



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLÓGIÍ

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

VÝVOJ A CHARAKTERIZACE NOVÝCH MLÉČNÝCH VÝROBKŮ SE ZVÝŠENÝM OBSAHEM VLÁKNINY A PROTEINŮ

DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF NEW DAIRY PRODUCTS WITH INCREASED FIBER AND
PROTEIN CONTENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Igor Smatana

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaromír Pořízka, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání bakalářské práce

Číslo práce: FCH-BAK1738/2021 Akademický rok: 2021/22
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií
Student: **Igor Smatana**
Studijní program: Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Potravinářská chemie a technologie
Vedoucí práce: **Ing. Jaromír Pořízka, Ph.D.**

Název bakalářské práce:

Vývoj a charakterizace nových mléčných výrobků se zvýšeným obsahem vlákniny a proteinů

Zadání bakalářské práce:

Cílem této bakalářské práce je vyvinout nové receptury pro produkci mléčných výrobků obohacených o vlákninu a proteinový izolát z pšeničných otrub.

V rámci BP budou řešeny tyto dílčí úlohy:

1. Vyvinout recepturu pro jeden zakysaný a jeden nezakysaný mléčný výrobek.
2. Provést extrakci proteinového izolátu z pšeničných otrub.
3. Provést fortifikaci připravených výrobků pomocí různého množství nativních otrub.
4. Provést fortifikaci připravených výrobků pomocí proteinového izolátu z pšeničných otrub.
5. Realizovat analýzu nutričních vlastností připravených mléčných výrobků.
6. Realizovat senzorickou analýzu připravených mléčných výrobků.
7. Vyhodnotit experimentální data.
8. Definovat závěry práce.

Termín odevzdání bakalářské práce: 3.6.2022:

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí bakalářské práce.

Igor Smatana
student

Ing. Jaromír Pořízka, Ph.D.
vedoucí práce

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.
vedoucí ústavu

V Brně dne 1.2.2022

prof. Ing. Michal Veselý, CSc.
děkan

ABSTRAKT

Bakalárska práca bola zameraná na výrobu a charakterizáciu nových mliečnych výrobkov so zvýšeným obsahom proteínu a vlákniny. Ako zdroj vlákniny boli použité namleté pšeničné otruby a ako zdroj proteínu bol použitý extrakt proteínu z pšeničných otrúb. Z ekologického hľadiska by bolo ideálne, ak by sa použilo 100 % suroviny a ako odpad by nič nezostalo. K tomuto sme sa snažili priblížiť tým, že odpad (vedľajší produkt), ktorý vzniká počas výroby múky využijeme ako aditívum mliečnych výrobkov. Teoretická časť bola zameraná na charakterizáciu fermentovaných a nefermentovaných mliečnych výrobkov a ich výrobu, na nutričný význam bielkovín a vlákniny a na zloženie a benefity pre ľudské zdravie pšeničných otrúb, izoláciu bielkovín z pšeničných otrúb a bežné analytické metódy na stanovenie reologických vlastností, počtu životaschopných buniek, väznosti vody a senzorickej prijateľnosti.

Vytvorené boli dva základné mliečne výrobky, jeden fermentovaný a jeden nefermentovaný a následne boli fortifikované zdrojom vlákniny (pšeničnými otrubami) a zdrojom bielkovín (proteínový koncentrát z pšeničných otrúb). U všetkých produktoch následne prebehla charakterizácia ich vlastností. Stanovená bola väznosť vody, reologické vlastnosti a senzorické vlastnosti. U fermentovaného mliečneho výrobku prebehla aj cytometrická analýza na stanovenie počtu živých buniek.

V experimentálnej časti sú popísané nami použité metódy prípravy a charakterizácie nových produktov. Po vyhodnotení nameraných dát boli navrhnuté možnosti optimalizácie prijateľnosti výrobkov spotrebiteľmi. Z výsledkov vyšlo, že organoleptické vlastnosti boli negatívne ovplyvnené aditíviou pšeničnými otrubami aj proteínovým koncentrátom.

KEÚČOVÉ SLOVÁ

pšeničné otruby, bielkoviny, extrakcia/izolácia, mlieko, mliečne výrobky, fermentácia

ABSTRACT

The bachelor thesis was focused on the production and characterization of new dairy products with increased protein and fiber content. Ground wheat bran was used as the fiber source and wheat bran protein extract was used as the protein source. From an ecological point of view, it would be ideal if 100% of the raw material was used and nothing was left as waste. We tried to approach this by using the waste (by-product) that arises during the production of flour as an additive to dairy products. The theoretical part focused on the characterization of fermented and unfermented dairy products and their production, the nutritional value of proteins and fiber and the composition and benefits for human health of wheat bran, protein isolation from wheat bran and common analytical methods to determine rheological properties, viable cell numbers, water binding and sensory acceptability.

Two basic dairy products were created, one fermented and one unfermented, and subsequently fortified with a source of fiber (wheat bran) and a source of protein (protein concentrate from wheat bran). All products were subsequently characterized for characterization. Water binding, rheological and sensory properties were determined. The fermented dairy product was also subjected to cytometric analysis to determine the number of viable cells.

The experimental part describes the methods we use to prepare and characterize new products. After evaluating the measured data, options for optimizing the acceptability of products by consumers were proposed. The results showed that the organoleptic properties were negatively affected by the addition of wheat bran and protein concentrate.

KEYWORDS

wheat bran, protein, extraction / isolation, milk, dairy products, fermentation

SMATANA, Igor. *Vývoj a charakterizace nových mléčných výrobků se zvýšeným obsahem vlákniny a proteinů* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-06-03]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/135567>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Jaromír Pořízka.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som bakalársku prácu vypracoval samostatne a že všetky použité literárne zdroje som správne a úplne citoval. Bakalárska práca je z hľadiska obsahu majetkom Fakulty chemickej VUT v Brne a môže byť využitá ku komerčným účelom len so súhlasom vedúceho bakalárskej práce a dekana FCH VUT.

.....

podpis študenta

POĎAKOVANIE

Týmto by som sa rád poďakoval vedúcemu mojej bakalárskej práce Ing. Jaromírovi Pořízkovi Ph.D. za poskytnuté konzultácie, rady, trpezlivosť a všetok poskytnutý čas. Ďalej by som sa chcel poďakovať mojej konzultantke Ing. Zuzane Slavíkovej za jej ochotu, pomoc a mnoho rád pri vypracovaní experimentálnej časti práce. Nakoniec by som chcel poďakovať mojej rodine a priateľom za psychickú podporu.

OBSAH

1	ÚVOD	7
2	TEORETICKÁ ČASŤ	8
2.1	Mlieko	8
2.2	Zloženie mlieka	8
2.2.1	Prvkové zloženie	9
2.2.2	Vitamínové zloženie	10
2.2.3	Mikrobiologické zloženie	10
2.3	Mliečne výrobky	11
2.3.1	Fermentované mliečne výrobky	12
2.3.2	Výroba fermentovaných mliečnych výrobkov	13
2.3.3	Nefermentované mliečne výrobky	15
2.4	Fortifikované mliečne výrobky	16
2.4.1	Nutričný význam proteínov	16
2.4.2	Mliečne výrobky so zvýšeným obsahom bielkovín	17
2.4.3	Nutričný význam vlákniny	18
2.4.4	Mliečne výrobky so zvýšeným obsahom vlákniny	19
2.5	Pšeničné otruby ako zdroj aditív pre mliečne výrobky	19
2.5.1	Zdravotné benefity pšeničných otrúb	20
2.5.2	Štruktúra pšeničného zrna a pôvod otrúb	20
2.5.3	Mikroštruktúra pšeničných otrúb	21
2.5.4	Chemické zloženie pšeničných otrúb	21
2.5.5	Použitie pšeničných otrúb	22
2.6	Izolácia bielkovín z pšeničných otrúb	23
2.7	Analýza mliečnych výrobkov	24
2.7.1	Senzorická analýza	24
2.7.2	Reologická analýza	25
2.7.3	Väznosť vody	26
2.7.4	Cytometrická analýza	27
3	EXPERIMENTÁLNA ČASŤ	29
3.1	Použité chemikálie	29
3.2	Použité prístroje a pomôcky	29

3.3	Použité mlieko	29
3.3.1	Použité kultúry	30
3.3.2	Príprava inokula	30
3.4	Príprava proteínového izolátu.....	30
3.5	Príprava fermentovaného mliečneho výrobku.....	31
3.6	Príprava nefermentovaného mliečneho výrobku	31
3.7	Reologická analýza.....	32
3.8	Cytometrická analýza	32
3.9	Stanovenie sušiny	32
3.10	Väznosť vody	33
3.11	Senzorická analýza.....	33
4	VÝSLEDKY A DISKUSIA.....	34
4.1	Analýza vstupných surovín	34
4.1.1	Mlieko	34
4.1.2	Pšeničné otruby	34
4.1.3	Proteín izolovaný z pšeničných otrúb	34
4.2	Fermentované mliečne výrobky	35
4.2.1	Väznosť vody	36
4.2.2	Reologické vlastnosti	37
4.2.3	Cytometrická analýza	38
4.2.4	Senzorická analýza	38
4.3	Nefermentovaný mliečny výrobok	40
4.3.1	Vaznost vody	41
4.3.2	Reologické vlastnosti	42
4.3.3	Senzorická analýza	43
5	ZÁVER.....	45
6	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	46
7	ZOZNAM PRÍLOH	54

1 ÚVOD

Mlieko sa považuje za jedno zo základných potravín, pre ľudskú výživu. Hlavne z dôvodu predĺženia trvanlivosti sa mlieko začalo používať, ako surovina pre výrobu rôznych mliečnych výrobkov. Doba spotreby týchto výrobkov sa značne predĺžila. S vývojom technológií sa začali vyvíjať aj postupy na lepšie spracovanie mlieka a v dnešnej dobe sa tak vytvárajú tisíce mliečnych výrobkov každý deň.

Mliečne výrobky sú stále veľmi populárne a to nie len kvôli ich chuti, ale aj kvôli ich nutričným vlastnostiam. Hoci sú mliečne výrobky nutrične výborné, stále neobsahujú všetky potrebné živiny pre ľudské telo. Riešením tohto problému je fortifikácia mlieka alebo mliečnych výrobkov. Fortifikujú sa napríklad bielkovinami, vlákninou alebo látkami, ktoré boli v priebehu ich spracovania odstránené (napríklad vitamíny). Je však nutné zaistiť, aby počas priebehu fortifikácie mlieka alebo mliečnych výrobkov nedochádzalo k zníženiu ich technologickej ani senzorickej akosti.

V tejto práci boli ako zdroj vlákniny a bielkovín použité pšeničné otruby. Pšeničné otruby sú vedľajší produkt pri výrobe múky. V dnešnej dobe používajú hlavne ako krmivo pre farmárske zvieratá. Podľa ich zloženia sú však dobrým zdrojom vlákniny a proteínu.

2 TEORETICKÁ ČASŤ

V teoretickej časti tejto práce bola najprv priblížená história, technológie a rozdelenie mliečnych výrobkov a mlieko ako surovina. Ďalej je tu popísaný význam fotrifikácie mliečnych výrobkov za účelom zvýšenia životosprávy konzumentov.

2.1 Mlieko

Mlieko je staré ako ľudstvo samo, pretože je to prvá živina s ktorou sa novonarodené cicavce bežne stretnú. Všetky druhy cicavcov produkujú mlieko pre tento účel. Asi pred 10 000 až 12 000 rokmi sa ľudia naučili domestikovať rôzne druhy zvierat, aby si zaručili pravidelný príjem mlieka ku konzumácii. Medzi tieto zvieratá patrili kravy (rod Bos), byvoly, ovce, kozy a ťavy, z ktorých sa všetky dodnes stále využívajú, v rôznych častiach sveta, na produkciu mlieka pre ľudí. Dostupnosť a distribúcia mlieka a mliečnych výrobkov je v dnešnom svete zmesou storočia znalostí tradičných technológií výroby mliečnych výrobkov s aplikáciou modernej vedy a techniky [1].

Úloha mlieka v tradičnej strave sa od seba líši v rôznych regiónoch sveta. Tropické krajiny neboli tradičnými spotrebiteľmi mlieka, avšak severnejšie regióny sveta, Európa (najmä Škandinávia) a Severná Amerika tradične konzumujú omnoho viac mlieka a mliečnych výrobkov. V tropických krajinách, kde vysoké teploty a nedostatok chladenia neumožňovali dlhodobé skladovania čerstvého mlieka, bolo mlieko tradične konzervované inými prostriedkami ako chladením. Mlieko sa konzervovalo prevarením, alebo premenou na stabilnejšie produkty ako sú napríklad fermentované mlieka. 40 % celkovej svetovej produkcie mlieka sa konzumuje v tekutej forme. Zvyšok tekutého mlieka sa spracúva do niektorého z niekoľko tisíc rôznych druhov produktov [1].

Flexibilita mlieka ako suroviny pre rôzne výrobky využíva určité vlastnosti mliečnych zložiek. Chemické a/alebo fyzikálno-chemické vlastnosti zložiek mlieka môžu byť modifikované enzymatickými, chemickými a/alebo fyzikálnymi metódami, ktoré umožňujú vytváranie nových produktov [1].

2.2 Zloženie mlieka

Mlieko sa skladá prevažne z vody, približne 4,6 % sacharidov, 4,0 % tuku, 3,3 % bielkovín, 0,19 % nebielkovinového dusíka a 0,7 % popola. Zloženie kravského mlieka je uvedené v tabuľke 1 [1].

Tabuľka 1: Zloženie kravského mlieka [1]

Zložka	Obsah
Celková sušina	12,79 %
Sacharidy	4,6 %
Tuky	4,0 %
Bielkoviny	3,3 %
Nebielkovinový dusík	0,19 %
Minerálne látky	0,7 %

Hlavným sacharidom v mlieku je laktóza alebo mliečny cukor. Je to disacharid zložený z glukózy a galaktózy. Laktóza tvorí približne 54 % celkovej odtučnenej mliečnej sušiny. Poskytuje tiež 30 % energie v mlieku [1].

Tuk v mlieku tvorí mikroskopické guľičky, ktoré sú rovnomerne dispergované vo vode, ako emulzia olej vo vode. Väčšinu mliečnych lipidov tvoria triglyceroly (97-98%), čo sú estery mastných kyselín v kombinácii s glycerolom. Ďalšími mliečnymi lipidmi sú fosfolipidy (0,2-1 %), voľné steroly (0,2-0,4 %) a stopy voľných mastných kyselín. Zloženie mastných kyselín v mlieku sa značne líši v dĺžke reťazca (2 až 20 atómov uhlíka) aj v stupni nasýtenia (0 až 4 dvojité väzby). Všeobecne je asi 62 % mliečneho tuku nasýteného, 30 % mononenasýteného (kyselina olejová), 4 % polynenasýteného a 4 % menej významných typov mastných kyselín [1].

Mliečne bielkoviny sa delia na kazeíny, srvátkové bielkoviny a imunoglobulíny. Najzastúpenejšou skupinou bielkovín je kazeín, ktorý tvorí 80 % mliečnych bielkovín. Kazeíny sa skladajú zo štyroch rôznych druhov bielkovín: s1-, s2-, β - a κ -kazeínov, ako boli definované a overené analýzou sekvencií DNA [1]. Kazeíny sú fosfoproteíny, ktoré obsahujú v priemere 0,85 % fosforu, zatiaľ čo srvátkové bielkoviny fosfor neobsahujú. Fosfátové skupiny sú zodpovedné za mnoho dôležitých vlastností kazeínu, najmä za jeho schopnosť viazať pomerne veľké množstvo vápnika, čo z neho robí z hľadiska výživy veľmi cennú bielkovinu, najmä pre mladé zvieratá [2].

2.2.1 Prvkové zloženie

Mlieko aj mliečne výrobky obsahujú minerálne látky, ktoré prispievajú k mnohým a rôznym životne dôležitým funkciám v organizme. Minerálna frakcia sa skladá z makroprvkov (Ca, Mg, Na, K, P a Cl) a oligoprvkov (Fe, Cu, Zn a Se) V tabuľke 2 je uvedené prvkové zloženie kravského mlieka [3].

Tabuľka 2: Prvkové zloženie kravského mlieka [4]

Zložka	Kravské mlieko
Vápnik (Ca) [mg]	1200
Horčík (Mg) [mg]	120
Sodík (Na) [mg]	500
Draslík (K) [mg]	1500
Fosfor (P) [mg]	950
Chlorid (Cl) [mg]	950
Železo (Fe) [mg]	0,5
Meď (Cu) [mg]	0,09
Zinok (Zn) [mg]	3,5
Selén (Se) [μg]	10

V priebehu spracovania mlieka však môže dochádzať k zmenám v zastúpení minerálnych látok. Napríklad v syre súvisí obsah Ca s krokom okyselenia. Obsah Ca sa teda mení v nasledujúcom poradí: mlieka/kvasené mlieka/čerstvé syry, mäkké syry, polotvrdé

syry, tvrdé syry. Z nutričného hľadiska sa vo veľkej miere pripúšťa, že mlieko a mliečne výrobky sú významnými zdrojmi Ca, Mg, Zn a Se [3].

Z fyzikálno-chemického hľadiska sú chemické formy, asociácie s inými iónmi alebo organickými molekulami a umiestnenie makroprvkov v mlieku pomerne dobre opísané a pochopené. Pripúšťa sa teda, že tieto makroprvky sú rozdielne rozdelené do vodnej a micelárnej fázy mlieka v závislosti od ich povahy. Ióny K, Na a Cl sú v podstate vo vodnej fáze, zatiaľ čo Ca, P a Mg sú čiastočne viazané na kazeínové micely. Asi jedna tretina Ca, polovica P a dve tretiny Mg sa nachádzajú vo vodnej fáze mlieka. Mliečne výrobky sú obecné považované za dobrý zdroj týchto minerálnych látok [3].

2.2.2 Vitamínové zloženie

Vitamínová frakcia mlieka a mliečnych výrobkov sa skladá z lipofilných (A, D, K, E) a hydrofilných (B1, B2, B3, B5, B6, B9, B12, C) vitamínov. Pre svoje hydrofóbne vlastnosti sú lipofilné vitamíny obsiahnuté hlavne vo frakcii mliečnych tukov (smotana, maslo). Hydrofilné vitamíny sa nachádzajú vo vodnej fáze mlieka.

Mnoho dát o vitamínoch buď chýba, alebo sú medzi nimi nezrovnalosti. To je spôsobené hlavne tým, že niektoré vitamíny sú ľahko modifikované vonkajšími faktormi, alebo sa ťažko kvantifikujú pri príprave vzorky. O významnom podiele mlieka a mliečnych výrobkov na príjme vitamínov však nie je pochyb. Mlieko a mliečne výrobky sa považujú hlavne za zdroje vitamínov, ktoré sú uvedené v tabuľke 3 [3].

Tabuľka 3: Vitamínové zloženie kravského mlieka [5]

Vitamín	Obsah na 100 g mlieka
A + β -karotén	50 μ g
D	50 μ g
K	1,1 μ g
E	98 μ g
B1 (thiamín)	44 μ g
B2 (riboflavín)	175 μ g
B3 (niacín)	94 μ g
B5 (kys. panthonelová)	0,35 mg
B6	64 μ g
B9 (kys. listová)	5 μ g
B12	0,43 μ g
C	2,1 mg

2.2.3 Mikrobiologické zloženie

V mlieku aj v mliečnych výrobkoch sa prirodzene vyskytuje relatívne veľké množstvo rozmanitých mikroorganizmov. Najzastúpenejšími bakteriálnymi rodmi v mlieku sú *Lactococcus* a *Lactobacillus*. Sú to producenty predovšetkým kyseliny mliečnej z cukrov, ako je laktóza. Môžu sa v mlieku rýchlo množiť, už pri teplote okolo 20 °C. Preto väčšina mlieka skysne, pokiaľ sa uchováva v nechladenom stave, a často vedie k zhlukovaniu častíc kazeínu.

Mezofilné baktérie mliečneho kvasenia je možné zničiť pasterizáciou pri nízkej teplote (tj 15 s pri 72 °C). Nízkoteplotná pasterizácia však nezabíja termofilné baktérie mliečneho kvasenia, ako je *Streptococcus thermophilus* [1].

Je tiež dôležité poznamenať, že hoci baktérie mliečneho kvasenia sú schopné pokaziť mlieko, je táto skupina baktérií považovaná za veľmi užitočnú pri výrobe fermentovaných mliečnych výrobkov, vrátane syrov, jogurtov a masla. Na tento účel sa často v kontrolovaných podmienkach pestujú starostlivo vybrané rody baktérií mliečneho kvasenia [1]. Zoznam najpoužívanejších baktérií a produkty ich metabolizmu sú uvedené v tabuľke 4.

Tabuľka 4: Bežné baktérie mliečneho kvasenia a ich produkty metabolizmu [1]

Baktéria	Konečný produkt metabolizmu
<i>Lactococcus</i>	
<i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	Kyselina mliečna
<i>L. lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>	Kyselina mliečna
<i>L. lactis</i> subsp. <i>diacetylactis</i>	Kyselina mliečna, diacetyl
<i>Streptococcus</i>	
<i>S. thermophilus</i>	Kyselina mliečna, acetaldehyd
<i>Leuconostoc</i>	
<i>L. mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i>	Kyselina mliečna, diacetyl
<i>L. mesenteroides</i> subsp. <i>cremoris</i>	Kyselina mliečna, diacetyl
<i>L. mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i>	Kyselina mliečna, diacetyl
<i>Pediococci</i>	
<i>P. acidilactici</i>	Kyselina mliečna
<i>Lactobacilli</i>	
<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>delbrueckii</i>	Kyselina mliečna
<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i>	Kyselina mliečna
<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	Kyselina mliečna, acetaldehyd
<i>L. helveticus</i>	Kyselina mliečna
<i>L. acidophilus</i>	Kyselina mliečna
<i>L. brevis</i>	Kyselina mliečna
<i>Bifidobacteria</i>	
<i>B. adolescentis</i>	Kyselina mliečna, kyselina octová
<i>B. bifidum</i>	Kyselina mliečna, kyselina octová

2.3 Mliečne výrobky

Mlieko je základnou surovinou pre radu mliečnych výrobkov, napr. smotana, maslo, jogurt, kefir a syr, ktoré sa produkujú a konzumujú celosvetovo po tisícročia. Preto je dopad mlieka a mliečnych výrobkov na ľudské zdravie kvantitatívny a bol predmetom niekoľkých výskumov na celé produkty a aj ich izolované zložky. Hlavne podiel tuku v mlieku (z veľkej časti tvorený nasýtenými masnými kyselinami) a niektoré z menej významných zložiek mlieka, najmä vápnik a oligosacharidy sú aktívne skúmané pre ich potenciálne zdravotné účinky [6].

Mliečne výrobky sú všeobecne definované, ako potraviny vyrobené z mlieka a zvyčajne sú to vysoko energetické produkty. Taktiež zohrávajú dôležitú úlohu v zdravej výžive, predovšetkým pre ich nutričnú hodnotu. Keďže sa mliekarenský priemysel stále vyvíja, objavujú sa na trhu stále nové a nutrične zaujímavejšie produkty [1]. Mliečne výrobky často rozdeľujeme do rôznych skupín, najčastejšie na fermentované mliečne výrobky a nefermentované mliečne výrobky.

2.3.1 Fermentované mliečne výrobky

Fermentácia, alebo kvasenie je premena mliečnych sacharidov na kyselinu mliečnu pomocou baktérií, plesní, alebo kvasiniek. Je to považované za jeden z kľúčových procesov, ktorý stojí za vedou o fermentovaných mliečnych výrobkoch. Podľa vyhlášky c. 397/2016 Sb. [7] sa kysnutý alebo zakýsaný mliečny výrobok definuje, ako mliečny výrobok získaný kysnutím mlieka, smotany, podmaslia, srvátky alebo ich zmesí za použitia mikroorganizmov. Prítomnosť kyseliny mliečnej je zodpovedná za kyslú chuť mliečnych výrobkov. Takmer všetky druhy fermentovaných mliečnych výrobkov, ako sú syry, jogurty a kefíry sú založené práve na tomto princípe [1].

Procesy vedúce k výrobe fermentovaných mliečnych výrobkov, ako sú napríklad syry, boli objavené náhodou. Škandinávske kraje majú dlhú tradíciu výroby fermentovaných mliečnych výrobkov. Sezónne výkyvy v produkcii mlieka si vyžiadali, aby poľnohospodári našli spôsob, ako mlieko uchovať na zimu. Tak vznikol proces výroby rôznych druhov syrov, masla a jeho vedľajšieho produktu známeho ako cmar [1].

Mikroorganizmy prirodzene prítomné v mlieku alebo v nádobách používaných na skladovanie mlieka predstavovali endogénne inokulum, ktoré umožňovalo prebiehať fermentácií a spôsobovalo premenu mlieka na rôzne chuťovo výrazné a žiaduce mliečne výrobky. Pri modernej fermentácii mlieka sa do mlieka zámerne očkujú dobre charakterizované štartovacie kultúry, ktoré poskytujú väčšiu kontrolu nad fermentáciou a vedú k požadovaným vlastnostiam konečných mliečnych výrobkov [1].

Existuje veľké množstvo kyslých mliečnych výrobkov, ktoré sa líšia výrobnými postupmi alebo zákysovými mikroorganizmami. V Austrálii, Kanade, Veľkej Británii a USA sa konzumuje predovšetkým jogurt, zatiaľ čo vo východoeurópskych krajinách sú obľúbenejšie iné druhy kyslých mliečnych a smotanových výrobkov ako napríklad kefír alebo tarhana. Syry a jogurty sú taktiež veľmi populárne mliečne výrobky, ktoré vznikli fermentáciou mlieka. Okrem nich existuje mnoho ďalších fermentovaných mliečnych výrobkov z ktorých niektoré sú uvedené v tabuľke 5 [8].

Tabuľka 5: Niektoré fermentované mliečne výrobky a baktérie mliečneho kvasenia použité k ich výrobe [9]

Produkt	Surovina	Fermentujúce organizmy	Miesto pôvodu produktu
Acidofilné mlieko	Mlieko	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Mnoho krajín
Bulharský cmar		<i>L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i>	Balkán
Syry (zrelé)	Mliečny tvaroh	<i>Lactic starters</i>	Celosvetovo
Kefír	Mlieko	<i>Lactococcus lactis</i> , <i>L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , "Torula" spp.	Juhozápadná Ázia
Kumiss	Surové kobyľie mlieko	<i>Lactobacillus leichmannii</i> , <i>L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , "Torula" spp.	Rusko
Taette	Mlieko	<i>S. lactis var. taette</i>	Škandinávia
Tarhana	Pšeničná múka a jogurt	<i>Lactics</i>	Turecko
Jogurt	Mlieko, mliečna sušina	<i>L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , <i>S. salivarius subsp. thermophilus</i>	Celosvetovo
Biogurt	Mlieko, mliečna sušina	<i>L. acidophilus</i> , <i>Lactococcus lactis</i>	Celosvetovo

2.3.2 Výroba fermentovaných mliečnych výrobkov

Fermentované mlieko pôvodne vznikalo samovoľným kysnutím a kazením surového mlieka pri skladovaní pôsobením mikroorganizmov. Prevládajúcimi mikroorganizmami sú baktérie mliečneho kvasenia, ktorých premnoženie môže nakoniec viesť k takmer čistému mliečnemu kvaseniu. Tým sa zmenia vlastnosti mlieka tak, že väčšina nežiaducich mikroorganizmov nemôže rásť, alebo môže dokonca uhynúť. Tieto podmienky zahŕňajú nízke pH (4,0 až 4,6), nízky redoxný potenciál a inhibíciu rastu nedisociovanými kyselinami (kyselinou mliečnou) alebo antimikrobiálnymi zlúčeninami (napr. bakteriocínom, H₂O₂) [1].

Vďaka poznatkom získaným pozorovaním prirodzene prebiehajúcej fermentácie sa podarilo dobre napodobniť fenomén kysnutia mlieka. Proces prebieha za dobre kontrolovaných podmienok. Dôsledne sa čistia nádoby na mlieko, tepelne sa ošetruje mlieko, aby sa zničili nežiaduce mikróby a mlieko sa naočkuje trochou kyslého mlieka z predchádzajúcej dávky, alebo baktériami mliečneho kvasenia, ktoré slúžia ako zákys na fermentáciu [1].



Obrázok 1: Linka na výrobu jogurtov [10]

Takto vyrobené kyslé mlieko má príjemnú chuť a často dlhšiu trvanlivosť. V dôsledku rôznych podmienok spracovania, ktoré zahŕňa rôzne druhy dojných zvierat, spôsob tepelného ošetrovania mlieka, teplotu kvasenia a druh a množstvo kyselinotvorných kultúr, vznikla po celom svete veľká škála kyslých mliek. Väčšina typov fermentovaného mlieka obsahuje dva až štyri druhy baktérií mliečneho kvasenia, ktoré produkujú rôzne chuťové zložky. V niektorých výrobkoch sa však na fermentácii podieľajú aj kvasinky a plesne. Kvasené mlieka sú celosvetovo veľmi obľúbenými výrobkami a na spotrebiteľský trh sa pravidelne dostávajú nové druhy [1].

Jedným z najpopulárnejších mliečnych výrobkov je jogurt, ktorý je podľa vyhlášky č. 397/2016 Sb. opísaný ako mliečny výrobok získaný kysnutím mlieka, smotany, podmaslia alebo ich zmesí pomocou mikroorganizmov *Streptococcus thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* v symbiotickej zmesi [7]. U jogurtu sa môže zvyšovať obsah sušiny iba pridaním mliečnej bielkoviny, sušeného alebo zahusteného mlieka, alebo odobraním srvátky. Mliečna mikroflóra v 1 g jogurtu má byť 10^7 mikroorganizmov [7]. Doba inkubácie po naočkovaní je pri výrobe jogurtu 2,5 hodiny pri 45 °C a konečná kyslosť je približne o pH 4,2. Pre uspokojivú kvalitu jogurtu je za týchto podmienok hmotnostný pomer oboch prítomných druhov baktérií približne 1:1. Koky aj tyčinky tvoria fermentáciou zlúčeniny, ktoré sa významne podieľajú na chuti jogurtu aj na jeho štruktúre a konzistencii. Hlavné zlúčeniny, ktoré sa na tom podieľajú, sú nasledovné:

- Kyselina mliečna: Obe baktérie premieňajú glukózu na kyselinu mliečnu. Väčšina glukózy sa metabolizuje homofermentatívnym spôsobom. *S. thermophilus* tvorí L(+), zatiaľ čo *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* tvorí D(-) kyselinu mliečnu. Oba izoméry sú produkované v takmer rovnakom množstve, čo vedie k tomu, že celkový obsah kyseliny mliečnej sa pohybuje okolo 0,7 až 0,9 % hm. (80-100 mmol/l). Táto zlúčenina spôsobuje výrazný pokles pH jogurtu, čo následne vedie k zrážaniu jogurtovej zmesi počas fermentácie [1].

- Acetaldehyd: Táto zlúčenina je nevyhnutná pre jedinečnú charakteristickú jogurtovú arómu. Väčšina acetaldehydu je obvykle tvorená laktobacilami. Obsah acetaldehydu v jogurte sa pohybuje okolo 0,2 mmol/l [1].
- Polysacharidy: Jogurtové baktérie môžu vytvárať vlasovitú vrstvu glykokalyx, ktorá sa skladá prevažne z polysacharidových reťazcov tvorených galaktózou a ďalšími glukózami. Tie môžu byť vylučované do extracelulárnej tekutiny, a preto sa nazývajú exopolysacharidy. Tento polysacharid zohráva tiež dôležitú úlohu v konzistencii jogurtu [1].

2.3.3 Nefermentované mliečne výrobky

Nefermentované mliečne výrobky, sú všetky produkty, ktorých hlavnou surovinou je mlieko, u ktorého však neprebehol fermentačný proces. Medzi nefermentované mliečne výrobky patrí napríklad koncentrát srvátkových bielkovín, odstredeného mlieka, sladené kondenzované mlieko, khoa, zmrzlina, smotana alebo puding.

Smotana je mliečny výrobok získaný z vrstvy, s vyšším obsahom tuku, z vrchnej časti mlieka po odstredení. Na splnenie rôznych požiadaviek sa vyrábajú smotany s rôznym obsahom tuku. Vysoký podiel tuku pomáha získať stabilnejšiu penu. Smotana používaná na výrobu masla zvyčajne obsahuje 25–40 % tuku. Smotana sa používa aj do pekárenských výrobkov a tiež do šalátových zalielok. Smotana (18 % tuku) musí byť pasterizovaná pri teplote 70–75 °C počas 30 minút, aby sa zaistila jej zdravotná bezpečnosť [11].

Zmrzlina je mrazený mliečny výrobok pozostávajúci z plnotučného mlieka, odstredeného mlieka, smotany, masla, kondenzovaného mlieka alebo sušených mliečnych výrobkov. Mliečny tuk a odtučnená mliečna sušina tvoria asi 60 % celkovej sušiny zmrzliny. Tieto zložky dodávajú zmrzline bohatú chuť, lepšiu konzistenciu a štruktúru. Okrem mliečnych výrobkov obsahuje zmrzlina cukor, stabilizátor, emulgátor, aromatické látky, vodu a vzduch. Cukor okrem sladidla ovplyvňuje hladkosť výslednej zmrzliny. Znižuje tiež bod tuhnutia zmrzlinovej zmesi, takže v mrazničke nezamrzá [11].

Sladené kondenzované mlieko je výrobok, ktorý nie je na rozdiel od odpareného mlieka sterilný. Množeniu mikroorganizmov vo výrobku bráni konzervačný účinok cukru. Výrobok sa vyrába z pasterizovaného mlieka, ktoré je zahustené a osladené sacharózou. Koncentrácia cukru je väčšinou 65% [11].

Puding zo škrobového prášku, alebo škrobový puding, sa môže považovať za nefermentovaný mliečny výrobok, hlavne kvôli tomu, že k jeho príprave sa používa primárne mlieko. Keďže mlieko obsahuje veľké množstvo vody (približne 88 %), tak počas výroby pudingu môže prebehnúť želatinizácia. Granule škrobu sú v studenej vode nerozpustné. Pri zahriatí škrobu vo vode granule absorbujú vodu a nabobtnajú. Absorpcia vody amorfnými oblasťami vo vnútri granúl destabilizuje ich kryštalickú štruktúru, čo vedie k strate dvojtlomu, čo je jedna z definícií želatinizácie. Pri trvalom zahrievaní majú granule tendenciu nabobtnať do väčšieho rozsahu a kryštály sa tavia, čo vedie k zvýšenému molekulárnemu pohybu škrobu, ktorý nakoniec vedie k úplnému oddeleniu amylozy a amylopektínu. Teplota, pri ktorej granule strácajú dvojtlom, sa označuje ako teplota želatinizácie (60–100 °C): táto teplota čiastočne

závisí od botanického zdroja škrobu [12]. Želatinizácia škrobu je popísaná ako prechod škrobových granúl z usporiadaného stavu do neusporiadaného stavu [13].

2.4 Fortifikované mliečne výrobky

Pojmom fortifikácie potravín sa rozumie ich obohacovanie, rôznymi druhmi nutrične významných zdrojov. Komisia Codex Alimentarius navrhla, aby obohacovanie bolo definované ako pridanie jednej alebo viacerých základných živín do potraviny bez ohľadu na to, či sú v potravine bežne obsiahnuté, za účelom prevencie alebo nápravy preukázaného nedostatku jednej alebo viacerých živín v populácii alebo v určitých skupinách populácie. Obnovovaním sa rozumie pridanie živiny/živín, ktorá nahradí prirodzene sa vyskytujúce živiny stratené počas výroby, skladovania a manipulácie. Štandardizácia sa týka pridávania živín za účelom vyrovnania prirodzených alebo sezónnych výkyvov v obsahu živín. Substitúcia sa týka pridania živín do náhradného výrobku (napr. margarínu) na úroveň, ktorá sa bežne vyskytuje v potravine, ktorú má nahradiť (v tomto prípade maslo). Najčastejšie sa mliečne výrobky fortifikujú pridaním bielkovín, vlákniny alebo vitamínov [14].

2.4.1 Nutričný význam proteínov

Proteíny sú biomakromolekulárne látky skladajúce sa z dlhých radov aminokyselín spojených peptidovými väzbami. Aminokyseliny rozdeľujeme na esenciálne a neesenciálne. Esenciálne sú tie, ktoré musíme prijať v potrave, pretože si ich telo nedokáže vyrobiť, naopak neesenciálne si ľudské telo vie vyrobiť v metabolizme.

Po požití sú bielkoviny v lumenoch gastrointestinálneho traktu hydrolyzované proteázami a peptidázami za vzniku dipeptidov, tripeptidov a AK. Tieto produkty trávenia sú využívané baktériami v tenkom čreve alebo vstrebávané do enterocytov. AK, ktoré nie sú rozložené v tenkom čreve, sa dostávajú do portálnej žily pre syntézu bielkovín v kostrovom svalstve a ďalších tkanivách [15].

Medzi hlavné funkcie proteínu v ľudskom tele patrí stavba a obnova bunčných štruktúr, sú súčasťou enzýmov, hormónov, obranných látok a zdrojom dusíku. Odporúčaná denná dávka bielkovín pre zdravého dospelého človeka s minimálnou fyzickou aktivitou 0,8 g bielkovín/kg telesnej hmotnosti denne. Na uspokojenie funkčných potrieb, ako je podpora akumulácie bielkovín v kostrovom svalstve a fyzickej sily, sa pre jedincov s minimálnou fyzickou aktivitou odporúča príjem 1,0 g bielkovín/kg telesnej hmotnosti denne. So strednou fyzickou aktivitou to je 1,3 g bielkovín/kg telesnej hmotnosti denne a pre ľudí s intenzívnou fyzickou aktivitou 1,6 g bielkovín/kg telesnej hmotnosti denne. Dlhodobá konzumácia bielkovín v množstve 2 g/kg telesnej hmotnosti/deň je pre zdravé dospelé osoby bezpečná a tolerovateľná horná hranica je 3,5 g/kg telesnej hmotnosti/deň pre dobre adaptované osoby [15].

Nedostatočná výživa bielkovinami tak vedie k zakrnutiu rastu, chudokrvnosti, telesnej slabosti, opuchom, cievnej dysfunkcii a zhoršenej imunite. Chronický vysoký príjem bielkovín môže viesť k poruchám trávenia, obličiek a ciev a treba sa mu vyhnúť [15].

Existuje dôkaz, že odporúčaná výživová dávka pre staršie osoby môžu byť vyššie ako 0,8 g/kg/deň. Dôkazy naznačujú, že príjem bielkovín vyšší ako sú odporúčané výživové dávky, môže u starších osôb zlepšiť svalovú hmotu a silu. Okrem toho pôsobia aj ďalšie faktory,

napríklad stav imunitného systému, hojenie rán, krvný tlak a zdravie kostí, môžu byť zlepšené pomocou zvýšeného príjmu bielkovín [16].

2.4.2 Mliečne výrobky so zvýšeným obsahom bielkovín

Svetová zdravotnícka organizácia (WHO) uvádza nárast počtu ľudí s postupujúcimi civilizačnými chorobami, ako sú obezita, diabetes mellitus a kardiovaskulárne ochorenia [17]. V dôsledku toho sa vo svete výrazne zvýšila výroba a predaj mliečnych výrobkov so zníženým alebo nízkym obsahom tuku [18]. Po odtučnení mlieka mali výrobky nežiadúcu chuť, štruktúru a reologickými vlastnosťami. Aby sa tieto problémy odstránili, využíva sa mlieko upravené sušeným odstredeným mliekom (SOM) [19].

Mliečne bielkoviny (tvorené z 80 % kazeínom a z 20 % srvátkovou bielkovinou) sú základnými zložkami mliečnych výrobkov a vyznačujú sa multifunkčnými vlastnosťami. Tieto zložky majú vďaka svojim jedinečným textúrovým vlastnostiam možnosť nahradiť tuk alebo zlepšiť štruktúru jogurtov so zníženým obsahom tuku [20].

Prídavok zložiek koncentráta srvátkových bielkovín a izolátu srvátkových bielkovín zlepšuje v potravinárskych systémoch väznosť vody alebo schopnosť zadržiavať vodu, penivosť, želirovacie, a emulgačné vlastnosti [21 – 24]. Výrobky zo srvátkových bielkovín sa vďaka svojim vysokým nutričným, biologickým a jedinečným funkčným vlastnostiam používajú ako zložky v širokej škále potravinárskych aplikácií. Srvátkové bielkoviny vykazujú rôzne funkčné vlastnosti podobné tukom a z toho hľadiska môžu byť použité ako náhrada tukov [25, 26, 27].

V posledných rokoch získali zvýšený záujem spotrebiteľov jogurty s vysokým obsahom proteínu, čiastočne spôsobený zlepšením chuti a textúry. Obsah bielkovín v jogurte je možné zvýšiť pred fermentáciou pridaním mliečneho prášku, odparením alebo membránovou filtráciou alebo po fermentácii pasírovaním, mechanickou separáciou alebo membránovou filtráciou. Koncentrácia jogurtu s prídavkom bielkovín po fermentácii produkuje veľké objemy kyslej srvátky. Zahustením pred fermentáciou sa zníži množstvo produkovanej kyslej srvátky. Rôzne techniky spracovania jogurtu ovplyvňujú jeho zloženie, štruktúru, reológiu a senzorické vlastnosti. Prípadný negatívny dopad prídavku bielkovín na kvalitu jogurtu je nutné eliminovať [28].

Stabilita fyzikálno-chemických vlastností jogurtov počas skladovania v chlade je dôležitá pre priemysel aj spotrebiteľov. Počas výroby obyčajných jogurtov s prídavkom zdraviu prospešného srvátkového bielkovinového koncentráta za použitia dvoch rôznych kyskových kultúr na báze *Streptococcus thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, boli stanovené fyzikálno-chemické zmeny (kyslosť, nutričná hodnota, vodná aktivita, vodná kapacita, textúra a farba, vrátane indexov bielenia a žltnutia) a senzorické zmeny, ku ktorým došlo počas 28-dňového skladovania v chlade. Zistilo sa, že štartovacie kultúry významne ($p \leq 0,05$ a $p \leq 0,01$) ovplyvňujú vodnú kapacitu, pevnosť, konzistenciu, súdržnosť a farebné parametre tvarohu [29].

Použitie srvátkového bielkovinového koncentráta ovplyvnilo fyzikálno-chemickú aj senzorickú kvalitu jogurtov. Prísada mala významný vplyv na potenciálnu kyslosť, inhibovala nárast kyseliny mliečnej v jogurtoch počas skladovania a tiež znížila synerézu. Znížila však

ľahkosť tvarohu a negatívne ovplyvnila jeho senzorické vlastnosti, predovšetkým chuť. Okrem toho sa takmer všetky parametre výrazne menili s priebehom doby skladovania (vo väčšine prípadov negatívne). Výnimkou bol celkový obsah bielkovín a tuku. Tieto zmeny však neboli závažné a zostali na úrovni prijateľnej pre degustátorov [29].

Prídavok 1 % alebo 2 % srvátkovej bielkoviny do jogurtu môže byť dobrým riešením, ako stabilizovať fyzikálno-chemické vlastnosti, ktoré možno v mliekarenskom priemysle bežne používať a ponúknuť tak spotrebiteľom nový funkčný výrobok. Pre modelovanie takého výrobku je zásadné komplexné posúdenie fyzikálno-chemických a senzorických zmien, ku ktorým dochádza počas skladovania v chlade pri jogurtoch vyrobených s prídavkom WPC as použitím rôznych kultúr [29].

2.4.3 Nutričný význam vlákniny

V poslednej dobe sa stále viac doceňuje význam vlákniny. Hlavnou fyziologickou vlastnosťou vlákniny je jej nestráviteľnosť v tenkom čreve. Okrem neškrobových polysacharidov zahŕňajú nedávne definície vlákniny aj ďalšie nestráviteľné sacharidy, ako sú rezistentný škrob, rezistentné maltodextríny, fruktooligosacharidy a galaktooligosacharidy, ako aj modifikované celulózy a syntetické sacharidové polyméry, napríklad polydróza [30].

Americká asociácia cereálnych chemikov (American Association of Cereal Chemists) (AACC, 2001) Definuje vlákninu ako jedlú časť rastlín alebo analogických sacharidov, ktorá je odolná voči tráveniu a vstrebávaniu v tenkom čreve človeka, s úplnou alebo čiastočnou fermentáciou v hrubom čreve. Vlákna zahŕňa polysacharidy, oligosacharidy, lignín a pridružené rastlinné látky. Vlákna podporuje priaznivé fyziologické účinky vrátane laxácie a/alebo útľahu hladiny cholesterolu v krvi a/alebo útľahu hladiny glukózy v krvi [31].

Komisia pre kódex Alimentarius (Codex Alimentarius Commission) (CAC, 2006) uvádza, že sa pojmom vlákna rozumie sacharidové polyméry so stupňom polymerizácie nie nižším ako 3, ktoré nie sú trávené ani vstrebávané v tenkom čreve. Stupeň polymerizácie nie nižšia ako 3 má vylúčiť mono- a disacharidy. Nemá vyjadrovať priemerný stupeň polymerizácie zmesi. Vlákna sa skladá z jednej alebo viacerých z nasledujúcich zložiek: jedlé sacharidové polyméry prirodzene sa vyskytujúce v konzumovanej potravine; sacharidové polyméry získané z potravinových surovín fyzikálnou, enzymatickou alebo chemickou cestou; syntetické sacharidové polyméry. Vlákna má všeobecne tieto vlastnosti: skracuje dobu črevného priechodu a zvyšuje objem stolice; je fermentovateľná mikroflórou hrubého čreva, znižuje hladinu celkového a/alebo LDL cholesterolu v krvi, znižuje postprandiálnu hladinu glukózy a/alebo inzulínu v krvi [32].

Odporúčaný denný príjem sa líši pre mužov a ženy. Pre ženy pod 50 rokov je odporúčaný denný príjem vlákniny 25 g za deň a pre mužov pod 50 rokov, 38 g za deň. Pre ženy nad 50 rokov je to 21 g za deň a pre mužov 30 g za deň. Vo vyššom veku je odporúčaný príjem nižší kvôli nižšej priemernej spotrebe energie. Aj napriek odporúčaniam sa denný príjem vlákniny pohybuje okolo 13 – 14 g [to nižšie]. Aj to je jeden z dôvodov, prečo sa začali objavovať vysoko vlákninové výrobky [33].

2.4.4 Mliečne výrobky so zvýšeným obsahom vlákniny

Zvýšená konzumácia vlákniny v potravinách vedie k mnohým významným zdravotným prínosom, napríklad k zníženiu hladiny cholesterolu v krvi, zníženie rizika cukrovky a zlepšenie laxácie, preto sa do potravín začali pridávať vlákninové aditíva, ako napríklad vo vode rozpustný sójový polysacharid. Je to vlákna získavaná a rafinovaná z okary, vedľajšieho produktu pri výrobe sóje. Bola začlenená do 3 kategórií mliečnych výrobkov, zahustených nápojov typu mliečnych koktailov, pudingov a nízkotučných zmrzlín, a to v maximálnom množstve bez toho, aby došlo k nadmernému zahusteniu potravy [34].

Ako zdroje vlákniny sa využívajú rôzne prírodné látky ktoré obsahujú predovšetkým sacharidové polyméry (neškrobové polysacharidy), ktoré sú súčasťou bunkových stien rastlín. Patria sem celulóza, hemicelulóza, pektíny a ďalšie polysacharidy rastlinného alebo riasového pôvodu, ako sú gúmy a slizy a oligosacharidy, napríklad inulín.

- Hydrokoloidy zahŕňajú širokú škálu zmiešaných viskózných polysacharidov. Pochádzajú z rastlinných exudátov (arabská guma a tragakant), semien (guarová guma a guma zo svätého jánkeho chleba) a extraktov z morských rias (agar, karagenan a algináty).
- Celulóza je najrozšírenejší polysacharid vyskytujúci sa v prírode. Je hlavnou zložkou bunkovej steny väčšiny rastlín, a preto je prítomná v ovocí, zelenine a obilninách. Pšeničné otruby sú bohatým zdrojom celulózy alebo nerozpustnej vlákniny. Rovnako ako celulóza sú aj hemicelulózy súčasťou polysacharidov bunkovej steny rastlín. Približne jednu tretinu vlákniny v zelenine, ovocí, strukovinách a orechoch tvoria hemicelulózy.
- Pektíny sú polysacharidy, ktoré sa nachádzajú v bunkových stenách rastlín a tiež vo vonkajšej šupke a kôre ovocia a zeleniny, napr. kôra pomaranča obsahuje 30 % pektínov, šupka jablka 15 % a šupka cibule 12 %.
- β -glukány sú hlavnou zložkou materiálu bunkových stien v zrnách ovsa a jačmeňa, ale v pšenici sú prítomné len v malom množstve. Vyvolali záujem ako zdroj rozpustnej vlákniny vďaka svojim účinkom na glykemické, inzulínové a cholesterolové reakcie. Vďaka týmto fyziologickým funkciám sa β -glukány stali funkčnou vlákninou [30].

2.5 Pšeničné otruby ako zdroj aditív pre mliečne výrobky

Pšeničné otruby sú vedľajším produktom mletia pšeničného zrna pri výrobe múky a predstavujú jedinečnú zásobu živín vďaka množstvu a kvalite bielkovín, obsahu minerálnych látok a vitamínov komplexu B a vlákniny [35]. Napriek týmto vlastnostiam je konzumácia pšeničných otrúb ľuďmi veľmi nízka. Tradične sa prevažná väčšina pšeničných otrúb vyrobených v mlynoch používa ako krmivo pre hospodárske zvieratá, zatiaľ čo malé percento smeruje do potravinárstva, kde sa používa najčastejšie ako zložka na prípravu potravín bohatých na vlákninu, predovšetkým pečiva a obilných zmesí [36]. Ešte menšia časť sa používa v nespracovanej forme v zdravej výžive [35].

Ľudská spotreba pšeničných otrúb nie je rozšírená kvôli problémom s technologickou kvalitou produktov, čo znamená, že okrem výživových otázok ovplyvňujú aj prijateľnosť výrobkov obsahujúcich otruby. Prídavok otrúb v pekárskom priemysle má negatívny vplyv na

zmiešavacie vlastnosti cesta a vlastnosti chleba, [37, 38] takže sa okruh potravín, do ktorých sa otruby pridávajú zameriava iba na niekoľko výrobkov. Ďalším faktorom obmedzujúcim konzumáciu a využitie pšeničných otrúb je prítomnosť kyseliny fytovej vo forme fytátov, ktorých prítomnosť môže brániť vstrebávaniu minerálnych látok [35].

Postupom času sa objavil rad návrhov na alternatívne využitie pšeničných otrúb, ktoré vychádzajú z obsahu vlákniny a z veľkého množstva fytochemikálií a bioaktívnych látok s antioxidačnou kapacitou a prebiotickými účinkami. Návrhy siahajú od biotechnologických a nutraceutických prístupov až po vývoj materiálov a sanáciu životného prostredia [35].

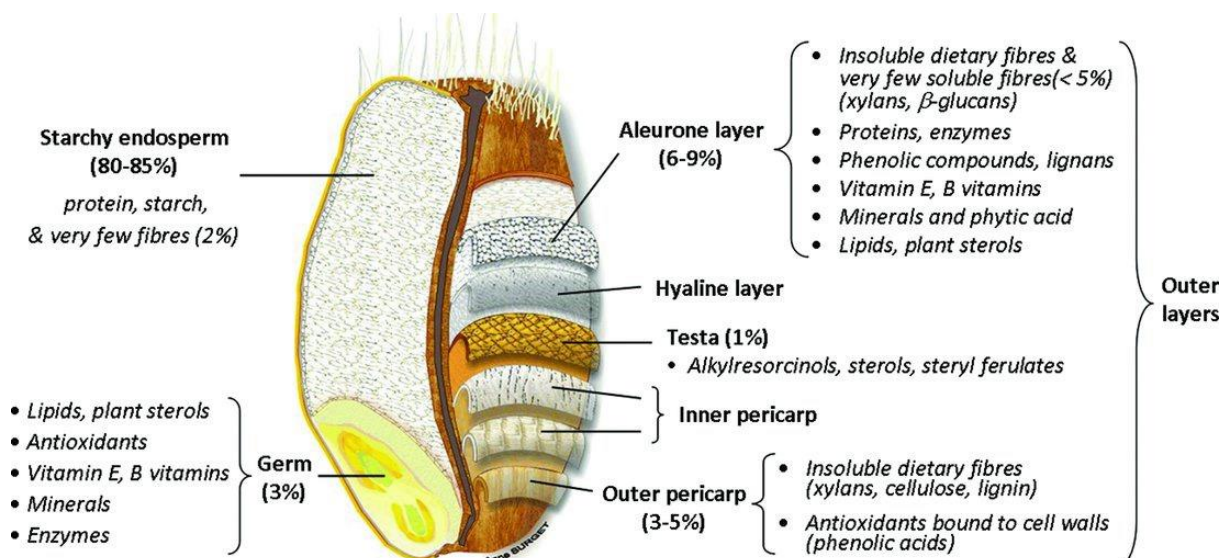
2.5.1 Zdravotné benefity pšeničných otrúb

Priaznivé účinky konzumácie celozrnných obilnín sú dobre zdokumentované a zahŕňajú ochranu pred rozšírenými chorobami, ako je zápcha, obezita, cukrovka, kardiovaskulárne ochorenia a niektoré druhy rakoviny [39 – 45]. Tieto účinky sú spôsobené vysokým obsahom vlákniny a fytochemikálií prítomných v otrubách a klíčku, ktoré zahŕňajú polyfenoly, karotenoidy, vitamíny, alkylresorcinoly, minerály a stopové prvky. Niektorí autori sa touto problematikou zaoberali a zhrnuli hlavné zložky zodpovedné za priaznivé účinky konzumácie WB a tiež navrhované mechanizmy pôsobenia, z ktorých mnohé nie sú zatiaľ jasné [40, 42, 46, 47, 48]. Hypotézy v tomto ohľade vychádzajú predovšetkým z prebiotických, antioxidačných a protirakovinových schopností vlákniny a bioaktívnych látok. Je však možné vytvoriť aj komplexnejšie hypotézy s ohľadom na nové objavy a s rozširovaním zoznamu bioaktívnych zložiek [47].

2.5.2 Štruktúra pšeničného zrna a pôvod otrúb

Z botanického hľadiska je pšeničné zrnó jednosmenný plod, nazývaný caryopsis alebo jadro, približne oválneho tvaru s priemernou hrúbkou 2,5 – 3 mm, šírkou 3 – 3,5 mm a dĺžkou 6 – 7 mm a priemernej hmotnosti medzi 30 a 40 mg. Na brušnej strane je pozdĺžna ryha, ktorá prebieha po celej dĺžke zrna. Väčšinu vnútorného objemu zrna zaberá škrobnatý endosperm, ktorý je obklopený jednovrstvovým buncným obalom zvaným aleuronová vrstva. Na jednom konci chrbtovej strany sa nachádza zárodok alebo klíček, zatiaľ čo opačná strana je pokrytá trichómami (drobnými chlpkami). Celé zrnó je obklopené množstvom vrstiev tvorených väčšinou stenami odumretých buniek; súbor všetkých týchto okolitých vrstiev sa v mlynárskom argote nazýva otruby [49]. Mletie pšenice spočíva v rade úprav, ktorým je zrnó podrobené, pre získ múky.

Pšeničné zrnó sa spracováva rôznymi spôsobmi, ale najčastejšie sa používa suché mletie, pri ktorom sa ako hlavný produkt získava múka (alebo semolina pri mletí tvrdej pšenice). Mletie prebieha v troch krokoch: predúprava vlhkosťou, drvenie na valcových mlynoch a preosievanie. Cieľom je oddeliť endosperm, ktorý obsahuje škrob a bielkoviny, od ostatných častí zrna. Z celej pšenice sa získava viac ako 72 % bielej múky a zvyšok, otruby, šroty a klíčky, sú vedľajšími produktmi [50]. Otruby sa skladajú z vložiek, ku ktorým prilieha aleuronová vrstva a zvyšky endospermu. Ako zvyšky ostanú jemné čiastočky otrúb, ktoré obsahujú zvyšky klíčka a endospermu. Anatomické časti pšeničného zrna sú znázornené na obrázku (Obrázok 2).



Obrázok 2: Schématický pohľad na anatomicke časti pšeničného zrna [51]

2.5.3 Mikroštruktúra pšeničných otrúb

Anatomicky sa otruby označujú ako perikarp (Obrázok 2). Skladá sa z niekoľkých vrstiev, ktoré je možné rozdeliť na dve časti, vonkajšie vrstvy perikarpu (známe tiež ako včelie krídla) a vrstvy vnútorného perikarpu. Morfologicky možno rozlíšiť tri vrstvy vonkajšieho oplodia: epidermis, hypodermis a vnútorná vrstva, ktoré sú vrstvami odumretých buniek. K vnútornej vrstve vonkajšieho oplodia prilieha jedna vrstva trubicových a priečnych buniek, ktorá tvorí prvú vrstvu vnútorného oplodia. Ďalej smerom dovnútra sa nachádza obal semena (testa alebo integument), silná kutikula, v ktorej sú sústredené pigmenty, ktoré dávajú zrna charakteristickú farbu. K vnútornému povrchu testa silne prilieha ďalšia vrstva – jadrová epidermis (perisperm alebo hyalínna vrstva). Nakoniec je k jadrovej epidermis pripojená aleurónová vrstva, ktorá v zrne obklopuje a pokrýva celý endosperm a zárodok. Z botanického hľadiska patrí aleurónová vrstva k endospermu, ale všeobecne je považovaná za najvnútornejšiu vrstvu otrúb, pretože po rozomletí ostáva na otrubách [50, 52, 53, 54].

2.5.4 Chemické zloženie pšeničných otrúb

Priemerné chemické zloženie otrúb je uvedené v tabuľke 6. Má nízky obsah nasýtených tukov a veľmi nízky obsah sodíka. Je dobrým zdrojom bielkovín, tiamínu, riboflavínu a draslíka a veľmi dobrým zdrojom vlákniny, niacínu, vitamínu B6, železa, horčíka, fosforu, zinku, medi, mangánu a selénu. Obsah bielkovín vo PO je nielen relatívne vysoký, ale aj profil aminokyselín je kvalitatívne lepší ako pri endosperme. Sacharidy v otrubách sú komplexné, obsahujú rozpustné aj nerozpustné vlákničky, prevažne arabinoxylány a celulózu. Hlavné cukry v PO pochádzajú z komplexných sacharidov, predovšetkým xylózy, arabinózy, glukózy a urónových kyselín, menšie množstvo ramnózy a galaktózy, ako aj stopy fukózy a manózy [53].

Tabuľka 6: Chemické zloženie pšeničných otrúb (na 100 g) [35]

Zložka	Obsah	Zložka	Obsah
Celkové sacharidy	64,5 g	Voda	9,9 g
Vláknina	42,8 g		
Cukry	0,4 g	Popol	5,8 g
Celkové tuky	4,3 g	Minerálne látky	
nasýtené	0,6 g	Ca	73 mg
Mononenasýtené	0,6 g	Fe	10,6 mg
Polynenasýtené	2,2 g	Mg	611 mg
		P	1013 mg
Proteíny	15,5 g	K	1182 mg
		Na	2 mg
Aminokyseliny		Zn	7,3 mg
Tryp	282 mg	Cu	1 mg
Thre	500 mg	Mn	11,5 mg
Ile	486 mg	Se	77,6 µg
Leu	928 mg		
Lys	600 mg	Vitamíny	
Met	234 mg	A	9,0 IU
Cys	371 mg	E	1,5 mg
Phe	595 mg	K	1,9 µg
Tyr	436 mg	Thiamin	0,5 mg
Val	726 mg	Riboflavin	0,6 mg
Arg	1087 mg	Niacin	13,6 mg
His	430 mg	B6	1,3 mg
Ala	765 mg	Folate	79 µg
Asp	1130 mg	Panthotenic acid	2,2 mg
Glu	2874 mg	Choline	74,4 mg
Gly	898 mg		
Pro	882 mg		
Ser	684 mg		

2.5.5 Použitie pšeničných otrúb

Pšeničné otruby sa tradične používajú ako doplnok v kŕmnych zmesiach pre farmárske zvieratá a ako zdroj vlákniny pre ľudí, a to buď priamo, alebo ako zložka rôznych potravín. Ich použitie je však obmedzené, pretože môže zhoršovať niektoré gastrointestinálne poruchy [36] a prítomnosť fytátov a vlákniny môže narušovať vstrebávanie minerálnych látok a proteínov. Použitie pšeničných otrúb, ktoré možno nájsť v literatúre, siaha od najtradičnejších až po niektoré inovatívne navrhované alternatívy. Táto téma už bola rozobraná inými autormi [36, 46]. Okrem toho, že sa pšeničné otruby používajú ako prísada do pečiva, boli

testované ako pevný substrát na kultiváciu jedlých húb [55, 56], študované ako zdroj skvasiteľných cukrov na výrobu bioetanolu [57 – 59] a ako zdroj bioaktívnych peptidov [60, 61].

Z dôvodu relatívne vysokého zastúpenia a kvality bielkovín pšeničných otrúb sa objavil záujem o ich extrakciu za účelom prípravy koncentrátov určených na uspokojenie potreby bielkovín v zraniteľných skupinách obyvateľstva [62].

Doteraz publikované prehľady zaoberajúce sa novými spôsobmi využitia zložiek pšeničných otrúb sa zaoberali bielkovinami iba pri výrobe aminokyselín, alebo bioaktívnych peptidov. Je však známe, že proteíny v pšeničných otrubách plnia širokú škálu biologických funkcií [63], čo zase zahŕňa veľkú štruktúrnú rozmanitosť. Takáto rozmanitosť štruktúr vedie najprv k zamysleniu nad tým, či proteíny pšeničných otrúb majú pozitívne fyziologické účinky na ľudský organizmus, okrem výživy ako takej. Niektoré dôkazy nájdené v literatúre túto hypotézu potvrdzujú, čo by malo pozitívny vplyv na vnímanie ich konzumácie [35].

Proteínová frakcia pšeničných otrúb by mohla byť aj zásobárňou stavebných kameňov na výrobu nanoštruktúrnych systémov s novými vlastnosťami a využitím v potravinárskych systémoch. Môžu tvoriť napríklad nanočastice alebo gély so schopnosťou zapuzdriť a transportovať tak živiny, alebo aj bioaktívne zlúčeniny [35].

2.6 Izolácia bielkovín z pšeničných otrúb

Klasickým postupom extrakcie celkových bielkovín z pšeničných otrúb je mokrá alkalická extrakcia, ktorú vyvinul Fellers et al. [64]. V pôvodnom postupe sa otruby zmiešali s roztokom NaOH v hmotnostnom/objemovom pomere 1:10, pH 10,5, a extrakcia prebiehala 1 hodinu alebo dlhšie. Potom sa bielkoviny vyzrážali izoelektricky úpravou pH na 5,5. Nakoniec bol extrakt prefiltrovaný a lyofilizovaný. Týmto postupom je možné získať koncentráty s obsahom bielkovín okolo 70 %, pričom nutričná kvalita z hľadiska pomeru účinnosti bielkovín (PER) sa iba mierne zníži.

Následne Woerman a Satterlee [65] optimalizovali podmienky alkalickej extrakcie a upravili proces pridaním kroku mletia a úpravou pH na 4,0 namiesto 5,5, ako aj teploty na 90 °C počas izoelektrického zrážania. Konečný produkt bol navyše premytý etanolom, aby sa odstránili lipidy. Ako najlepšia sa ukázala extrakcia pri pH 12,5 s výťažnosťou bielkovín 34 % a s obsahom 80,04 % bielkovín v konečnom koncentráte.

Ďalšie modifikácie alkalickej extrakcie zahŕňajú mokrá frakcionáciu [66], kedy sa v prvej fáze extrahujú bielkoviny subaleurónu vodou a potom sa za účelom solubilizácie bielkovín aleurónu mokrej otruby jemne rozomelú vo Waring-Blenderu za prítomnosti NaOH (3,44 g/l). Potom sa bielkoviny vyzrážajú pri pH 4,0 a 90 °C. Po rozprašovacom sušení sa získa jedna frakcia múky bohatá na bielkoviny a koncentrát s obsahom bielkovín 17,35 % a 45,29 %.

Neskôr Roberts a spol. [67] študovali extrakciu bielkovín z WB v rozmedzí pH od 2,5 do 12, vrátane troch premývaní každého zvyšku roztokom o pH 2, 7 alebo 12. V priebehu štúdie sa zisťovalo, či je možné extrahovať bielkoviny z WB v rozmedzí pH 2,5 až 12. Rovnako bolo použité ošetrenie celulázou v snahe narušiť steny aleurónových buniek, aby sa uvoľnilo viac bielkovín. Hoci najvyššie výťažky (83 % dostupných bielkovín) boli dosiahnuté extrakciou pri

pH 12 a premytím vodou o pH 7, prijateľné výťažky boli dosiahnuté za takmer neutrálnych podmienok extrakcií pri pH 6,5 počas 16 hodín a následným trojitým premytím pri pH 7. Za týchto podmienok bolo extrahovaných 72 % bielkovín [35].

Klára Hubáčová [68] vo svojej práci skúmala vplyv rôznych faktorov na výťažnosť proteínu a čistotu izolátu z pšeničných otrúb. Ako predlohu extrakcie použila metódu od [69]. Zistila, že na výťažnosť proteínu majú pozitívny vplyv namletie otrúb pred extrakciou, viacstupňová extrakcia (konkrétne 3 stupne), odtučnenie otrúb pri 45 °C, pomer otrúb a extrakčného činidla 1:15 a zrážanie pri laboratórnej teplote pri pH 3.

2.7 Analýza mliečnych výrobkov

Aby bol vytvorený mliečne výrobky správne charakterizované, používajú sa rôzne analytické metódy. Nižšie nájdeme opis niektorých z týchto metód, aby boli priblížené ich princípy a získané vlastnosti.

2.7.1 Senzorická analýza

Senzorické vlastnosti, ako je chuť, textúra, pocit v ústach, sú rozhodujúce pre prijatie produktu spotrebiteľmi. Preto je veľmi dôležité pochopenie a meranie senzorických vlastností mliečnych výrobkov. Senzorická analýza je celkom mladé odvetvie vedy (založená okolo roku 1940), ale význam chuti a textúry bol pre spotrebiteľa dôležitý odkedy sa s výrobkami začalo obchodovať na trhoch. Prijateľnosť potravín je ovplyvnená mnohými faktormi, ktoré môžu súvisieť s jednotlivcom, s jedlom, alebo s prostredím, v ktorom sa jedlo konzumuje. Prijateľnosť je subjektívne meradlo, založené na hedonike (pôžitku), ktoré je ovplyvnené senzorickými vlastnosťami jedla, predchádzajúcim sa vystavením danému jedlu a následným očakávaniam, kontextovými faktormi, kultúrou jednotlivca, fyziologickým stavom (hlad, smäd a prítomnosť/neprítomnosť choroby) a mnohými ďalšími premennými. Meranie akceptácie potravín je veľmi zložitá a spolieha sa psychometriu (škály) a/alebo modely správania (modely výberu potravín) [70].

Prijateľnosť potraviny zo senzorického hľadiska je ovplyvnená vnútornými vlastnosťami, ktoré má, to znamená vzhľadom, vôňou, chuťou, textúrou, pachom a auditívnymi vlastnosťami potraviny. Interakcia medzi týmito premennými je tiež dôležitý faktor a prejav senzorických atribútov, môže byť ovplyvnený faktormi ako napríklad teplota, veľkosť porcie a mnohými ďalšími. Vzhľad potraviny poskytuje podnety týkajúce sa jej prijateľnosti, napríklad naznačuje čerstvosť alebo nedostatok (zvráskavená šupka jablka, výskyt zelenej plesne na syre), zrelosť (zelenanie rajčín), alebo zručnosť pri príprave (neprítomnosť pripálenia, neprítomnosť hrudiek v zemiakovej kaši). Farba ovplyvňuje prijateľnosť, ovplyvňuje chuťové pocity, vnímanie chuti, očakávanú príjemnosť jedla a prijateľnosť. Napríklad určité farby sú spojené s konkrétnymi príchutami, žltá môže chuť kyslo, pretože môže byť asociovaná s citrónmi. Intenzívnejšie sfarbené potraviny môžu byť vnímané ako potraviny s intenzívnejšou chuťou [70].

2.7.1.1 Senzorické laboratórium

Pre senzorické laboratória platí norma: ČSN EN ISO 8589 Senzorická analýza - Obecné pokyny pro uspořádání senzorického pracoviště.

- Vybavenie: Typ zariadenia by mal byť nezávislý od senzorických testov, ktoré sa tu budú vykonávať, pretože rôzne typy testov vyžadujú rovnaké podmienky. Ideálne je, ak má senzorické laboratórium štvorcový pôdorys s rozlohou aspoň 80 – 100 m² a 3 vchody z chodby. Okrem prípravných priestorov a testovacích miestností môžu byť súčasťou senzorického laboratória ešte zasadacia miestnosť, sklad alebo chladiaca miestnosť a kancelária na plánovanie a vyhodnocovanie testov. Z príľahlých miestností by sa nemal šíriť hluk a ani zápach. Skutočné usporiadanie laboratória ale závisí na tvare a veľkosti miestnosti a počtu vchodov.
- Systém regulácie vzduchu: Na vetranie a odstraňovanie zápachu v testovacej miestnosti by mal byť nainštalovaný systém regulácie vzduchu s cirkuláciou aspoň 6x za hodinu.
- Regulácia teploty a vlhkosti: Štandardizácia testovacích podmienok zahŕňa aj stálu reguláciu teploty a vlhkosti, napríklad klimatizačným systémom. Aby sa účastníci testu cítili dobre, mali by byť splnené podmienky: teplota 20 ± 3 °C a relatívna vlhkosť 40 – 50 %. V skúšobni je vhodné vytvoriť mierny pretlak a v miestnosti kde sa pripravujú vzorky odsať vzduch spolu s pachmi, ktoré vnikajú počas prípravy vzorku.
- Testovacia miestnosť: Testovacia miestnosť by mala byť dostatočne veľká pre 8–12 testovacích kabín a nemala by mať priamy prístup do prípravnej miestnosti alebo testovacej kuchyne. Výška miestnosti by mala byť 2500–3000 mm. Malo by byť možné plné vylúčenie denného svetla. Podlaha by mala byť vybavená protihlukovými krytinami a miestnosť by mala v neutrálnej farebnej schéme.
- Materiály: Pohľadové plochy nábytku tvoria väčšinou drevotriekové dosky potiahnuté melamínom v svetlosivej farbe. Rukoväte sú vyrobené z nehrdzavejúcej ocele. Všetky kabíny majú nasledovné štandardné vybavenie:
 - Deliaci doska so soklovým panelom a poklopom vedúcim do pripravovne.
 - Ochranné zásteny medzi skúšobnými kabínami
 - Osvetľovacia jednotka s rôznymi zdrojmi svetla
 - Technologická skrinka
 - Vetranie
 - Pracovná doska na tetovanie a prípravu produktov a priestor pre probandov na vyplňanie dotazníkov
 - Deliaci stena s výškou prispôbenou výške stropu

2.7.2 Reologická analýza

Reológia sa zaoberá štúdiom toku a deformácie materiálov. Všeobecne sa pri meraní reologického správania na materiál po určitú dobu pôsobí riadenou, presne definovanou deformáciou a meria sa výsledná silová odozva (alebo naopak), aby sa zistili parametre materiálu, ako je tuhosť, modul, viskozita, tvrdosť, pevnosť alebo húževnatosť materiálu. Všeobecné ciele reologických meraní sú:

- získať kvantitatívny popis mechanických vlastností materiálov
- získať informácie týkajúce sa molekulárnej štruktúry a zloženia materiálu
- charakterizovať a simulovať vlastnosti materiálu počas spracovania a na kontrolu kvality

Reologické princípy a teórie môžu byť použité ako pomôcka pri riadení a navrhovaní procesov a ako nástroj pri simulácii a predvídaní odozvy materiálu na zložité toky a deformačné podmienky, ktoré sa často vyskytujú v praktických situáciách spracovania a ktoré môžu byť pre bežné reologické merania nedostupné.

Podľa typu závislosti zdanlivej viskozity na rýchlosti šmykovej rýchlosti sa neneutnovské kvapaliny delia na:

- Pseudoplastické kvapaliny sú tie, ktorých zdanlivá viskozita klesá s rastúcou šmykovou rýchlosťou. Delia sa na pravé pseudoplastické kvapaliny, ktorých viskozita je závislá na šmykovej rýchlosti v celom rozsahu a štruktúrne viskózne kvapaliny, ktoré majú dve limitné hodnoty zdanlivej viskozity.
- Dilatantné kvapaliny sú tie, ktorých zdanlivá viskozita rastie v závislosti na šmykovej rýchlosti. Toto chovanie je väčšinou nežiadúce, pretože komplikuje technologické procesy.
- Binghamské kvapaliny sú tie, pri ktorých dochádza k toku až pri dosiahnutí určitej rýchlosti šmykovej deformácie, tieto kvapaliny vykazujú určitou mez toku [71].

2.7.3 Väznosť vody

Kapacita zadržiavania vody (WHC) je ich schopnosť zachovať alebo vylučovať vodu z ich trojrozmiernej štruktúry. WHC má významnú úlohu pri vytváraní textúry potravín, najmä u rozomletých mäsných výrobkoch a pečených výrobkoch. Bielkovinové zložky s veľmi vysokou WHC môžu dehydratovať ostatné zložky v potravinovom systéme. Bielkoviny s nízkou WHC môžu byť citlivejšie na vlhkosť pri skladovaní. Preto je výber bielkovín s vhodnou WHC pri príprave potravín dôležitý [72].

Väznosť vody sa môže stanoviť tradične odstred'ovaním. Meranie kapacity zadržiavania vody pomocou tradičnej metódy odstred'ovania vychádza z medzinárodných metód. Napríklad pre stanovenie väznosti vody boli pšeničné otruby (1,0 g) najprv namočené v 10,0 ml deionizovanej vody vo falconovej skúmavke po dobu 60 min. Potom boli skúmavky falcon odstred'ované a následne bol supernatant zo skúmavky vylúčený. Vzorky sa potom nechali 15 min odkvapkať. Zbytok bol zvážený a kapacita zadržiavania vody bola vyhodnotená odčítaním pôvodného objemu vzorku [73].

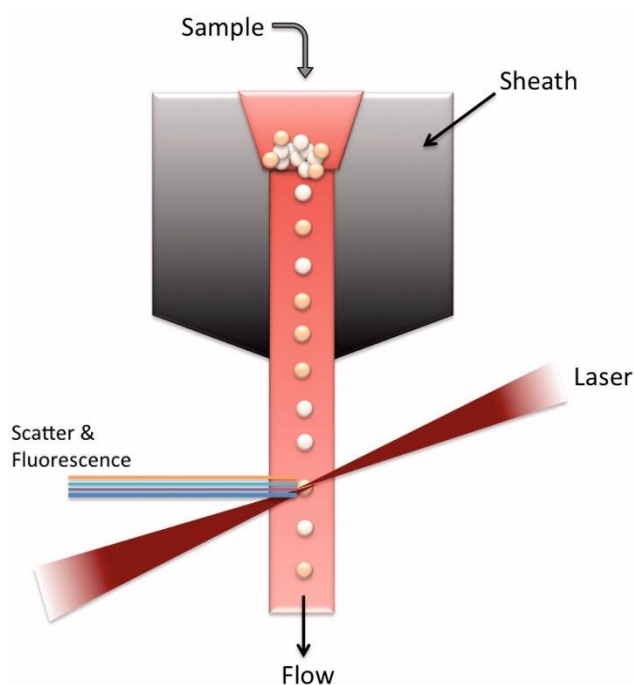
Princíp Enslin-Neff. Pri tejto metóde nie sú otruby vystavené žiadnym vonkajším silám, takže voda môže byť otrubami voľne absorbovaná. Buchnerov lievnik s prierezom 51 mm obsahujúci vopred namočený filtračný papier bol pripojený k 2,0 ml odmernej pipete pomocou gumovej trubičky. Pred analýzou bola hladina vody zakaždým upravená tak, aby sa meniskus nachádzal na značke 0 ml. Potom boli otruby nasypané na vopred namočený filtračný papier a na kalibrovanej pipete bola po dobu 15 minút sledovaná absorpcia vody v ml, po ktorej bola vo všetkých prípadoch dosiahnutá rovnováha [73].

Pomocou drenážnej centrifugácie sa schopnosť zadržiavať vodu stanovila tak, že sa najprv 1,0 g pšeničných otrúb namočilo do 10,0 ml deionizovanej vody v sklenenej kadičke tak, aby sa zabezpečila úplná hydratácia otrúb. Potom boli namočené otruby spolu s namáčacou vodou prenesené falconovej skúmavky, ktorá bola do polovice naplnená vreckovkovým papierom a hore filtračným papierom. Potom boli skúmavky odstred'ované pri 4000 g počas 10 minút.

Počas odstred'ovania sa voda, ktorú otruby nezadržali, odviedla na papierovú vreckovku, a tým bola z otrúb trvalo odstránená. Po odstredení bol filtračný papier obsahujúci otruby a vodu zadržanú otrubami vybratý zo skúmavky Falcon a zvážený [73].

2.7.4 Cytometrická analýza

Prietoková cytometria je sofistikovaný nástroj, ktorý pri prietoku bunky v suspenzii, meracím zariadením meria viac ich fyzikálnych charakteristík súčasne, napríklad jej veľkosť a zrnitosť. Jeho fungovanie závisí od vlastností rozptylu svetla skúmaných buniek, ktoré môžu pochádzať z farbív alebo monoklonálnych protilátok zameraných buď na extracelulárne molekuly umiestnené na povrchu, alebo na intracelulárne molekuly vo vnútri bunky. Tento prístup robí z prietokovej cytometrie výkonný nástroj pre podrobnú analýzu komplexných populácií v krátkom čase [74].



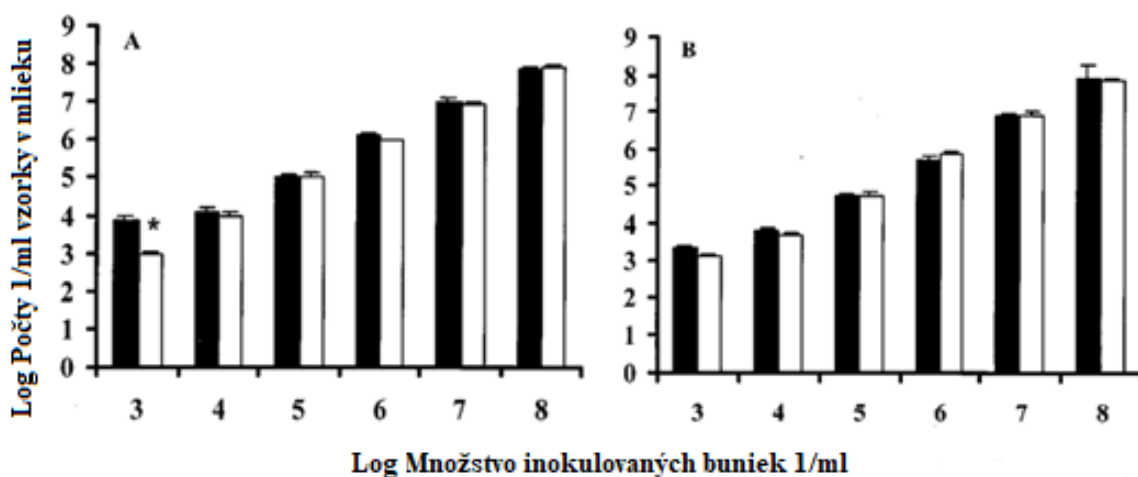
Obrázok 3: Princíp prietokovej cytometrie [74]

Hlavnými súčasťami prietokových cytometrov a bunkových sorterov sú fluidné zariadenia, optika (excitačná a zberná), elektronická sieť (detektory) a počítač. Fluidná časť je zodpovedná za smerovanie kvapaliny obsahujúcej častice k fokusovanému zdroju svetla. Excitačná optika zameriava svetelný zdroj na bunky/častice, zatiaľ čo zberná optika prenáša rozptyl svetla alebo fluorescenčné svetlo častíc do elektronickej siete. Elektronická sieť detekuje signál a prevádza signály na digitálne dáta, ktoré sú úmerné intenzite svetla, a na analýzu dát je tiež potrebný počítač [75, 76].

Prietoková cytometria sa používa v rôznych aplikáciách založených na detekcii membránových, cytoplazmatických a jadrových antigénov. Okrem toho je možné pomocou prietokovej cytometrie vyšetrovať aj celé bunky a bunkové komponenty, ako sú organely, jadrá, DNA, RNA, chromozómy, cytokíny, hormóny a obsah bielkovín. Analýza bunkovej

proliferácie a bunkového cyklu, meranie toku vápnika a membránových potenciálov sú bežne používanými príkladmi metód vyvinutých pre prietokovú cytometriu [77].

Aby sa zistila správnosť prietokovej cytometrie bola táto metóda porovnaná s doštičkovou metódou. Vysoko tepelne upravené mlieko bolo zaočkované bunkami *E. coli* a *S. aureus* v rôznych koncentráciách buniek medzi 10^3 a 10^8 ml⁻¹ a analyzované pomocou prietokovej cytometrie a tradičných techník, ako je doštičkový počet. Boli získané silné korelácie ($r = \geq 0,98$) medzi prietokovou cytometriou a počtom na doštičkách ako pre *E. coli*, tak pre *S. aureus*. Počty *E. coli* namerané metódou prietokovej cytometrie v rozmedzí 10^4 až 10^8 ml⁻¹ sa významne nelíšili od počtov udávaných doštičkovou metódou Chromocult na koliformný agar, hoci metóda prietokovej cytometrie odhadovala významne vyšší počet 10^3 baktérií ml⁻¹ (Obrázok 4) [78].



Obrázok 4: Porovnanie počtu buniek nameraného prietokovou cytometriou (tmavá časť) a doštičkovou metódou (svetlá časť) pri koncentráciách 10^3 až 10^8 . A – *E. coli*, B – *S. aureus* [78]

3 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Všetky použité prístroje, chemikálie a postupy použité počas prípravy alebo analýz sú uvedené nižšie.

3.1 Použité chemikálie

a) Extrakcia proteínu z pšeničných otrúb

- Hydroxid sodný p. a.
- Kyselina citrónová p. a.

b) Cytometrická analýza

- Kyselina citrónová p. a.
- Citronan sodný, dihydrát p. a.
- Propidium jodid

3.2 Použité prístroje a pomôcky

a) Pomôcky použité približne počas všetkých analýz

- Predvážky Denver Instrument S–4002
- Analytické váhy Kern ABJ 80–4M
- Chladiaci box (4 °C)

b) Extrakcia proteínu z pšeničných otrúb

- Miešadlo Overhead Stirrer Multi Mixer MM–1000
- Centrifúga Rotina 420R Hettich Zentrifugen
- Mraziaci box Arctico (-80 °C)
- Lyofilizátor Labconco
- Mlynček na kávové zrná Sencor SCG 1050BK

c) Príprava vzoriek

- Jogurtovač Silvercrest SJB 18 A1

d) Cytometrická analýza

- Cytometr Cytex NL–2000

e) Reologická analýza

- Reometer Discovery HR–2 hybrid rheometer

3.3 Použité mlieko

Mlieko použité na výrobu nových mliečnych výrobkov bolo plnotučné, čerstvé, pasterizované, farmárske mlieko od spoločnosti Moravia. V tabuľke 7 nájdeme zloženie mlieka uvedené na obale.

Tabuľka 7: Zloženie použitého mlieka

Energia	266 kJ/64 kcal
Tuky	3,6 g
–z toho masné kyseliny	2,3 g
Sacharidy	4,6 g
–z toho cukry	4,6 g
Bielkoviny	3,2 g
Soľ	0,10 g
Vápnik	120 mg*
*15 % referenčnej hodnoty príjmu	

3.3.1 Použité kultúry

Pre experimenty boli použité Jogurtové kultúry YFL812, ktoré sú bežne dostupné. Kultúry zahŕňajú baktérie *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus*. Použitím kultúry YFL812 sa vytvárajú jogurty s veľmi jemnou arómou, s vysokou viskozitou a veľmi nízkym dokysaním. Kultúra je vhodná pre výrobu rôznych druhov jogurtov. Jej teplotné optimum zrenia je 43 °C. Doba zrenia je závislá na dávkovaní kultúry. Hotový výrobok má pH 4,4. Kultúry boli skladované v mraziacom boxu pri teplote -18 °C.

3.3.2 Príprava inokula

Inokulum bolo vytvorené k zaočkovaniu mlieka k príprave fermentovaných mliečnych výrobkov. Bolo pripravené rozpustením 1 g kultúr v 100 ml pasterizovaného mlieka a prevedené do uzatvárateľnej nádoby. skladované v chladiacom boxe pri teplote 4 °C.

3.4 Príprava proteínového izolátu

Proteínový izolát z pšeničných otrúb bol pripravený pomocou alkalickéj hydrolýzy. Namleté pšeničné otruby boli zmiešané s destilovanou vodou v pomere 1:20. Do suspenzie bolo následne pridaných 20 ml 1 mol·l⁻¹ hydroxidu sodného. Zmes bola miešaná pomocou hriadeľového miešadla pri otáčkach 150 rpm (otočení za minútu). Hodnota pH bola kontrolovaná každých 15 minút pomocou pH metra a udržiavaná nad hodnotou 10. Celková spotreba hydroxidu sodného vyšla priemerne na 32 ml.

Po približne 2 hodinách bolo miešanie ukončené a suspenzia namletých otrúb a roztoku bola odstredená na centrifúge (10 minút, 4800 rpm, 25 °C). Po odstredení sa roztok odlial do sklenených fľašiek a následne bol okyselený 1 mol·l⁻¹ kyselinou citrónovou na pH 4, čím došlo k precipitácii vyextrahovanej proteínovej frakcie. Pre podporenie zrážania proteínov sa vzorky sa nechali odstáť v chladničke (4 °C) cez noc.

Napokon boli vzorky opäť centrifugované po dobu 10 minút pri 4800 rpm a teplote 25 °C. Sediment bol kvantitatívne prenesený do plastových skúmaviek a následne schladený na teplotu -80 °C aby sa pripravil na lyofilizáciu. Po lyofilizácii bol izolát zhomogenizovaný pomocou mixéra, skladovaný za tmy a v suchu pri laboratórnej teplote v uzatvorenej plastovej nádobe.

3.5 Príprava fermentovaného mliečného výrobku

Pre prípravu fermentovaných mliečnych výrobkov bolo použité inokulum jogurtovej kultúry. Ako referencia slúžila vzorka, ktorá vznikla naočkováním mlieka inokulom v pomere 1 ml inokula na 100 ml mlieka. Do mlieka ostatných vzoriek boli pred naočkovaním pridané aditíva podľa tabuľky 8 a tieto suspenzie boli zhomogenizované. Následne boli zaočkované inokulom v rovnakom pomere ako referencia. Po zaočkovaní, boli všetky vzorky vložené do jogurtovača Silvercrest a boli v ňom ponechané po dobu 8 hodín pri teplote 43 °C. Po 8 hodinách boli vzorky vytiahnuté a ďalej skladované v chladiacom boxe pri teplote približne 4 °C.

Tabuľka 8: Vytvorené fermentované mliečne výrobky a spôsoby ich aditivácie

Vzorka	Objem mlieka [ml]	Prídavok aditív
Referencia	150	
1 % otruby	150	1,5 g namletých pšeničných otrúb
3 % otruby	150	4,5 g namletých pšeničných otrúb
2 % proteín	150	3 g proteínového extraktu
5 % proteín	150	7,5 g proteínového extraktu
1 % otruby znamená 1 g/100 ml mlieka (w/V), obdobne to platí aj pre ostatné vzorky		

3.6 Príprava nefermentovaného mliečného výrobku

K príprave nefermentovaných mliečnych výrobkov bol použitý pudingový prášok s príchut'ou vanilky, značky Dr. Oetker. Referenčná vzorka bola pripravená tak ako je uvedené na obale, 1/3 objemu mlieka bola použitá k rozpusteniu pudingového prášku. K zvyšným 2/3 objemu mlieka bolo pridaných 35 g kryštálového cukru a táto zmes bola zahrievaná až dokým nedosahovala teploty varu. Po dosiahnutí teploty varu sa ku 2/3 objemu mlieka pridala spomínaná 1/3 objemu mlieka s rozpusteným pudingovým práškom a zmes sa miešala ešte 1 minútu. Následne sa už vytvorený puding prestal zahrievať a preliat sa do vhodnej nádoby, ktorá sa potom prekryla hliníkovou fóliou. Po vychladnutí sa vzorky skladovali v mraziacom boxe.

Príprava aditivovaných vzoriek prebiehala tak, že do pudingového prášku bolo pridané aditívum podľa tabuľky 9. Aditivovaný pudingový prášok bol následne premiešaný a prevedený do 1/3 objemu mlieka. Následne sa postupovalo rovnako ako pri príprave referenčnej vzorky.

Tabuľka 9: Vytvorené nefermentované mliečne výrobky a spôsob ich aditivácie

Vzorka	Objem mlieka [ml]	Prídavok aditív
Referencia	500	
1 % otruby	500	5 g namletých pšeničných otrúb
3 % otruby	500	15 g namletých pšeničných otrúb
2 % proteín	500	10 g proteínového izolátu
5 % proteín	500	25 g proteínového izolátu
1 % otruby znamená 1 g/100 ml mlieka (w/V), obdobne to platí aj pre ostatné vzorky		

3.7 Reologická analýza

U nami vytvorených produktoch boli stanovované aj reologické vlastnosti. Reologické vlastnosti sa merali 7 dní po výrobe. Pomocou reometra sa stanovovala závislosť šmykovej rýchlosti na viskozite. Vzorka sa vložila do reometra, ktorý mal stavbu oceľových sústredných valcov. Výška meracej štrbiny bola 5917 μm . Po vložení vzorky, sa reometer 5 min temperoval na teplotu 10 °C. Po temperácii začalo meranie pri šmykovej rýchlosti od 0,1 do 10 1/s. Za dekádu bolo odmeraných 5 bodov a merali sa 2 dekády, teda sme dostali 10 hodnôt viskozity pre rôzne šmykové rýchlosti. Aby sa predišlo chybám spôsobeným napríklad otrasmi v miestnosti, alebo veľkými časticami (namleté otruby) tak sa jeden bod meral 30 sec s tým, že hodnota viskozity sa nemohla výrazne meniť po dobu 5 sec. Meranie bolo opakované pre všetky vzorky rovnakým spôsobom.

3.8 Cytometrická analýza

Aby bol zistený počet životaschopných buniek bola vykonaná cytometrická analýza. Analýza prebiehala 8 dní po vytvorení vzoriek. Pred analýzou bol pripravený pufr s pH 4,393. Roztok sa skladal z dihydrátu citrónanu sodného a kyseliny citrónovej v pomere 50,5 ku 49,5. následne boli vzorky 1000x zriedené vytvoreným pufrom. K 1 ml vzorky bolo pridaných 2 μl propidium jodidu a vzorky boli 15 min uchované v tme pri laboratórnej teplote. Propidium jodid bol pridaný, pretože preniká do mŕtvych alebo poškodených buniek a zafarbí ich. Po odstátí boli vzorky vsadené do cytometra a bol odmeraný počet životaschopných buniek. Meranie prebehlo na senzor s označením B9, ktorý zachytáva vlnové dĺžky od 688 do 707 nm. Tento senzor bol použitý, lebo propidium jodid sa excituje pri 488 nm a pri 690 nm emituje žiarenie. Rovnaký postup bol použitý pre všetky vzorky.

3.9 Stanovenie sušiny

Aby bolo presne opísané mlieko ktoré sme použili bola stanovená jeho sušina. Metóda na stanovenie sušiny bola metóda sušením. 3,5 ml použitého mlieka sa napipetovalo do hliníkovej nádoby. Hliníkové nádoby boli otvorené vložené do sušiarne a nechali sa sušiť po dobu 3 hodín. Po 3 hodinách sa skontrolovala ich hmotnosť a vrátili sa naspäť do sušiarne. Po 20 minútach sa opäť skontrolovala ich hmotnosť a bolo zistené, že sa už nezmenila. Vzorky boli vložené do exikátora na asi 15 min a následne boli odvážené a finálna hmotnosť bola zapísaná.

3.10 Väznosť vody

Väznosť vody bola stanovená centrifugačnou metódou. Vzorky boli nadávkované do zvážených centrifugačných nádob po približne 10 ml, zvážené a následne odstredené na centrifúge (10 000 rpm, 10 min). Po odstredení bol z centrifugačných nádob odstránený supernatant a boli opäť zvážené. Z rozdielu hmotností bola zistená hmotnosť supernatantu, ktorý obsahoval prevážne vodu a následne boli vzorky medzi sebou porovnané, ktorá zadržala najviac vody.

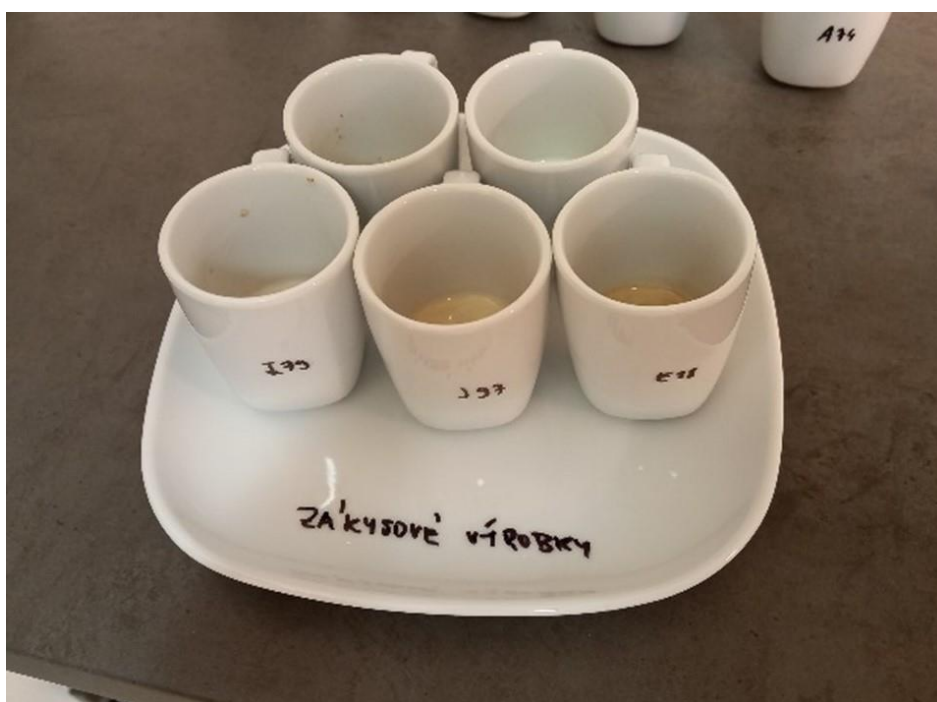
3.11 Senzorická analýza

Na zistenie prijateľnosti výrobkov spotrebiteľmi bola vykonaná senzorická analýza. Analýza prebehla v laboratóriu priamo učenom k senzorickej analýze dňa 28.4.2022. Hodnotitelia mali za úlohu ohodnotiť reologické (homogenita, viskozita a hrudkovitosť) a chuťové vlastnosti

pripravených fermentovaných a nefermentovaných vzoriek mliečnych výrobkov. Cieľom bolo taktiež zistiť, ako sa medzi nimi líšila intenzita sladkej, kyslej a horkej chuti a porovnať ich z hľadiska vône. Nakoniec mali hodnotitelia určiť celkový dojem, aký z výrobkov mali.

Na hodnotenie bola použitá hedonická škála od 1 do 5, pričom pri hodnotách 1, 3 a 5 boli ukotvené pomocné výrazy, ktoré sa líšili pre jednotlivé parametre. Formulár, ktorý bol použitý nájdeme ako prílohu 1.

Vzorky boli podávané na keramických tanierikoch v 50 ml kadičkách, alebo v 50 ml keramických pohároch (Obrázok 6) a boli označené náhodným trojmiestnym kódom, ktorý obsahoval 1 písmeno a 2 číslice. Vzorky fermentovaných mliečnych výrobkov použité k tejto analýze boli analyzované po 48 hodinách od výroby, nefermentované mliečne výrobky po približne 3 hodinách od výroby. Všetky vzorky boli pred analýzou skladované v chladiacom boxe pri teplote 5 °C a podávané boli pri rovnakej teplote.



Obrázok 6: Vzorka zo senzorickej analýzy

4 VÝSLEDKY A DISKUSIA

V tejto bakalárskej práci bol vytvorený jeden fermentovaný mliečny produkt a jeden nefermentovaný mliečny produkt so zvýšeným obsahom vlákniny a proteínu. Výrobky boli vytvorené aby sa zlepšili nutričné vlastnosti produktov, ktoré sa bežne konzumujú a tým sa zlepšila životospráva spotrebiteľov. Zdravotné benefity dostatočného príjmu bielkovín a vlákniny boli spomínané v kapitolách 2.4.1 a 2.4.3. Ako zdroj vlákniny boli použité namleté pšeničné otruby z mlyna Voženílek a ako zdroj proteínu bol použitý proteínový koncentrát (71,19 % proteínu) extrahovaný zo spomínaných pšeničných otrúb tak, ako je uvedené v kapitole 3.4.

4.1 Analýza vstupných surovín

Ako vstupné suroviny do výrobného procesu boli použité pšeničné otruby z mlýnů Voženílek, Předměřice nad Labem, pasterizované, plnotučné, farmárske mlieko a jogurtové kultúry YFL 812. Ďalej sú popísané výsledky analýz pšeničných otrúb a mlieka, používaných k výrobe fermentovaných a nefermentovaných mliečnych výrobkov. Charakterizovaný je aj koncentrát získaný z pšeničných otrúb. Opis použitých jogurtových kultúr YFL 812 nájdeme v kapitole 3.3.1.

4.1.1 Mlieko

K výrobe vzoriek bolo použité farmárske, pasterizované, homogenizované, plnotučné mlieko. V tabuľke 7 môžeme vidieť zloženie mlieka z krabice. Pre toto mlieko bol stanovený obsah sušiny tak ako je opísané v kapitole 3.9. Celkový obsah sušiny použitého mlieka vyšiel 12,84 %.

4.1.2 Pšeničné otruby

Pšeničné otruby z mlyna Voženílek boli použité ako vysoko vlákninové aditívum pre výrobu proteínového koncentráta. Nižšie uvedená charakteristika (Tabuľka 10) bola získaná z laboratórií z mlyna Voženílek a sú v nej uvedené obsahy jednotlivých zložiek v percentách. Z daných hodnôt odchyliet môžeme usúdiť, že vlastnosti pšeničných otrúb z roku 2021 nie sú premenlivé.

Tabuľka 10: Charakteristika pšeničných otrúb z roku 2021

	Vlhkosť [%]	Popol [%]	Bielkoviny [%]	Škrob [%]	Vláknina [%]
Priemer	14,6	6,3	17,7	11,5	11,0
Odchýlka	0,1	0,2	0,6	0,5	0,5
Maximálna hodnota	14,8	6,857	19,3	12,6	11,7
Minimálna hodnota	14,3	5,338	16,3	10,7	9,4

4.1.3 Proteín izolovaný z pšeničných otrúb

Proteínový koncentrát bol vyextrahovaný podľa postupu v kapitole 3.4 a z celkového množstva 1500 g pšeničných otrúb bolo vyextrahovaných 125,7 g, čo činí 8,38 %. Použité pšeničné otruby obsahujú priemerne 17,7 g proteínu na 100 g pšeničných otrúb, čo znamená, že nami vyextrahovaných 8,38 g proteínu na 100 g pšeničných otrúb predstavuje 47,34 % z celkového

obsahu proteínu. Podľa elementárnej analýzy vzoriek extraktu proteínu na zariadení Eurovector EA3100 (Eurovector) bol stanovený obsah popola, uhlíku, dusíku, vodíku a vody vo vyextrahovanom proteíne. Vyhodnotenie výsledkov bolo zrealizované pomocou softwaru Weaver (Eurovector). Výsledky analýzy nájdeme v tabuľke 11, kde boli zistené obsahy vody, bielkovín a minerálnych látok. Vyextrahovaný proteín obsahoval 71,19 % bielkovín, takže ho môžeme považovať za koncentrát. V tabuľke 12 je uvedené zloženie aminokyselín proteínu vyextrahovaného rovnakým postupom.

Vyextrahovaný proteínový koncentrát obsahuje z väčšiny neesenciálne aminokyseliny, ktorých obsah je 71,78 %. Aj keď koncentrát obsahuje mnoho neesenciálnych aminokyselín, tak obsahuje aj vysoké množstvo neesenciálnych a to 28,22 %. Neesenciálne aminokyseliny sú pre ľudí dôležité, pretože ich v tele nevieme vytvoriť a musíme ich prijať v potrave.

Tabuľka 11: Zloženie proteínového extraktu

Zložka	Obsah [%]
Bielkoviny	71,19
Voda	2,49
Minerálne látky	1,21
Polysacharidy a tuky	25,11

Tabuľka 12: Aminokyselinové zloženie proteínov z pšeničných otrúb

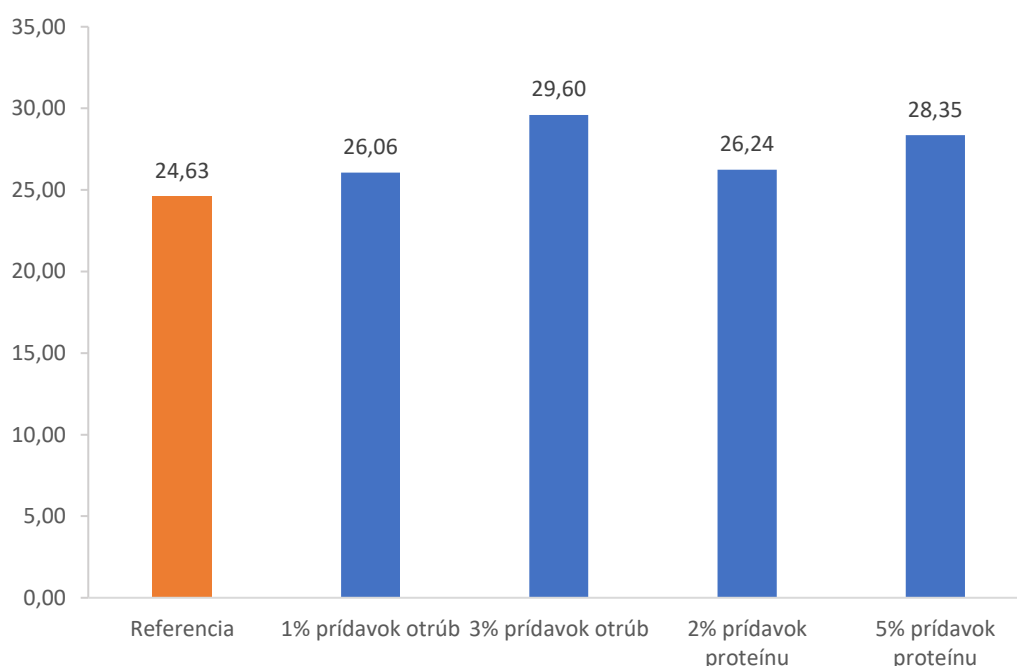
Obsah aminokyselín vo vyextrahovanej bielkovine [%]	
Metionín (Met)	1,77
Lyzín (Lys)	3,99
Threonín (Thr)	3,25
Kyselina asparágová (Asp)	9,16
Serín (Ser)	4,73
Kyselina glutámová (Glu)	20,09
Glycín (Gly)	5,17
Alanín (Ala)	4,58
Tyrozín (Tyr)	3,69
Valín (Val)	4,58
Fenylalanín (Phe)	4,14
Izoleucín (Ile)	2,81
Leucín (Leu)	6,79
Histidín (His)	3,25
Arginín (Arg)	7,68
Cystéin (Cys)	1,62
Prolín (Pro)	9,45
Tryptofán (Trp)	0,89

4.2 Výsledky analýz fermentovaných mliečnych výrobkov

V nasledujúcich kapitolách sú uvedené výsledky z fyzikálnych, chemických a mikrobiologických analýz fermentovaných mliečnych výrobkov. Fermentované mliečne výrobky boli vytvorené podľa postupu uvedeného v kapitole 3.5.

4.2.1 Väznosť vody

Väznosť vody bola stanovená podľa postupu, opísaného v kapitole 3.10. Výsledné obsahy vody vo fermentovaných mliečnych výrobkoch sú uvedené v grafe (Obrázok 7). Z výsledkov môžeme usúdiť, že najviac vody bolo naviazanej u fermentovaného výrobku s 3 % prídavkom pšeničných otrúb.



Obrázok 7: Obsahy viazanej vody pre jednotlivé vzorky fermentovaných výrobkov

Vytvorené produkty s prídavkom pšeničných otrúb boli schopné naviazať vodu na pšeničné otruby a väznosť vody týchto výrobkov bola oproti referencii zvýšená. Takýmto chovaním otrúb sa zaoberali Jacobs et al. (2015) [79], ktorý vo svojej štúdií zistili rovnaké chovanie otrúb. Ďalej vo svojej štúdií posudzujú schopnosť pšeničných otrúb viazať vody v závislosti na ich veľkosti. Zistili, že aj malé otruby, s priemerom častice 77 μm , na seba po 10 minútach naviazali približne 4 ml vody na 1 g otrúb a väznosť vody sa zvyšovala so zväčšujúcim sa rozmerom.

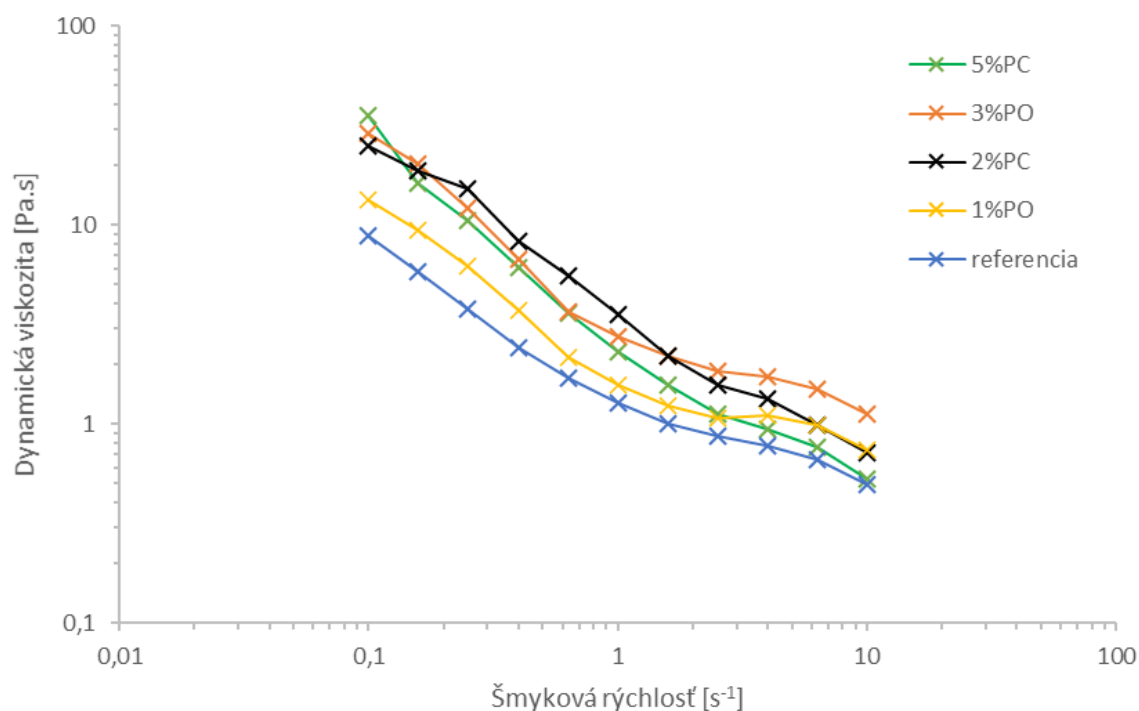
Väznosť vody bola oproti referencií zvýšená aj aditíviou proteínového koncentrátu a čím vyšší bol prídavok koncentrátu, tým vyššia bola väznosť vody. Podobným problémom sa zaoberali Zayas et al. (1997) [80], ktorý vo svojej štúdií skúmali väznosť vody rastlinných proteínov. Zistili, že sójový proteín vie naviazať od 6,0 ml na 1 g proteínu do 11,3 ml na 1 g proteínu, v závislosti od použitého izolátu. Ďalej spomínajú, že absorpcia vody bielkovinami sa zvyšuje keď sa zvyšuje obsah bielkovín. Schopnosť proteínu zadržiavať vodu závisí aj na

zložení aminokyselín, hlavne záleží na počte polárnych skupín schopných viazať vodu, konformácií proteínov, povrchovou hydrofobitou a na priebehu spracovania.

4.2.2 Reologické vlastnosti

Reologická analýza bola prevedená na reometri a prebehla tak ako je opísané v kapitole 3.7. Výsledkom analýzy boli hlavne grafy závislosti dynamickej viskozity na šmykovej rýchlosti. Nami namerané výsledky nájdeme v nižšie uvedenom grafe (Obrázok 8).

V grafe môžeme vidieť, že všetky merané vzorky vykazovali pseudoplastické vlastnosti a teda čím viac boli namáhané, tým tekutejšie boli, čo bolo predpokladané. Ďalej môžeme vidieť, že aditívacia proteínovým koncentrátom a pšeničnými otrubami spôsobila vyššiu viskozitu. Najvyššiu viskozitu dosahovali vzorky kde bolo pridaných 5 % a 2 % proteínového koncentráту.



Obrázok 8: Log graf závislosti šmykovej rýchlosti na dynamickej viskozite pre fermentované výrobky

Vyrobené vzorky mali po pridaní 5 % proteínového koncentrátu, pri šmykovej rýchlosti $0,1 s^{-1}$ dynamickú viskozitu $35,3 Pa \cdot s$ a pri 2 % prídavku a šmykovej rýchlosti $0,1 s^{-1}$, $24,9 Pa \cdot s$. Avšak pri vyššom namáhaní, pri šmykovej rýchlosti $1 s^{-1}$ sme zaznamenali viskozitu pri prídavku 5 % proteínového koncentrátu $2,3 Pa \cdot s$ a pri prídavku 2 % $3,51$. Toto mohlo hypoteticky byť spôsobené tým, že pri vyššom prídavku proteínu sa viac narušila štruktúra fermentovaného výrobku a tým pádom pri väčšom namáhaní ľahšie podľahol výrobok s väčším prídavkom proteínu.

Zmenou reologických vlastností po fortifikácii proteínovým koncentrátom sa už zaoberali Khalesi et al. (2019) [81]. Vo svojej štúdií skúmali vplyv prídavku perskej gummy a srvátkového proteínového koncentrátu na, za studena tuhúci, emulzný gél. Zistili, že prídavkom srvátkového proteínového koncentrátu sa viskozita zvýšila. Pri šmykovej rýchlosti $1 s^{-1}$ a

prídavku 7 % mali viskozitu 11,7 Pa·s a pri prídavku 8 % mali viskozitu 20,8 Pa·s. Môžeme teda povedať, že pri vyššom prídavku srvátkového proteínového koncentrátu sa hodnota dynamickej viskozity taktiež zvýšila.

Hodnota dynamickej viskozity bola oproti referencii zvýšená aj prídavkom pšeničných otrúb. Prídavkom 1 % namletých otrúb bola viskozita stanovená (šmyková rýchlosť $0,1 \text{ s}^{-1}$) na 13,3 Pa·s a po prídavku 3 % namletých otrúb na 28,8 Pa·s. Z tohto vyplýva, že po pridaní pšeničných otrúb sa viskozita výrobku zvýši. Podľa Aportela-Palacios et al. (2005) [82] sa po aditívácií pšeničných otrúb do ochuteného jogurtu jeho dynamická viskozita zvýši. Im sa pri šmykovej rýchlosti $0,1 \text{ s}^{-1}$, po prídavku 3 % otrúb viskozita zvýšila na približne 6,5 Pa·s a pri prídavku 1,5 % na približne 5,9 Pa·s.

4.2.3 Cytometrická analýza

Počas výroby fermentovaných mliečnych výrobkov dochádza k očkovaniu mlieka baktériami mliečneho kvasenia. V našom prípade bolo mlieko zaočkované baktériami *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus*. Prídavkom týchto baktérií sa dosiahlo fermentácie mliečneho cukru na kyselinu mliečnu a tým dosiahnuť typickú kyslú chuť. Počas života sa baktérie mliečneho kvasenia v produkte výrazne množia. K zisteniu ich životaschopnosti bola vykonaná cytometrická analýza, podľa postupu uvedeného v kapitole 3.8. V tabuľke 13 nájdeme počty životaschopných a mŕtvych buniek v zriedenom roztoku, ich percentuálne zastúpenie a počty buniek v našich vzorkách. V prílohe nájdeme grafy z cytometrickej analýzy z ktorých boli hodnoty získané.

Tabuľka 13: Výsledky cytometrickej analýzy

Vzorka	Života-schopné bunky [%]	Počet buniek v 1 g	Počet života-schopných buniek v 1 g
Referencia	91,50	$3,76 \cdot 10^9$	$3,44 \cdot 10^9$
1 % otruby	92,78	$4,31 \cdot 10^9$	$4,00 \cdot 10^9$
3 % otruby	93,60	$4,60 \cdot 10^9$	$4,31 \cdot 10^9$
2 % proteín	92,30	$2,95 \cdot 10^9$	$2,72 \cdot 10^9$
5 % proteín	90,35	$1,53 \cdot 10^9$	$1,38 \cdot 10^9$

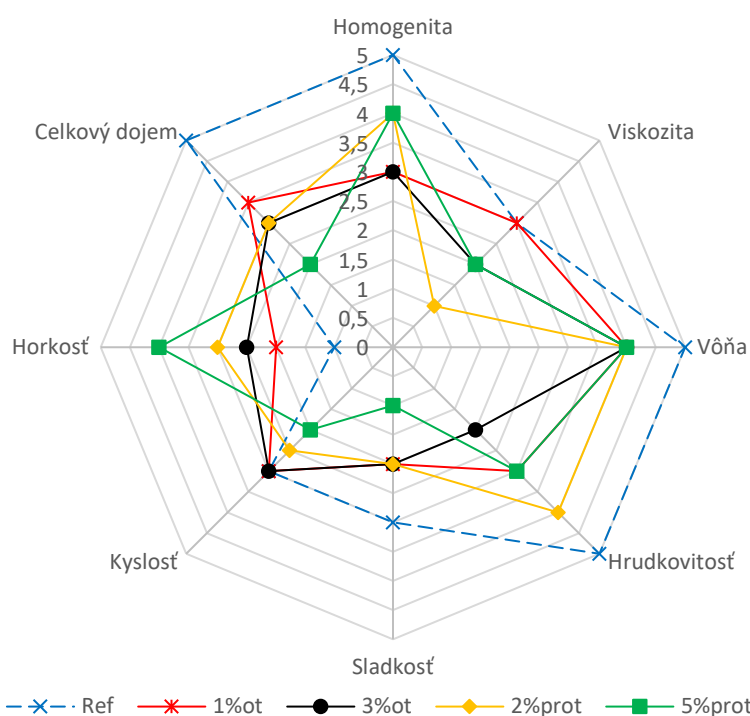
Z výsledkov cytometrickej analýzy sme zistili, že naše výrobky obsahovali viac ako 10^9 buniek. Aditíváciou pšeničnými otrubami sa počet životaschopných buniek zvýšil. To mohlo byť spôsobené probiotickým účinkom otrúb, ktoré im poskytujú polysacharidy ako prostredie vhodné pre život. Naopak prídavkom proteínového koncentrátu sa počet životaschopných buniek oproti referencii znížil. Podľa legislativy [7] je potrebné aby v jogurtoch bolo 10^7 živých buniek, v acidofilnom mlieku 10^6 a v kefíre 10^7 živých buniek. Nové vytvorené produkty teda obsahujú dpstatočné množstvo živých buniek.

4.2.4 Senzorická analýza

Jednou veľmi dôležitou analýzou k prijatiu produktov spotrebiteľmi je senzorická analýza. Senzorická analýza prebieha za špecifických podmienok, ktoré sú uvedené v kapitole 3.11.

80 % účastníkov senzorickej analýzy uviedlo, že mliečne výrobky konzumujú denne, 13 % mliečne výrobky konzumuje viac ako 3x týždenne a 7 % uviedlo, že mliečne výrobky konzumujú menej ako 3x týždenne.

Úloha hodnotiteľov bola ohodnotiť senzorický profil a chuťové vlastnosti vytvorených výrobkov. V sekcii senzorický profil, hodnotili vlastnosti: homogenita, viskozita, vôňa a hrudkovitosť. V chuťových vlastnostiach hodnotili prítomnosť sladkej, kyslej a horkej chuti. Nakoniec ohodnotili celkový dojem produktu. Z výsledných hodnôt od všetkých respondentov boli vytvorené mediány, aby si zistila ich stredná hodnota. Výsledné hodnoty mediánov môžeme nájsť v radarovom grafe (Obrázok 9) kde sú zobrazené v porovnaní s referenčnou vzorkou.



Obrázok 9: Radarový graf výsledkov zo senzorickej analýzy fermentovaných výrobkov

Po vyhodnotení senzorickej analýzy bolo zistené, že homogenita bola oproti referencii najhoršie hodnotená u výrobkov s prídavkom otrúb. Toto je pravdepodobne spôsobené tým, že otruby sú veľké častice a narušili jednotnú mliečnu štruktúru. Lepšie hodnotenie v porovnaní s výrobkami s prídavkom otrúb, ale horšie v porovnaní s referenciou mali výrobky s prídavkom proteínového koncentrátu. Mohlo to byť spôsobené tým, že výrobky boli nedostatočne premiešané pred podávaním, pretože počas výroby proteínový koncentrát klesal na dno.

U viskozity bol výrobok s prídavkom 2 % proteínu hodnotený oproti referencii najhoršie. O 1 stupeň lepšie hodnotenie mali výrobky s prídavkom 5 % proteínu a 3 % otrúb. Najlepšie bol ohodnotený výrobok s prídavkom 1 % otrúb, ktorý dosiahol rovnaké hodnotenie ako referenčný výrobok.

Hrudkovitosť bola najviac negatívne ovplyvnená oproti referencii pri prídavku 3 % otrúb. Takéto chovanie bolo očakávané, kvôli tomu, že otruby sú vzhľadom k baktériám, tukom, proteínom a cukrom veľké častice. Výrobky s prídavkom 5 % proteínu a 1 % otrúb boli

hodnotené rovnako v porovnaní s referenciou. Najlepšie bol hodnotený výrobok s prídavkom 2 % proteínu. Vzorky idú v logickej postupnosti, čím viac otrúb tým horšie hodnotenie hrudkovitosti a čím viac proteínu tým väčšia šanca na vytvorenie hrudiek a tým horšie hodnotenie hrudkovitosti.

Vôňa podľa hodnotiteľov nebola príliš ovplyvnená. Všetky výrobky boli hodnotené o 1 stupeň horšie ako referenčný výrobok a môžeme teda povedať, že vôňa nebola signifikantne ovplyvnená.

Pri chuti sa hodnotila prítomnosť sladkej, horkej a kyslej chuti. Sladká chuť nebola príliš výrazná ani pri referenčnom výrobku, ale aditívované vzorky mali nižšie hodnotenie chuti. Najmenšiu sladkosť mal výrobok s prídavkom 5 % proteínu. Ostatné vzorky mali rovnaké hodnotenie, ktoré bolo oproti referencii o 1 stupeň menej sladké.

Parameter kyslosti nebol ovplyvnená prídavkom otrúb a hodnotenie týchto vzoriek je rovnaké ako referenčná vzorka. Po prídavku proteínu ale bol ohodnotený negatívnejšie a teda boli výrobky menej kyslé.

Oproti referencii bola horkosť hodnotená negatívne pri prídavku proteínového koncentrátu aj pri prídavku otrúb. Najhoršie hodnotenie dostala vzorka s prídavkom 5 % proteínu, nasledovala vzorka s 2 % proteínu, potom 3 % otrúb a najlepšie v porovnaní s aditívanými výrobkami bol hodnotený výrobok s prídavkom 1 % otrúb.

Celkovo najhoršie hodnotenie chuti v porovnaní s referenciou mali výrobky s prídavkom proteínu, hlavne jeho 5 % prídavkom. To je pravdepodobne spôsobené tým, že rastlinné proteíny majú obecnú horkú chuť. To je spôsobené prítomnosťou oxidovaných mastných kyselín, ktoré sa podieľajú na regulácii obranných a vývojových procesov v rastline a vyskytujú sa predovšetkým v otrubách a v klíčku [83]. Sladká a kyslá chuť mohli byť ovplyvnené horkosťou proteínu a preto neboli hodnotené veľmi pozitívne. Horkosť sa jasne odzrkadlila na hodnotení, kde mal najväčší prídavok proteínu najhoršie hodnotenie.

Nakoniec bol hodnotený celkový dojem, ktorý je najdôležitejší pre prijateľnosť produktov. Najlepšie hodnotenie celkového dojmu mal v porovnaní s referenciou výrobok s prídavkom 1 % pšeničných otrúb. Ďalšie o niečo pol stupňa horšie hodnotenie mali vzorky s prídavkom 3 % otrúb a 2 % proteínu. Najhoršie bol hodnotený výrobok s prídavkom 5 % proteínu. Celkové hodnotenie bolo najviac ovplyvnené chuťou výrobku. Vzorky čo mali horšie hodnotené chuťové vlastnosti mali horšie hodnotené aj celkový dojem.

Hodnotitelia mohli taktiež opísať, aké ďalšie chute, alebo vône, v našom výrobku cítili. V tabuľke 14 môžeme nájsť najčastejšie nachádzané ďalšie chute a vône. Môžeme vidieť, že pridaním otrúb a proteínového koncentrátu sa objavila obilná chuť a vôňa.

Tabuľka 14: Ďalšie nájdené chute a vône počas senzorickej analýzy

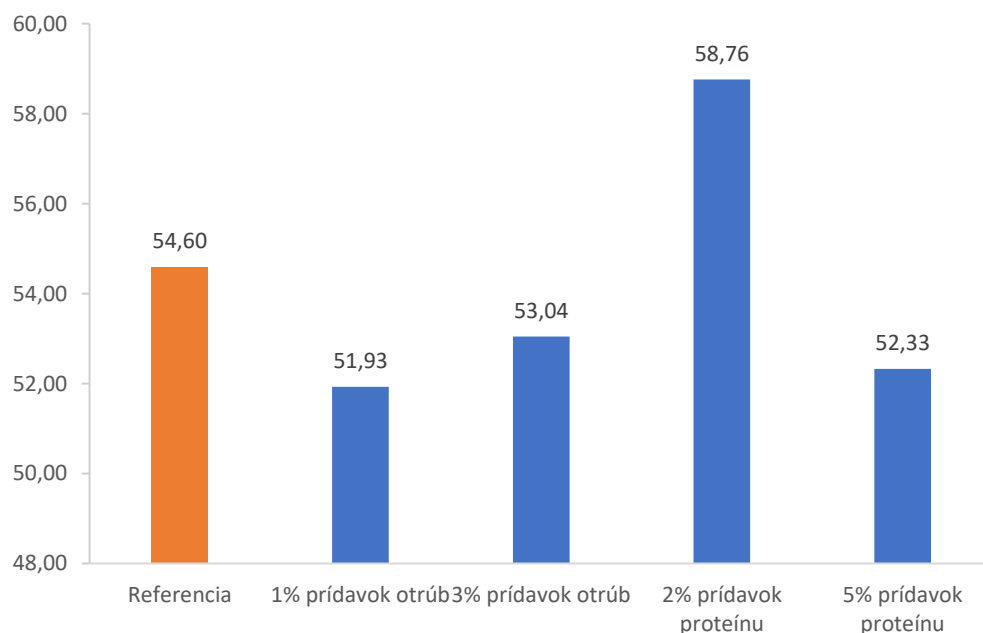
Vzorka	Ďalšie uvádzané vône	Ďalšie nájdené chute
Referencia	Mliečna	Mliečna
1 % Otruby	Mliečna	Obilná, Mliečna
3 % Otruby	Mliečna, Obilná, Oriešková	Obilná, Mliečna
2 % Proteín	Obilná, Mliečna	Obilná, Oriešková
5 % Proteín	Obilná, Oriešková	Obilná, Oriešková

4.3 Výsledky analýz nefermentovaných mliečnych výrobkov

Ako nefermentované mliečne výrobky boli vytvorené pudinky z pudingového prášku aditívované pšeničnými otrubami ako zdrojom vlákniny a proteínovým koncentrátom z pšeničných otrúb ako zdrojom bielkovín. Presný postup výroby a stupne aditívácie nájdeme v kapitole 3.6.

4.3.1 Väznosť vody

Väznosť vody nefermentovaných mliečnych výrobkov bola stanovená tak ako je uvedené v kapitole 3.10. Výsledné obsahy vody v nefermentovaných mliečnych výrobkoch nájdeme v nižšie uvedenom grafe (Obrázok 10). V grafe môžeme vidieť, že najväčšiu väznosť vody mala vzorka, kde sa aditívovalo 2 % proteínového koncentrátu. Najmenšia väznosť vody bola zase zaznamenaná pri aditívácii 1 % pšeničných otrúb a 5 % proteínového koncentrátu.



Obrázok 10: Obsah viazanej vody pre jednotlivé nefermentované výrobky

Aditívacia pšeničnými otrubami ovplyvnila väznosť vody oproti referencii negatívne. To môže byť spôsobeným tým, že otruby, ako je spomínané v kapitole 4.2.1, v bežnom prípade zvyšujú väznosť vody, ale v prípade ich pridania do škrobového gélu, sa pravdepodobne

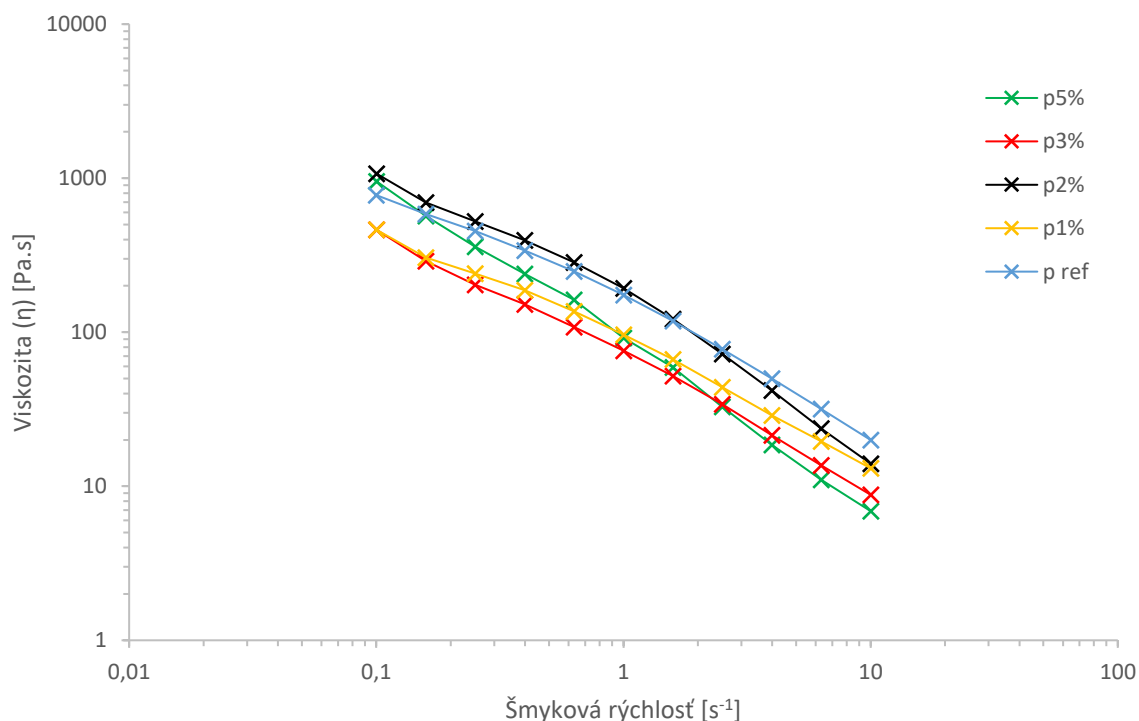
narušila jeho štruktúra a gél sám o sebe stratil kapacitu viazania vody. Keďže pšeničné otruby majú vysokú väznosť vody, tak sa táto strata čiastočne vykompenzovala, ale aj tak to nestačilo na to, aby bola väznosť vody väčšia ako pri referenčnej vzorke.

Po aditívácií proteínovým koncentrátom bola väznosť vody zvýšená, pri prídavku 2 % a znížená pri prídavku 5 %. Hypoteticky to môže byť spôsobené tým, že vyšší prídavok proteínu narušil gélovú štruktúru a teda znížil väznosť vody samotného gélu. V kapitole 4.2.1 bolo spomínané, že prídavok proteínu zvyšuje väznosť vody, ale opäť to nestačilo na vykompenzovanie straty poškodením štruktúry. Existujú ale aj prípady, kedy po pridaní proteínu väznosť vody v škrobových géloch klesala, ale závisí to aj na použítom proteíne. Bravo-Núñez [84], skúmali vlastnosti gélov po aditívácií proteínovým izolátom a ich závislosti na pH. Zistili, že po pridaní srvátkového proteínu sa väznosť vody škrobových gélov znížila.

Pizzirani et al. (1998) [85], skúmali závislosť stupňa želatinizácie na väznosť vody. zistili, že väznosť vody sa zvýšila pri vyššom stupni želatinizácie. Pri prídavku otrúb a proteínového izolátu sa želatinizácia mohla taktiež narušiť a teda to mohol byť dôvod zníženej väznosti vody. Avšak prídavok 2 % proteínu pravdepodobne nenarušil želatinizáciu až tak ako jeho vyšší prídavok a to mohlo spôsobiť vyššiu väznosť vody.

4.3.2 Reologické vlastnosti

Nefermentovaným mliečnym výrobkom boli tiež stanovené reologické vlastnosti. V grafe (Obrázok 11) môžeme vidieť ako sa im menila viskozita vzhľadom k šmykovej rýchlosti.



Obrázok 11: Log graf závislosti šmykovej rýchlosti na dynamickej viskozite pre nefermentované výrobky

Na začiatku merania, pri šmykovej rýchlosti 0,1 1/s môžeme vidieť, že viskozita proteínom aditívovaných výrobkov bola vyššia ako referenčná viskozita. Avšak po zvýšení šmykovej rýchlosti u našich vzoriek viskozita klesla omnoho viac v prípade vzorky s prídavkom 5 % proteínového koncentrátu. Toto môže hypoteticky byť spôsobené narušením gélovej štruktúry ako už bolo spomínané. Pri väčšom namáhaní sa narušená štruktúra rozpadne skôr ako pri slabšom namáhaní. To môže byť dôvod klesajúcej viskozity pre všetky aditívované vzorky na viskozitu nižšiu ako má referenčná vzorka

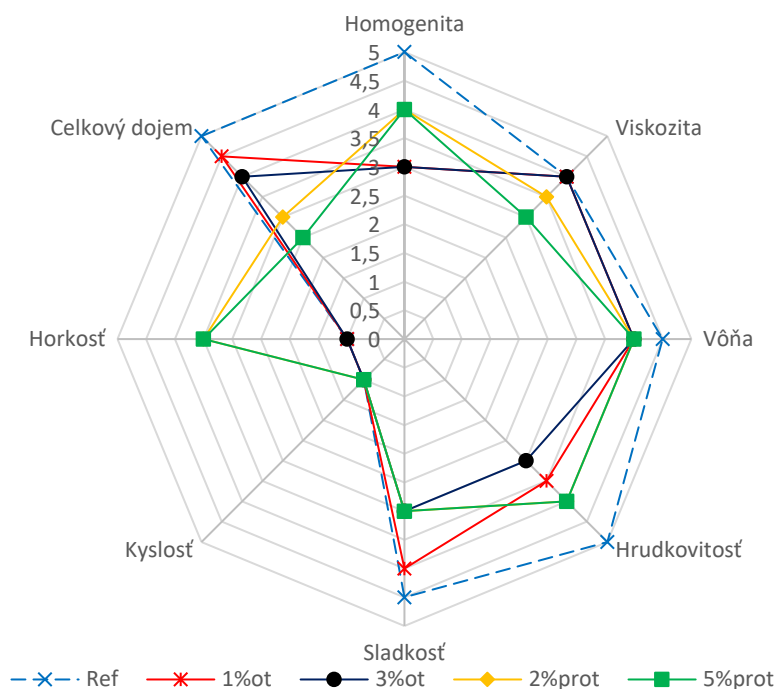
Správanie pri aditívácií proteínu skúmali aj Ribotta et al. (2010) [86], ktorý sledovali viskozitu počas procesu želatinizácie kukuričného škrobu s prídavkom proteínového izolátu zo sóje a zistili, že viskozita bola po aditívácií proteínom vyššia oproti referenčnej vzorke.

Pri aditívácií pšeničných otrúb bola viskozita znížená. To mohlo byť spôsobené tým, že pšeničné otruby naviazali nejakú časť vody na seba a tým narušili proces želatinizácie a teda finálnu štruktúru gélu. Ďalší dôvod môže byť, že tým ako sú otruby rozmerovo veľké v porovnaní s granulou škrobu, tak v géle vytvárali časti, kde sa nevytvorila gélová štruktúra, kvôli tomu že sa tam nachádzala otruba. Gélová štruktúra bola teda vytvorená len okolo otrúb a to mohlo spôsobiť, že počas namáhania sa gél okolo týchto dier (deformácií) ľahšie rozdelil. Môžeme si to predstaviť ako pri namáhaní kovu, kedy sa kov skôr zlomí v mieste kde sa mu v štruktúre vytvorila vzduchová bublina.

4.3.3 Senzorická analýza

Fermentované mliečne výrobky boli analyzované aj z hľadiska prijateľnosti spotrebiteľmi a to tak, ako je uvedené v kapitole 3.11. 80 % účastníkov senzorickej analýzy uviedlo, že mliečne výrobky konzumujú denne, 13 % mliečne výrobky konzumuje viac ako 3x týždenne a 7 % uviedlo, že mliečne výrobky konzumujú menej ako 3x týždenne.

Úloha účastníkov bola ohodnotiť senzorický profil a chuťové vlastnosti vytvorených výrobkov. V sekcii senzorický profil, hodnotili vlastnosti: homogenita, viskozita, vôňa a hrudkovitosť. V chuťových vlastnostiach hodnotili prítomnosť sladkej, kyslej a horkej chuti. Nakoniec ohodnotili celkový dojem produktu. Z výsledných hodnôt všetkých hodnotiteľov bol vytvorený radarový graf (Obrázok 12), kde nájdeme ako boli jednotlivé parametre hodnotené v porovnaní s referenciou.



Obrázok 12: Radarový graf výsledkov zo senzorickej analýzy nefermentovaných výrobkov

Po vyhodnotení senzorickej analýzy boli zistené nasledujúce informácie týkajúce sa prijateľnosti produktu. Homogenita bola pri prídavku pšeničných otrúb ohodnotená negatívne voči referencii. To môže byť spôsobené tým, že otruby sú relatívne veľké časti v porovnaní so škrobovými zrnami. Kladnejšie hodnotenie dostali vzorky s prídavkom proteínového koncentrátu, ale aj tak boli v porovnaní s referenčnou vzorkou hodnotené o stupeň horšie.

Viskozitu mali najlepšie ohodnotenú výrobky s prídavkom otrúb. To môže byť spôsobené tým, že priamo nenarúšali štruktúru gélu ale vytvárali miesta kde sa gél nevytvoril a počas ochutnávania vzoriek neboli namáhané tak ako počas reologickej analýzy. Hodnotenie viskozity klesá so zvyšujúcim sa prídavkom proteínu.

Prídavok otrúb negatívne ovplyvnil hrudkovitosť. Pri 3 % prídavku otrubami bola hrudkovitosť oproti referencii hodnotená najhoršie. O niečo lepšie bola hodnotená pri 1 % prídavku. Pri prídavku proteínu bola hrudkovitosť na rovnakej úrovni pri všetkých vzorkách a to o stupeň horšia ako u referencie.

Vôňa nebola aditíviou príliš ovplyvnená. Aditíviou proteínom aj otrubami bola vôňa hodnotená rovnako a to o pol stupňa horšie ako referencia. Prídavok otrúb a proteínového koncentrátu spôsobil obilnú vôňu.

Hodnotené boli aj tri zložky chuti, sladká, kyslá a horká. Sladká chuť bola ohodnotená ako menej sladká pri prídavku 1 % otrúb, kde dosiahla len o pol stupňa menšie hodnotenie ako referenčný produkt. Pri ostatných aditíviách bolo hodnotenie sladkej chuti rovnaké, ale bolo hodnotené negatívnejšie ako pri prídavku 1 % otrúb, konkrétne o jeden a pol stupňa menej sladké.

Kyslosť bola rovnako ohodnotená u všetkých výrobkoch. Je to spôsobené hlavne tým, že kyslú chuť sme neočakávali ani u referencie ani u aditívovaných výrobkoch a teda môžeme povedať, že nebola aditíviou ovplyvnená.

Horká chuť bola hodnotená veľmi pozitívne oproti referencii u prídavku pšeničných otrúb. Toto môže byť spôsobené tým, že k výrobe nefermentovaného mliečneho produktu bol použitý cukor, ktorý mohlo horkú chuť schovať za sladkú. Pri prídavku proteínového koncentrátu prídavok cukru aj tak nepomohol a horkosť koncentrátu bola výrazná. Horkosť proteínového koncentrátu bola spomínaná v kapitole 4.2.4.

Najlepší celkový dojem bol zaznamenaný pri prídavku 1 % otrúb a potom pri prídavku 3 % otrúb. Ako bolo spomenuté vyššie, toto môže byť zapríčinené tým, že prídavok cukru skryl nežiadúce chute za sladkú chuť a tým bolo hodnotenie lepšie. Pri 3 % prídavku otrúb nebola sladkosť hodnotená až tak pozitívne, ale horkosť bola hodnotená veľmi pozitívne a preto má tento výrobok 2 najlepšie celkové hodnotenie vzhľadom k referencii. Čo sa týka prídavku proteínového koncentrátu, tak jeho výrazná horkosť veľmi ovplyvnila celkové hodnotenie.

Hodnotitelia mohli taktiež opísať, aké ďalšie chute, alebo vône, v našom výrobku cítili. V tabuľke 15 môžeme nájsť najčastejšie nachádzané ďalšie chute a vône.

Tabuľka 15: Ďalšie nájsené vône a chute počas senzorickej analýzy nefermentovaných mliečnych výrobkov

Vzorka	Ďalšie uvádzané vône	Ďalšie nájsené chute
Referencia	Vanilková	Vanilková
1 % Otruby	Oriešková, Obilná	Vanilková, Obilná
3 % Otruby	Oriešková, Obilná	Obilná, Vanilková, Oriešková
2 % Proteín	Obilná	Obilná, Vanilková
5 % Proteín	Obilná, Vanilková	Obilná, Oriešková

5 ZÁVER

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo vytvoriť nový fermentovaný a nefermentovaný mliečny výrobok so zvýšeným obsahom proteínu a vlákniny, charakterizovať ich vlastnosti a zistiť ich prijateľnosť spotrebiteľmi.

Vytvorené nové výrobky boli fortifikované namletými pšeničnými otrubami ako zdrojom vlákniny a proteínovým koncentrátom získaným z pšeničných otrúb ako zdrojom bielkovín. Fortifikácia fermentovaných výrobkov prebehla tak, ako je uvedené v tabuľke 8 a nefermentovaných výrobkov tak ako je v tabuľke 9.

U fermentovaných mliečnych výrobkov bol pomocou prietokovej cytometrie stanovený počet životaschopných buniek, ktorý bol stanovený približne na 10^9 /g výrobku. Bežné fermentované výrobky, ako napríklad jogurty majú počet životaschopných buniek 10^7 /g výrobku.

Po vytvorení boli u výrobkov charakterizované reologické vlastnosti, kde bolo zistené, že všetky vykazovali pseudoplastický charakter a viskozita bola u fermentovaných mliečnych výrobkoch aditívaciou proteínom a otrubami zvýšená.

U nefermentovaných škrobových mliečnych výrobkoch sa prídavkom otrúb viskozita znížila a prídavkom proteínu zvýšila. To ale prestalo platiť pri väčšom namáhaní kedy viskozita proteínom aditívovaných výrobkov tiež klesla pod referenčný produkt.

Väznosť vody bola u fermentovaných mliečnych výrobkoch aditívaciou zvýšená, ale u nefermentovaných bola znížená, okrem prídavku 2 % proteínového koncentráту, kedy bola väznosť vody zvýšená.

Senzorické hodnotenie bolo najhoršie pri výrobkoch s prídavkom 5 % proteínového koncentrátu, kvôli jeho vysokej horkosti, čo spôsobovalo neprijateľnú chuť a teda nedostatočné celkové hodnotenie. Pri fermentovaných výrobkoch mal prídavok otrúb tiež negatívny vplyv na prijateľnosť výrobku, ale u nefermentovaných výrobkov fortifikovaných otrubami bolo hodnotenie pozitívne. To mohlo byť spôsobené tým, že pri výrobe nefermentovaných výrobkov sa prídával cukor, ktorý zakryl nepriaznivé chute otrúb.

Ukázalo sa že výroba takto fortifikovaných výrobkov nie je náročná a v budúcnosti by sa mohla rozšíriť a pšeničné otruby by sa mohli využívať ako bežné vysoko vlákninové aditívum, alebo ako zdroj ku extrakcii proteínu. Avšak, najprv je potrebné vylepšiť senzorické vlastnosti proteínového extraktu a samotných pšeničných otrúb, alebo aspoň zvážiť ich zakomponovanie k ochuteným mliečnym výrobkom, kde by sa nepriaznivé chute zamaskovali napríklad čokoládovou príchuťou. Zlepšenie ich prijateľnosti by pomohlo, ak by sa vyvinuli postupy, pomocou ktorých by sa odstránili látky spôsobujúce hlavne horkú chuť.

6 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] NIAMSIRI, N. a C. BATT, 2009. Dairy Products. *Encyclopedia of microbiology*. 3rd ed. London: Academic, s. 34–43. ISBN 978-0-12-373944-5.
- [2] FOX, P. F., T. UNIACKE-LOWE, P. L. H. MCSWEENEY a J. A. O'MAHONY, 2015. Milk Proteins. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. 2015. Second edition. Cham: Springer International Publishing, 2015, s. 145-239. ISBN 978-3-319-14891-5. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-14892-2_4
- [3] GAUCHERON, Frédéric, 2011. Milk and Dairy Products: A Unique Micronutrient Combination. *Journal of the American College of Nutrition*. **30**(sup5), 400S-409S. ISSN 0731-5724. Dostupné z: doi:10.1080/07315724.2011.10719983
- [4] FLYNN, Albert, 1992. Minerals and Trace Elements in Milk. *Advances in Food and Nutrition Research*. Elsevier, 1992, **1992**(Volume 36), 209-252. *Advances in Food and Nutrition Research*. ISBN 9780120164363. Dostupné z: doi:10.1016/S1043-4526(08)60106-0
- [5] ÖSTE, R., M. JÄGERSTAD a I. ANDERSSON, 1997. Vitamins in Milk and Milk Products. *Advanced Dairy Chemistry*. Volume 3. Boston, MA: Springer US, 1997, s. 347-402. ISBN 978-1-4757-4411-8. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4757-4409-5_9
- [6] VISIOLI, Francesco a Andrea STRATA, 2014. Milk, Dairy Products, and Their Functional Effects in Humans: A Narrative Review of Recent Evidence. *Advances in Nutrition*. **5**(2), 131-143. ISSN 2161-8313. Dostupné z: doi:10.3945/an.113.005025
- [7] ČESKO. Vyhláška č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 31. 5. 2022]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397>
- [8] HILL, Arthur R. a Prashanti KETHIREDDIPALLI, 2013. Dairy Products: Cheese and Yogurt. *Biochemistry of Foods*. Third Edition. Canada, Ontario: Elsevier, 2013, s. 319-362. ISBN 9780122423529. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-08-091809-9.00008-X
- [9] Milk, Fermentation, and Fermented and Nonfermented Dairy Products, 2005. *Modern Food Microbiology*. 7th edition. Boston, MA: Springer US, s. 149-173. Food Science Text Series. ISBN 978-0-387-23180-8. Dostupné z: doi:10.1007/0-387-23413-6_7
- [10] Linky zařízení na výrobu jogurtů tvarohu zakysaných výrobků Havlíčkův Brod, 2019. In: *Evropská databanka* [online]. Česká republika [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://nabidky.edb.cz/Nabidka-15911-Linky-zarizeni-na-vyrobu-jogurtu-tvarohu-zakysanych-vyrobku>
- [11] Non-Fermented products, 2011. In: *Food science and processing* [online]. USA [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <http://ecoursesonline.iasri.res.in/mod/page/view.php?id=19954>
- [12] RATNAYAKE, Wajira S. a David S. JACKSON, 2006. Gelatinization and Solubility of Corn Starch during Heating in Excess Water: New Insights. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **54**(10), 3712-3716. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf0529114
- [13] RATNAYAKE, Wajira S. a David S. JACKSON, 2008. Starch Gelatinization. *Advances in Food and Nutrition Research*. Volume 55. USA, Nebraska:

- Elsevier, 2008, s. 221-268. Advances in Food and Nutrition Research. ISBN 9780123741202. Dostupné z: doi:10.1016/S1043-4526(08)00405-1
- [14] BONNER, Gillie; WARWICK, Hugh; BARNARDO, Martin. Fortification Examined: How Added Nutrients Can Undermine Good Nutrition; a Survey of 260 Food Products with Added Vitamins and Minerals. Food Commission, 1999.
- [15] WU, Guoyao, 2016. Dietary protein intake and human health. *Food Reviews International*. 7(3), 1251-1265. ISSN 2042-6496. Dostupné z: doi:10.1039/C5FO01530H
- [16] WOLFE, Robert R., Sharon L. MILLER a Kevin B. MILLER, 2008. Optimal protein intake in the elderly. *Clinical Nutrition*. 27(5), 675-684. ISSN 02615614. Dostupné z: doi:10.1016/j.clnu.2008.06.008
- [17] SMIRNOVA, Irina, 2014. Current Trends in Nonfat Dairy Production. *Foods and Raw Materials*. 2(2), 47-52. ISSN 2308-4057. Dostupné z: doi:10.12737/5459
- [18] MOLINA, Elena, María DOLORES ÁLVAREZ, Mercedes RAMOS, AGUSTÍN OLANO a Rosina LÓPEZ-FANDIÑO, 2000. Use of high-pressure-treated milk for the production of reduced-fat cheese. *International Dairy Journal*. 10(7), 467-475. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/S0958-6946(00)00064-9
- [19] HASHIM, Mahmood A., Liudmila A. NADTOCHII, Mariam B. MURADOVA, Alena V. PROSKURA, Khalid A. ALSALEEM a Ahmed R. A. HAMMAM, 2021. Non-Fat Yogurt Fortified with Whey Protein Isolate: Physicochemical, Rheological, and Microstructural Properties. *Foods*. 10(8). ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods10081762
- [20] LESME, Hanna, Cécile RANNOU, Marie-Hélène FAMELART, Saïd BOUHALLAB a Carole PROST, 2020. Yogurts enriched with milk proteins: Texture properties, aroma release and sensory perception. *Trends in Food Science & Technology*. April 2020(vol. 98), 140-149. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2020.02.006
- [21] KONTOPIDIS, G., C. HOLT a L. SAWYER, 2004. Invited Review: β -Lactoglobulin. *Journal of Dairy Science*. 87(4), 785-796. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.S0022-0302(04)73222-1
- [22] BALS, A. a U. KULOZIK, 2003. Effect of pre-heating on the foaming properties of whey protein isolate using a membrane foaming apparatus. *International Dairy Journal*. 13(11), 903-908. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/S0958-6946(03)00111-0
- [23] KERSTENS, S, B MURRAY a E DICKINSON, 2005. Confocal microscopy of heat-induced aggregation and gelation of β -lactoglobulin in presence of non-ionic surfactant. *Food Hydrocolloids*. 19(3), 625-633. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2004.10.026
- [24] HASHIM, Mahmood A., Liudmila A. NADTOCHII, Mariam B. MURADOVA, Alena V. PROSKURA, Khalid A. ALSALEEM a Ahmed R. A. HAMMAM, 2021. Non-Fat Yogurt Fortified with Whey Protein Isolate: Physicochemical, Rheological, and Microstructural Properties. *Foods*. 10(8), 428–430. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods10081762
- [25] KORHONEN, Hannu, Anne PIHLANTO-LEPPÄLÄ, Pirjo RANTAMÄKI a Tuomo TUPASELA, 1998. The functional and biological properties of whey proteins:

- prospects for the development of functional foods. *Agricultural and Food Science*. 7(2), 283-296. ISSN 1795-1895. Dostupné z: doi:10.23986/afsci.72864
- [26] GARCÍA-GARIBAY, M., J. JIMÉNEZ-GUZMÁN a H. HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, 2008. Whey Proteins: Bioengineering and Health. *Food Engineering: Integrated Approaches*. New York, NY: Springer New York, 2008, s. 415-430. Food Engineering series. ISBN 978-0-387-75429-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-0-387-75430-7_31
- [27] VIDIGAL, Márcia Cristina Teixeira Ribeiro, Valéria Paula Rodrigues MINIM, Afonso Mota RAMOS, Elaine Berger CERESINO, Mayra Darliane Martins Silva DINIZ, Geany Peruch CAMILLOTO a Luis Antonio MINIM, 2012. Effect of whey protein concentrate on texture of fat-free desserts: sensory and instrumental measurements. *Food Science and Technology*. 32(2), 412-418. ISSN 1678-457X. Dostupné z: doi:10.1590/S0101-20612012005000047
- [28] JØRGENSEN, Camilla Elise, Roger K. ABRAHAMSEN, Elling-Olav RUKKE, Tom Kristian HOFFMANN, Anne-Grethe JOHANSEN a Siv B. SKEIE, 2019. Processing of high-protein yoghurt – A review. *International Dairy Journal*. 2019(vol. 88), 42-59. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2018.08.002
- [29] BRODZIAK, Aneta, Jolanta KRÓL, Joanna BARŁOWSKA, Anna TETER a Mariusz FLOREK, 2020. Changes in the Physicochemical Parameters of Yoghurts with Added Whey Protein in Relation to the Starter Bacteria Strains and Storage Time. *Animals*. 10(8). ISSN 2076-2615. Dostupné z: doi:10.3390/ani10081350
- [30] MUDGIL, Deepak a Sheweta BARAK, 2013. Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2013(vol. 61), 1-6. ISSN 01418130. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijbiomac.2013.06.044
- [31] AACC report. The definition of dietary fiber, 2003. *Scopus* [online]. Amsterdam: Elsevier Science B.V. [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0012820509&origin=inward&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1
- [32] CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION, et al. Report of the 30th session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses. Codex Alimentarius Commission, 2009, 30.
- [33] KING, Dana E., Arch G. MAINOUS a Carol A. LAMBOURNE, 2012. Trends in Dietary Fiber Intake in the United States, 1999-2008. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 112(5), 642-648. ISSN 22122672. Dostupné z: doi:10.1016/j.jand.2012.01.019
- [34] CHEN, Wenpu, Lisa DUIZER, Milena CORREDIG a H. Douglas GOFF, 2010. Addition of Soluble Soybean Polysaccharides to Dairy Products as a Source of Dietary Fiber. *Journal of Food Science*. 75(6), C478-C484. ISSN 00221147. Dostupné z: doi:10.1111/j.1750-3841.2010.01688.x
- [35] BALANDRÁN-QUINTANA, René Renato, Jorge Nemesio MERCADO-RUIZ a Ana María MENDOZA-WILSON, 2015. Wheat Bran Proteins: A Review of Their Uses and Potential. *Food Reviews International*. 31(3), 279-293. ISSN 8755-9129. Dostupné z: doi:10.1080/87559129.2015.1015137

- [36] PRÜCKLER, Michael, Susanne SIEBENHANDL-EHN, Silvia APPRICH, Stefan HÖLTINGER, Cornelia HAAS, Erwin SCHMID a Wolfgang KNEIFEL, 2014. Wheat bran-based biorefinery 1: Composition of wheat bran and strategies of functionalization. *LWT - Food Science and Technology*. **56**(2), 211-221. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2013.12.004
- [37] CURTI, Elena, Eleonora CARINI, Greta BONACINI, Giovanni TRIBUZIO a Elena VITTADINI, 2013. Effect of the addition of bran fractions on bread properties. *Journal of Cereal Science*. **57**(3), 325-332. ISSN 07335210. Dostupné z: doi:10.1016/j.jcs.2012.12.003
- [38] NOORT, Martijn W.J., Daan VAN HAASTER, Youna HEMERY, Henk A. SCHOLS a Rob J. HAMER, 2010. The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality – Evidence for fibre–protein interactions. *Journal of Cereal Science*. **52**(1), 59-64. ISSN 07335210. Dostupné z: doi:10.1016/j.jcs.2010.03.003
- [39] BELOBRAJDIC, Damien P a Anthony R BIRD, 2013. The potential role of phytochemicals in wholegrain cereals for the prevention of type-2 diabetes. *Nutrition Journal*. **12**(1). ISSN 1475-2891. Dostupné z: doi:10.1186/1475-2891-12-62
- [40] BJÖRCK, Inger, Elin ÖSTMAN, Mette KRISTENSEN, et al., 2012. Cereal grains for nutrition and health benefits: Overview of results from in vitro, animal and human studies in the HEALTHGRAIN project. *Trends in Food Science & Technology*. **25**(2), 87-100. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2011.11.005
- [41] FERGUSON, Lynnette R., Philip J. HARRIS, Philip KESTELL, Shuotun ZHU, Rex MUNDAY a Christine M. MUNDAY, 2011. Comparative effects in rats of intact wheat bran and two wheat bran fractions on the disposition of the mutagen 2-amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*. **716**(1-2), 59-65. ISSN 00275107. Dostupné z: doi:10.1016/j.mrfmmm.2011.08.005
- [42] GÉLINAS, Pierre, 2013. Preventing constipation: a review of the laxative potential of food ingredients. *International Journal of Food Science & Technology*. **48**(3), 445-467. ISSN 09505423. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2621.2012.03207.x
- [43] LIU, Lei, Kelly M. WINTER, Lesley STEVENSON, Carol MORRIS a David N. LEACH, 2012. Wheat bran lipophilic compounds with in vitro anticancer effects. *Food Chemistry*. **130**(1), 156-164. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2011.07.023
- [44] ZHU, Yingdong, Dawn R. CONKLIN, Huadong CHEN, Liyan WANG a Shengmin SANG, 2011. 5-Alk(en)ylresorcinols as the major active components in wheat bran inhibit human colon cancer cell growth. *Bioorg Med Chem*. **19**(13), 3973-3982. ISSN 09680896. Dostupné z: doi:10.1016/j.bmc.2011.05.025
- [45] ZHU, Yingdong, Dominique N. SOROKA a Shengmin SANG, 2013. Structure Elucidation and Chemical Profile of Sphingolipids in Wheat Bran and Their Cytotoxic Effects against Human Colon Cancer Cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **61**(4), 866-874. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf3047863
- [46] APPRICH, Silvia, Özge TIRPANALAN, Johannes HELL, Michael REISINGER, Stefan BÖHMDORFER, Susanne SIEBENHANDL-EHN, Senad NOVALIN a Wolfgang KNEIFEL, 2014. Wheat bran-based biorefinery 2: Valorization of products. *LWT - Food Science and Technology*. **56**(2), 222-231. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2013.12.003

- [47] FARDET, Anthony, 2010. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre?. *Nutrition Research Reviews*. **23**(1), 65-134. ISSN 0954-4224. Dostupné z: doi:10.1017/S0954422410000041
- [48] TRUSWELL, AS, 2002. Cereal grains and coronary heart disease. *European Journal of Clinical Nutrition*. **56**(1), 1-14. ISSN 0954-3007. Dostupné z: doi:10.1038/sj.ejcn.1601283
- [49] GRUNDAS, S.T. a C. WRIGLEY, 2004. WHEAT | Ultrastructure of the Grain, Flour, and Dough. *Encyclopedia of Grain Science*. Amsterdam; Boston: Elsevier, 2004, s. 391-400. ISBN 9780127654904. Dostupné z: doi:10.1016/B0-12-765490-9/00222-6
- [50] DEXTER, J.E. a A.K. SARKAR, 2004. WHEAT | Dry Milling. *Encyclopedia of Grain Science*. Amsterdam; Boston: Elsevier, 2004, s. 363-375. ISBN 9780127654904. Dostupné z: doi:10.1016/B0-12-765490-9/00184-1
- [51] ONIPE, Oluwatoyin O., Afam I. O. JIDEANI a Daniso BESWA, 2015. Composition and functionality of wheat bran and its application in some cereal food products. *International Journal of Food Science and Technology*. **50**(12), 2509-2518. ISSN 0950-5423. Dostupné z: doi:10.1111/ijfs.12935
- [52] CORKE, H., 2004. GRAIN, MORPHOLOGY OF INTERNAL STRUCTURE. *Encyclopedia of Grain Science*. Amsterdam; Boston: Elsevier, 2004, s. 30-38. ISBN 9780127654904. Dostupné z: doi:10.1016/B0-12-765490-9/00101-4
- [53] PARKER, Mary L, Annie NG a Keith W WALDRON, 2005. The phenolic acid and polysaccharide composition of cell walls of bran layers of mature wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Avalon) grains. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **85**(15), 2539-2547. ISSN 0022-5142. Dostupné z: doi:10.1002/jsfa.2304
- [54] XIONG, Fei, Xu-Run YU, Liang ZHOU, Zhong WANG, Feng WANG a Ai-Sheng XIONG, 2013. Structural development of aleurone and its function in common wheat. *Molecular Biology Reports*. **40**(12), 6785-6792. ISSN 0301-4851. Dostupné z: doi:10.1007/s11033-013-2795-9
- [55] MOONMOON, Mahbuba, Nasrat Jahan SHELLY, Md. Asaduzzaman KHAN, Md. Nazim UDDIN, Kamal HOSSAIN, Mousumi TANIA a Saleh AHMED, 2011. Effects of different levels of wheat bran, rice bran and maize powder supplementation with saw dust on the production of shiitake mushroom (*Lentinus edodes* (Berk.) Singer). *Saudi Journal of Biological Sciences*. **18**(4), 323-328. ISSN 1319562X. Dostupné z: doi:10.1016/j.sjbs.2010.12.008
- [56] LOCCI, Emanuela, Samuela LACONI, Raffaello POMPEI, Paola SCANO, Adolfo LAI a Flaminia Cesare MARINCOLA, 2008. Wheat bran biodegradation by *Pleurotus ostreatus*: A solid-state Carbon-13 NMR study. *Bioresource Technology*. **99**(10), 4279-4284. ISSN 09608524. Dostupné z: doi:10.1016/j.biortech.2007.08.048
- [57] DU, C., G.M. CAMPBELL, N. MISAILIDIS, F. MATEOS-SALVADOR, J. SADHUKHAN, M. MUSTAFA a R.M. WEIGHTMAN, 2009. Evaluating the feasibility of commercial arabinoxylan production in the context of a wheat biorefinery principally producing ethanol. Part 1. Experimental studies of arabinoxylan extraction from wheat bran. *Chemical Engineering Research and Design*. **87**(9), 1232-1238. ISSN 02638762. Dostupné z: doi:10.1016/j.cherd.2008.12.027
- [58] FAVARO, Lorenzo, Marina BASAGLIA a Sergio CASELLA, 2012. Processing wheat bran into ethanol using mild treatments and highly fermentative yeasts. *Biomass and*

Bioenergy. **46**, 605-617. ISSN 09619534. Dostupné z: doi:10.1016/j.biombioe.2012.07.001

- [59] FAVARO, Lorenzo, Marina BASAGLIA, Willem H. VAN ZYL a Sergio CASELLA, 2013. Using an efficient fermenting yeast enhances ethanol production from unfiltered wheat bran hydrolysates. *Applied Energy*. **102**, 170-178. ISSN 03062619. Dostupné z: doi:10.1016/j.apenergy.2012.05.059
- [60] NOGATA, Yoichi, Takeshi SAITO, Daigo ABE, Atsuko YOSHIDA a Hideaki OHTA, 2013. Storage Stability of Wheat Bran Proteases for Producing Angiotensin I-converting Enzyme Inhibitory Peptides. *Food Science and Technology Research*. **19**(2), 313-317. ISSN 1344-6606. Dostupné z: doi:10.3136/fstr.19.313
- [61] UENO, T., Y. NOGATA, A. NAKAMURA, et al., 2013. 1304 PEPTIDES PRODUCED BY AUTOLYSIS REACTIONS FROM WHEAT BRAN HAVE THERAPEUTIC EFFECTS IN NONALCOHOLIC STEATOHEPATITIS. *Journal of Hepatology*. **58**, S526-S527. ISSN 01688278. Dostupné z: doi:10.1016/S0168-8278(13)61305-7
- [62] IDRIS, Wisal H., Elfadil E. BABIKER a Abdullahi H. EL TINAY, 2003. Fractionation, solubility and functional properties of wheat bran proteins as influenced by pH and/or salt concentration. *Nahrung/Food*. **47**(6), 425-429. ISSN 0027-769X. Dostupné z: doi:10.1002/food.200390094
- [63] JERKOVIC, Ante, Alison M. KRIEGEL, John R. BRADNER, Brian J. ATWELL, Thomas H. ROBERTS a Robert D. WILLOWS, 2010. Strategic Distribution of Protective Proteins within Bran Layers of Wheat Protects the Nutrient-Rich Endosperm. *Plant Physiology*. **152**(3), 1459-1470. ISSN 1532-2548. Dostupné z: doi:10.1104/pp.109.149864
- [64] FELLERS, D. A., V. SINKEY, A. D. SHEPHERD a J. W. PENCE, 1966. Solubilization and Recovery of Protein from Wheat Millfeeds. *Cereal Chem*. **43**, 1-13.
- [65] WOERMAN, J. a L. SATTERLEE, 1974. Extraction and nutritive quality of wheat protein concentrate. *Food Technol.* Chicago, **28**, 50-52. ISSN 0015-6639.
- [66] HANSMEYER, W. A., L. D. SATTERLEE a P. J. MATTERN, 1976. CHARACTERIZATION OF PRODUCTS FROM WET FRACTIONATION OF WHEAT BRAN. *Journal of Food Science*. **41**(3), 505-508. ISSN 0022-1147. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2621.1976.tb00657.x
- [67] ROBERTS, Peter J., David H. SIMMONDS, Michael WOOTTON a Colin W. WRIGLEY, 1985. Extraction of protein and solids from wheat bran. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **36**(1), 5-10. ISSN 00225142. Dostupné z: doi:10.1002/jsfa.2740360103
- [68] HUBAČOVÁ, Klára. Výroba a charakterizace proteinových koncentrátů z pšeničných otrub [online]. Brno, 2020 [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zavprace/detail/123863>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Jaromír Pořízka
- [69] PIOTROWICZ, Inajara Beatriz Brose a Myriam Mercedes SALAS-MELLADO, 2017. Protein concentrates from defatted rice bran: preparation and characterization. *Food Science and Technology*. **37**(suppl 1), 165-172. ISSN 1678-457X. Dostupné z: doi:10.1590/1678-457x.34816

- [70] MURRAY, J.M. a I.A. BAXTER, 2003. SENSORY EVALUATION | Food Acceptability and Sensory Evaluation. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Second Edition. Elsevier, 2003, s. 5130-5136. ISBN 9780122270550. Dostupné z: doi:10.1016/B0-12-227055-X/01372-9
- [71] 3. Kapitola: Reologie. ÚSTAV FYZIKY A MATERIÁLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/kzm/KZM_03.pdf
- [72] HAQUE, Md. Amdadul, Yakindra Prasad TIMILSENA a Benu ADHIKARI, 2016. Food Proteins, Structure, and Function. *Reference Module in Food Science*. Elsevier, 2016. ISBN 9780081005965. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-08-100596-5.03057-2
- [73] JACOBS, Pieter J., Sami HEMDANE, Emmie DORNEZ, Jan A. DELCOUR a Christophe M. COURTIN, 2015. Study of hydration properties of wheat bran as a function of particle size. *Food Chemistry*. **179**, 296-304. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2015.01.117
- [74] ADAN, Aysun, Günel ALIZADA, Yağmur KIRAZ, Yusuf BARAN a Ayten NALBANT, 2017. Flow cytometry: basic principles and applications. *Critical Reviews in Biotechnology*. **37**(2), 163-176. ISSN 0738-8551. Dostupné z: doi:10.3109/07388551.2015.1128876
- [75] SHAPIRO, Howard M. a William G. TELFORD, 2009. Lasers for Flow Cytometry. *Current Protocols in Cytometry*. **49**(1). ISSN 1934-9297. Dostupné z: doi:10.1002/0471142956.cy0109s49
- [76] WILKERSON, Melinda J., 2012. Principles and Applications of Flow Cytometry and Cell Sorting in Companion Animal Medicine. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. **42**(1), 53-71. ISSN 01955616. Dostupné z: doi:10.1016/j.cvsm.2011.09.012
- [77] WLODKOWIC, Donald, Joanna SKOMMER a Zbigniew DARZYNKIEWICZ, 2011. Rapid Quantification of Cell Viability and Apoptosis in B-Cell Lymphoma Cultures Using Cyanine SYTO Probes. *Mammalian Cell Viability*. Totowa, NJ: Humana Press, 2011-3-9, 81-89. Methods in Molecular Biology. ISBN 978-1-61779-107-9. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-61779-108-6_10
- [78] GUNASEKERA, Thusitha S., Paul V. ATTFIELD a Duncan A. VEAL, 2000. A Flow Cytometry Method for Rapid Detection and Enumeration of Total Bacteria in Milk. *Applied and Environmental Microbiology*. **66**(3), 1228-1232. ISSN 0099-2240. Dostupné z: doi:10.1128/AEM.66.3.1228-1232.2000
- [79] JACOBS, Pieter J., Sami HEMDANE, Emmie DORNEZ, Jan A. DELCOUR a Christophe M. COURTIN, 2015. Study of hydration properties of wheat bran as a function of particle size. *Food Chemistry*. **179**, 296-304. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2015.01.117
- [80] ZAYAS, Joseph F., 1997. Water Holding Capacity of Proteins. *Functionality of Proteins in Food*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1997, 76-133. ISBN 978-3-642-63856-5. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-642-59116-7_3
- [81] KHALESI, Hoda, Bahareh EMADZADEH, Rassoul KADKHODAEI a Yapeng FANG, 2019. Effect of Persian gum on whey protein concentrate cold-set emulsion gel: Structure and rheology study. *International Journal of Biological*

Macromolecules. **125**, 17-26. ISSN 01418130. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.12.051

- [82] APORTELA-PALACIOS, A., M.E. SOSA-MORALES a J.F. VELEZ-RUIZ, 2005. RHEOLOGICAL AND PHYSICOCHEMICAL BEHAVIOR OF FORTIFIED YOGURT, WITH FIBER AND CALCIUM. *Journal of Texture Studies*. **36**(3), 333-349. ISSN 0022-4901. Dostupné z: doi:10.1111/j.1745-4603.2005.00020.x
- [83] SIMSEK, Senay a Douglas C. DOEHLERT, 2014. Oxygenated fatty acids isolated from wheat bran slurries. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. **65**(7), 803-808. ISSN 0963-7486. Dostupné z: doi:10.3109/09637486.2014.925427
- [84] BRAVO-NÚÑEZ, Ángela, Raquel GARZÓN, Cristina M. ROSELL a Manuel GÓMEZ, 2019. Evaluation of Starch–Protein Interactions as a Function of pH. *Foods*. **8**(5). ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods8050155
- [85] PIZZIRANI, S. a G. PINNAVAIA, 1998. Evaluation of the Degree of Gelatinization of Starchy Products by Water Holding Capacity. *Starch Biosynthesis Nutrition Biomedical*. **50**(2–3), 64–67.
- [86] RIBOTTA, Pablo D. a Cristina M. ROSELL, 2010. Effects of enzymatic modification of soybean protein on the pasting and rheological profile of starch-protein systems. *Starch - Stärke*. **62**(7), 373-383. ISSN 00389056. Dostupné z: doi:10.1002/star.200900259

7 ZOZNAM PRÍLOH

1. Formulár k senzorickej analýze

Senzorická analýza mliečnych výrobkov so zvýšeným obsahom proteínu a vlákniny

Mlieko je sekrétom mliečnych žliaz cicavcov, ktorý je určený hlavne k prvotnej výžive mláďat. Vďaka svojmu významnému nutričnému zloženiu je hlavne kravské mlieko často súčasťou výživy dospelých jedincov. Predstavuje hlavnú surovinu pre produkciu mliečnych výrobkov. Podľa technológie výroby ich môžeme deliť na kyselé (jogurt, syr, atď.) a nekyselé (mliečne nápoje, puding, atď.).

Častou deficienciou niektorých významných nutričtov (napr. bielkoviny, vláknina, vitamíny, apod.) v strave môžeme vyvážiť ich pridaním (fortifikáciou) do vhodných druhov potravín. Prídavok týchto nutričtov však nesmie mať vplyv na senzorickú akosť a prijateľnosť výrobkov.

Pohlavie.....

Vek.....

Fajčiar/Nefajčiar

Mliečne výrobky konzumujem:

- Každý deň
- Viac než 3x týždenne
- Menej než 3x týždenne

Senzorický profil: Kyselé výrobky

- Homogenita

1	2	3	4	5	
Nehomogénny (veľké hrudky)		Stredne homogénny (malé hrudky)		Homogénny, celistvé	
Vzorka	E18	I79	U39	A74	J97
Hodnotenie					

- Viskozita

1	2	3	4	5	
Príliš riedke (tekuté)				Tuhé, ťažko miešateľné	
Vzorka	E18	I79	U39	A74	J97
Hodnotenie					

- Vôňa

1	2	3	4	5	
Nepříjemná	Nerozpoznatelná			Příjemná	
Vzorka	E18	I79	U39	A74	J97
Hodnotenie					

- Vôňa – špecifické pachy

Napríklad: mliečna, vanilková, obilná, maslová, oriešková...

Vzorka	E18	I79	U39	A74	J97
Hodnotenie					

Chuťové vlastnosti

- Hrudkovitosť

1	2	3	4	5	
Nepříjemne piesčitá, drhne na jazyku	Jemne piesčitá			Celistvá	
Vzorka	E18	I79	U39	A74	J97
Hodnotenie					

- Sladkosť

1	2	3	4	5	
Nespoznaťelná		Stredne intenzívna		Intenzívna	
Vzorka	E18	I79	U39	A74	J97
Hodnotenie					

- Kyslosť

1	2	3	4	5	
Nespoznaiteľná		Stredne intenzívna		Intenzívna	
Vzorka	E18	I79	U39	A74	J97
Hodnotenie					

- Horkosť

1	2	3	4	5	
Nespoznaťelná		Stredne intenzívna		Intenzívna	
Vzorka	E18	I79	U39	A74	J97
Hodnotenie					

- Ďalšie chute:

Napríklad: mliečna, vanilková, obilná, maslová, oriešková...

Vzorka	E18	I79	U39	A74	J97
Hodnotenie					

- Celkový dojem

1	2	3	4	5	
Vzorka mi vôbec nechutila		Vzorka bola prijateľná		Vzorka mi veľmi chutila	
Vzorka	E18	I79	U39	A74	J97
Hodnotenie					

Senzorický profil: Nezákysové výrobky

- Homogenita

1	2	3	4	5	
Nehomogénny (veľké hrudky)	Stredne homogénny (malé hrudky)			Homogénny, celistvé	
Vzorka	H27	O89	G28	D23	R78
Hodnotenie					

- Viskozita

1	2	3	4	5	
Príliš riedke (tekuté)				Tuhé, ťažko miešateľné	
Vzorka	H27	O89	G28	D23	R78
Hodnotenie					

- Vôňa

1	2	3	4	5	
Nepříjemná	Nerozpoznatelná			Příjemná	
Vzorka	H27	O89	G28	D23	R78
Hodnotenie					

- Vôňa – špecifické pachy

Například: mliečna, vanilková, obilná, maslová, oriešková...

Vzorka	H27	O89	G28	D23	R78
Hodnotenie					

Chuťové vlastnosti

- Hrudkovitosť

1	2	3	4	5	
Nepříjemne piesčité, drhne na jazyku		Jemne piesčité		Celistvá	
Vzorka	H27	O89	G28	D23	R78
Hodnotenie					

- Sladkosť

1	2	3	4	5	
Nespoznateľná	Stredne intenzívna			Intenzívna	
Vzorka	H27	O89	G28	D23	R78
Hodnotenie					

- Kyslosť

1	2	3	4	5	
Nespoznateľná	Stredne intenzívna			Intenzívna	
Vzorka	H27	O89	G28	D23	R78
Hodnotenie					

- Horkosť

1	2	3	4	5	
Nespoznateľná	Stredne intenzívna			Intenzívna	
Vzorka	H27	O89	G28	D23	R78
Hodnotenie					

- Ďalšie chute:

Napríklad: mliečna, vanilková, obilná, maslová, oriešková...

Vzorka	H27	O89	G28	D23	R78
Hodnotenie					

- Celkový dojem

1	2	3	4	5	
Vzorka mi vôbec nechutila		Vzorka bola prijateľná		Vzorka mi veľmi chutila	
Vzorka	H27	O89	G28	D23	R78
Hodnotenie					