czech National Standard (ČSN ISO 1442:1997) by drying the sample (Binder FD 53, Germany). The total protein content (ČSN ISO 937:1978) was determined as the amount of organically bound nitrogen using a Kjeltac 2300 analyzer (FOSS Tecator, Höganäs, Sweden). The collagen content was calculated from the content of hydroxyproline amino acid. Hydroxyproline was determined quantitatively by spectrophotometer (Thermo Electron Corporation, USA). The total fat content was determined quantitatively (ČSN ISO 1443:1973) by extraction in solvents using Soxtec 2055 (FOSS Tecator, Höganäs, Sweden). The ash content was determined gravimetrically (ČSN ISO 936:1978) by burning samples in a muffle furnace (Elektro LM 212.11, Germany). Fatty acid (FA) spectrum analysis was performed using a standard operating procedure as a service provided by the contractor. The principle of the analysis was lipid extraction with subsequent re-esterification of FA and their identification and quantification using GC/MS type Scion SQ GC/MS (Scion Instruments, Livingston, Scotland, UK).

Statistical analysis

Results were evaluated (mean $\pm$ SD) in the program Microsoft Office Excel 2007. Statistically significant differences of chemical composition parameters were performed at levels of $\alpha = 0.05$ ($P < 0.05$) using the UNISTAT 6.0 (Unistat® Limited, London, England) statistical package (multiple comparison, Tukey's HSD test).

Results and discussion

The final weight of breeding (C and O) ducks before slaughter was practically the same. Also, there were no statistically significant differences between their carcass weight and % yield (see Figure 1). The weight of breast muscle was higher in both duck rearing types compared to thigh muscles. The breast weight of conventionally and organically reared ducks did not differ statistically ($P > 0.05$), however, differences were found in thigh and wing, which in conventionally reared ducks weighed and yielded higher significantly ($P < 0.05$). Broiler ducks from conventional farms had very well-fleshed breasts and thighs and, paradoxically, better developed wings compared to organic ducks. On the contrary was observed in the skeleton portion, were weighed and yield significantly ($P < 0.05$) higher in organic ducks.

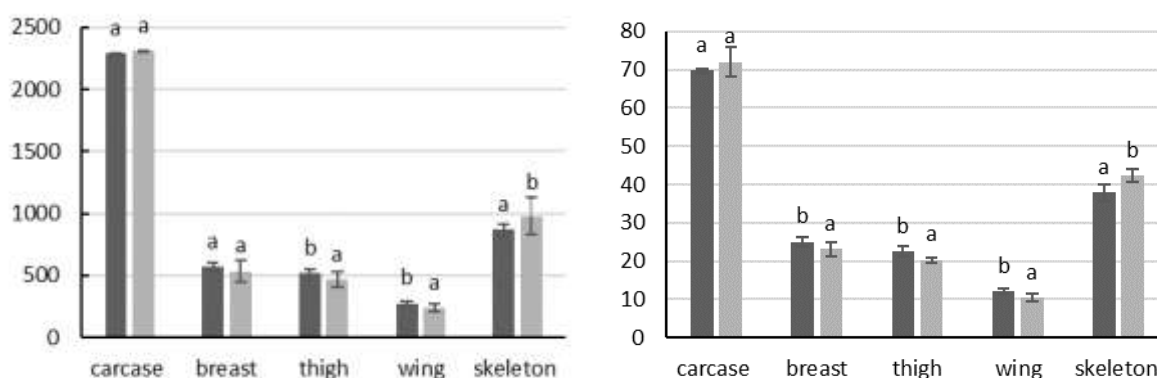


Figure 1 Data series with small letters are significantly different ($P < 0.05$). Weight in grams (left) and yield in % (right) in conventional (■) and organic (▒) samples

Regarding the nutritionally and commercially most valued parts (breast, thigh), no statistically significant ($p < 0.05$) difference was found between chemical composition contents (dry matter, protein, fat and ash) of both types of ducks (See Figures 2 to 4). Dry matter, protein, fat and ash content in the wings of organic ducks were higher significantly ($P > 0.05$) than in conventionally rearing ducks. Quantitative differences were found in the content of individual groups of fatty acids including of MUFA and PUFA. The fat of organic ducks contained higher ($P < 0.05$) MUFA, whereas PUFA contained were lower significantly ($P < 0.05$) than conventional ducks. Saturated fatty acids can have a negative impact on consumer health, while monounsaturated fatty acids (MUFA) and PUFAs are considered to have a positive effect on health (Banaszak *et al.*, 2020).

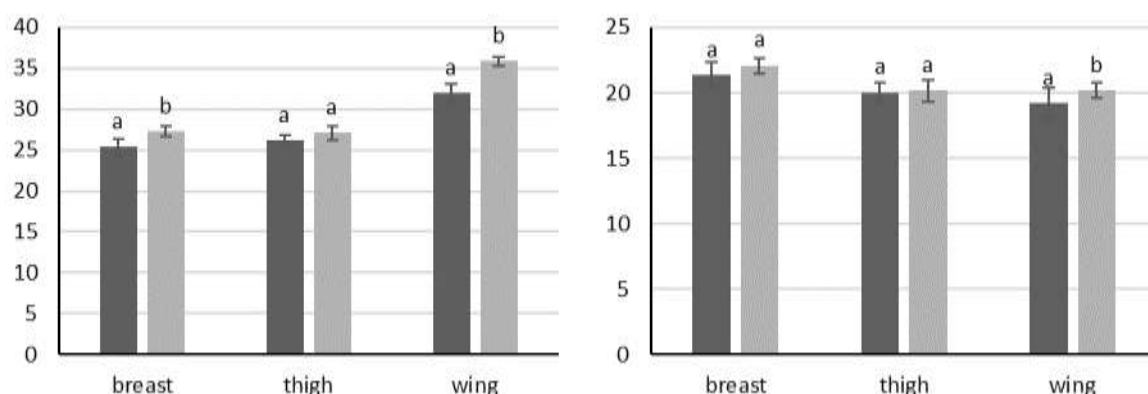


Figure 2 Data series with small letters are significantly different ($P < 0.05$). Dry matter (left) and protein (right) in % in conventional (■) and organic (▒) samples

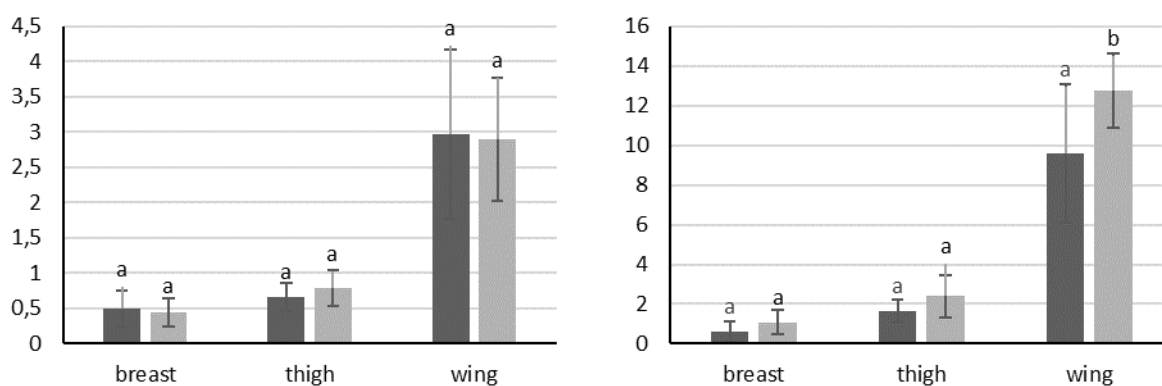


Figure 3 Data series with small letters are significantly different ($P < 0.05$). Collagen (left) and fat (right) in % in conventional (■) and organic (▒) samples

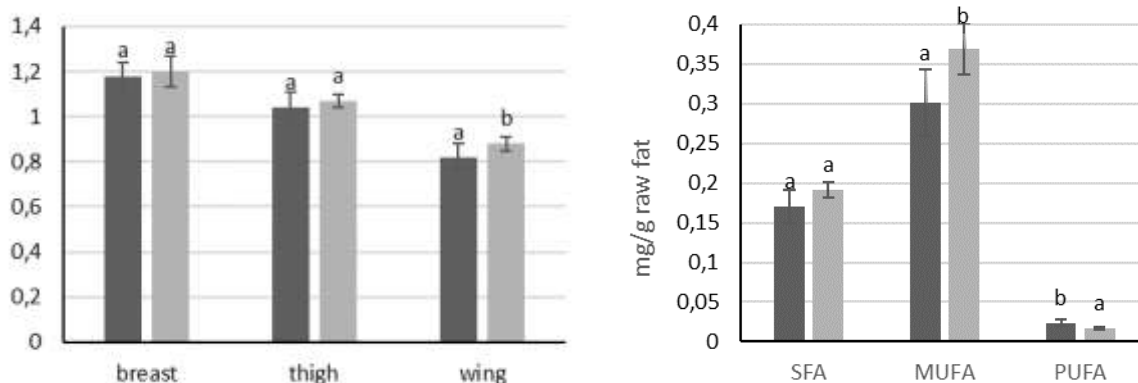


Figure 4 Data series with small letters are significantly different ($P < 0.05$). Ash in % (left) and fatty acids (right) in conventional (■) and organic (▒) samples

Conclusion

Quantity and quality properties of duck meat from organic and conventional rearing system were evaluated in the study. Main carcasses portions including breast, thigh and wings of conventional ducks were yielded significantly higher ducks from organic rearing system. Economically, this gives priority to conventional ducks by the consumer. Significant differences of chemical composition between both groups of ducks were observed in meat of wings in contrast to breast and thigh which did not show such differences.

Acknowledgement

Financial support for this study was provided by the University of Veterinary Sciences Brno, Palackého tr. 1946/1, 612 42 Brno, Czech Republic (Internal Creative Agency FVHE/ Tremlová/ITA2019).

References

1. Baltić M. Ž., Dokmanović Starčević M., Bašić M., Zenunović A., Ivanović J., Marković R., Janjić J., Mahmutović H., Glamočlija N. Effects of dietary selenium-yeast concentrations on growth performance and carcass composition of ducks. *Anim. Prod. Sci.* 2017, 57, 1731–1737.
2. Banaszak M., Kuźniacka J., Biesek J., Maiorano G., Adamski M. Meat quality traits and fatty acid composition of breast muscles from ducks fed with yellow lupin. *Animal*. 14, 2020, 1969-1975.
3. Kokoszynski, D., Arpasova H., Hrnecar, C., Zochowska Kujawska J., Kotowicz M., Sobczak M. Carcass characteristics, chemical composition, physicochemical properties, texture, and microstructure of meat from spent Pekin ducks. *Poult. Sci.*, 2020, 99, 1232-1240.
4. Flis M., Brodzki P. Carcass composition, spermatogenesis processes and pathogenic threats of male mallard ducks (*Anas platyrhynchos* L.). *Appl. Ecol. Environ. Res.* 2022, 18, 1489-1507.
5. Rojíček M., *et al.* Statistical yearbook of the Czech Republic 2020. Czech statistical office. 2020, ISBN 978-80-250-3051-6 (pdf).
6. Šejnohová H., Hlaváčková J., Rádlová L., Svobodová J. Statistická šetření ekologického zemědělství, Základní statistické údaje (2020).
7. Starčević M., Mahmutović H., Glamočlija N., Bašić M., Andjelković R., Mitrović R., Marković R., Janjić J., Bošković M., Baltić M. Ž. Growth performance, carcass characteristics, and selected meat quality traits of two strains of Pekin duck reared in intensive vs. semi-intensive housing systems. *Animal* 2021, 15, 100087.

Adresář prezentujících autorů

Jméno	Pracoviště
Ing. Abdullah Fouad Ali Abdullah Ph.D.	Ústav hygieny a technologie potravin živočišného původu a gastronomie, VETUNI Brno
doc. Dr. Ing. Cejpek Karel	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
Ing. Ciesarová Zuzana Ph.D.	NPPC, Výskumný ústav potravinársky v Bratislave
Ing. Cuhra Petr	Státní zemědělská a potravinářská inspekce, Praha
Mgr. Čamrová Andrea	Generální ředitelství cel, Celně technická laboratoř
Prof. Ing. Čertík Milan Ph.D.	Ústav biotechnologie, STU v Bratislave
doc. Ing. Čítek Jaroslav Ph.D.	Katedra chovu hospodářských zvířat, ČZU v Praze
doc. Ing. Čížková Helena Ph.D.	Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha
doc. Dr. Ing. Doležal Marek	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
Prof. Ing. Dostálek Pavel CSc.	Ústav biotechnologie, VŠCHT Praha
Ing. Gavurníková Soňa, Ph.D.	NPPC; Výskumný ústav rastlinnej výroby
Asst Prof Dr Guzdemir Ozgun	Aydin Adnan Menderes University
prof. Ing. Hajšlová Jana, CSc.	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
Ing. Havlová Lenka Ph.D.	Ústav hygieny a technologie potravin rostlinného původu, VETUNI Brno
doc. RNDr. Havrlentová Michaela Ph.D.	Fakulta prírodných vied, Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave
Ing. Chvilová Martina	JEMO TRADING spol. s r.o.
Ing. Ilko Vojtech Ph.D.	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
doc. Ing. Jůzl Miroslav Ph.D.	Ústav technologie potravin, MU v Brně
Ing. Knapovská Pavlína	Ústav chemie potravin a biotechnologií, FCH VUT Brno
Ing. Kopecká Anežka	Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU v Praze
prof. Dr. Ing. Koplík Richard	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
prof. Ing. Kouřimská Lenka Ph.D.	Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU Praha
Ing. Kročá Jiří	Amtest-TM s.r.o.
Ao.Univ.-Prof. Murkovic Michael	Graz University of Technology, Institute of Biochemistry
Ing. Nágllová Zdeňka, Ph.D.	Czech Journal of Food Sciences
Ing. Novotná Pavla	CARC; Odbor potravinářství; Potravinářské inženýrství
doc. Dr. Ing. Panovská Zdena	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
Papoušek Ivan	PAPEK s.r.o.
doc. Ing. Pavela Roman Ph.D.	CARC
Ing. Pilnaj Dominik	Chromservis s.r.o.
Ing. Pospíšil Ondřej	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha



Ing. Procházková Zuzana Ph.D.	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
Ing. Průšová Anna	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
Ing. Rychetský Matěj	Ústav chemie potravin a biotechnologií, VUT v Brně
Ing. Ryšlavá Edita Ph.D.	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
Ing. Szotkowski Martin Ph.D.	Katedra logistiky, Univerzita obrany Brno
Ing. Šebelová Kateřina	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
doc. Ing. Ševčík Rudolf Ph.D.	Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha
Ing. Škvorová Petra Ph.D.	Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU v Praze
Ing. Švec Ivan Ph.D.	Ústav sacharidů a cereálií, VŠCHT Praha
Ing. Šviráková Eva Ph.D.	Ústav konzervace potravin, VŠCHT Praha
Ing. Tauferová Alexandra Ph.D.	Ústav hygieny a technologie potravin rostlinného původu, VETUNI Brno
MUDr. Tláškal Petr, CSc	Společnost pro výživu, FN Motol
Ing. Tomaniová Monika Ph.D.	Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha
Ing. Trenzová Kristina	Ústav chemie potravin a biotechnologií, VUT Brno
Bc. Tůmová Gabriela	Ústav biochemie a mikrobiologie, VŠCHT Praha
Ing. Vašek Jakub Ph.D.	Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, ČZU v Praze
Ing. Zetochová Erika Ph.D.	NPPC, Výskumný ústav rastlinnej výroby, Piešťany

* Špecifické testy pre laboratória

** Testy pre výrobné prevádzky

*** Sterové testy pre reštaurácie, jedálne, predajne potravín

Z ponuky vyberáme: mykotoxíny, alergény, vitamíny, PCR testy, obsahové látky, ATP, mikrobiológia, ...





Nové Metallo-organické standardy - přesnost a flexibilita v jednom!

S radostí představujeme novou řadu metallo-organických jedno- i víceprvkových standardů v oleji, které nyní rozšiřují naše široké portfolio certifikovaných referenčních materiálů podle ISO 17034 a ISO 17025.

Hlavní výhody:

- návaznost NIST & BAM – maximální přesnost a spolehlivost
- jednoprvkové i víceprvkové roztoky – pro různé analytické potřeby
- možnost i standardů na zakázku

Cenovou nabídku si vyžádejte prostřednictvím e-mailu poptavky@chromservis.eu.



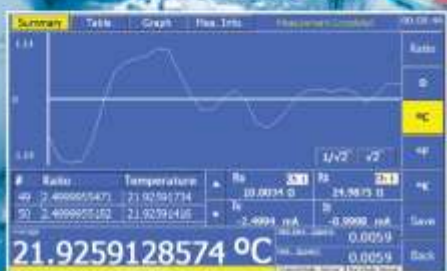
Chromservis s.r.o., Jakobiho 327, 109 00 Praha 10 - Petrovice, www.chromservis.eu, tel: +420 274 021 211
Chromservis SK s.r.o., Nobelova 34, 831 02 Bratislava, www.chromservis.eu, tel: +421 911 481 098

AMTEST
Test & Measurements

**Řešení pro
měření a kalibraci
teploty a vlhkosti**

www.amtest-tm.com

Svatováclavská 408
686 01 Uherské Hradiště
Česká republika
Telefon: +420 731 440 664



LogTag®

LogTag

kvalitní dataloggery teploty a vlhkosti pro
chemické laboratoře, lékařství i průmysl

AccuMac

AccuMac

etalonové odporové teploměry
(křemenné i kovové), termočláanky

BATEMIKA
measurement solutions

Batemika

etalonové měřicí přístroje pro teplotu

Kambič
laboratorní aplikace

Kambič Metrology

klimatické i teplotní zkušební komory,
kalibrační lázně vzduchové i olejové

mi

Measurements International

etalonové teplotní mosty



Sborník příspěvků

53. Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin

CzechFoodChem 2025

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: 2025

Počet stran: 150

Vydání: První

Elektronická verze publikace ve formátu PDF.