

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta chemická

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Brno, 2024

Bc. Igor Smatana



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

VÝVOJ A CHARAKTERIZACE VYSOKOPROTEINOVÝCH ROSTLINNÝCH JOGURTŮ

DEVELOPEMENT AND CHARACTERIZATION OF HIGH PROTEIN PLANT-BASED YOGURT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Igor Smatana

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaromír Pořízka, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání diplomové práce

Číslo práce: FCH-DIP1970/2023 Akademický rok: 2023/24
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií
Student: **Bc. Igor Smatana**
Studijní program: Chemie přírodních látek
Studijní obor: bez specializace
Vedoucí práce: **Ing. Jaromír Pořízka, Ph.D.**

Název diplomové práce:

Vývoj a charakterizace vysokoproteinových rostlinných jogurtů

Zadání diplomové práce:

1. Zpracovat literární rešerši zaměřenou na problematiku vývoje vysokoproteinových vegan jogurtů. Dále bude v teoretické části popisována oblast chemické a senzorické analýzy těchto druhů výrobků.
2. Navrhnout recepturu pro základní plant-based jogurt.
3. Vyrobit základní plant-based jogurt a provést fortifikaci pomocí různých rostlinných proteinových izolátů.
4. Provést nutriční a senzorické hodnocení výrobků.
5. Definovat závěry práce.

Termín odevzdání diplomové práce: 29.4.2024:

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

Bc. Igor Smatana
student

Ing. Jaromír Pořízka, Ph.D.
vedoucí práce

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.
vedoucí ústavu

V Brně dne 1.2.2024

prof. Ing. Michal Veselý, CSc.
děkan

ABSTRAKT

Diplomová práca bola zameraná na výrobu a charakterizáciu rastlinných jogurtov so zvýšeným obsahom proteínu. Cieľom bolo navrhnúť a optimalizovať receptúru nových rastlinných výrobkov. Motiváciou tejto práce bol stále rastúci dopyt po rastlinných alternatívach potravín v posledných rokoch.

Teoretická časť bola zameraná na trend rozvoja alternatív mliečnych výrobkov ako aj výživových výziev spojených s modernými diétami ako sú vegetariánstvo a vegánstvo. Na nutričný význam bielkovín a zloženie bielkovín rastlinného pôvodu. Na vplyv živých baktérií na ľudské zdravie, ale aj na bežné analytické metódy na stanovenie reologických a senzorických vlastností. V experimentálnej časti boli popísané nami použité metódy prípravy a charakterizácie nových rastlinných vysoko proteínových jogurtov.

Z výsledkov vyplynulo, že najväčšou výzvou pri výrobe rastlinných jogurtov, bez pridaných stabilizačných látok, je doceliť prijateľnú textúru, aby výrobky neboli ani príliš riedke ani príliš tuhé, s tým, aby sa zachovali vhodné senzorické vlastnosti. U výrobkov s prídavkom 20 g mandľového proteínu bola táto textúra takmer dosiahnutá, s tým, že boli zachované vhodné senzorické vlastnosti. Naopak u výrobkov obsahujúcich 10 g mandľového proteínu a 6 g hrachového alebo ryžového proteínu bola textúra neprijateľná a výrobky sa rozdeľovali na 2 fáze.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

Rastlinné jogurty, vysoký obsah proteínu, reologická analýza, senzorická analýza, rastlinné alternatívy mlieka

ABSTRACT

The thesis was focused on the production and characterization of plant-based yogurts with increased protein content. The aim was to design and optimize the formula of new plant-based products. The motivation for this work was the ever-increasing demand for plant-based food alternatives in recent years.

The theoretical part was focused on the trend of development of dairy alternatives as well as the nutritional challenges associated with modern diets such as vegetarianism and veganism. Focus was also on the nutritional importance of protein and the composition of proteins of plant origin. The impact of live bacteria on human health, as well as common analytical methods for determining rheological and sensory properties was also included. In the experimental part, the methods used for the preparation and characterization of novel plant-based high-protein yogurts were described.

The results showed that the biggest challenge in the production of plant-based yogurts, without added stabilizing agents, is to achieve an acceptable texture, so that the products are neither too watery nor too tough, while maintaining suitable sensory properties. For the products with the addition of 20 g of almond protein, this texture was almost achieved, while maintaining the appropriate sensory characteristics. In contrast, for products containing 10 g almond protein and 6 g of pea or rice protein, the texture was unacceptable and the products were splitting into 2 phases.

KEYWORDS

Plant-based yogurts, high protein content, rheological analysis, sensorial analysis, plant-based milk alternatives

SMATANA, Igor. *Vývoj a charakterizace vysokoproteinových rostlinných jogurtů* [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/157174>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Jaromír Pořízka.

PREHLÁSENIE

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

.....
podpis študenta

POĎAKOVANIE

Týmto by som sa rád poďakoval vedúcemu mojej diplomovej 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, hlavne môjmu bratovi a spoločnosti MADMONQ® bez ktorej by som to nezvládol napísať.

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	TEORETICKÁ ČASŤ	9
2.1	Rastlinné alternatívy mlieka	9
2.2	Trendy v rastlinnej strave	10
2.3	Rastlinné jogurty	11
2.3.1	Nutričné hodnoty rastlinných jogurtov	12
2.3.2	Výroba rastlinných jogurtov	13
2.4	Vplyv fermentačných baktérií na naše zdravie	15
2.5	Nutričný význam proteínov	15
2.5.1	Porovnanie rastlinných a živočíšnych proteínov	17
2.6	Funkčné potraviny a nutraceutiká	18
2.7	Analýza výrobkov	19
2.7.1	Reologická analýza	19
2.7.2	Senzorická analýza	20
3	EXPERIMENTÁLNA ČASŤ	22
3.1	Použité chemikálie	22
3.2	Použité prístroje	22
3.3	Použité suroviny	22
3.3.1	Použité kultúry	22
3.3.2	Použité proteíny	22
3.3.3	Použité alternatívy mlieka	23
3.3.4	Použité komerčné jogurty	23
3.4	Cytometrická analýza	24
3.5	Príprava inokula	24
3.6	Stanovenie cukrov	25
3.7	Stanovenie organických kyselín	25
3.8	Príprava rastlinných jogurtov	26
3.9	Reologická analýza	26
3.10	Senzorická analýza	27
4	VÝSLEDKY A DISKUSIA	28
4.1	Optimalizácia prípravy jogurtovej inokulácie	28
4.2	Výroba rastlinných jogurtov	30

4.2.1	Prvá fáza vývoja receptúry	30
4.2.2	Druhá fáza vývoja receptúry	32
4.3	Charakterizácia vyrobených rastlinných jogurtov.....	34
4.3.1	Stanovenie cukrov	34
4.3.2	Stanovenie organických kyselín.....	38
4.3.3	Reologická analýza	39
4.3.4	Senzorická analýza	48
5	ZÁVER.....	55
6	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	56
7	ZOZNAM PRÍLOH	62
7.1	Formulár k senzorickej analýze.....	62

1 ÚVOD

V dnešnej dobe je rastúcim trendom konzumácia rastlinných alternatív mlieka a mliečnych výrobkov ako sú jogurty, syry, zmrzliny a kefíry. Tento trend nastáva z rôznych dôvodov, medzi ktoré patria zdravotné dôvody, ako je intolerancia laktóza a alergia na mliečne bielkoviny, dôvody ochrany životného prostredia, z dôvodu popularizácie moderných diét, ako sú vegetariánstvo a vegánstvo, ale aj z etických dôvodov.

Vďaka týmto dôvodom vzniká veľké množstvo alternatív mliečnych výrobkov, ktoré však často neobsahujú výživové hodnoty ako ich mliečne varianty. Častým je nedostatok vitamínov B12 a D a nedostatok vápnika. Preto tieto výrobky bývajú často fortifikované aby sa doplnili tieto chýbajúce zložky, prípadne aby sa obohatili o iné zložky. Správnou fortifikáciou by sa mohlo doceliť vytvorenie takzvanej “superpotraviny“, čo je potravina bohatá na živiny a považuje sa za prospešnú pre ľudské zdravie.

V našej práci sme sa zamerali na výrobu rastlinných jogurtov, u ktorých nastávajú najväčšie problémy v oblasti senzorických a reologických vlastností. Aby sme sa pokúsili vylepšiť tieto vlastnosti, ako aj vylepšiť nutričné zloženie, naše výrobky boli fortifikované rastlinnými proteínmi. Toto prinášalo mnoho výziev, ako voľbu správnej fermentačnej kultúry, ktorá by bola schopná rásť aj v rastlinnom mlieku, alebo ako vyberanie správneho rastlinného proteínu a jeho množstva, ktoré vytváralo najlepšie reologické vlastnosti. Všetky výzvy museli byť vyriešené s tým, aby boli zachované vhodné senzorické vlastnosti výrobkov.

2 TEORETICKÁ ČASŤ

V teoretickej časti práce bola priblížená problematika rastlinných alternatív mlieka a jogurtov, ako aj otázky výživy a príjmu proteínu spojené s modernými diétami.

2.1 Rastlinné alternatívy mlieka

Kravske mlieko je základnou súčasťou ľudskej výživy už mnoho rokov. Táto potravina obsahuje mnoho základných živín, ako sú bielkoviny, minerály, vitamíny, tuky a cukor laktózu. Pre jeho zloženie sa považuje za dôležitú súčasť výživových odporúčaní v mnohých krajinách [1]. Avšak od roku 2012 jeho popularita klesá, pretože nie všetci ho môžu ľahko stráviť a vstrebať [2]. Medzi hlavné problémy patrí intolerancia laktózy a alergia na mliečne bielkoviny, ďalej obsah nasýtených tukov a cukru, obsah hormónov a používanie antibiotík u hovädzieho dobytku [3], [4], [5]. Okrem toho k dopytu po alternatívach ku kravskému mlieku prispievajú životné štýly ako vegetariánska a veganská strava, ale aj environmentálne otázky a etické dôvody [6]. Preto sa od roku 2012 výrazne zvýšil dopyt po nemliečnych nápojoch a to až o 61%. Popularita rastlinných alternatív k mliečnym výrobkom sa zvyšuje, pretože ľudia veria, že tieto alternatívy im umožnia cítiť sa zdravo a dosiahnuť ich fitness výsledky [7].

Alternatívy mlieka na rastlinnej báze sú vo vode rozpustené výťažky zo strukovín, obilnín, olejnatých semien, pseudocereálií, zeleniny a orechov [2], [8], čím vzniká emulzia, ktorá sa podobá kravskému mlieku [9]. Medzi najbežnejšie suroviny pre výrobu rastlinných alternatív mlieka v USA patria mandle, sója, oves a kokos [10].

Tabuľka 1: Suroviny používané pre rastlinné alternatívy mlieka [10]

Základ	Suroviny
Cereálie	Oves, Ryža, Kukurica, Špalda, Žito, Kamut
Strukoviny	Sója, Arašidy, Bambara, Červená fazuľa, Lupina, Hrach, Cícer, Vigna
Orechy	Mandle, Kešu, Kokos, Lieskové orechy, Pistácie, Vlašské orechy, Tigríe orechy
Olejnaté semená	Sezam, Ľan, Slnečnica, Konope
Pseudo-cereálie	Quinoa, Milička, Amaranth,
Iné	Zemiaky, Moringa, Kolokvinta, Melónové semiačka

Najdôležitejšími zložkami pre výrobu rastlinných alternatív sú rastlinné zdroje, voda, emulgátory a aditíva. Každý zložka musí byť starostlivo vybraná aby sa dosiahlo požadovaných vlastností. Veľmi dôležitá je aj kvalita vody, pretože je hlavnou zložkou rastlinných alternatív. Komerčné zdroje vody majú rôzne úrovne minerálnych látok a rôzne hodnoty pH. Okrem toho môžu obsahovať organické látky, ktoré môžu interagovať s emulgátormi alebo inými aditívami. Vďaka tomuto je nesmierne dôležitá úprava vody pred použitím, či už tepelným spracovaním, filtrovaním alebo reverznou osmózou [9].

Taktiež boli navrhnuté zmesi dvoch alebo viacerých mliečnych alternatív na zlepšenie výživových a sensorických vlastností. Napríklad zmes mandľovo-sójeových nápojov zlepšila sensorickú kvalitu [11]. Zmes bambara orechov, tigrích orechov a kokosu v pomere 1:3:2

zlepšila senzorické vlastnosti a vyvážila obsah bielkovín a vlákniny [12]. Zmes sójových bobov arašidov a kakaa zlepšila fyzikálno-chemické vlastnosti [10].

Takéto alternatívy sú cenené pre svoje funkčne aktívne zložky, ktoré často súvisia s ich vlastnosťami podporujúcimi zdravie a zabraňujúcimi chorobám. Jednou z hlavných výhod alternatív v porovnaní s konvenčným mliekom je, že energetický vstup na jednotku vyrobeného mlieka je v porovnaní so živočíšnym mliekom oveľa nižší, pričom vždy existuje možnosť manipulovať s ich zložením na základe dopytu. Hlavným obmedzujúcim faktorom pri prijímaní takýchto nekonvenčných nápojov je však ich náročná technológia výroby a slabý senzorický profil, čo platí najmä pre nápoje získané zo strukovín. Tieto výzvy sú príležitosťou pre priemyselné odvetvia aj pre výskumných pracovníkov, aby vynaložili veľké spoločné úsilie v oblasti segmentu funkčných bioaktívnych potravín na výrobu nových nápojov šitých na mieru, ktoré sú výživné, ekonomické a majú lepšiu funkčnosť [13].

Prítomnosť niektorých antinutričných faktorov, ktoré sa môžu vyskytovať prirodzene alebo sa môžu vyvinúť počas spracovania ako súčasť potravín, je jedným z hlavných problémov, ktorým čelí potravinársky priemysel pri komercializácii týchto výrobkov. Na zníženie antinutričných faktorov však boli štandardizované jednoduché metódy spracovania, ako je čistenie, praženie, namáčanie, klíčenie, fermentácia, rôzne tepelné a netepelné úpravy. Na zlepšenie senzorického profilu sa pri fortifikácii pomocou vhodnej technológie pridávajú rôzne aditíva, stabilizátory alebo emulgátory a na zlepšenie suspenzie, mikrobiálnej stability a trvanlivosti sa pasterizujú alebo ošetrujú ultravysokou teplotou [13].

Na splnenie požiadaviek spotrebiteľov, ktorí neustále menia svoje správanie vo vzťahu k novým potravinám, sa od vedeckej komunity skutočne očakáva postupné úsilie o zlepšenie kvality výrobkov prostredníctvom výskumných a vývojových činností a technologických zásahov [13].

2.2 Trendy v rastlinnej strave

Už viac ako 8000 rokov je kravské mlieko základnou súčasťou ľudskej výživy. Obsahuje niekoľko základných živín a v mnohých krajinách je dôležitou súčasťou výživových odporúčaní [14]. V niektorých krajinách, napríklad Rakúsku, sa odporúčajú tri porcie mlieka denne, vďaka jeho vysokému obsahu vápnika, bielkovín a vitamínov (A, B2 a B12) [15]. Avšak výroba mlieka má značný vplyv na životné prostredie. K hlavnými environmentálnym problémom súvisiacim s výrobou mlieka patrí degradácia pôdy, znečistenie ovzdušia a vody a strata biodiverzity [16].

Rastúci výskyt intolerancie laktózy a alergií na mliečne bielkoviny, obavy o životné prostredie a problémy spôsobené stravou bohatou na cholesterol vedú k rastúcemu dopytu po mliečnych alternatívach [16].

Negatívne titulky na internete, ako napríklad "Mliečny život? Čo tak mliečna deštrukcia: šokujúca pravda o mliečnom priemysle a životnom prostredí" od organizácie na ochranu zvierat. [17] "Mlieko nie je dobré pre vaše kosti" [18] od populárnej blogerky o potravinách, "11 dôvodov, prečo prestať piť kravské mlieko" [19] od environmentálnej platformy sú príklady nárastu kritiky mliečného priemyslu. Rastlinné mlieko je preto často prezentované ako zdravá

a k životnému prostrediu šetrná alternatíva [16]. Často má podobný vzhľad a chuť ako bežné mlieko a používa sa k rovnakým účelom [13]. Moderné diéty, ako sú vegánstvo, vegetariánstvo a iné, sú hnacou silou rastúceho dopytu po rastlinných alternatívach mlieka [20],[21]. Tieto alternatívy mlieka si mnohí ľudia zvolili nielen kvôli otázkam stravovania, ale aj kvôli ich presvedčeniu [16].

Celosvetový trh s rastlinným mliekom výrazne rastie a stáva sa hlavným prúdom. Rastlinné mlieka na trhu, ale nie sú žiadnou novinkou. Spoločnosti ako Alpro alebo Oatly začali pôsobiť v Európe už okolo roku 1980. Novinka je však dynamický rast v posledných rokoch [16].

Rastlinné mlieko a výrobky z rastlinného mlieka získajú v nasledujúcich rokoch väčší podiel na trhu, najmä v rozvinutých krajinách. Je to hlavne kvôli moderným diétam, ako sú flexitariánstvo, vegetariánstvo a vegánstvo [20], [21]. V kombinácii s otázkami zdravia, dobrých životných podmienok zvierat a vplyvu na životné prostredie bude rastlinné mlieko a rastlinné mliečne výrobky výzvou pre sektor mlieka a mliečnych výrobkov. Lepšie pochopenie správania spotrebiteľov, pokiaľ ide o to, ako vnímajú potravinové výrobky a ich environmentálne a etické vplyvy, by malo pomôcť podporiť ich udržateľnejší životný štýl navrhovaním lepších výrobkov. Viac rastlinnej stravy pri spotrebe mlieka určite podporí udržateľnejší životný štýl. Na rozvinutých trhoch, ako je Rakúsko, však stále existuje jasný, pozitívny obraz kravského mlieka ako prírodného a zdravého výrobku [16].

Na trhu môže existovať silný potenciál pre náhrady mlieka, ktoré sa svojou chuťou, vôňou a štruktúrou približujú kravskému mlieku. Okrem toho, spoločnosti vyrábajúce rastlinné mlieko by mohli ďalej diferencovať svoj trh. Na zdôraznenie pôžitku z konzumácie rastlinného mlieka by mohli využiť aspekty pôžitkárstva a wellness. Zdravotný aspekt by sa mohol riešiť poskytovaním informácií o rôznych spôsoboch stravovania a ich vplyve na zdravie. Okrem otázok udržateľnosti by sa tým podporila aj zdravá strava s väčším množstvom potravín rastlinného pôvodu a menším množstvom živočíšnych zdrojov [22]

2.3 Rastlinné jogurty

Kravské mlieko sa zvyčajne konzumuje v tekutej forme, v prášku alebo ako mliečne výrobky a to isté možno očakávať od rastlinných náhrad. V nadväznosti na túto možnosť majú čoraz väčší ohlas štúdie s rastlinným mliekom z rôznych surovín na výrobu sušeného rastlinného mlieka a jeho derivátov, ako sú syry, jogurty, fermentované, probiotické, kefíry a zmrzliny [23]

Jogurt, obyčajný alebo sladený, je v mnohých kultúrach veľmi obľúbenou potravinou. V Európe sa podľa výživových odporúčaní, odporúča konzumovať 100 - 250 g jogurtu denne [24]. Jogurt sa považuje za chutnú, zdravú a výživnú potravinu, ktorá dodáva niektoré dôležité vitamíny a minerály. Ľudia, ktorí sa zaujímajú o dodržiavanie udržateľnejšej stravy, alebo s intoleranciou na mliečne výrobky alebo, ktoré si želajú nemliečnu alternatívu kvôli moderným diétam, ako napríklad vegáni, si vyberajú bezlaktózovú rastlinnú alternatívu jogurtu. Zvyčajne je úroveň pohodlia takýchto osôb a iných osôb, ktoré chcú experimentovať s novými potravinami, najlepšie splnená, keď má alternatíva jogurtu podobný vzhľad a štruktúru ako mliečny výrobok. Rastúci záujem o nemliečne jogurty v kombinácii s prudkým nárastom záujmu o rastlinné alternatívy mlieka a mäsové alternatívy podnietil vznik rastlinného

potravinárskeho priemyslu v hodnote 5 miliárd amerických dolárov. Za posledných 15 rokov sa v USA počet jedincov, ktorí sa stravujú rastlinne, zvýšil o 300 %. Celosvetový trh s jogurtmi na rastlinnej báze mal v roku 2019 hodnotu 1,6 miliardy amerických dolárov a predpokladá sa, že v rokoch 2020 až 2027 bude rásť ročnou mierou rastu takmer 20 % [25].

Obl'uba jogurtových alternatív v poslednom desaťročí bola obzvlášť výrazná medzi mileniálmi. Počas výroby rastlinných alternatív jogurtov spoločnosti tvrdia, že pracujú pre zdravie planéty, šetria zdroje a znižujú vplyv svojej činnosti na životné prostredie a uhlíkovú stopu. Niektoré tvrdia, že používajú fair trade suroviny, a väčšina z nich tvrdí, že sú vegánske, bez geneticky modifikovaných organizmov a ekologické. Základom rastlinných jogurtov sú v súčasnosti mandle, kokos, oves alebo strukoviny ako sója, alebo hrášok. Okrem toho majú niektoré rastlinné alternatívy jogurtov jedinečné zdravotné vlastnosti. Napríklad jogurty na báze ľanu alebo konope obsahujú značné množstvo omega-3 mastných kyselín a vlákniny [25].

2.3.1 Nutričné hodnoty rastlinných jogurtov

Spotrebitelia, ktorí sa pravidelne spoliehajú na alternatívy mliečnych výrobkov, môžu byť z výživového hľadiska trochu ukrátení. Ak sa mliečny výrobok vhodne nenahradí, môže dôjsť k nedostatku bielkovín, vápnika a niektorých mikroživín. V prípade vegánov a osôb, ktoré obmedzujú príjem živočíšnych výrobkov, sú tri živiny veľmi dôležité. Ide o vápnik, vitamín D a vitamín B12 [26]. Vápnik a vitamín B12 dodávajú mliečne jogurty, zatiaľ čo vitamín D dodávajú len mliečne jogurty obohatené o vitamín D. Na druhej strane tieto tri živiny nedodávajú rastlinné alternatívy jogurtov vôbec, ak o ne nie sú obohatené. Ak sú rastlinné nemliečne nápoje obohatené, môžu mať podobné množstvo vápnika, vitamínov D a B12 ako mliečne výrobky, alebo môžu byť obohatené len o jednu alebo dve z týchto troch živín [25],[27].

Ludia, ktorí sa rozhodli pre rastlinnú stravu, môžu potrebovať poradenstvo od napríklad dietológa, aby si vybrali dobre obohatený nemliečny výrobok. Výber by mal byť ovplyvnený tým, ktorý poskytuje lepšiu úroveň bielkovín, vápnika, vitamínu D a vitamínu B12 [27]. Spotrebitelia sa zo zdravotných dôvodov zvyčajne zaujímajú o množstvo sodíka, cukru a tuku/nasýtených tukov, ktoré sa nachádzajú v potravinách, ktoré si kupujú. V poslednom čase sa konzumácia fermentovaných potravín obsahujúcich živé mikroorganizmy považuje za dôležitú zložku stravy na zlepšenie ľudského zdravia [28]. Okrem toho sa za probiotické zlúčeniny považujú vo vode rozpustná vlákna, kde patria aj gummy a inulín, a to vďaka ich fermentovateľnosti črevnou mikroflórou. Táto vlákna poskytuje celú radu výhod vrátane zlepšenia imunitného systému [29] [30].

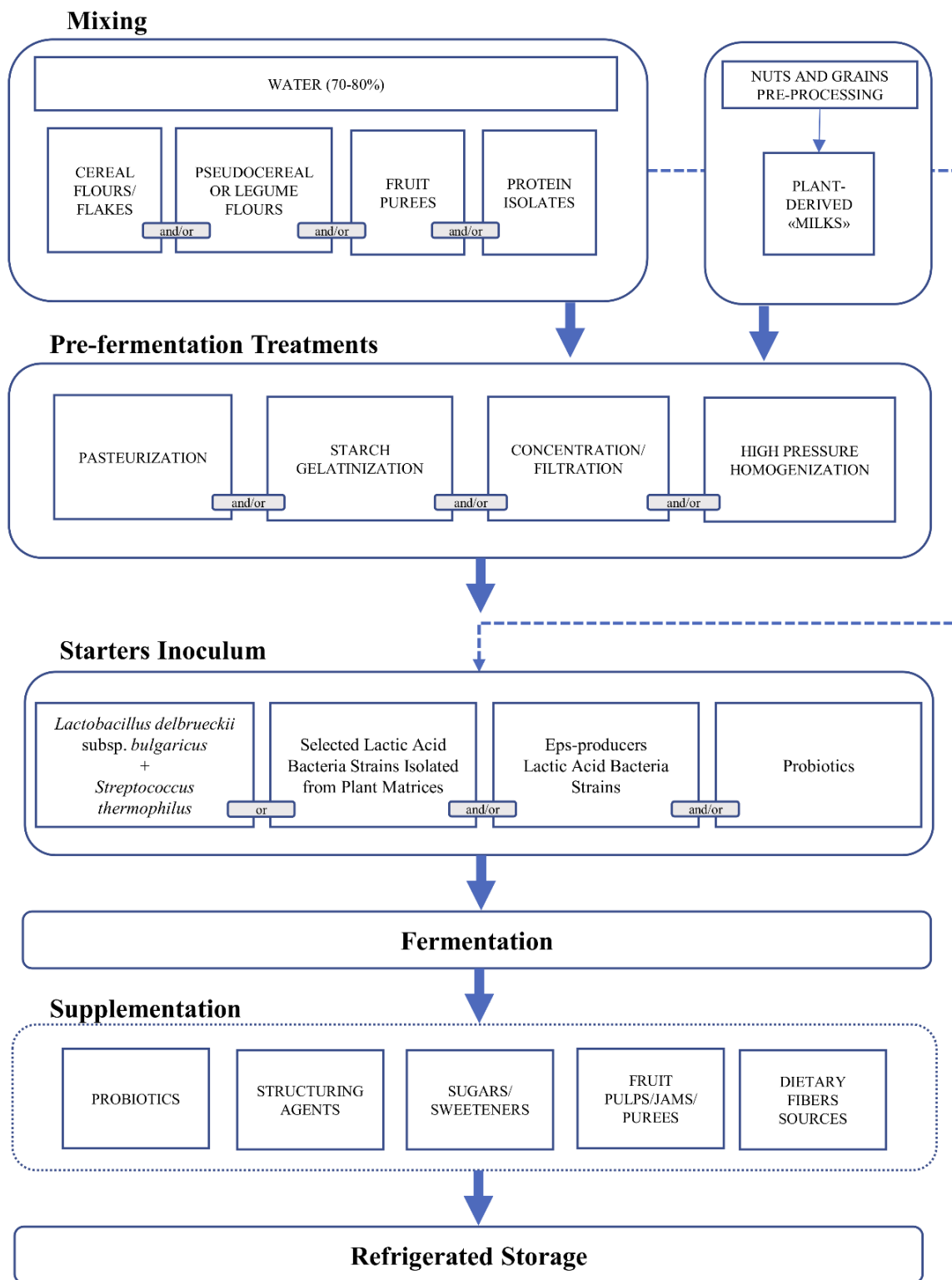
Najmenej tretina alternatívnych jogurtov obsahuje 5 g, alebo viac bielkovín na porciu, zatiaľ čo iba 4 % majú 10-11 g bielkovín na porciu. Väčšina rastlinných alternatív jogurtov nebýva ničím obohatená. Najlepšie obohatenie vykazujú výrobky, ktorých základom je oves, sója alebo zmes kokosu a strukovín. Väčšina bežných mliečnych jogurtov nie je obohatená o vitamín D, ale prirodzene obsahuje vápnik (10 % dennej dávky) aj vitamín B12 (40 % dennej dávky). Okrem toho, nemliečne nápoje rastlinného pôvodu majú bývať lepšie fortifikované ako rastlinné alternatívy jogurtov [25].

U alternatívnych jogurtov je 50 % s vysokým obsahom cukru a 93 % s nízkym obsahom sodíka. S výnimkou výrobkov na báze kokosu, jogurty nemali vysoký obsah tuku, ani nasýtených mastných kyselín. Medián obsahu vlákniny v rastlinných jogurtoch je 2 g na porciu. Najčastejšie používanou vlákninou je pektín, karobová guma a inulín. Táto prebiotická vláknina poskytuje množstvo zdravotných výhod pre črevnú mikroflóru. Prítomnosť aktívnych kultúr, v priemere 4 až 6 kultúr, tiež prospieva črevnej mikroflóre a zlepšuje zdravie [25].

2.3.2 Výroba rastlinných jogurtov

Jogurty sa vyznačujú krémovou štruktúrou vďaka sieti bielkovín získanej baktériami mliečneho kvasenia fermentáciou mlieka. V prípade rastlinných alternatív jogurtov predstavuje dosiahnutie podobných textúrnych vlastností, ako je správna viskozita, príľnavosť na lyžičke a organoleptické vnímanie, hlavnú technologickú výzvu. Napriek tomu, že prídavok štruktúrovacích látok, ako sú gummy a hydrokoloidy, často poskytuje spoľahlivé výsledky, vedecká komunita a potravinársky priemysel hodnotia udržateľnejšie riešenia, ktoré sú potenciálne prijateľnejšie pre moderného spotrebiteľa, ktorý si vyžaduje zníženú prítomnosť prídavných látok a čisté označenie potravín [31]

Preto sa skúmalo niekoľko technologických možností najmä na základe použitia tepelných úprav, enzýmov a fermentácie. Vzhľadom na to, že v surovinách môže chýbať niekoľko štruktúrnych zložiek (napríklad nízka koncentrácia alebo nízka technologická kvalita bielkovín), vo veľkej miere sa skúmalo pridávanie izolátov alebo koncentrátov rastlinných bielkovín do receptúr. Celkovo možno povedať, že zostavovanie receptúr alternatív rastlinných jogurtov zahŕňa kombináciu riešení schematicky znázornených na obrázku (obrázok 1) [31].



Obrázok 1: Vývojový diagram výroby rastlinného jogurtu, vrátane biotechnologických možností navrhnutých v súčasnej vedeckej literatúre [31].

2.4 Vplyv fermentačných baktérií na naše zdravie

Zvýšená spotreba jogurtov, kefiru a iných fermentovaných potravín je sčasti spôsobená zdravotnými výhodami, ktoré tieto výrobky môžu prinášať. Epidemiologické štúdie ukázali, že konzumácia fermentovaných potravín je spojená so znížením rizika cukrovky 2. typu, metabolického syndrómu a srdcových ochorení, ako aj s lepšou reguláciou hmotnosti. Predpokladá sa, že mikroorganizmy prítomné v týchto potravinách prispievajú k týmto zdravotným výhodám. Patria medzi ne jogurtové kultúry *Streptococcus thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus*, ako aj kmene *Bifidobacterium* a *Lactobacillus*, ktoré sa pridávajú pre ich probiotické vlastnosti. Naproti tomu v prípade iných fermentovaných potravín, ako je kyslá kapusta, kimči a miso, sa fermentácia iniciuje autochtónnymi mikróbmi prítomnými v surovine. V obidvoch prípadoch, aby tieto mikróby spojené s fermentáciou ovplyvnili črevný mikrobióm a prispeli k zdraviu hostiteľa, musia aspoň prechodne prekonať kolonizačnú rezistenciu a iné obranné faktory hostiteľa. Kultivačné a na kultúre nezávislé metódy v súčasnosti jasne preukázali, že mnohé z týchto mikróbov prítomných vo fermentovaných mliečnych a nemliečnych potravinách sa skutočne dostávajú do tráviaceho traktu. Viaceré štúdie ukázali, že konzumácia jogurtu a iných fermentovaných potravín môže zlepšiť črevné a mimočrevné zdravie a môže byť užitočná pri zlepšovaní malabsorpcie laktózy, liečbe infekčných hnačiek, znižovaní trvania a výskytu respiračných infekcií a posilňovaní imunitných a protizápalových reakcií [32].

Dnešní spotrebiteľia hľadajú potraviny, ktoré sú minimálne spracované, prirodzenejšie a bezpečnejšie na konzumáciu. Probiotiká majú v mliekarenskom priemysle široké uplatnenie. Vzhľadom na rastúci dopyt po rastlinných potravinách je preto potrebné preskúmať ich využitie v sektore nemliečnych potravín rastlinného pôvodu. Okrem toho sa nové probiotické aplikácie v rastlinných potravinových systémoch stávajú veľmi populárnymi. V dobe, keď patogény vykazujú rezistenciu voči antibiotikám, má metóda „biokonzervácie“ veľký význam. Aplikácia probiotík sa zdá byť sľubnou metódou biokonzervácie na zvýšenie trvanlivosti a konečnej kvality potravín a nápojov rastlinného pôvodu. Štúdium vlastností probiotík a ich podávanie pomáha skúmať možné aplikácie probiotík v oblasti bezpečnosti potravín - oblasti, ktorá nebola príliš preskúmaná. Ďalšie štúdie by sa mali zamerať na nahradenie chemických konzervačných metodík biokonzerváciou z hľadiska bezpečnosti a ochrany životného prostredia. Ďalej, probiotická úprava v tomto ohľade nie je len alternatívou k chemickej úprave, ale aj technikou podporujúcou zdravie [33].

2.5 Nutričný význam proteínov

Proteíny sú biomakromolekulárne látky skladajúce sa z dlhých radov aminokyselín spojených peptidovými väzbami. Aminokyseliny (AK) rozdelujeme na esenciálne (EAK) a neesenciálne (NAK). Esenciálne sú tie, ktoré musíme prijať v potrave, pretože si ich telo nedokáže vyrobiť, naopak neesenciálne si ľudské telo dokáže vyrobiť v metabolizme. Po požití sú bielkoviny v lumenoch gastrointestinálneho traktu hydrolyzované proteázami a peptidázami za vzniku dipeptidov, tripeptidov a aminokyselín. 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 [34].

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 [34].

Proteíny zohrávajú kľúčovú úlohu pri raste, udržiavaní a fyziologických funkciách ľudského tela [35]. Všetky aminokyseliny sú dôležité pri syntéze a fungovaní svalov a orgánov, ako aj enzýmov, hormónov a imunitného systému [36]. Na uspokojenie metabolických potrieb a zabezpečenie správneho fungovania ľudského organizmu je teda nevyhnutná konzumácia primeraného množstva bielkovín, aby sa splnili požiadavky na celkový dusík aj na EAK [37].

Okrem celkového príjmu bielkovín boli definované aj požiadavky na jednotlivé EAK [30,32]. Požiadavky na EAK definované Organizáciou Spojených národov pre výživu a poľnohospodárstvo [38], [39] a Európskym úradom pre bezpečnosť potravín [40] sú uvedené v tabuľke 2. Podobne ako v prípade hodnôt odporúčanej dennej dávky pre celkové bielkoviny [40] sú požiadavky na EAK najvyššie pre 0,5-1-ročné deti a postupne klesajú so zvyšujúcim sa vekom (tabuľka 2). Klesajúce požiadavky na jednotlivé EAK s rastúcim vekom odrážajú skutočnosť, že v skorých štádiách života sú potrebné na rast, vývoj a udržiavanie organizmu, zatiaľ čo v neskorších štádiách života sa požiadavky na rast a vývoj postupne znižujú a sú založené najmä na udržiavaní [37,38]. Vzhľadom na požiadavky na EAK a skutočnosť, že bielkoviny sú jediným potravinovým zdrojom EAK, tak odporúčaná denná dávka pre bielkoviny teda neobsahuje len kvantitatívny aspekt, ale aj kvalitatívny aspekt, a teda odporúčaná denná dávka 0,83 g bielkovín/kg telesnej hmotnosti za den pre dospelých postačuje na splnenie požiadaviek cieľovej populácie len vtedy, ak tento príjem poskytuje aj množstvo EAK uvedené v tabuľke (tabuľka 2). V prípade bielkovín, ktoré nemôžu splňať tieto úrovne EAK pri odporúčanej dennej dávke, môže ich príjem iba v odporúčanej dennej dávke viesť k nedostatočnému príjmu jedného alebo viacerých EAK. V tom prípade treba na dosiahnutie odporúčaného príjmu EAK potrebné prijať vyššie množstvo bielkovín [41].

Tabuľka 2: Odporúčaná denná dávka EAK v mg/kg váhy na deň [41]

Vek	His	Ile	Leu	Lys	AKOS	AAK	Thr	Trp	Val
0,5–1	22	36	73	64	31	59	34	9,5	49
1–2	15	27	54	45	22	40	23	6,4	36
3–10	12	23	44	35	18	30	18	4,8	29
11–14	12	22	44	35	17	30	18	4,8	29
15–18	11	21	42	33	16	28	17	4,5	28
>18	10	20	39	30	15	25	15	4,0	26

AKOS = aminokyseliny obsahujúce síru (Cys + Met)

AAK = aromatické aminokyseliny (Phe + Tyr)

Osoby konzumujúce rastlinnú stravu majú nižší alebo podobný príjem energie, bielkovín, celkových tukov, nasýtených tukov, mononenasýtených mastných kyselín a pridaného cukru a vyšší, alebo podobný príjem sacharidov, polynenasýtených mastných kyselín (vrátane n-3 a n-6), celkových cukrov a vlákniny ako osoby konzumujúce bežnú stravu [42].

Avšak osoby konzumujúce rastlinnú stravu mali nižší alebo podobný príjem vitamínu D, riboflavínu, niacínu, pantotenátu, vitamínu B6, vitamínu B12, zinku, jódu, selénu, fosforu a sodíka a vyšší alebo podobný príjem vitamínov A, E, C, tiamínu, folátov, biotínu, železa, horčíka, medi, mangánu a draslíka ako osoby konzumujúce bežnú stravu. Zistenia týkajúce sa vápnika sa líšili v závislosti od miery vylúčenia mliečnych výrobkov, pričom príjem pri vegánskej strave bol nižší ako pri ostatných druhoch stravy a pri všežravnej strave. Aj keď príjem bielkovín, n-3, železa a zinku z rastlinnej stravy bol vo všeobecnosti dostatočný, je dôležité si uvedomiť nižšiu biologickú dostupnosť týchto živín z rastlinných potravín v porovnaní s výrobkami živočíšneho pôvodu [42].

2.5.1 Porovnanie rastlinných a živočíšnych proteínov

Obsah EAK a zloženie AK v potravinovom zdroji bielkovín prispievajú k rozdielnej odpovedi svalovej syntézy bielkovín na požitie rôznych bielkovín. Nižší obsah EAK a špecifický nedostatok dostatočného množstva leucínu, lyzínu alebo metionínu môžu byť zodpovedné za nižšiu anabolickú kapacitu bielkovín rastlinného pôvodu v porovnaní s bielkovinami živočíšneho pôvodu. Obsah EAK bol v rastlinných proteínových izolátoch, ako je ovos (21 %), lupina (21 %) a pšenica (22 %), nižší ako v živočíšnych proteínoch (srvátka 43 %, mlieko 39 %, kazeín 34 % a vajce 32 %) a ľudských svalových proteínoch (38 %). Profily AK sa medzi rastlinnými bielkovinami značne líšili, pričom obsah leucínu sa pohyboval od 5,1 % v prípade konopného proteínu po 13,5 % v prípade kukuričného proteínu v porovnaní s 9,0 % v prípade mlieka, 7,0 % v prípade vaječného proteínu a 7,6 % v prípade svalového proteínu. Metionín a lyzín boli zvyčajne nižšie v rastlinných bielkovinách ($1,0 \pm 0,3$ a $3,6 \pm 0,6$ %) v porovnaní s bielkovinami živočíšneho pôvodu ($2,5 \pm 0,1$ a $7,0 \pm 0,6$ %) a svalovými bielkovinami (2,0 a 7,8 %). Môžeme teda konštatovať, že medzi rôznymi izolátmi bielkovín rastlinného pôvodu existujú veľké rozdiely v obsahu EAK a zložení AK. Kombinácie rôznych rastlinných bielkovinových izolátov alebo zmesí živočíšnych a rastlinných bielkovín môžu poskytnúť

vlastnosti bielkovín, ktoré presne zodpovedajú typickým vlastnostiam živočíšnych bielkovín [43].

2.6 Funkčné potraviny a nutraceutiká

Pod pojmom funkčné potraviny rozumieme potraviny, spracované alebo nespracované, ktoré na základe vedeckých štúdií môžu prispieť k dosiahnutiu špecifických funkčných cieľov v ľudskom organizme a zohrávajú dôležitú úlohu v oblasti prevencie degeneratívnych ochorení a podpory zdravia. Možné prospešné vlastnosti funkčných potravín vyplývajú z ich obsahu bioaktívnych zložiek so špecifickými biologickými vlastnosťami a účinkami v ľudskom tele. Niektoré príklady spracovaných funkčných potravín sú mlieko obohatené vápnikom, šľavy obohatené ω -3 masnými kyselinami, jogurty s probiotickými organizmami a margaríny obohatené fytosterolmi. Zároveň stále nové vedecké poznatky potvrdzujú potenciálne prospešné vlastnosti rôznych bežných potravín, ako sú čaj, čučoriedky, granátové jablko, bobuľové ovocie, hrochy a mnohé ďalšie, ktoré sú známe pod pojmom „superpotraviny“. Výskyt množstva chronických degeneratívnych ochorení, ako sú kardiovaskulárne ochorenia, cukrovka, obezita, osteoporóza a rakovina, viedol v poslednom čase k hľadaniu spôsobov, ako brániť ľudské zdravie prostredníctvom prijatia vhodných stravovacích návykov. Preto sa funkčné potraviny za predpokladu, že sú v súlade s hygienou a vyváženou výživou, navrhujú ako potenciálne riešenie na posilnenie stratégie prevencie, aby sa predišlo potrebe liečby s cieľom podporiť zdravie obyvateľstva [44].

Z prehľadu vedeckých údajov vyplýva, že konzumácia superpotravín môže ľudskému telu ponúknuť množstvo antimikrobiálnych a antioxidantných látok, vlákniny, množstvo vitamínov (A, B, C, K atď.), anorganických zlúčenín, ale aj prospešných masných kyselín, ako sú ω -3, ω -6 a ďalšie zložky v množstvách, ktoré často preyšujú bežný denný príjem iných potravín. Zaradenie superpotravín do každodennej stravy môže prispieť k zníženiu rizika rôznych degeneratívnych ochorení, ako sú kardiovaskulárne ochorenia, cukrovka, metabolický syndróm, obezita, neurologické ochorenia a rakovina. Zdá sa teda, že superpotraviny plnia základnú úlohu bežných funkčných potravín v prevencii, pretože ponúkajú vysoké množstvo bioaktívnych látok [44].

Zároveň je dôležité, aby poskytovali množstvo živín, ktoré majú zvyčajne nízky obsah kalórií. Bez ohľadu na všetky uznané a vedecky zdokumentované zdravotné prínosy superpotravín treba poznamenať, že výživový program by nemal byť založený výlučne na prítomnosti superpotravín, ale tieto musia byť súčasťou zdravej a vyváženej stravy. Nepretržitý a rýchly rytmus každodenného života však viedol k vytvoreniu modelu stravovania, v ktorom chýbajú určité potraviny, ktoré ponúkajú hodnotné živiny. Práve túto "výživovú medzeru" môžu pokryť superpotraviny tým, že na jednej strane ponúkajú vyváženú výživu a na druhej strane významné zdravotné výhody. Práve v tomto bode by sa mal klásť osobitný dôraz na to, aby sa superpotraviny zaradovali do čoraz väčšieho počtu výživových noriem, ale aby nenahrádzali konzumáciu iných potravín, ktoré ľudskému organizmu poskytujú hodnotné živiny [44].

Na jednej strane je dôležité, aby boli spotrebiteľia informovaní z kvalifikovaných vedeckých zdrojov o tých "superpotravínach", v prípade ktorých existuje dostatok dôkazov o ich

priaznivých účinkoch na ľudské zdravie, aby sa predišlo možnosti zavádzania, a na druhej strane, aby si uvedomili, že superpotraviny, ktoré sa skôr konzumujú ako výživové doplnky, môžu mať nepriaznivý vplyv na ich zdravie (napr. hypotenzia, prooxidačný stres, vyradenie z vyváženej stravy atď.) Neustále šírenie superpotravín je faktom vyplývajúcim z tendencie hľadať nové spôsoby ochrany zdravia, a to v dôsledku intenzívneho životného rytmu modernej reality. V tejto súvislosti môžu superpotraviny pri stabilnej a starostlivej konzumácii, vždy v kontexte vyváženej stravy, zohrávať dôležitú úlohu v smere podpory zdravia a prevencie chronických ochorení [44].

Trh s nutraceutikami a funkčnými potravinami je jedným z najrýchlejšie rastúcich segmentov potravín vo vývoji nových potravín. V nedávnej minulosti sa zameranie nápojového priemyslu presunulo na zvyšovanie výživovej hodnoty potravín a ich funkčné obohacovanie. Na doplnenie potravín o nutraceutické funkcie sa rastlinné zdroje s cieľovými funkčnými zlúčeninami používajú buď priamo ako potraviny, alebo na separáciu cieľových zlúčenín. Medzi nápojmi sa mlieko považuje za plnohodnotnú kompletnú potravinu, ktorá poskytuje makroživiny (tuky, bielkoviny a sacharidy) a mikroživiny (vápnik, selén, riboflavín, vitamín B12 a kyselinu pantoténovú, vitamín B5) vo vyváženom pomere. Avšak obmedzený prístup k mlieku v niektorých regiónoch sveta, nízka dostupnosť určitých minerálov (železo), vitamínov (foláty) a iných biomolekúl (aminokyseliny) spolu s problémami, ako je alergia na mlieko, neznášanlivosť laktózy a hypercholesterolémia, prinútili niektoré špecifické skupiny obyvateľstva hľadať lepšie alternatívy mlieka, ktoré sú výživovo výhodnejšie alebo aspoň rovnocenné s bežným mliekom. Rastlinné plnohodnotné alebo miešané alternatívy mlieka sú lepšie preskúmané ako lacné alternatívy konvenčného mlieka pre ľudí, ktorí z toho či onoho dôvodu hľadajú lepšie alternatívy. Na trhu s alternatívami mlieka v súčasnosti dominuje sójové mlieko, ovsené mlieko, kokosové mlieko, konopné mlieko, kakaové mlieko a viacvrstvné mlieko [13].

2.7 Analýza výrobkov

Aby boli výrobky správne charakterizované, používajú sa rôzne analytické metódy. Nižšie nájdeme opis reologickej a senzorickej analýzy, keďže to boli dve hlavné analýzy použité na naše výsledné vzorky.

2.7.1 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 nennewtonské 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 [45].

2.7.2 Senzorická analýza

Senzorické vlastnosti, ako je chuť, textúra, pocit v ústach, sú rozhodujúce pre prijatie produktu spotrebiteľmi. Preto je veľmi dôležité pochopenie a meranie sensorických 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 (požitku), ktoré je ovplyvnené sensorickými vlastnosťami jedla, predchádzajúcim sa vystavením danému jedlu a následným očakávaniam, kontextovými faktormi, kultúrou jednotlivca, fyziologickým stavom (hlad, smäd a prítomnosť/nepriťomnosť choroby) a mnohými ďalšími premennými. Meranie akceptácie potravín je veľmi zložitá a spolieha sa psychometriu (škály) a/alebo modely správania (modely výberu potravín) [46].

Prijateľnosť potraviny zo sensorického 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 sensorických 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 (nepriťomnosť pripálenia, nepriťomnosť hrudiek v zemiakovej kaši). Farba ovplyvňuje prijateľnosť, ovplyvňuje chuťové prahy, vnímanie chuti, očakávanú príjemnosť jedla a prijateľnosť. Napríklad určité farby sú spojené s konkrétnymi príchutiami, žltá môže chuť kyslo, pretože môže byť asociovaná s citrónmi. Intenzívnejšie sfarbené potraviny môžu byť vnímané ako potraviny s intenzívnejšou chuťou [46].

2.7.2.1 Senzorické laboratórium

Pre sensorické laboratória platí norma: ČSN EN ISO 8589 Senzorická analýza - Obecné pokyny pro uspořádání sensorického 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:
 - Deliacia doska so soklovým panelom a poklopom vedúcim do prípravovne.
 - 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
 - Deliacia stena s výškou prispôbenou výške stropu

3 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

V tejto kapitole nájdeme všetky použité chemikálie a prístroje, analýzy a postupy akými boli vykonané a prípravu našich výrobkov.

3.1 Použité chemikálie

- Acetonitril p.a.
- kyselina chlorovodíková p.a.
- chlorid sodný p.a.

3.2 Použité prístroje

- Predvážky Denver Instrument S-4002
- Analytické váhy Kern ABJ 80-4M
- Centrifúga Rotina 420R Hettich Zentrifugen
- Cytometr Cytex NL-2000
- Shimadzu GT-104 (HPLC)
- Metrohm 850 Professional IC
- inkubátorom Memmert INE 400
- jogurtovač GAIA
- reometer AR G2, TA instruments Ltd.
- pH elektróda HALO pH/Temp probe značky HANNA

3.3 Použité suroviny

V tejto kapitole nájdeme všetky použité suroviny použité počas výroby vysoko proteínových rastlinných jogurtov.

3.3.1 Použité kultúry

Pre experimenty boli využité jogurtové kultúry YFL812 a probiotické kultúry ABT (dostupné z e-shopu ekokoza.cz). Kultúry YFL812 obsahujú dva druhy baktérií a to klasické baktérie mliečneho kvasenia *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus*, ktoré po fermentácii v kravskom mlieku vytvárajú jogurty s veľmi jemnou chuťou a vysokou viskozitou, avšak po úprave fermentácie sa môžu použiť na výrobu rôznych druhov jogurtov. Teplotné optimum pre tieto baktérie je 43 °C, doba zrania je závislá na dávkovaní kultúry, ale pohybuje sa od 4 – 6 hodín. Pripravený jogurt by mal mať pH 4,4 [47].

Kultúry ABT sú zložené z probiotických kmeňov BB-12 a LA-5 a kmene *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* a *Bifidobacterium*. Tieto kultúry sú vhodné na výrobu kvasených nápojov a jogurtov z kravského mlieka. Po jej fermentácii sa vytvorí zakysané mlieko s pevným telom, jemnou chuťou a minimálnou post-acidifikáciou. Pre správnu fermentáciu by teplota mala byť 85 °C po dobu 30 minút [48].

3.3.2 Použité proteíny

Pre prípravu vzoriek boli použité rôzne proteíny. Konkrétne to boli sójový izolát, hrachový izolát, izolát z hnedej ryže a mandľový proteín. V tabuľke 3 nájdeme zloženia týchto použitých proteínov.

Tabuľka 3: Zloženie použitých proteínov na 100 g výrobku

	Sójový proteín	Hrachový proteín	Proteín z hnedej ryže	Mandľový proteín
Energia	360 kcal	388 kcal	423 kcal	359 kcal
Tuky	1,5 g	5,5 g	2,1 g	8,8 g
–z toho nasýtené mastné kyseliny	0,5 g	1,0 g	0,4 g	1,0 g
Sacharidy	1,8 g	2,6 g	3,8 g	8,2 g
–z toho cukry	0,5 g	1,0 g	1,0 g	8,2 g
Vláknina	–	4,1 g	8,0 g	17,3 g
Bielkoviny	90,0 g	80,0 g	78,0 g	53,2 g
Soľ	0,50 g	1,90 g	<0,01 g	<0,10 g

3.3.3 Použité alternatívy mlieka

Pre výrobu vysoko proteínových rastlinných jogurtov, boli na prípravu inokula a z počiatku aj výrobkov používané rastlinné alternatívy mliek. Používané boli alternatívy sójové, mandľové, ryžové, kokosové mlieko a kokosová voda. Presné zloženie týchto výrobkov nájdeme v tabuľke 4 nižšie.

Tabuľka 4: Zloženie použitých rastlinných alternatív mlieka na 100 ml výrobku

	Sójové	Mandľové	Ryžové	Kokosové mlieko	Kokosová voda	Plnotučné mlieko
Energia	39 kcal	15 kcal	61 kcal	205 kcal	13 kcal	64 kcal
Tuky	1,9 g	1,4 g	1,4 g	21,0 g	0 g	3,5 g
–z toho nasýtené mastné kyseliny	0,3 g	0,1 g	0,4 g	20,0 g	0 g	2,3 g
Sacharidy	1,3 g	0 g	12,0 g	1,8 g	3,3 g	4,8 g
–z toho cukry	0,7 g	0 g	4,8 g	1,8 g	2,2 g	4,8 g
Bielkoviny	3,6 g	0,5 g	0 g	1,8 g	0 g	3,2 g
Soľ	0,10 g	0,14 g	0,10 g	0,06 g	0,06 g	0,10 g

3.3.4 Použité komerčné jogurty

Pre zrovnanie experimentálnych jogurtov boli vybrané aj jogurty komerčné. Značky, typ a zloženia týchto jogurtov nájdeme v tabuľke 5 nižšie. Tieto jogurty boli používané ako porovnanie pri senzorickej, reologickej a cytometrickej analýze.

Tabuľka 5: Zloženie použitých komerčných výrobkov na 100 g výrobku

	Rastlinný Alpro sójový jogurt	Rastlinný JoyPure kokosový jogurt	Klasický Vlašský biely jogurt
Energia	51 kcal	95 kcal	65 kcal
Tuky	2,3 g	8,2 g	3,1 g
–z toho nasýtené mastné kyseliny	0,4 g	7,7 g	2,0 g
Sacharidy	2,3 g	4,8 g	5,0 g
–z toho cukry	2,2 g	0,9 g	5,0 g
Vláknina	0,9 g	-	-
Bielkoviny	4,0 g	0,5 g	4,3 g
Soľ	0,24 g	0,05 g	0,10 g
Kultúry	Jogurtová kultúra	Veganská kultúra	Jogurtová kultúra

Veganské kultúry sa navzájom dosť líšia, ale najčastejšie obsahujú klasické jogurtové baktérie a buď niektoré, alebo všetky z týchto kmeňov: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus gasseri*, *Lactobacillus casei* sp. *rhamnosus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium infantis*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium adolescentis*.

3.4 Cytometrická analýza

Počas výroby jogurtov dochádza k očkovaniu mlieka baktériami mliečneho kvasenia, avšak pri používaní rastlinných alternatív mlieka sa môžu používať aj iné kultúry. Pri výrobe experimentálnych vzoriek boli používané dva rôzne fermentačné základy ako je spomínané v kapitole 3.3.1. Keďže cieľom bolo vyrobiť čisto rastlinné výrobky, tak sa inokulum taktiež pripravovalo do rastlinného mlieka. Na začiatku nebolo známe ktoré kultúry budú lepšie rásť v rastlinných mliekach a taktiež nebolo známe v ktorej alternatíve mlieka budú rásť najlepšie. Preto bola počas vývoja inokula vyhotovená cytometrická analýza.

Analýza prebiehala na cytometri Cytek NL–2000. Vzorky boli merané po 24 a 48 hodinách. Vzorky boli pripravené tak, že boli 1000 krát zriedené vo fyziologickom roztoku, čo je 0,9 % roztok chloridu sodného. Keďže nebola meraná životaschopnosť buniek, ale iba ich počet nebolo potrebné používať žiadne špeciálne nastavenie zariadenia. Cytometer meral čas za ktorý cezeň prešlo 10 000 buniek na strednom prietoku. Po zmeraní 10 000 buniek bolo zo zaznamenaného času dopočítané, koľko buniek obsahovala celá vzorka a následne vybraná najlepšia pre pokračovanie vývoja našich výrobkov.

3.5 Príprava inokula

Na prípravu inokula sa pri bežných jogurtoch používa kravské mlieko a príslušné baktérie, avšak na zachovanie rastlinného zloženia výrobkov boli použité rastlinné alternatívy mlieka. Pre výrobu inokula bolo vybraných 5 alternatív mlieka v ktorých by baktérie mohli prežiť a dostatočne rásť. Tieto alternatívy mlieka nájdeme v kapitole 3.3.3 v tabuľke 4. Následne bola vyhotovená cytometrická analýza na zistenie, v ktorej alternatíve mlieka sa kultúry najviac

rozmnožili, a ktorá z dvoch spomínaných kultúr narástla viac. Presný priebeh cytometrickej analýzy a dôvody prečo bola na prípravu inokula vybraná kultúra YF a mandľová alternatíva mlieka nájdeme v kapitole 4.1.

Po výbere alternatívy mlieka a kultúry bolo pripravené inokulum. Inokulum bolo pripravené rozpustením 1 g kultúry YF v 100 ml mandľovej alternatívy mlieka a prevedené do uzatvárateľnej nádoby. Následne bolo 24 hodín ponechané na bezpečnom mieste pri laboratórnej teplote 25 °C a po 24 hodinách skladované v chladničke pri teplote 5 °C.

3.6 Stanovenie cukrov

Stanovenie cukrov bolo vyhotovené z dôvodu zistenia, v ktorých alternatívach mlieka sa nachádzajú aké cukry a následne po výrobe produktov, bolo odmerané, koľko cukru baktérie spotrebovali počas fermentácie. Stanovenie cukrov prebiehalo na HPLC zariadení Shimadzu GT-104. Použitá mobilná fáza bola zložená z acetonitrilu a vody v pomere 80:20 (80 – acetonitril:20 – voda). Analýza prebiehala na amino kolone Waters 3,9x300 mm WAT 084038. Nástrekový objem bol 1 µl a nástrek prebiehal ručne pomocou mikrostriekačky Hamilton. Prietok mobilnej fázy bol 1,2 ml za 1 minútu a čas merania vzorky bol 15 minút. Výsledky boli zaznamenávané uRIU detektorom. Vzorky boli najprv zbavené proteínov a lipidov a to buď, zmenou pH na hodnotu 4 pomocou 1 molárnej kyseliny chlorovodíkovej, alebo extrahovaním pomocou acetonitrilu v pomere 1:1 po dobu 30 sekúnd na vortexe. Následne v oboch prípadoch prebehla centrifugácia, centrifúgov Rotina 420R Hettich Zentrifugen, pri 10 000 rcf po dobu 10 min. Supernatant bol nakoniec prefiltrovaný pomocou striekačkového filtru Clarify NY 0,45 µm a prípadne skladovaný v chladničke pri 5 °C. Štandardy cukrov nájdeme v tabuľke 6.

Tabuľka 6: Použité štandardy cukrov

Cukor	Koncentrácia	Plocha píku
Fruktóza	5 g/l	471 787
Glukóza	5 g/l	664 545
Laktóza	5 g/l	472 523
Sacharóza	5 g/l	462 340

3.7 Stanovenie organických kyselín

Organické kyseliny boli stanovované pomocou iónovej kvapalinovej chromatografie na prístroji značky Metrohm 850 Professional IC. Použitá bola mobilná fáza s prítokom 0,6 ml za 1 minútu. Použitá bola kolona Metrosep Organic Acids – 250/7,8 a detektor Conductivity detector 1 (850 Professional IC 1). Čas merania vzorky bol 35 minút. Vzorky boli pripravené následovne. Vzorky boli centrifugované pri 10 000 rcf po dobu 10 min. Supernatant bol odobraný a prefiltrovaný pomocou striekačkového filtru do 10 ml plastových skúmaviek a pripravený na meranie. Použité štandardy organických kyselín nájdeme v tabuľke 7.

Tabuľka 7: Použité štandardy organických kyselín

Organická kyselina	Koncentrácia	Plocha píku
Citrate	0,1 g/l	0,4872
Malat	0,1 g/l	0,4550
Lactat	0,1 g/l	0,2421
Formate	0,1 g/l	0,6437
Acetate	0,1 g/l	0,4317
butyrate	0,1 g/l	0,2667

3.8 Príprava rastlinných jogurtov

Na prípravu rastlinných jogurtov bolo použité inokulum, z mandľovej alternatívy mlieka vybraté predošlými analýzami. Ako prvý pokus výroby bola použitá mandľová alternatíva mlieka s prídavkami rôznych cukrov, ktorá bola zaočkovaná 1 ml inokula. Vždy bolo použitých 100 ml mliečnej alternatívy s prídavkom 4 g cukrov sacharózy, laktózy, fruktózy a glukózy a fermentované v jogurtovači GAIA. Tieto výrobky však nespĺňali nami stanovené parametre a preto bol postup zmenený.

Novo vytvorené vzorky boli inšpirované štúdiou od Junxia Wu a spol. z roku 2023, kde sa zaoberajú vlastnosťami fermentovaného gélu vytvoreného zo sójového proteínového izolátu [49]. Podľa tejto štúdie boli po optimalizácii vytvorené vzorky a ich výroba prebiehala nasledovne. Do uzatvárateľnej nádoby bolo navážené stanovené množstvo mandľového, hrachového alebo ryžového proteínu a sacharózy. Následne bolo pridaných 100 ml horúcej vody (80 °C). Obsah nádoby bol premiešaný a následne bola nádoba uzavretá. Po uzavretí bola nádoba trepaná po dobu 30 min. Po pretrepaní boli nádoby nechané odstáť po dobu 1 hodiny pri 5 °C. Po tomto čase a opätovnom zahriatí vzoriek na laboratórnu teplotu boli zaočkované 1 ml inokula a fermentované 15 hodín pri 45 °C buď jogurtovačom, alebo inkubátorom Memmert INE 400. Po skončení fermentácie boli vzorky skladované pri 5 °C a podrobené ďalším analýzám. Všetky postupy a tabuľky výroby vzoriek nájdeme v kapitole 4.2 kde nájdeme aj dôvody zmien výrobného postupu.

3.9 Reologická analýza

Reologická analýza bola vyhotovená na reometri AR G2, TA instruments Ltd. Vzorky boli staré 24 hodín a uchovávané v chladničke pri 5 °C. Merná teplota reometra bola 10 °C a doba merania jednej vzorky bola 40 min. Na prístroji bola meraná dynamická viskozita v závislosti na šmykovej rýchlosti. Šmyková rýchlosť bola konzistentne zvyšovaná od 0,1 s⁻¹ až po 10 s⁻¹ s tým, že za dekádu sa nameralo 6 bodov. Merané boli 2 dekády pri zvyšujúcej sa šmykovej rýchlosti a 2 pri znižujúcej sa šmykovej rýchlosti. Meranie jedného bodu trvalo vždy aspoň 20 sekúnd s tým, že za túto dobu museli byť aspoň 3 po sebe odmerané hodnoty rovnaké s maximálnou toleranciou 5 %. Maximálny čas merania jedného bodu bol 1 minúta. Na meranie boli použité sústredné ocelové valce, inak nazývané valec-valec geometria. Výška meracej štrbiny bola 1000 µm. Po vložení vzoriek do reometra boli 3 minúty relaxované a temperované na správnu teplotu.

3.10 Senzorická analýza

Na zistenie prijateľnosti výrobkov spotrebiteľmi bola vykonaná senzorická analýza. Analýza bola vykonaná v senzorickom laboratóriu dňa 4.4.2024. Hodnotené boli reologické vlastnosti ako sú homogenita, viskozita a hrudkovitosť a chuťové vlastnosti. Cieľom bolo vyhotoviť senzorický profil nami vytvorených vzoriek, zhodnotiť intenzitu ich sladkej, kyslej, a horkej chuti a porovnať ich z hľadiska vône. Nakoniec bol vyhodnotený celkový dojem vzoriek.

Na hodnotenie bola použitá hedonická škála od 1 do 5. Pri hodnotách 1, 3 a 5 boli ukotvené pomocné výrazy, ktoré sa líšili pre jednotlivé parametre. Dotazník senzorickej analýzy, ktorý bol použitý nájdeme ako prílohu 1 v kapitole 7.1. Vzorky boli podávané v priehľadných plastových kelímkoch, pričom každá vzorka bola označená náhodným trojmiestnym kódom, ktorý obsahoval jedno písmeno a dve číslice. Vzorky boli analyzované po 24 od výroby a pred analýzou boli skladované v chladničke pri teplote 5 °C, pri tejto teplote boli aj podávané. Hodnotených bolo šesť nami vytvorených vzoriek a jedna komerčná vzorka ako referencia, konkrétne kokosový jogurt značky JoyPure. Vzorky boli pripravené ako je opísané v kapitole 3.3.4.

4 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Cieľom tejto práce bol vývoj vysoko proteínových rastlinných jogurtov. Boli vytvorené, kvôli narastajúcemu trendu moderných diét, ako je vegetariánstvo alebo vegánstvo, ktoré často neobsahujú dostatočné množstvo makro nutrientov. Zdravotné benefity dostatočného príjmu proteínu boli spomenuté v kapitole 2.5. Ako zdroje proteínu boli používané bežne dostupné rastlinné proteíny.

4.1 Optimalizácia prípravy jogurtovej inokulácie

Počas výroby fermentovaných výrobkov dochádza k očkovaniu produktu živými kultúrami. V prípade mliečnych výrobkov to sú baktérie mliečného kvasenia. V prípadoch rastlinných alternatív mlieka to môžu byť aj iné kultúry, ktoré budú rásť lepšie v prostredí alternatívneho mlieka. V tejto práci sme bolo skúmané aj to, ako budú 2 rôzne kultúry fermentovať v prostrediach rastlinných alternatív mlieka. Kultúry ktoré boli použité nájdeme opísané v kapitole 3.3.1 a boli to klasické baktérie mliečného kvasenia YFL812 a probiotické kmene ATB.

Podľa článku od Marca Montemurra a spol. z roku 2021, je možné fermentovať rastlinné mlieka pomocou bežných mliečnych baktérií. Táto možnosť je prezentovaná aj na obrázku 1. Taktiež komerčný výrobok značky Alpro (tabuľka 5) používa klasické baktérie mliečného kvasenia, teda kultúry YFL812.

Ako prvé boli otestované 2 rozdielne kmene pri vzorkách, ktoré nájdeme v tabuľke 8. Cieľom tejto analýzy bolo zistiť, ktorá kultúra sa bude lepšie rozmnožovať v jednotlivých vzorkách. Testované bolo ako sa rozmnožia bunky v 10 % roztokoch glukózy, fruktózy a sacharózy a na porovnanie bolo použité klasické plnotučné mlieko. Vzorky boli pripravené tak, že 0,05 g kultúry bolo rozpustených v 5 ml daného roztoku, vzorky boli uzatvorené parafilmom a boli ponechané na bezpečnom mieste v laboratóriu pri teplote 25 °C po dobu 24 hodín. Všetky vzorky boli cytometricky zanalyzované tak, ako je spomínané v kapitole 3.4.

Tabuľka 8: Výsledky cytometrickej analýzy 2 rôznych kultúr v cukerných roztokoch

Kultúra	Vzorka	μl na 10 000 buniek	Počet buniek v 1 ml
YFL812	Mlieko	0,38	26 315 789 474
YFL812	Sacharóza 10 %	4,55	2 197 802 198
YFL812	Glukóza 10 %	6,41	1 560 062 402
YFL812	Fruktóza 10 %	7,96	1 256 281 407
ABT	Mlieko	0,75	13 333 333 333
ABT	Sacharóza 10 %	7,97	1 254 705 144
ABT	Glukóza 10 %	9,40	1 063 829 787
ABT	Fruktóza 10 %	7,26	1 377 410 468

Z tabuľky, môžeme vidieť rozdiely v kultivácií jednotlivých kultúr. Rozdiely síce nie sú markantné, ale kultúra YFL812 dosahovala vyššieho počtu buniek pri kultivácií v mlieku, 10 %

roztoku sacharózy a 10 % glukózy oproti kultúre ABT. Na druhú stranu kultúra ABT dosiahla vyššieho počtu buniek v roztoku 10 % fruktózy.

Ako ďalší test nie len pre výber kultúry ale aj pre výber alternatívy mlieka, použitého ako inokulum boli vytvorené vzorky podľa tabuliek (tabuľka 9, tabuľka 10). Tento test bol vykonaný, aby bolo zistené, v ktorej rastlinnej alternatíve mlieka budú kultúry najlepšie rásť. Vzorky boli pripravené v dvoch setoch, jeden bol meraný po 24 hodinách a druhý po 48 hodinách a boli opäť pripravené tak, že 0,05 g kultúry bolo rozpustených v 5 ml daného roztoku, vzorky boli uzatvorené parafilmom a boli ponechané na bezpečnom mieste v laboratóriu pri teplote 25 °C po dobu 24 a 48 hodín. Kultúry boli rozpúšťané v rastlinných alternatívach mlieka, konkrétne v ryžovom mlieku, ovsenom mlieku, sójovom mlieku, mandľovom mlieku, v kokosovej vode a v kokosovom mlieku. Ich presné zloženia nájdeme v kapitole 3.3.3 v tabuľke 4.

Tabuľka 9: Výsledky cytometrickej analýzy, kultúry ABT v rastlinných mliekach

Kultúra ABT		Opakovanie 1		Opakovanie 2	
Fermentačný čas	Vzorka	μl na 10 000 buniek	Počet buniek v 1 ml	μl na 10 000 buniek	Počet buniek v 1 ml
24 hodín	Ryžové	9,83	1 017 293 998	12,24	816 993 464
24 hodín	Ovsené	7,30	1 369 863 014	6,68	1 497 005 988
24 hodín	Sójové	3,88	2 577 319 588	5,89	1 697 792 869
24 hodín	Mandľové	2,71	3 690 036 900	2,29	4 366 812 227
24 hodín	Kokosová voda	14,71	679 809 653	15,52	644 329 897
24 hodín	Kokosové mlieko	10,22	978 473 581	8,18	1 222 493 888
48 hodín	Ryžové	13,77	726 216 412	10,94	914 076 782
48 hodín	Ovsené	7,95	1 257 861 635	7,30	1 369 863 014
48 hodín	Sójové	7,60	1 315 789 474	4,46	2 242 152 466
48 hodín	Mandľové	2,84	3 521 126 761	2,81	3 558 718 861
48 hodín	Kokosová voda	13,37	747 943 156	11,97	835 421 888
48 hodín	Kokosové mlieko	11,83	845 308 538	9,31	1 074 113 856

Tabuľka 10: Výsledky cytometrickej analýzy, kultúry YFL812 v rastlinných mliekach

Kultúra YFL812		Opakovanie 1		Opakovanie 2	
Fermentačný čas	Vzorka	μl na 10 000 buniek	Počet buniek v 1 ml	μl na 10 000 buniek	Počet buniek v 1 ml
24 hodín	Ryžové	11,83	845 308 538	10,90	917 431 193
24 hodín	Ovsené	7,42	1 347 708 895	6,38	1 567 398 119
24 hodín	Sójové	5,81	1 721 170 396	6,35	1 574 803 150
24 hodín	Mandľové	2,33	4 291 845 494	2,00	5 000 000 000
24 hodín	Kokosová voda	12,38	807 754 443	14,68	681 198 910
24 hodín	Kokosové mlieko	8,58	1 165 501 166	7,60	1 315 789 474
48 hodín	Ryžové	11,62	860 585 198	11,75	851 063 830
48 hodín	Ovsené	8,43	1 186 239 620	6,58	1 519 756 839
48 hodín	Sójové	7,99	1 251 564 456	6,88	1 453 488 372
48 hodín	Mandľové	2,01	4 975 124 378	2,34	4 273 504 274
48 hodín	Kokosová voda	11,30	884 955 752	18,06	553 709 856
48 hodín	Kokosové mlieko	7,68	1 302 083 333	13,42	745 156 483

V týchto tabuľkách môžeme vidieť, že najvyššie počty buniek sú dosiahnuté pri fermentácii mandľového mlieka (označené žltou farbou) a to ako pri 24 hodinovej fermentácii ako aj pri 48 hodinovej fermentácii. Toto platí aj pre oba typy kultúr, ale ak kultúry medzi sebou porovnáme, tak zistíme, že u kultúry YFL812 boli počty buniek vyššie ako pri kultúre ABT. To znamená, že pri používaní klasických baktérií mliečneho kvasenia (kultúry YFL812) v mandľovej alternatíve mlieka, dosahujeme ich najlepší rast. Preto boli na prípravu inokula vybrané práve tieto kultúry a mandľová alternatíva mlieka. Grasso N. a spol. v svojej štúdií taktiež riešili problematiku zloženia, fyzikálno chemických vlastností a senzorických vlastností rastlinných jogurtov. Oni vo svojej štúdií taktiež používali klasické baktérie mliečneho kvasenia pri výrobe sójových a kokosových alternatív jogurtov. Avšak pri výrobe mandľových jogurtov používali vegánsku kultúru [54].

4.2 Výroba rastlinných jogurtov

V tejto kapitole nájdeme postup výrob a úprav našich výrobkov, od prvých pokusov, u ktorých boli stanovené cukry a organické kyseliny, až po finálny výrobok, ktorý bol senzoricky a reologicky hodnotený.

4.2.1 Prvá fáza vývoja receptúry

V prvej fáze boli vytvorené rastlinné jogurty z mandľovej alternatívy mlieka s prídavkom rôznych cukrov zaočkované inokulom. Následne boli výrobky 15 hodín fermentované v jogurtovači GAIA značky Klarstein. Po fermentácii boli 24 hodín skladované v chladničke pri 5 °C. V tabuľke nižšie (tabuľka 11) nájdeme ako boli vzorky vytvorené. Následne bolo odmerané ich pH, elektródou HALO pH/Temp probe značky HANNA Instruments (touto elektródou boli merané všetky hodnoty pH), pomocou ktorého bolo porovnávané ako dobre prebehla fermentácia.

Tabuľka 11: Prvé vyrobené vzorky obsahujúce mandľové mlieko a cukry

Vzorka	Zloženie	pH
Fruktóza 1	100 ml mandľové mlieko + 4 g fruktózy	4,41
Fruktóza 2	100 ml mandľové mlieko + 4 g fruktózy	4,56
Sacharóza 1	100 ml mandľové mlieko + 4 g sacharózy	4,21
Sacharóza 2	100 ml mandľové mlieko + 4 g sacharózy	4,09
Laktóza 1	100 ml mandľové mlieko + 4 g laktózy	4,04
Laktóza 2	100 ml mandľové mlieko + 4 g laktózy	3,97
Glukóza 1	100 ml mandľové mlieko + 4 g glukózy	3,89
Glukóza 2	100 ml mandľové mlieko + 4 g glukózy	3,93

Pri vizuálnom hodnotení bolo u všetkých vzoriek jasné rozdelenie na 2 fázy ako môžeme vidieť na obrázku 2. Vznikala zrazenina, čo nenapĺňalo naše senzorické požiadavky na konzistenciu. Kvôli tomuto výsledku bol pracovný postup upravený a to tak, že bola zvýšená sušina pridaním proteínov, ktoré by s baktériami mohli tvoriť gélovú štruktúru ako sa to deje u kravského mlieka. Touto problematikou sa zaoberali Yin X. a spol. v štúdiu z roku 2023, kde zistili, že pri znížení pH pomocou baktérií by sa mal proteín denaturovať a vytvárať hydrofóbne skupiny, ktoré nadobúdajú trojrozmernú štruktúru podobnú jogurtovému gelu. Avšak v praxi sú funkčné schopnosti, vrátane rozpustnosti, emulgačnej schopnosti a schopnosti gélovania väčšiny neupravených rastlinných bielkovín často nedostatočné a nežiadúce [55]. Tieto vzorky, museli vďaka tomuto významnému defektu prejsť ďalším vývojom, ktorý nájdeme vo fáze 2.



Obrázok 2: Výrobky zo 100 ml mandľového mlieka s pridaným cukrom po fermentácii

4.2.2 Druhá fáza vývoja receptúry

V druhej fáze vývoja bolo cieľom vylepšiť konzistenciu rastlinných jogurtov a prípadne dosiahnuť vytvorenie gélovej štruktúry. Týmto vývojom sa zaoberli Junxia Wu a spol. z roku 2023 [49], kde pomocou dostatočne hydratovaného sójového proteínu a vysokotlakovej homogenizácie dosiahli gélovej štruktúry. Postup z tejto štúdie bol upravený aby vyhovovala našim podmienkam bez používania vysokotlakovej homogenizácie. Tieto výrobky boli pripravené ako je spomínané v kapitole 3.8. Fermentované boli taktiež v jogurtovači GAIA zančky Klarstein po dobu 15 hodín. V tabuľke nižšie (tabuľka 12) nájdeme aké výrobky boli vytvorené a ich pH. Na prípravu vzoriek boli používané ryžový, hrachový a mandľový proteín a sacharóza tak ako je spomínané v tabuľke 12. Po fermentácii bolo odmerané pH.

Tabuľka 12: Zloženie a pH hodnoty výrobkov druhej fáze

Vzorka	Zloženie	Vzorka 1 pH	Vzorka 2 pH
Almond 10	10 g mandľový proteín, 3,2 g sacharóza	5,15	4,76
Pea 3	10 g mandľový proteín, 3,2 g sacharóza, 3 g hrachový proteín	5,36	4,82
Rice 3	10 g mandľový proteín, 3,2 g sacharóza, 3 g ryžový proteín	4,71	4,63
Pea 6	10 g mandľový proteín, 3,2 g sacharóza, 6 g hrachový proteín	5,12	5,38
Rice 6	10 g mandľový proteín, 3,2 g sacharóza, 6 g ryžový proteín	5,43	5,11
Pea 7,5	7,5 g mandľový proteín, 3,4 g sacharóza	5,21	4,95
Rice 7,5	7,5 g mandľový proteín, 3,4 g sacharóza	5,35	5,26

Z tabuľky vidíme, že hodnoty pH sa u rovnakých vzoriek celkom líšia. V niektorých prípadoch až o 0,52 bodu pH. Preto bolo usúdené, že fermentácia v jogurtovači GAIA nebude dostatočná. Usúdili sme tak, kvôli porovnaniu so štúdiou od Grasso N. a spol. z roku 2020 [54], kedy v ich prípade fermentácie sójového jogurtu pH dosahovalo hodnôt 4,38 až 4,56, čo je značne nižšia hodnota ako pH u niektorých nami vytvorených produktov. Preto bola navrhnutá posledná zmena výroby, a to zmena inkubačného zariadenia a zahájená tretia fáza výroby.

Úprava druhej fáze výrobkov už príliš nezasahovala do postupu výroby. Hlavná zmena bol jogurtovač GAIA vymenený za inkubátor Mammert INE 400. Taktiež boli zmenené pomery proteínov a vytvorila sa séria s prídavkom kukuričného škrobu, aby sa dosiahlo žiadaného reologického výsledku. Výsledné vyrobené vzorky a ich pH nájdeme v tabuľke 13. Nakoniec boli tieto vzorky reologicky a sensoricky zanalyzované. Výsledky týchto analýz nájdeme v kapitolách 4.3.3 (reologická analýza) a kapitole 4.3.4 (senzorická analýza).

Tabuľka 13: Zloženie a pH hodnoty výrobkov tretej fázy

Vzorka	Zloženie	Vzorka 1 pH	Vzorka 2 pH
Almond 20	20 g mandľový proteín, 3 g sacharóza, 100 ml voda	4,61	4,57
Almond 20 +1	20 g mandľový proteín, 3 g sacharóza, 1 g škrob, 100 ml voda	4,86	4,60
Pea 6	10 g mandľový proteín, 3,5 g sacharóza, 6 g hrachový proteín, 100 ml voda	4,39	4,40
Rice 6	10 g mandľový proteín, 3,5 g sacharóza, 6 g ryžový proteín, 100 ml voda	4,53	4,54
Pea 6 + 1	10 g mandľový proteín, 3,5 g sacharóza, 6 g hrachový proteín, 1 g škrob, 100 ml voda	4,42	4,41
Rice 6 + 1	10 g mandľový proteín, 3,5 g sacharóza, 6 g ryžový proteín, 1 g škrob, 100 ml voda	4,48	4,52

Z hodnôt pH z tabuľky vyššie (tabuľka 13), u ktorých maximálny rozdiel u rovnakých vzoriek je nižší ako u predošlých vzoriek (tabuľka 12), konkrétne 0,26 bodu, a pohybuje sa od 4,39 do 4,86 môžeme usúdiť, že fermentácia v jogurtovači neprebíhala správne. Taktiež nás v tom utvrdzuje už spomínaná štúdia [54] a taktiež popis použitých kultúr [47], ktorý hovorí, že pH by malo dosahovať hodnoty okolo 4,4. To znamená že fermentácia v jogurtovači mohla prebiehať za nestálej teploty a teda v rôznych častiach zariadenia mohla byť v rovnaký moment rôzna teplota, čo viedlo k nerovnomernej fermentácii. Tento jogurtovač mal stavbu plastového podstavca, ktorý slúžil ako výhrevné teleso na ktorom boli položené nádoby so vzorkami. Tento plastový podstavec bol iba prikrytý plastovou pokrývkou s hrúbkou približne 0,5 cm, cez ktorú mohlo teplo unikať. Taktiež táto prikryvka sa nijak nepripevňovala k podstavcu, čo znamená že cez medzeru medzi prikryvkou a podstavcom mohol prúdiť vzduch a ovplyvňovať teplotu. Preto bol vytvorený práve záver nesprávnej fermentácie v jogurtovači. Tento jogurtovač je asi dostačujúci pre domáce používanie, avšak počas výskumu je lepšie sa spoľahnúť na robustnejšie zariadenie, akým bol napríklad inkubátor Mammert INE 400. Preto pre budúce výskumy neodporúčam používať zariadenia určené do domácnosti. Následne boli vo vyrobených vzorkách stanovené aj nutričné hodnoty (tabuľka 14).

Tabuľka 14: Dupočítané nutričné zloženie našich finálnych výrobkov

	Almond 20	Almond 20 +1	Pea 6	Pea 6 + 1	Rice 6	Rice 6 + 1
Tuky	1,76	1,76	1,21	1,21	1,01	1,01
–z toho						
nasýtené mastné kyseliny	0,2	0,2	0,16	0,16	0,12	0,12
Sacharidy	4,64	5,64	4,48	5,48	4,55	5,55
–z toho cukry	4,64	4,64	4,38	4,38	4,38	4,38
Vláknina	3,46	3,46	1,98	1,98	2,21	2,21
Bielkoviny	10,64	10,64	10,12	10,12	10,00	10,00
Soľ	<0,02	<0,02	<0,124	<0,124	<0,01	<0,01

V tejto tabuľke môžeme vidieť vypočítané nutričné zloženie rastlinných jogurtov podľa použitých surovín pred fermentáciou. Predpokladáme, že po fermentácii bude aspoň zloženie cukrov iné ako pred fermentáciou. Väznosť vody použitých izolátov nájdeme v tabuľke 15 od Vojtasovej T. z roku 2024 [50].

Tabuľka 15: Väznosť vody v rastlinných proteínoch

Typ proteínu		Väznosť vody [g(H ₂ O)/g]
Sójový	1	9,579
	2	9,370
Ryžový	1	2,040
	2	1,929
Hrachový	1	4,081
	2	4,137

V tejto tabuľke môžeme vidieť väznosť vody sójového, ryžového a hrachového proteínu. Sójový proteín má z nich najvyššiu väznosť vody a to približne 9,5 g(H₂O)/g. To znamená, že na 1 g proteínu sa naviaže približne 9,5 g vody. Tento proteín nebol využitý presne z tohto dôvodu, pretože už pri jeho malom prídavku dramaticky zmenil konzistenciu naviazaním vody a prídavok proteínu bol minimálny. Preto boli radšej zvolené ryžový a hrachový proteín, u ktorých je väznosť vody nižšia a mohlo teda byť použité ich vyššie množstvo. Väznosť vody mandľového proteínu, ktorý bol používaný ako základ však nebola zistená.

4.3 Charakterizácia vyrobených rastlinných jogurtov

V tejto kapitole nájdeme výsledky analýz vytvorených vysoko proteínových rastlinných jogurtov.

4.3.1 Stanovenie cukrov

Živé kultúry, ktoré sa používajú k výrobe fermentovaných výrobkov používajú ako zdroj živín cukry. Preto boli u rastlinných alternatív mlieka stanovené cukry. Presný postup stanovenia

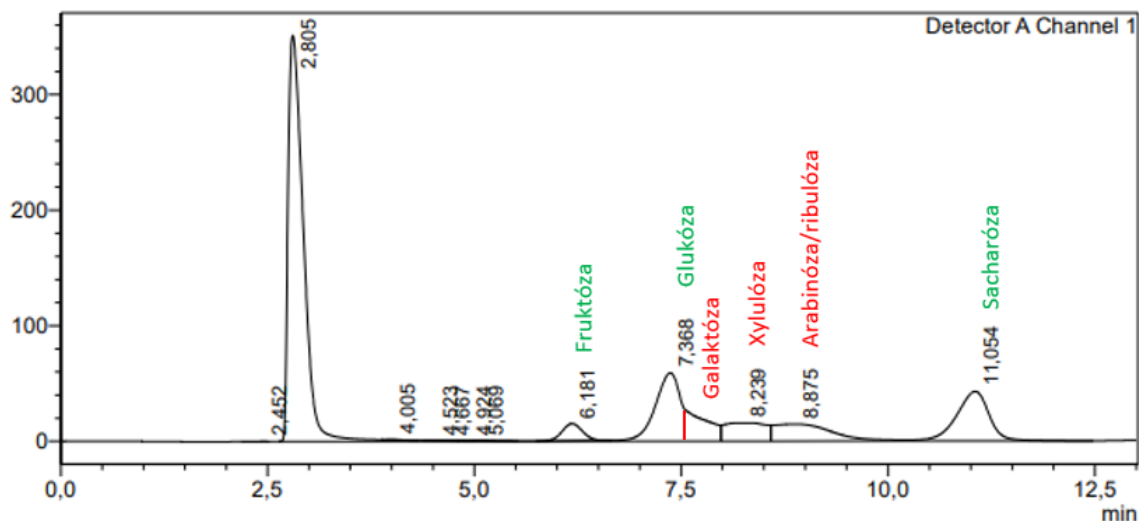
nájdeme v kapitole 3.6. Stanovované boli cukry vo vzorkách prvej fáze výroby a rastlinných mliekach používaných pri výrobe inokula, ktoré nájdeme v tabuľke nižšie (tabuľka 16) aj s množstvom odmeraných cukrov.

Tabuľka 16: Stanovené cukry v rastlinných mliekach

Mliečne alternatívy	Fruktóza [g/l]	Glukóza [g/l]	Sacharóza [g/l]	Ďalšie nájdené cukry
Mandľové mlieko 1	-	-	0,933	xylulóza
Mandľové mlieko 2	-	-	2,279	
Kokosové mlieko 1	0,356	1,084	10,671	galaktóza, xylulóza
Kokosové mlieko 2	0,724	1,145	10,833	
Kokosová voda 1	2,702	12,987	12,539	galaktóza, xylulóza,
Kokosová voda 2	2,672	11,340	11,938	arabinóza
Ovsené mlieko 1	0,303	22,264	1,884	xylulóza, maltóza
Ovsené mlieko 2	0,372	22,920	2,047	
Ryžové mlieko 1	0,495	30,727	-	xylulóza, maltóza
Ryžové mlieko 2	0,695	28,364	-	
Sójové mlieko 1	-	-	5,091	galaktóza, xylulóza
Sójové mlieko 2	-	-	5,019	

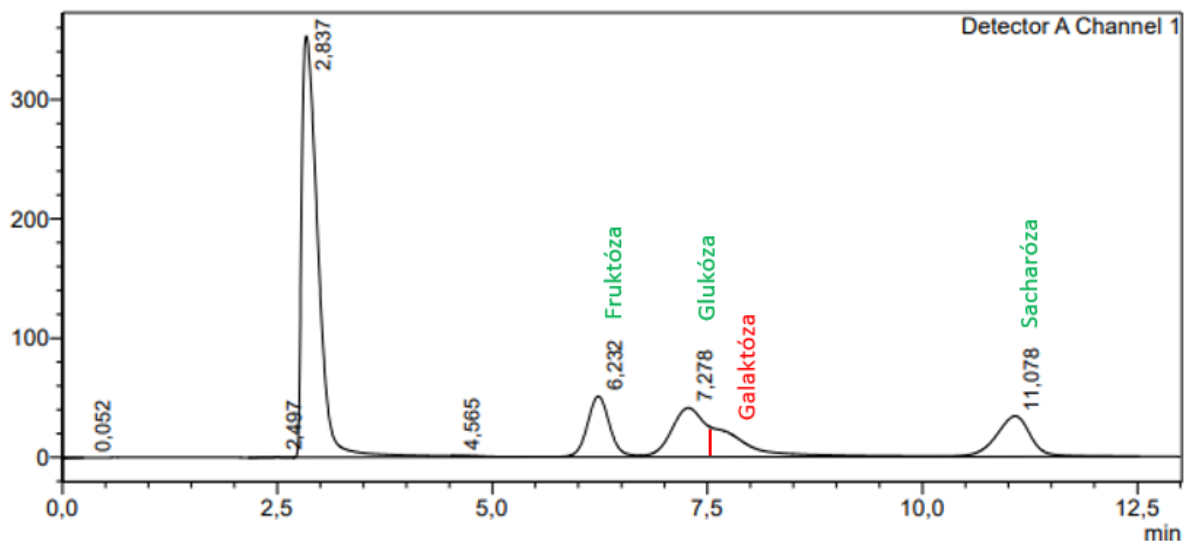
V tejto tabuľke nájdeme výsledky analýzy cukrov v rastlinných alternatívach mliek, ktoré boli používané. V stĺpci ďalšie nájdené cukry, nájdeme cukry, ktoré by mohli byť obsiahnuté v týchto mliekach. Najväčší obsah glukózy sa nachádzal v ryžovej alternatíve mlieka a následne v ovsenej alternatíve mlieka a najväčšie obsahy sacharózy sa nachádzali v kokosovej vode a následne v kokosovom mlieku. Najväčší podiel glukóza obsahovala kokosová voda.

Na grafe nižšie môžeme vidieť chromatogram kokosovej vody (obrázok 3). Zelenou označené cukry nám boli známe, kvôli nami vytvoreným štandardom. Ďalej podľa článku Sebastiana Givry a spol. z roku 2006 [51] môžeme predpokladať, že píky pri retenčnom čase 8,239 a 8,875 by mohli byť xylulóza a arabinóza. Kvôli nedostatku času však neboli na tieto cukry vytvorené štandardy, takže nemôžeme s presnosťou povedať, ktorý cukor sa tu nachádza.



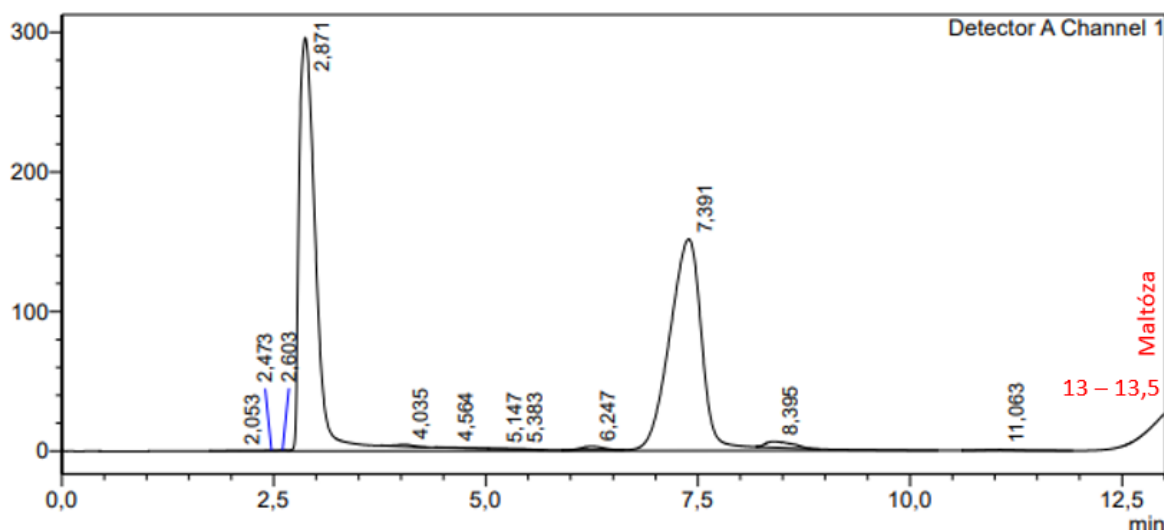
Obrázok 3: Chromatogram stanovenia cukrov kokosovej vody

Ďalej môžeme na tomto grafe vidieť galaktózu, tá súvisí s červeno označenými číslami v tabuľke 16. Tieto čísla sú označené, kvôli zahrnutiu dvoch cukrov v jednom píku, konkrétne glukóza a galaktóza. Tento istý efekt môžeme vidieť na obrázku nižšie, kde boli použité štandardy glukózy a galaktózy 5 g/l. Keďže sú si tieto cukry podobné, tak majú aj podobný retenčný čas a kvôli tomu boli prístrojom zahrnuté do jedného píku.



Obrázok 4: Štandardy fruktózy, glukózy, galaktózy a sacharózy (5g/l)

Nakoniec, v niektorých chromatogramoch sa vyskytoval začiatok píku na konci vývoja, tak ako môžeme vidieť na obrázku nižšie (obrázok 5). Podľa článku od Wannasupchue W. z roku 2023 [52] by tento pík mohla byť maltóza, avšak opäť to z časových dôvodov nebolo potvrdené.



Obrázok 5: Chromatogram stanovenia cukrov ryžového mlieka

V mnohých článkoch zameraných na zloženie mliečnych alternatív sa vyskytuje zloženie iba základných cukrov ako sú fruktóza, glukóza a sacharóza. Takto to môžeme vidieť napríklad pri štúdií z roku 2009 od Jean W. H. Yonga a spol. z roku 2009, kde sa zaoberali zložením kokosovej vody [53]. To je jeden z ďalších dôvodov, prečo boli charakterizované iba tieto cukry.

Ako inokulum bolo vybrané mandľové mlieko, ktoré obsahovalo najmenej cukru zo spomínaných možností, ale počas cytometrickej analýzy (kapitola 4.1) vykazovalo najlepšie výsledky a preto bolo použité. V tabuľke nižšie (tabuľka 17) nájdeme výrobky prvej fázy, kde boli do mandľovej alternatívy mlieka pridávané rôzne cukry.

Tabuľka 17: Stanovené cukry pre vzorky prvej výroby

Mliečne alternatívy	Počiatková koncentrácia cukru [g/l]	Koncová koncentrácia cukru [g/l]	Spotrebovaný cukor [g/l]
Fruktóza 1	40	29,786	10,214
Fruktóza 2	40	32,308	7,692
Glukóza 1	40	20,770	19,230
Glukóza 2	40	24,712	15,288
Sacharóza 1	40	30,970	9,030
Sacharóza 2	40	39,108	0,892
Laktóza 1	40	28,958	11,042
Laktóza 2	40	21,630	18,370

Z tabuľky môžeme vidieť koľko cukru spotrebovali baktérie počas fermentácie. Ku 100 ml mandľovej alternatívy mlieka bolo pridaných vždy po 4 g cukru, čo znamená, že počiatková hodnota koncentrácie bola 40 g/l. Najlepšie boli spotrebované cukry glukóza a laktóza, čo u baktérií mliečného kvasenia dáva význam, pretože sa bežne živia laktózou, ktorú rozložia na glukózu a galaktózu. O niečo horšie bola spotrebovaná fruktóza a najhoršie

sacharóza. Avšak pri vzorke sacharóza 1 bola spotreba cukru relatívne vysoká. Bolo teda usúdené, že vzorka sacharóza 2 bola nedostatočne fermentovaná čo mohlo byť spôsobené fluktuujúcou teplotou v jogurtovači ako je spomínané v kapitole 4.2. Nakoniec bola v ďalších výrobách používaná sacharóza, kvôli jej výhodnejšej cene a dostupnosti.

Cukry bohužiaľ neboli stanovené vo finálnych vzorkách z časových dôvodov a hlavne z dôvodu, že počas vývoja týchto výrobkov bol výrobný postup zmenený niekoľko krát a stále by bolo možné ho ešte vylepšiť. Preto sme si nikdy neboli istý, či už máme finálny produkt na ktorý by sme sa mohli zamerať, alebo či ešte nastanú nejaké problémy, kvôli ktorým by musela byť nejak zmenená výroba alebo zloženie produktu. S rovnakým problémom sme sa stretli aj v nasledujúcej kapitole, kde boli stanovované organické kyseliny, preto odporúčam vypracovať rozsiahlejšiu prácu v oblasti vývoja rastlinných jogurtov.

4.3.2 Stanovenie organických kyselín

Cieľom tohto stanovenia bolo zistiť aké organické kyseliny boli najviac vytvárané počas fermentácie baktériami mliečného kvasenia vo výrobkoch prvej fázy, teda rôznych cukroch pridaných do 100 ml mandľovej alternatívy mlieka. Presný postup stanovenia týchto kyselín nájdeme v kapitole 3.7. V tabuľke nižšie nájdeme koncentrácie štandardizovaných kyselín (tabuľka 18).

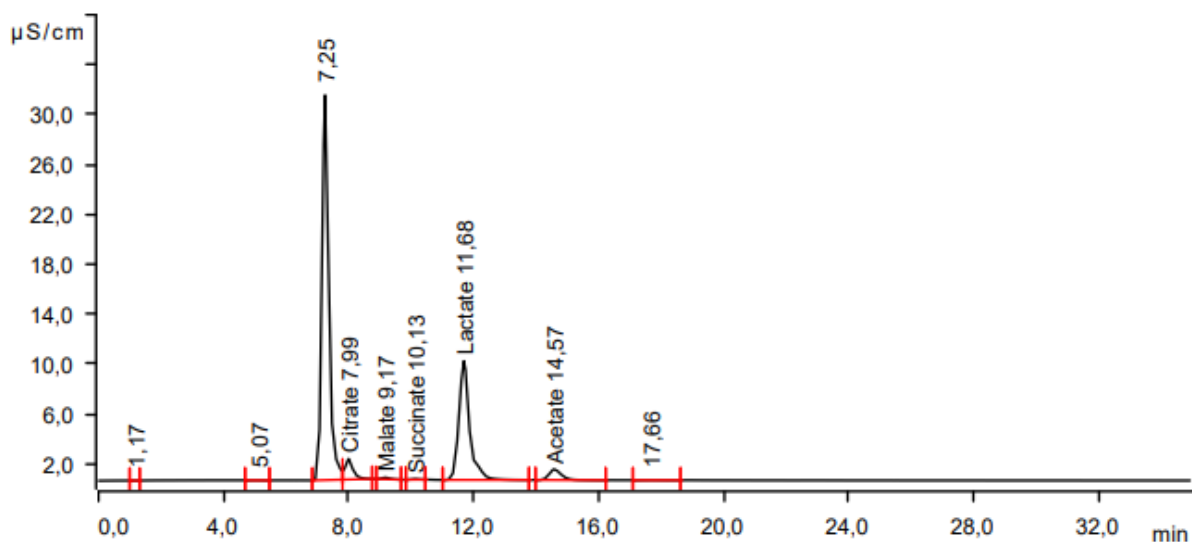
Tabuľka 18: Organické kyseliny vo vzorkách prvej výroby

Mliečne alternatívy	Citrát	Malát	Laktát	Acetát
Fruktóza 1	0,547	0,025	4,216	0,849
Fruktóza 2	0,103	0,008	0,588	0,090
Glukóza 1	0,617	0,078	7,709	0,272
Glukóza 2	0,618	0,094	7,226	0,241
Sacharóza 1	0,584	0,116	7,067	0,328
Sacharóza 2	0,581	0,097	7,293	0,394
Laktóza 1	0,570	0,123	7,416	0,198
Laktóza 2	0,565	0,114	7,406	0,215

V tabuľke môžeme vidieť, že pri vzniku organických kyselín prevládala kyselina mliečna, čo je hlavný produkt baktérií mliečného kvasenia. Ďalej vznikala kyselina citrónová, kyselina jablčná a kyselina octová, avšak tieto vznikali len v malých koncentráciách oproti kyseline mliečnej. Podľa Sheeladevi A. a spol. z článku v roku 2011, môže byť pri fermentácii, pomocou baktérií mliečného kvasenia, dlhšej 36 hodín v 15 % koktejli glukózy pri teplote 37 °C vyrobených až takmer 80 g/l kyseliny mliečnej.

V tabuľke môžeme taktiež vidieť červene označenú vzorku fruktóza 2. Všetky koncentrácie kyselín boli pri tejto vzorke omnoho nižšie ako u vzorky fruktóza 1. To by mohlo byť zapríčinené už spomínaným problémom s jogurtovačom a nerovnomernou fermentáciou v tomto zariadení.

Ďalej bol prístrojom na chromatograme označený veľmi malý pík kyseliny jantárovej. Tento pík mal však minimálnu výšku. Ďalší vysoký pík, ktorý sa vyskytoval u všetkých vzoriek bol v retenčnom čase približne 7,25 minút. Tento pík je neidentifikovaný signál, ktorý mohol byť spôsobený anorganickými soľami.



Obrázok 6: Chromatogram organických kyselín pre vzorku fruktóza 2

4.3.3 Reologická analýza

V tejto kapitole nájdeme vyhodnotené výsledky reologickej analýzy našich výrobkov.

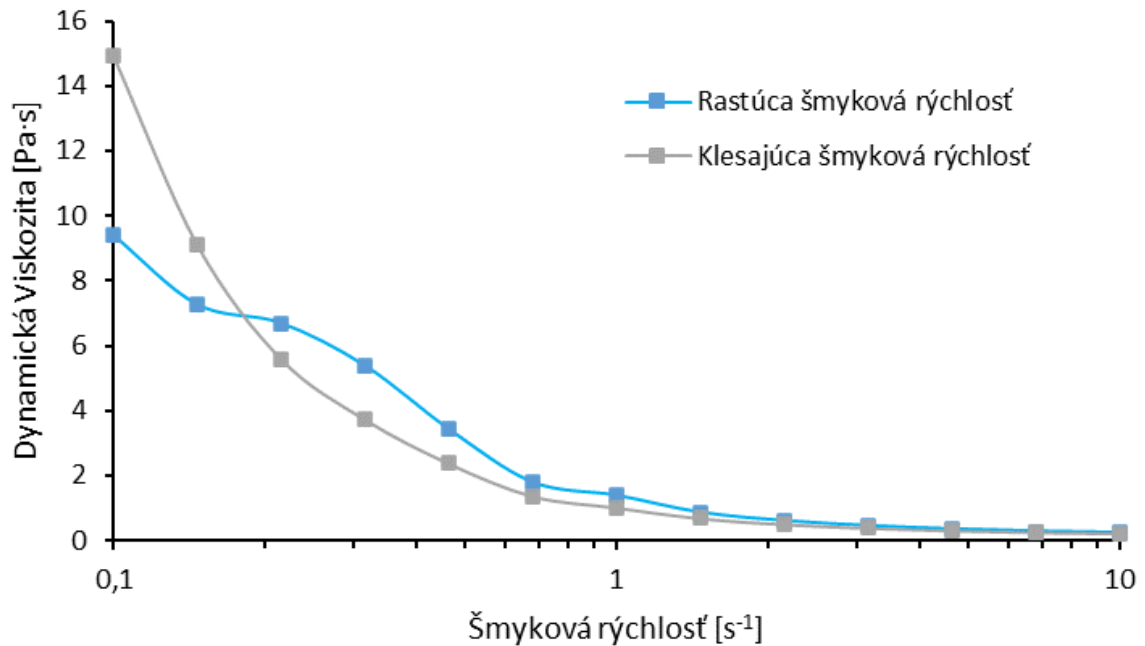
4.3.3.1 Prvé reologické meranie

Reologická analýza bola vykonaná na zariadení a podľa postupu opísanom v kapitole 3.9. Výsledkom analýzy boli grafy dynamickej viskozity na šmykovej rýchlosti. Prvé meranie prebehlo pre typy vzoriek, ktoré nájdeme v tabuľke 19. Z každého z týchto typov vzoriek boli z dôvodu opakovateľnosti vytvorené po dva vzorky.

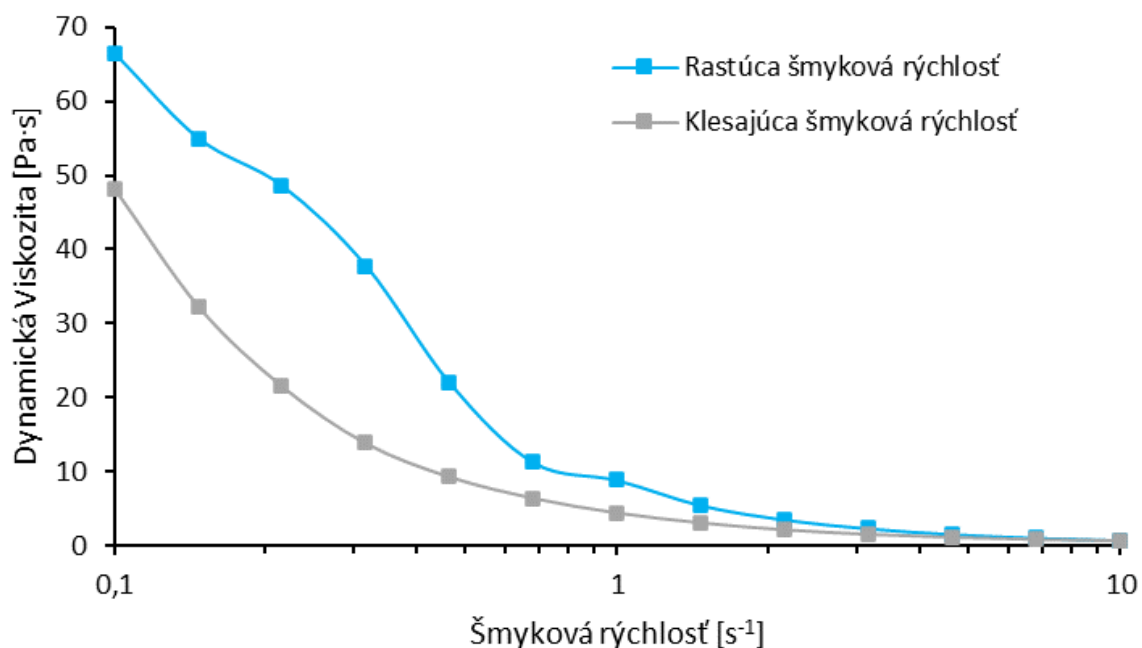
Tabuľka 19: Vzorky prvého reologického merania

Typ vzorky	Zloženie typu vzorky
1	10 g mandľový proteín, 3 g ryžový proteín
2	10 g mandľový proteín, 3 g hrachový proteín
3	10 g mandľový proteín
4	7,5 g mandľový proteín, 7,5 g ryžový proteín
5	7,5 g mandľový proteín, 7,5 g hrachový proteín
6	10 g mandľový proteín, 6 g ryžový proteín
7	10 g mandľový proteín, 6 g hrachový proteín
referencia	Vlašský biely jogurt

Tieto vzorky žiaľ nespĺňali požadovaný reologický profil. Prvý problém bol, že pri meraní jedného typu vzorky, bola dynamická viskozita pri prvom opakovaní odlišná od druhého opakovania. Rozdiely v dynamickej viskozite sa pohybovali od relatívne normálnych hodnôt ako 2,965 Pa.s až po rozdiely 56,999 Pa.s. Na grafoch (obrázok 7, obrázok 8) môžeme vidieť príklad tohto rozdielu pri type vzorky 2, kde pri prvom opakovaní bola na začiatku merania viskozita 9,411 Pa.s a pri druhom opakovaní bola viskozita na začiatku 66,410 Pa.s, čo tvorí rozdiel viskozity pri rovnakých vzorkách spomínaných 56,999 Pa.s.

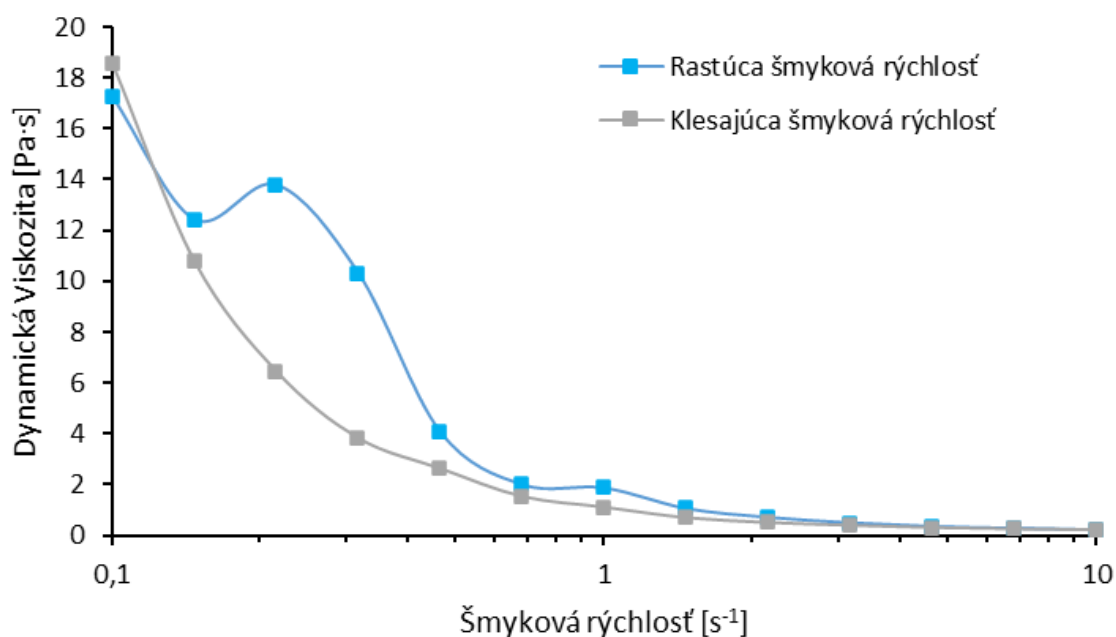


Obrázok 7: Závislosť dynamickej viskozity na šmykovej rýchlosti pre typ vzorky 10 g mandľový proteín, 3 g hrachový proteín, vzorka 1

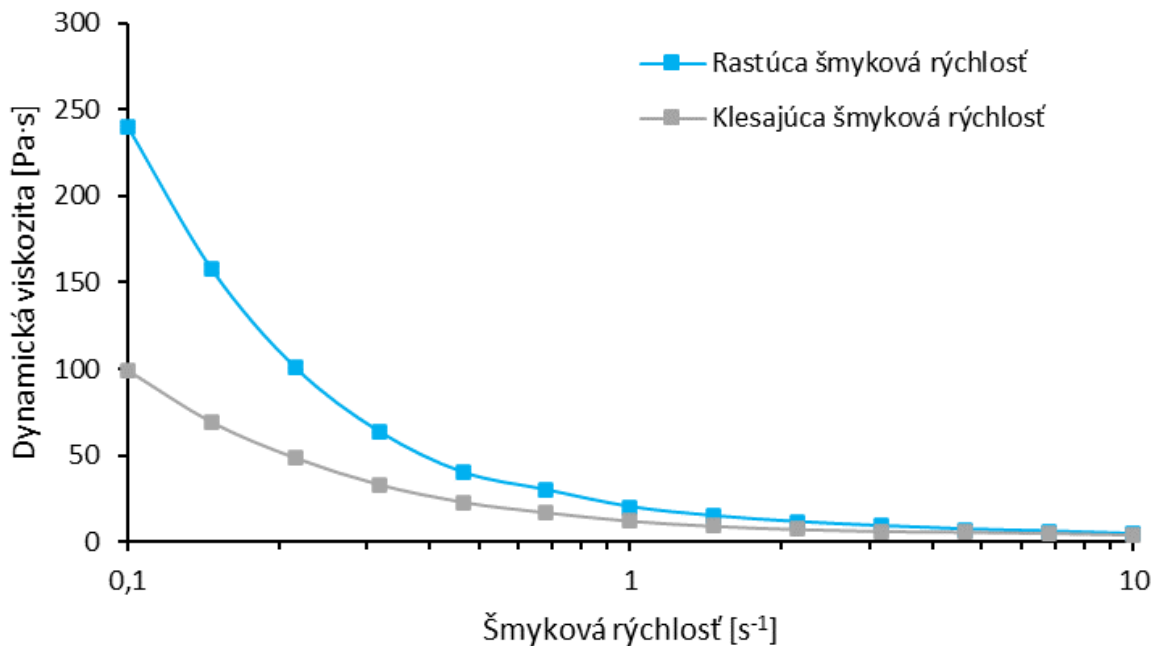


Obrázok 8: Závislosť dynamickej viskozity na šmykovej rýchlosti pre typ vzorky 10 g mandľový proteín, 3 g hrachový proteín, vzorka 2

Druhý problém, ktorý môžeme vidieť na obrázkoch (obrázok 7, obrázok 9) je, že krivka pri zvyšujúcej sa šmykovej rýchlosti začína na nižšej hodnote viskozity, ako koncová hodnota krivky pri znižujúcej sa šmykovej rýchlosti. Čo znamená, že dynamická viskozita bola na začiatku merania nižšia ako na konci merania po pomiešaní. Toto je pri bežných jogurtoch naopak ako môžeme vidieť na grafe (obrázok 10) referenčného produktu, ktorým bol valašský biely jogurt. Tento problém sa vyskytoval pri typoch vzoriek 1 a 2.

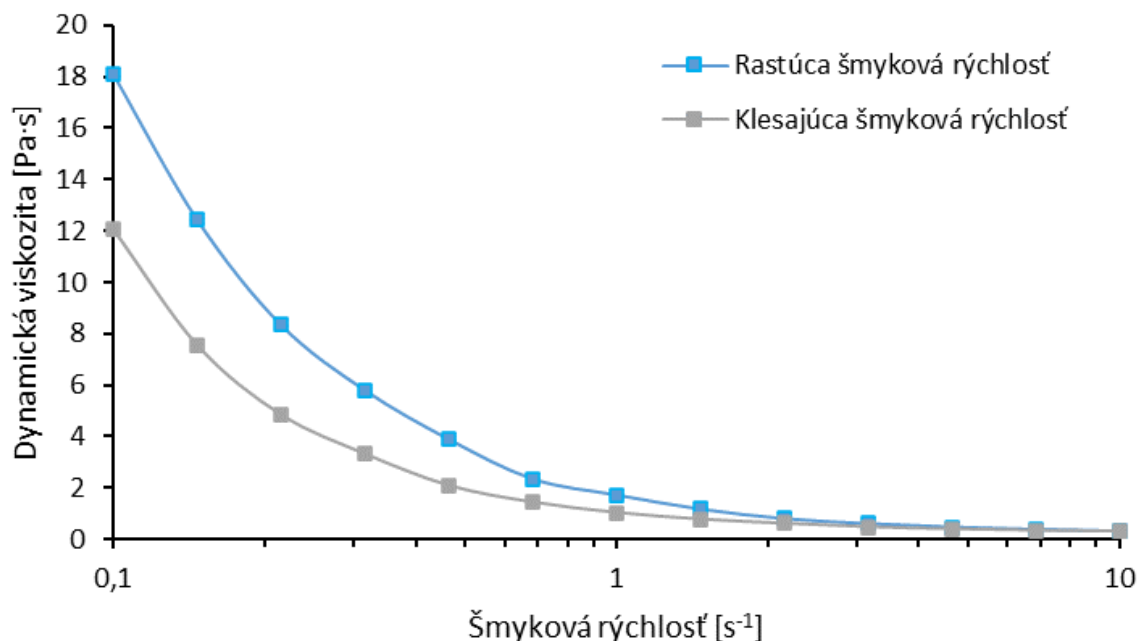


Obrázok 9: Závislosť dynamickej viskozity na šmykovej rýchlosti pre typ vzorky 10 g mandľový proteín, 3 g ryžový proteín, vzorka 1



Obrázok 10: Závislosť dynamickej viskozity na šmykovej rýchlosti pre referenčnú vzorku biely jogurt

Posledný problém, ktorý môžeme vidieť, je “kopec“, ktorý vzniká na začiatku merania rastúcej šmykovej rýchlosti (obrázok 9). Tento problém sa taktiež vyskytoval u všetkých typoch vzoriek, okrem referenčnej. Najmenej výrazný bol pri type vzorky 5, kde sa pri druhej vzorke takmer nevyskytoval (obrázok 11). Druhá vzorka typu 5 mala z prvej série najlepšie výsledky, nenastali tam žiadne zo spomínaných problémov. Jediný problém ktorý tam nastal bol v porovnaní viskozity s komerčným výrobkom, ale tento komerčný výrobok nebol rastlinného pôvodu, ale bežný biely jogurt. Nič menej táto vzorka mala viskozitu na začiatku merania približne 18 Pa·s a komerčný výrobok mal začiatočnú viskozitu 240 Pa·s. Avšak pri porovnaní s komerčným výrobkom z druhého merania (obrázok 15) by sme zistili, že ich viskozita je podobná. Komerčný výrobok z druhého merania mal počiatočnú viskozitu 13,6 Pa·s. Viskozitou rastlinných jogurtov sa zaoberali aj v článku od Grassa N. a spol. z roku 2020 [54], kde pri ich sójových výrobkoch viskozita dosahovala od 10 Pa·s do 15 Pa·s a u mandľových dosahovala okolo 13 Pa·s. Pri porovnaní týchto hodnôt s nami vytvorenými rastlinnými jogurtami zistíme, že nami vytvorené rastlinné jogurty dosahujú vyššiu viskozitu. To je pravdepodobne spôsobené tým, že naše výrobky na rozdiel od výrobkov z článku obsahujú pridaný proteín. V článku od Wu J. a spol. z roku 2023 [49] kde sa zaoberali viskozitou proteínových jogurtov závislou na dobe fermentácie, im vyšlo, že po vysokotlakovej homogenizácii, pri 15 hodinovej fermentácii, dosahovali sójové proteínové jogurty viskozitu až okolo 40 Pa·s. Avšak pri 10 hodinovej fermentácii dosahovala viskozita okolo 20 Pa·s.



Obrázok 11: Závislosť dynamickej viskozity na šmykovej rýchlosti pre typ vzorky 7,5 g mandľový proteín, 7,5 g hrachový proteín, vzorka 2

4.3.3.2 Druhé reologické meranie

Na druhé reologické meranie boli pripravené typy vzoriek podľa tabuľky 20, vzorky sa odlišujú od prvého merania, kvôli problémom spomínaným vyššie. Rozdiely v príprave medzi vzorkami prvého reologického merania a druhého boli vo výmene inkubačného zariadenia a v čistiacich metódach zariadení a nádob, aby sa čo najviac eliminovala variabilnosť v rovnakých vzorkách. Reologické meranie prebiehalo rovnako, ako pri prvom sete vzoriek.

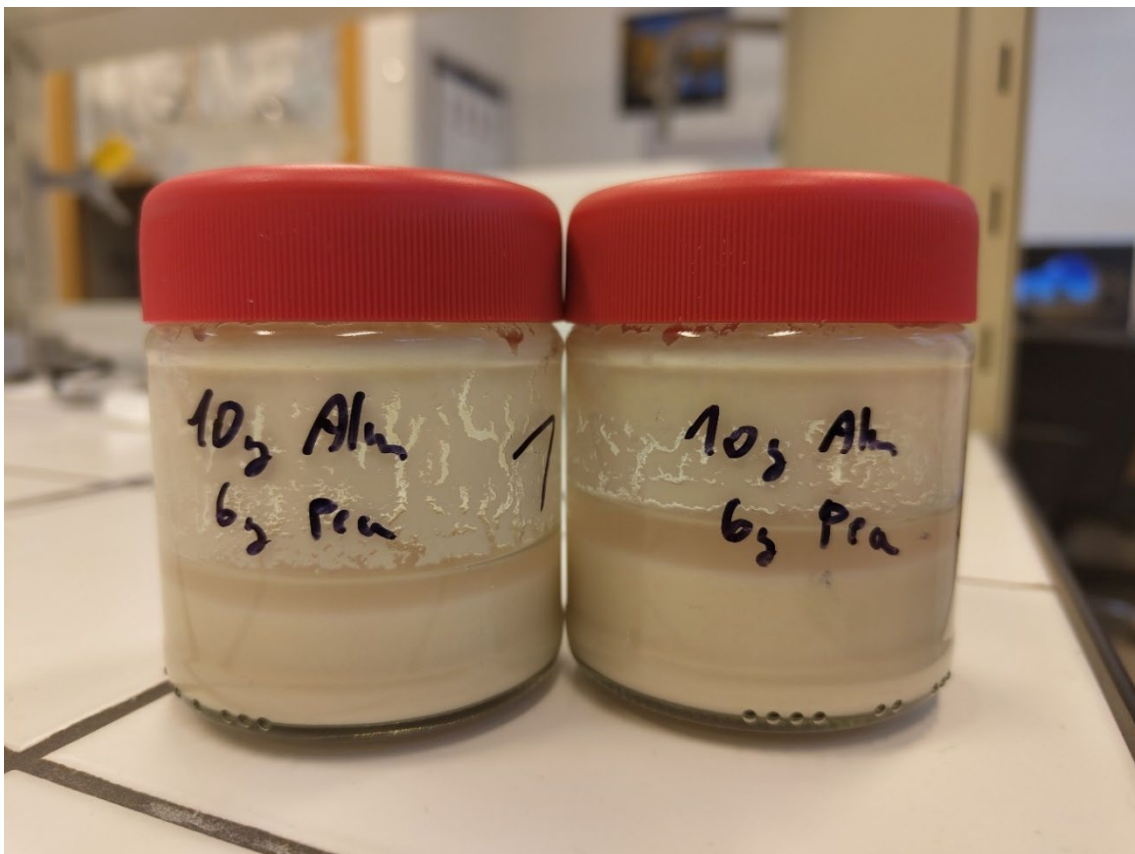
Tabuľka 20: Vzorky pripravené na druhé reologické meranie

Typ vzorky	Zloženie typu vzorky
1	20 g mandľový proteín
2	10 g mandľový proteín, 6 g hrachový proteín
3	10 g mandľový proteín, 6 g ryžový proteín
4	20 g mandľový proteín, 1 g škrob
5	10 g mandľový proteín, 6 g hrachový proteín, 1 g škrob
6	10 g mandľový proteín, 6 g ryžový proteín, 1 g škrob
referencia	Alpro biely jogurt (sójový)

Po zmenách pri výrobe vzoriek spomínaných vyššie bol odstránený aspoň jeden problém, a to rozdiely dynamickej viskozity pri opakovaní vzoriek. Pri druhom meraní boli rozdiely na začiatku merania pri našich vzorkách od 1,261 Pa.s po 5,930 Pa.s. Rozdiel v začiatkovej viskozite komerčného produktu, ktorým bol biely rastlinný sójový jogurt značky Alpro, bol 2,950 Pa.s. Druhý problém, ktorým bola počiatková hodnota viskozity na začiatku merania

nižšia ako na konci merania a tretí problém, ktorým boli nerovnomerné krivky a vytvorené “kopce“ na krivkách sa u niektorých vzoriek zachovali. Problém z nižšou počiatočnou viskozitou sa zachoval pri vzorkách typu 1, 2, 3 a 4, a problém s nerovnomernou krivkou sa vyskytoval pri vzorkách typu 1, 2, 3, 5 a 6.

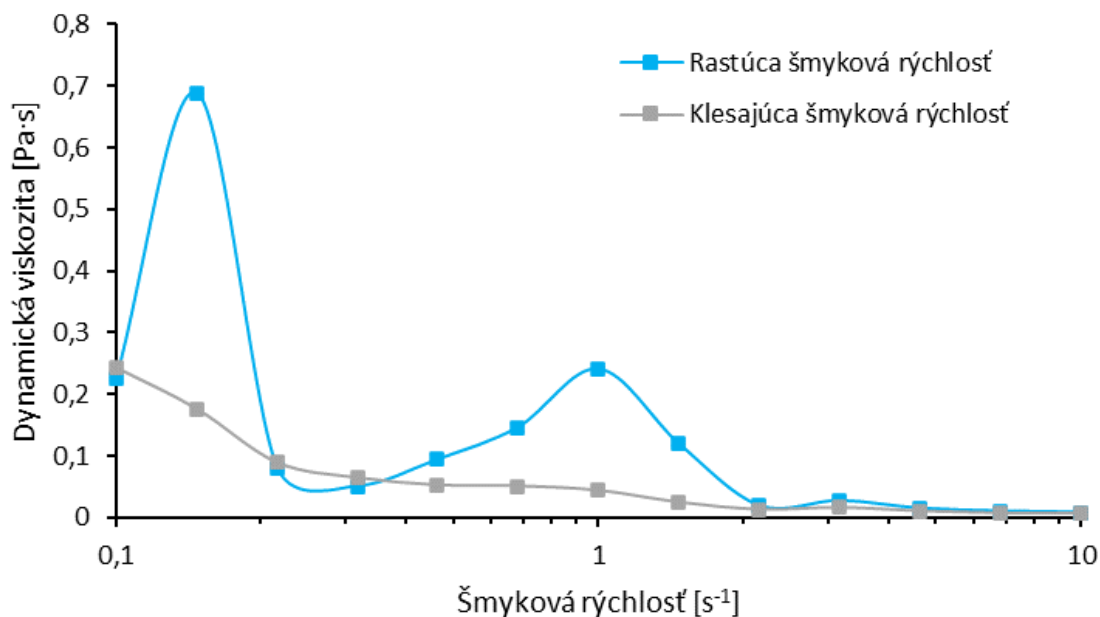
Po bližšom zhodnotení týchto vzoriek a analýzy bol vytvorený záver, prečo tieto problémy nastávajú. Vzorky s nižším obsahom proteínu, alebo s proteínom s nižšou väznosťou vody začali po určitej dobe po pomiešaní sedimentovať (obrázok 12). Na začiatku reologickeho merania bola vzorka 3 min temperovaná a nechaná odstáť, čo spôsobilo, že sa vzorka začala rozdeľovať na dve fázy, a tým pádom, bolo prvých pár bodov merania nezmyselných a hodnoty viskozity boli menšie ako na konci merania. Preto keď sa na začiatku šmyková rýchlosť začala zvyšovať, vzorka bola prístrojom dostatočne premiešaná a viskozita bola meraná správne až po niekoľkých nameraných bodoch.



Obrázok 12: Sedimentované vzorky počas reologickej analýzy

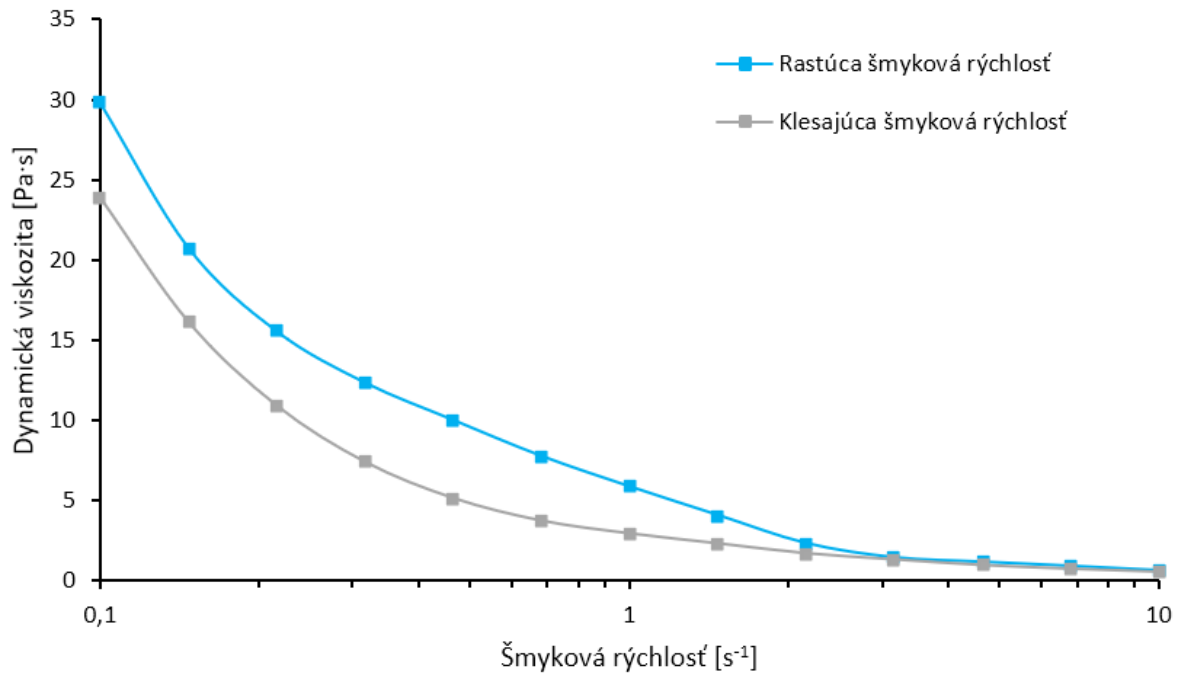
Ďalšou vecou, čo spôsobovala tieto problémy, mohlo byť nedostatočné rozmiešanie vzoriek. Ak vo vzorke ostali nejaké hrudky alebo väčšie kusy proteínu, mohli v reometri spôsobiť vysoké výkyvy viskozity ako nastalo pri type vzorky 2 (obrázok 13), kde môžeme vidieť ako viskozita vystúpila na vysokú hodnotu a následne hneď klesla naspäť. Toto bolo

pravdepodobne spôsobené hrudkou proteínu, ktorá bola reometrom zaznamenaná ako pevná časť, avšak po jej namáhaní sa rozpadla a spôsobila výkyv v grafe.

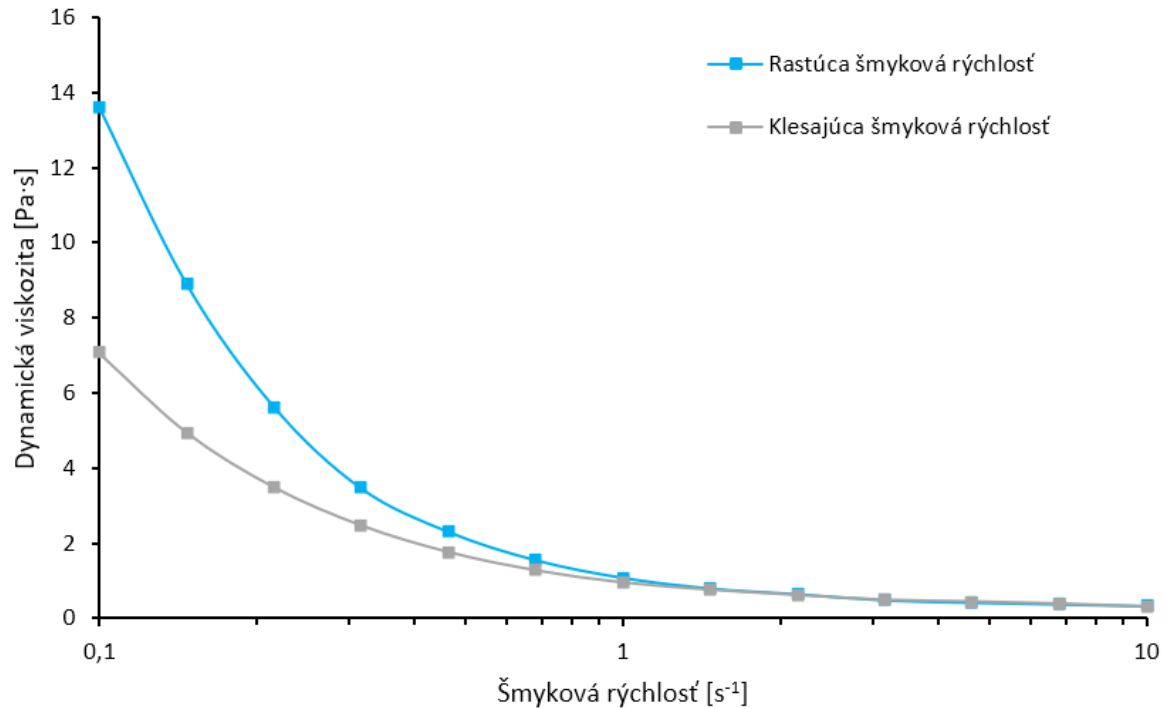


Obrázok 13: Závislosť dynamickej viskozity na šmykovej rýchlosti pre typ vzorky 10 g mandľový proteín, 6 g ryžový proteín, vzorka 1

V druhej sérii mala najlepšie výsledky vzorka 20 g mandľového proteínu s prídavkom 1 g škrobu (obrázok 14). Jej počiatočná viskozita bola pri prvom opakovaní 26,83 Pa·s a po zvýšení a následnom znížení šmykovej rýchlosti sa táto hodnota dostala na 18,66 Pa·s. Pri druhom opakovaní mala vzorka začiatočnú viskozitu 29,79 Pa·s a na konci merania, po zvýšení a následnom znížení šmykovej rýchlosti, bola táto hodnota 23,86 Pa·s. Pri tejto vzorke nenastali žiadne problémy, viskozita bola na začiatku vyššia ako na konci a krivky boli bez výrazných “kopcov“, teda mali stále klesanie a stúpanie pri meniaci sa šmykovej rýchlosti. V porovnaní s komerčným výrobkom (obrázok 15) mala táto vzorka vyššiu viskozitu. Komerčná vzorka mala viskozitu pri prvom opakovaní na začiatku 13,61 Pa·s a na konci 7,08 Pa·s. Pri druhom opakovaní mala na začiatku viskozitu 10,66 Pa·s a na konci merania 6,06 Pa·s. To znamená, že naša vzorka mala viac ako dvojnásobnú viskozitu. Vysoká hodnota viskozity v našom vzorku bola spôsobená vysokým prídavkom proteínu, ktorý naviazal dostatočné množstvo vody aby vytvoril pevnú štruktúru. Ak by sme sa chceli čo najviac priblížiť komerčnému vzorku, musela by byť hodnota viskozity polovičná. To by sa dalo dosiahnuť buď znížením prídavku proteínu, ale v to by mohlo spôsobiť problémy spomínané vyššie u ostatných vzoriek. Takže po znížení proteínu by sme museli do výrobku pridať nejaké stabilizátory štruktúry, alebo látky, s ktorými obdobne ako v kravskom mlieku baktérie vytvorí pevný gél.

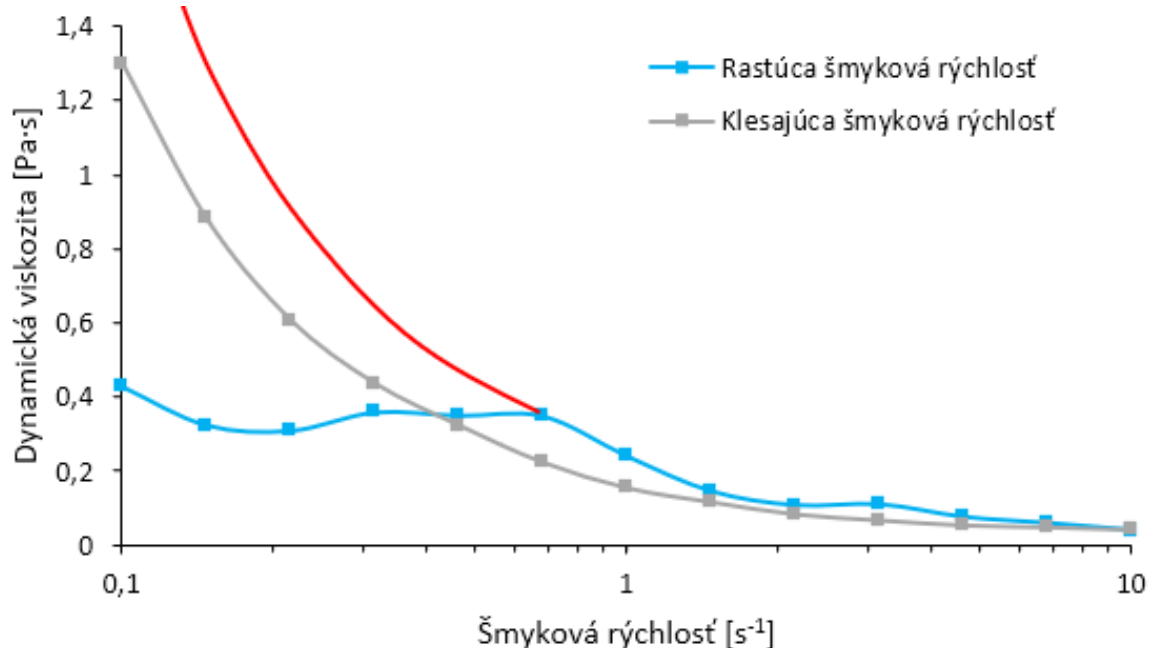


Obrázok 14: : Závislosť dynamickej viskozity na šmykovej rýchlosti pre typ vzorky 20 g mandľový proteín + 1 g škrob, vzorka 2



Obrázok 15: Závislosť dynamickej viskozity na šmykovej rýchlosti pre referenčnú vzorku rastlinný jogurt alpro

Pri porovnaní vzoriek s prídavkom škrobu a bez sme pozorovali, že pri vzorkách s prídavkom 20 g mandľového proteínu bola viskozita vyššia. U vzoriek s prídavkom 6 g hrachového proteínu bola koncová viskozita po prídavku škrobu vyššia ako u vzoriek bez prídavku. Avšak počiatočná viskozita tu bola nižšia. Toto je ale spôsobené rozdeľovaním vzorky na 2 fáze a problémami 2 a 3, teda nižšej počiatočnej viskozity a tvorby takzvaných kopcov. Podľa môjho názoru, ak by nenastalo rozdeľovanie na 2 fáze, tak by bola viskozita vyššia, tak ako bolo nami vyobrazené na obrázku nižšie (obrázok 16). Preto by sme mohli usúdiť, že viskozita bola pri týchto vzorkách vyššia v prípade pridaného škrobu, len to nie je vidno. U vzoriek s prídavkom 6 g ryžového proteínu taktiež nastávalo rozdeľovanie na 2 fáze. Avšak v prípade týchto vzoriek sú grafy veľmi zvláštne, čo mohlo byť spôsobené aj nedostatočným rozmiešaním proteínu a teda prítomnosti hrudiek, ktoré až príliš ovplyvnili tieto krivky (obrázok 13). Preto aby boli vytvorené vhodné závery bolo by potrebné meranie zopakovať, prípadne ešte vylepšiť výrobný proces a vytvoriť viac vzoriek, avšak na to sme v prípade tejto práce už nemali dostatok času.



Obrázok 16: Závislosť dynamickej viskozity na šmykovej rýchlosti pre typ vzorky 10 g mandľový proteín, 6 g hrachový proteín + 1 g škrob, vzorka 1

Tabuľka 21: Výsledné viskozity vzoriek a problémy ktoré sa vyskytli

Typ vzorky	Viskozita na začiatku		Viskozita na konci		Popis krivky
	1	2	1	2	
1	20,00	25,93	20,36	22,61	Problém 2 (prvé opakovanie) a 3
4	26,83	29,79	18,66	23,86	Bez problémov
2	1,44	0,08	2,06	0,63	Problém 2 a 3
5	0,43	4,03	1,30	5,92	Problém 2 a 3
3	0,69	1,49	0,24	0,51	Problém 2 a 3
6	3,80	0,91	0,40	0,45	Problém 3
Ref	13,61	10,66	7,08	6,06	štandardná

Problém 1: rovnaká vzorka rôzne opakovanie veľké rozdiely viskozít

Problém 2: počiatočná viskozita nižšia ako koncová (rozdeľovanie na fáze)

Problém 3: kopce (rozdeľovania na 2 fáze)

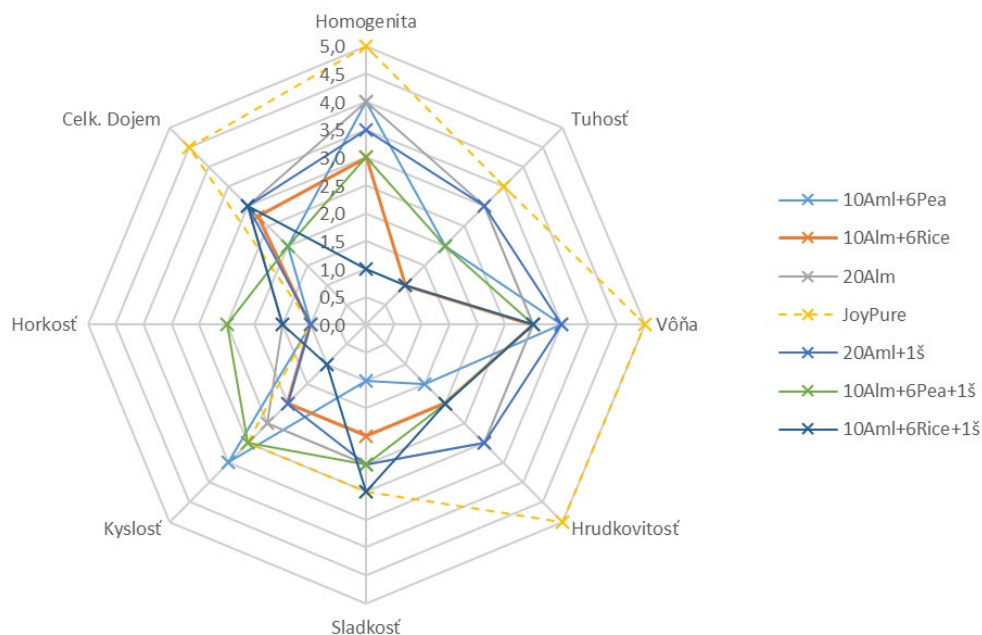
Ak by sme ale náš výrobok porovnali s komerčným výrobkom z prvého merania, teda Vlasšským bielym jogurtom, čo je klasický biely jogurt z kravského mlieka, tak by sme zistili, že viskozita nášho výrobku je oproti nemu veľmi nízka. Tento referenčný výrobok mal na začiatku merania viskozitu 240,2 Pa·s a na konci merania 98,7 Pa·s. To znamená že viskozita nášho rastlinného výrobku je stále neporovnateľná s mliečnym výrobkom. To je pravdepodobne spôsobené tým, že mliečne jogurty vytvárajú pevnú gelovú štruktúru ktorá je zatiaľ neporovnateľná s rastlinnými variantami týchto produktov.

Viskozitou rastlinných jogurtov sa zaoberali aj v článku od Grassa N. a spol. z roku 2020 [54], kde pri ich sójových výrobkoch viskozita dosahovala od 10 Pa·s do 15 Pa·s a u mandľových dosahovala okolo 13 Pa·s. Pri porovnaní týchto hodnôt s nami vytvorenými rastlinnými jogurtami zistíme, že nami vytvorené rastlinné jogurty dosahujú vyššiu viskozitu. To je pravdepodobne spôsobené tým, že naše výrobky na rozdiel od výrobkov z článku obsahujú pridaný proteín. V článku od Wu J. a spol. z roku 2023 [49] kde sa zaoberali viskozitou proteínových jogurtov závislou na dobe fermentácie, im vyšlo, že po vysokotlakovej homogenizácii, pri 15 hodinovej fermentácii, dosahovali sójové proteínové jogurty viskozitu až okolo 40 Pa·s. Avšak pri 10 hodinovej fermentácii dosahovala viskozita okolo 20 Pa·s. U našich výrobkov sme dosahovali najvyššiu viskozitu pri cca 30 Pa·s. čo by zodpovedalo hodnote niekde medzi 10 a 15 hodinami fermentácie v tomto článku. Ale musíme brať do úvahy, že naše vzorky neboli vysokotlakovo homogenizované.

4.3.4 Senzorická analýza

Jedným z najdôležitejších hodnotení pri vytváraní nových potravinových produktov je senzorická analýza. Analýza prebiehala za podmienok uvedených v kapitole 3.10. Senzorický panel bol zložený z 50 % žien a 50 % mužov, pričom 75 % účastníkov uviedlo, že alternatívy mliečnych výrobkov konzumujú menej ako trikrát za týždeň, 17 % účastníkov ich konzumuje viac ako trikrát za týždeň a 8 % účastníkov konzumuje alternatívy mliečnych výrobkov každý deň. Vekové rozmedzie účastníkov panelu bolo od 19 do 29 a 25 % účastníkov boli fajčiari.

Úloha hodnotiteľov bola ohodnotiť senzorický profil a chuťové vlastnosti vytvorených výrobkov. Do sekcie senzorický profil spadali vlastnosti homogenita, viskozita, vôňa a hrudkovitosť. Z chuťových vlastností bola hodnotená prítomnosť sladkej, kyslej, a horkej chuti. Nakoniec bol hodnotený celkový dojem vzoriek a hodnotitelia mohli napísať, aké ďalšie chute a vône našli. Z hodnotení respondentov boli vytvorené mediány, ktoré môžeme nájsť v radarovom grafe (obrázok 17), kde sú zobrazené v porovnaní s referenčnou vzorkou, ktorou bol komerčný rastlinný jogurt značky JoyPure, ktorého zloženie nájdeme v tabuľke 5.



Obrázok 17: Radarový graf mediánov výsledkov senzorickej analýzy

Z grafu (obrázok 17) bolo zistené, že vytvorené vzorky sa navzájom odlišujú. Najvýraznejšie odlišenie bolo u referenčnej vzorky, ktorá dosahovala najlepšie hodnotenia v oblasti homogenity, tuhosti, vône, hrudkovitosti a celkového dojmu. Z nami vytvorených produktov boli najlepšie hodnotené z hľadiska celkového dojmu vzorky s prídavkom 20 g mandľového proteínu a jeho alternatíva aj s pridaným 1 g škrobu a vzorka s prídavkom 6 g ryžového proteínu s prídavkom 1 g škrobu. Najhoršie boli v celkovom dojme hodnotené vzorky s prídavkom hrachového proteínu. Čo sa týka homogenity, hrudkovitosti a tuhosti najlepší bol komerčný výrobok. Za ním opäť nasledovali oba výrobky s prídavkom 20 g mandľového proteínu, ale v parametri homogenity bola vzorka s prídavkom 6 g hrachového proteínu lepšia ako vzorka s prídavkom 20 g proteínu + 1 g škrobu. Najhoršia vzorka v oblasti homogenity a tuhosti bola s prídavkom 6 g ryžového proteínu + 1 g škrobu. Čo sa týka parametru vône, tak najlepší bol opäť komerčný výrobok a za ním nasledovali výrobky 20 g mandľového proteínu + 1 g škrobu a vzorka s prídavkom 6 g hrachového proteínu. Všetky ostatné vzorky boli tretie najhoršie hodnotené v tejto oblasti.

Čo sa týka chuťových vlastností, tak z hľadiska horkej chuti bol najhoršie hodnotený výrobok s prídavkom 6 g hrachového proteínu + 1 g škrobu. Následne už s minimálnym

hodnotením boli vzorky 20 g mandľového proteínu a 6 g ryžového proteínu + 1 g škrobu. U ostatných vzoriek nebola zaznamenaná horká chuť. Z hľadiska sladkej chuti bol najhoršie hodnotený výrobok s prídavkom 6 g hrachového proteínu a najlepšie bol hodnotený výrobok s prídavkom 6 g ryžového proteínu + 1 g škrobu, ktorý dosahoval rovnakej sladkosti ako komerčný výrobok. Čo sa týka kyslej chuti, tak naopak výrobok s prídavkom 6 g ryžového proteínu + 1 g škrobu bol hodnotený najhoršie a teda, že sa tu nevyskytuje žiaden náznak kyslej chuti. Ostatné vzorky mali približne stredné hodnotenie a vzorka 6 g ryžového proteínu bez škrobu bola na opačnej strane a teda bola tam intenzívna kyslá chuť.

Z tohto grafu by sme mohli posúdiť, že komerčný výrobok mal najlepšie hodnotenie, avšak nevieme posúdiť, ktorý z nových rastlinných jogurtov bol najlepšie hodnotený. Preto boli tieto vzorky ďalej štatisticky spracované. V štatistickom spracovaní bola vykonaná Spearmanova korelačná analýza a analýza hlavných komponent.

4.3.4.1 Spearmanova korelačná analýza

Spearmanova korelačná analýza bola spracovaná do tabuľky 22 a ukazuje nám ako sa navzájom ovplyvňujú jednotlivé parametre. Hodnoty napísané červeným písmom sa navzájom ovplyvňujú a číselná hodnota ukazuje ako veľmi. V tejto analýze hodnoty môžu dosahovať hodnoty od -1 do 1, pričom hodnota -1 znamená silnú negatívnu koreláciu a teda že čím vyššie je hodnotenie jedného parametru, tým nižšie je hodnotenie druhého parametru. Hodnota 0 znamená, že sa tu nenachádza žiadna korelácia a hodnota 1 znamená silnú pozitívnu koreláciu, teda čím vyššie je hodnotenie jedného parametru, tým vyššie je aj hodnotenie druhého parametru.

Tabuľka 22: Spearmanova korelačná analýza

	Homo- genita	Tuhosť	Vôňa	Hrudko- vitosť	Sladkosť	Kyslosť	Horkosť	Celk. Dojem
Homogenita	1,000	0,553	0,256	0,484	-0,105	0,124	-0,251	0,332
Tuhosť	0,553	1,000	0,243	0,481	0,013	0,147	-0,152	0,407
Vôňa	0,256	0,243	1,000	0,310	0,191	-0,013	0,044	0,276
Hrudkovitosť	0,484	0,481	0,310	1,000	0,288	-0,010	-0,247	0,591
Sladkosť	-0,105	0,013	0,191	0,288	1,000	-0,182	-0,036	0,342
Kyslosť	0,124	0,147	-0,013	-0,010	-0,182	1,000	0,169	-0,163
Horkosť	-0,251	-0,152	0,044	-0,247	-0,036	0,169	1,000	-0,218
Celk. Dojem	0,332	0,407	0,276	0,591	0,342	-0,163	-0,218	1,000

Z tabuľky môžeme vidieť, že faktory homogenita, tuhosť a hrudkovitosť spolu súvisia, čo dáva zmysel, pretože čím je niečo menej homogénne tak to je viac hrudkovité a hrudky spôsobujú tuhosť produktu.

Zaujímavé ale je to, že vôňa taktiež pozitívne koreluje s faktormi homogenita, tuhosť a hrudkovitosť. Tento jav nastal, z dôvodu menej príjemnej vône, pri vzorkách s obsahom hrachového a ryžového proteínu, ktoré boli aj horšie hodnotené v parametroch homogenity, tuhosti a hrudkovitosti z dôvodov opísaných v kapitole 4.3.3 ktorá sa zaoberá reológiou

vzoriek. Ryžový a hlavne hrachový proteín majú špecifickú vôňu, ktorá bola u mnohých hodnotiteľov hodnotená nižším skóre ako ostatné vône. Ďalej si môžeme všimnúť negatívne korelácie medzi horkou chuťou a homogenitou s hrudkovitosťou. Tento jav je opäť spôsobený prítomnosťou hrachového a ryžového proteínu, ktoré majú výraznejšiu horkú chuť oproti mandľovému proteínu.

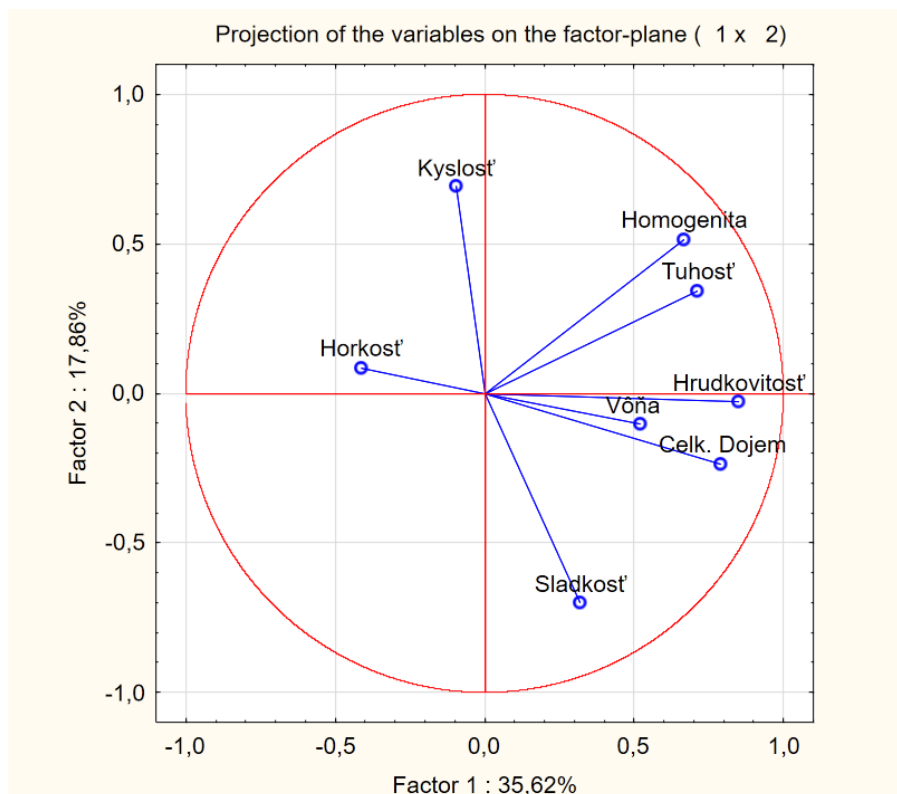
Ďalej môžeme v tabuľke vidieť pozitívnu koreláciu homogenity, tuhosti, hrudkovitosti, vône a sladkej chuti s celkovým dojomom. Najvyššiu hodnotu z týchto korelácií mala hrudkovitosť ($p=0,591$) čo znamená, že celkový dojem bol výrazne ovplyvnený týmto parametrom. Reologické parametre sú teda pri jogurtoch zásadné, pretože jogurty sú veľmi obľúbené aj kvôli ich jemnej a hladkej gélovej textúre.

Celkový dojem bol ovplyvnený aj negatívne a to horkou chuťou. Horká chuť je všeobecne málo obľúbená a teda dáva význam, že pri vyššej intenzite horkej chuti sa bude hodnotenie celkového dojmu znižovať.

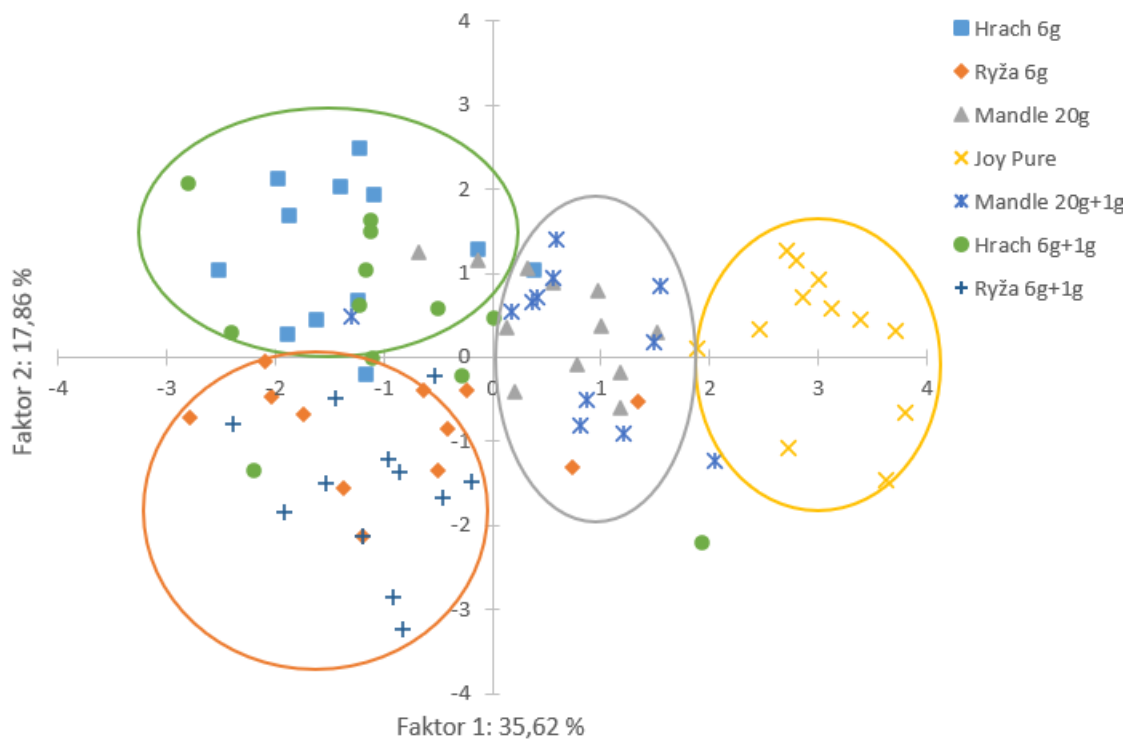
Kyslá chuť štatisticky neovplyvňovala celkové hodnotenie. Kyslá chuť bola pri všetkých výrobkoch takmer rovnaká, pretože všetky výrobky (okrem komerčného) boli fermentované rovnakú dobu rovnakými baktériami a mali rovnaký prídavok cukru, čo znamená vytvorenie rovnakého množstva organických kyselín, hlavne kyseliny mliečnej, ktoré zapríčiňujú kyslú chuť.

Senzorická vlastnosti rastlinných jogurtov boli hodnotené aj v článku od Mossa R. a spol. z roku 2023 [56], kde sa zaoberali textúrovými vlastnosťami rastlinných jogurtov. Ukázalo sa, že hlavnou hnacou silou pri výbere spotrebiteľom je krémovitosť a hustota, zatiaľ čo vodnatá textúra a riedkosť znižujú náklonnosť k výrobkom. Preto bývajú často rastlinné jogurty hodnotené horšie, pretože bežne neobsahujú tak vysoké koncentrácie proteínov s ktorými by mohli baktérie vytvoriť gélovú štruktúru. Avšak u sójových a kokosových jogurtov sa textúra približuje tej mliečnej, ale dosahuje sa to prídavkami proteínových extraktov, inulínom, emulzifikátormi a inými látkami ovplyvňujúcimi štruktúru.

4.3.4.2 Analýza hlavných komponent



Obrázok 18: Dvojrozmerná projekcia dvoch hlavných komponent obsahujúcich 53,49 % variability



Obrázok 19: Výsledky senzorickej analýzy vložené do projekcie hlavných komponent

Na grafoch (obrázok 19, obrázok 20) môžeme vidieť výsledky analýzy hlavných komponent. Kde bola variabilita všetkých premenných prevedená do dvoch hlavných komponent obsahujúcich 53,49 % celkovej variability. Tieto grafy nám ukazujú vzťah pôvodných parametrov k novo vytvoreným komponentom (faktorom). Na grafe (obrázok 19) môžeme vidieť body, kde mali jednotlivé parametre najvyššie skóre. Na druhom grafe (obrázok 20) môžeme vidieť kde sa nachádzali jednotlivé vzorky. Následne boli označené 4 oblasti, ktoré obsahovali najviac podobné vzorky.

Môžeme teda vidieť, že v žltej oblasti sa vyskytovali vzorky komerčného výrobku, ktoré mali vysoké hodnotenia v parametroch homogenity, tuhosti, hrudkovitosti, celkového dojmu a vône. Taktiež mali celkom dobré hodnotenia sladkej chuti. Naopak z grafu vyplýva, že boli hodnotené celkom nízko v hľadisku kyslej chuti a veľmi nízko z hľadiska horkej chuti. V sivej oblasti sa nachádzajú prevažne vzorky obsahujúce 20 g mandľového proteínu a môžeme o nich povedať, že boli v parametroch homogenity, tuhosti, hrudkovitosti, celkového dojmu a vône na druhom mieste za komerčným výrobkom. Taktiež mali vysoké hodnotenia čo sa týka sladkej chuti. O žltej a sivej skupine môžeme povedať, že mali nízku intenzitu horkej chuti.

V zelenej oblasti nájdeme prevažne produkty obsahujúce hrachový proteín. O týchto produktoch môžeme povedať, že z hľadiska homogenity, tuhosti, hrudkovitosti a vône boli hodnotené nízkym skóre. Hodnotenie z hľadiska celkového dojmu tu bolo najnižšie. Taktiež u nich bola výrazná horká a kyslá chuť a z hľadiska intenzity sladkej chuti boli hodnotené najhoršie. V poslednej, oranžovej, skupine nájdeme výrobky obsahujúce ryžový proteín. O týchto výrobkoch môžeme povedať, že mali najhoršie hodnotenie v parametroch homogenity a tuhosti, čo je spôsobené nízkou schopnosťou viazať vodu. Ďalej mali relatívne nízke hodnotenia v parametroch hrudkovitosti, vône a celkového dojmu. Mali nízku úroveň kyslej chuti, ale na druhú stranu mali výraznú sladkú chuť.

Taktiež si tu môžeme všimnúť, že vzorky s prídavkom škrobu neboli oddelené v samostatných skupinách, čím môžeme potvrdiť, že prídavok 1 g škrobu na vylepšenie konzistencie a chuti je príliš nízky.

Ak by boli vzorky ohodnotené podľa celkového dojmu z tejto analýzy, tak môžeme povedať, že najlepšie hodnotenia celkového dojmu dosahoval komerčný výrobok. Na druhom mieste by boli výrobky s obsahom 20 g mandľového proteínu. Na tretom mieste by boli výrobky s obsahom 6 g ryžového proteínu a na poslednom mieste by boli výrobky s obsahom 6 g hrachového proteínu. Toto hodnotenie dáva význam pretože hrachový proteín má svoju špecifickú hrachovú pachuť a taktiež má v porovnaní s ostatnými vyššiu intenzitu horkej chuti, čo je pre hodnotiteľov menej lákavé ako ostatné chute. Ryžový proteín má tiež svoju špecifickú chuť, ale na rozdiel od hrachového proteínu je viac neutrálna. Problémom u ryžového proteínu bolo nedostatočné naviazanie vody čo viedlo k príliš tekutému výrobku. Výrobky s obsahom proteínu 20 g mali dobrú konzistenciu a chuťové vlastnosti, avšak v porovnaní s komerčným výrobkom bola konzistencia až príliš tuhá a teda nedosahovala tak dobré hodnotenie.

4.3.4.3 Ďalšie chute a vône

Nakoniec mali hodnotitelia za úlohu nájsť ďalšie chute a vône. Všetky ďalšie nájdené chute a vône nájdeme v tabuľke 23.

Tabuľka 23: Ďalšie nájdené chute a vône

Vzorka	Ďalšie nájdené vône	Ďalšie nájdené chute
Referencia	Kokosová, jogurtová	Jogurtová, kokosová, vanilková
6 g ryžový proteín	Obilná oriešková mandľová	Jogurtová, oriešková, obilná
6 g ryžový proteín + 1 g škrob	Obilná sójová	Sójová, oriešková
6 g hrachový proteín	Obilná, jogurtová, hrachová	Obilná, jogurtová, hrachová
6 g hrachový proteín + 1 g škrob	Hrachová oriešková	Hrachová, obilná
20 g mandľový proteín	Obilná, mandľová	Jogurtová, oriešková
20 g mandľový proteín + 1 g škrob	Jogurtová, oriešková	Jogurtová, mandľová

Z tabuľky môžeme vidieť, že pri referenčnej vzorke sa najviac vyskytovala kokosová a jogurtová vôňa a kokosová, jogurtová a vanilková chuť. Pri vzorkách s ryžovým proteínom sa najviac vyskytovali obilná, oriešková/mandľová a sójová vôňa a jogurtová, oriešková, obilná a sójová chuť. U vzoriek s hrachovým proteínom sa najviac vyskytovali hrachová, oriešková, jogurtová a obilná vôňa a hrachová, obilná a jogurtová chuť. Nakoniec pri výrobkoch obsahujúcich čisto mandľový proteín sa vyskytovali mandľová, oriešková, obilná a jogurtová vôňa a jogurtová, oriešková a mandľová chuť.

Často sa pri vôňach a chutiach vyskytovali obilná alebo sójová. To môže byť zapríčinené podobnou chuťou rastlinných proteínov a tým, že tieto proteíny sú súčasťou výrobkov, vďaka čomu sa pri mixe rôznych chutí a vôní môžu objaviť iné chute a vône podobné k použitým surovinám. Čo sa týka jogurtovej chuti a vône, tá je zapríčinená baktériami mliečneho kvasenia prítomnými v produktoch a organickými kyselinami vytvorenými týmito baktériami.

Ďalšími nájdenými vôňami a chuťou sa zaoberali aj Singh A. a spol. v štúdií z roku 2021 [57], kde bola hodnotená úroveň pachu u rastlinných proteínov. V ich štúdií našli mnoho látok ovplyvňujúcich arómu. Jedným z nich bol hexanal, ktorý dodáva “zelenú” alebo fazuľovú arómu prítomnú v sójových a hrachových proteínoch a má veľmi nízku hranicu detekcie 5 ppb. Ďalej tam bol prítomný pentanal, ktorý má tiež nízku hladinu detekcie a spôsobuje “zelenú” alebo mliečnu arómu. Zistili, že proteín z hnedej ryže, bol pachovo najaktívnejší a sójový a hrachový proteín mali podobné aromatické vlastnosti.

5 ZÁVER

Cieľom tejto diplomovej práce bolo vytvoriť nový rastlinný jogurt s vysokým obsahom proteínu a charakterizovať jeho vlastnosti a zistiť jeho prijateľnosť spotrebiteľmi.

Počas výroby sme sa stretli s mnohými výzvami. Prvou výzvou bol výber vhodnej kultúry, pretože u rastlinných mliek sa nepoužívajú iba klasické baktérie mliečného kvasenia, ale aj vegánske kultúry. Po vykonaní cytometrickej analýzy však bolo rozhodnuté že budú použité klasické baktérie mliečného kvasenia. Tieto baktérie používajú aj komerčné výrobky, napríklad sójový jogurt značky Alpro.

Ďalšou veľkou výzvou bolo vytvorenie správnej konzistencie. U bežných mliečnych jogurtov sa vďaka prítomnosti mliečnych proteínov, laktózy a metabolitov baktérií vytvorí gél, ktorý má svoje špecifické senzorické vlastnosti a konzistenciu.

Reologické hodnotenie výrobkov ukázalo, že vzorky s prídavkom 6 g ryžového a hrachového proteínu mali stále nevhodnú, vodnatú konzistenciu, a rozdeľovali sa na 2 fáze. Toto platilo aj pre ich varianty s prídavkom 1 g kukuričného škrobu. Najlepšie z hľadiska reologie dopadli vzorky s prídavkom 20 g mandľového proteínu, ktoré však mali dynamickú viskozitu vyššiu ako komerčný výrobok.

Zo senzorického hodnotenia vyplýva, že vyvíjané rastlinné výrobky sa hodnotením blížia ku komerčným variantom. Avšak kvôli rozdielom v konzistencii a chuti sa stále nedostali na rovnakú úroveň. Najlepšie boli senzoricky hodnotené výrobky s prídavkom 20 g mandľového proteínu. Naopak najhoršie hodnotené boli výrobky s prídavkom hrachového proteínu, čo je spôsobené jeho špecifickou horkastou chuťou.

Vytváranie produktov, ktoré majú sa majú konzistenciou a senzorickými vlastnosťami blížiť k bežným jogurtom s použitím čo najmenšie množstva stabilizačných látok a dochucovadiel, zatiaľ čo budú mať dobré nutričné vlastnosti je náročné, ale myslím si, že to je možné. Veľkým problémom pri našom postupe bolo, že sme si nikdy neboli istý, či nenastanú nejaké problémy pri každej vzorke a teda ak by sme chceli vykonať všetky analýzy na všetky vzorky potrebovali by sme omnoho viac času. Preto by som na vytvorenie produktov podobných nášmu odporučil vypracovať rozsiahlejší výskum, ktorý by sa mohol zaoberať nie len vývojom vysoko proteínových rastlinných jogurtov, ale mohli by byť fortifikované aj inými živinami.

6 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] HAAS, Rainer, Alina SCHNEPPS, Anni PICHLER a Oliver MEIXNER, 2019. Cow Milk versus Plant-Based Milk Substitutes: A Comparison of Product Image and Motivational Structure of Consumption. *Sustainability* [online]. **11**(18) [cit. 2024-04-29]. ISSN 2071-1050. Dostupné z: doi:10.3390/su11185046
- [2] SILVA, Aline R.A., Marselle M.N. SILVA a Bernardo D. RIBEIRO, 2020. Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. *Food Research International* [online]. **131** [cit. 2024-04-29]. ISSN 09639969. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2019.108972
- [3] CHALUPA-KREBZDAK, Sebastian, Chloe J. LONG a Benjamin M. BOHRER, 2018. Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives. *International Dairy Journal* [online]. **87**, 84-92 [cit. 2024-04-29]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2018.07.018
- [4] BRIDGES, M.; Moo-ove Over, Cow's Milk: The Rise of Plant-Based Dairy Alternatives. *Pract. Gastroenterol.* XLII (1), 2018, 20–27.
- [5] VILLA, Caterina, Joana COSTA, Maria Beatriz P.P. OLIVEIRA a Isabel MAFRA, 2018. Bovine Milk Allergens: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. **17**(1), 137-164 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1541-4337. Dostupné z: doi:10.1111/1541-4337.12318
- [6] JESKE, Stephanie, Emanuele ZANNINI a Elke K. ARENDT, 2017. Evaluation of Physicochemical and Glycaemic Properties of Commercial Plant-Based Milk Substitutes. *Plant Foods for Human Nutrition* [online]. **72**(1), 26-33 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0921-9668. Dostupné z: doi:10.1007/s11130-016-0583-0
- [7] FONIA INTERNATIONAL. [online]. [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://www.mccormickfona.com/articles/2018/08/category-insight-non-dairy-milks>
- [8] GAJDOŠ KLJUSURIĆ, Jasenka, Maja BENKOVIĆ a Ingrid BAUMAN, 2015. Classification and Processing Optimization of Barley Milk Production Using NIR Spectroscopy, Particle Size, and Total Dissolved Solids Analysis. *Journal of Chemistry* [online]. **2015**, 1-7 [cit. 2024-04-29]. ISSN 2090-9063. Dostupné z: doi:10.1155/2015/896051
- [9] MCCLEMENTS, David Julian, Emily NEWMAN a Isobelle Farrell MCCLEMENTS, 2019. Plant-based Milks: A Review of the Science Underpinning Their Design, Fabrication, and Performance. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. **18**(6), 2047-2067 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1541-4337. Dostupné z: doi:10.1111/1541-4337.12505
- [10] REYES-JURADO, F., N. SOTO-REYES, M. DÁVILA-RODRÍGUEZ, A.C. LORENZO-LEAL, M.T. JIMÉNEZ-MUNGUÍA, E. MANI-LÓPEZ a A. LÓPEZ-MALO, 2023. Plant-Based Milk Alternatives: Types, Processes, Benefits, and Characteristics. *Food Reviews International* [online]. 2023-05-19, **39**(4), 2320-2351 [cit. 2024-04-29]. ISSN 8755-9129. Dostupné z: doi:10.1080/87559129.2021.1952421
- [11] KUNDU, Preeti, Jyotika DHANKHAR a Asha SHARMA, 2018. Development of Non Dairy Milk Alternative Using Soymilk and Almond Milk. *Current Research in*

- Nutrition and Food Science Journal* [online]. 2018-04-25, **6**(1), 203-210 [cit. 2024-04-29]. ISSN 2347467X. Dostupné z: doi:10.12944/CRNFSJ.6.1.23
- [12] I., Adedokun, 2014. Evaluation of Proximate, Fibre Qualities and Consumer Acceptability of Bambaranut – Tigernut – Coconut Milk Beverage Blends. *International Journal of Nutrition and Food Sciences* [online]. **3**(5) [cit. 2024-04-29]. ISSN 2327-2694. Dostupné z: doi:10.11648/j.ijnfs.20140305.20
- [13] PAUL, Anna Aleena, Satish KUMAR, Vikas KUMAR a Rakesh SHARMA, 2020. Milk Analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 2020-10-10, **60**(18), 3005-3023 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1040-8398. Dostupné z: doi:10.1080/10408398.2019.1674243
- [14] ROZENBERG, Serge, Jean-Jacques BODY, Olivier BRUYÈRE, et al., 2016. Effects of Dairy Products Consumption on Health: Benefits and Beliefs—A Commentary from the Belgian Bone Club and the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases. *Calcified Tissue International* [online]. **98**(1), 1-17 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0171-967X. Dostupné z: doi:10.1007/s00223-015-0062-x
- [15] ELMADFA, I. a H. FREISLING, 2007. Food-Based Dietary Guidelines in Austria. *Annals of Nutrition and Metabolism* [online]. 2007-7-1, **51**(Suppl. 2), 8-14 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0250-6807. Dostupné z: doi:10.1159/000103561
- [16] HAAS, Rainer, Alina SCHNEPPS, Anni PICHLER a Oliver MEIXNER, 2019. Cow Milk versus Plant-Based Milk Substitutes: A Comparison of Product Image and Motivational Structure of Consumption. *Sustainability* [online]. **11**(18) [cit. 2024-04-29]. ISSN 2071-1050. Dostupné z: doi:10.3390/su11185046
- [17] GOOD, K. Milk Life? How About Milk Destruction: The Shocking Truth About the Dairy Industry and the Environment [online]. In: . [cit. 2024-04-29].
- [18] WOLFE, D. [online]. In: . [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://www.davidwolfe.com/milk-is-bad-for-bones/>
- [19] PETA. 12 Reasons to Stop Drinking Cow's Milk [online]. In: . [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://www.davidwolfe.com/milk-is-bad-for-bones/>
- [20] MÄKINEN, Outi Elina, Viivi WANHALINNA, Emanuele ZANNINI a Elke Karin ARENDT, 2015. Foods for Special Dietary Needs: Non-dairy Plant-based Milk Substitutes and Fermented Dairy-type Products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 2015-01-23, **56**(3), 339-349 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1040-8398. Dostupné z: doi:10.1080/10408398.2012.761950
- [21] DERBYSHIRE, Emma J., 2017. Flexitarian Diets and Health: A Review of the Evidence-Based Literature. *Frontiers in Nutrition* [online]. 2017-01-06, **3** [cit. 2024-04-29]. ISSN 2296-861X. Dostupné z: doi:10.3389/fnut.2016.00055
- [22] WILLETT, Walter, Johan ROCKSTRÖM, Brent LOKEN, et al., 2019. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet* [online]. **393**(10170), 447-492 [cit. 2024-04-29]. ISSN 01406736. Dostupné z: doi:10.1016/S0140-6736(18)31788-4

- [23] SILVA, Aline R.A., Marselle M.N. SILVA a Bernardo D. RIBEIRO, 2022. Plant-based milk products. In: *Future Foods* [online]. Elsevier, s. 233-249 [cit. 2024-04-29]. ISBN 9780323910019. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-323-91001-9.00025-6
- [24] COMERFORD, Kevin B., Gregory D. MILLER, Amy C. BOILEAU, Stephanie N. MASIELLO SCHUETTE, Janice C. GIDDENS a Katie A. BROWN, 2021. Global Review of Dairy Recommendations in Food-Based Dietary Guidelines. *Frontiers in Nutrition* [online]. 2021-5-25, **8** [cit. 2024-04-29]. ISSN 2296-861X. Dostupné z: doi:10.3389/fnut.2021.671999
- [25] CRAIG, Winston J. a Cecilia J. BROTHERS, 2021. Nutritional Content and Health Profile of Non-Dairy Plant-Based Yogurt Alternatives. *Nutrients* [online]. **13**(11) [cit. 2024-04-29]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu13114069
- [26] MELINA, Vesanto, Winston CRAIG a Susan LEVIN, 2016. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Vegetarian Diets. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* [online]. **116**(12), 1970-1980 [cit. 2024-04-29]. ISSN 22122672. Dostupné z: doi:10.1016/j.jand.2016.09.025
- [27] CRAIG, Winston J. a Ujué FRESÁN, 2021. International Analysis of the Nutritional Content and a Review of Health Benefits of Non-Dairy Plant-Based Beverages. *Nutrients* [online]. **13**(3) [cit. 2024-04-29]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu13030842
- [28] MARCO, Maria L, Dustin HEENEY, Sylvie BINDA, et al., 2017. Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. *Current Opinion in Biotechnology* [online]. **44**, 94-102 [cit. 2024-04-29]. ISSN 09581669. Dostupné z: doi:10.1016/j.copbio.2016.11.010
- [29] CARLSON, Justin L, Jennifer M ERICKSON, Beate B LLOYD a Joanne L SLAVIN, 2018. Health Effects and Sources of Prebiotic Dietary Fiber. *Current Developments in Nutrition* [online]. **2**(3) [cit. 2024-04-29]. ISSN 24752991. Dostupné z: doi:10.1093/cdn/nzy005
- [30] SLAVIN, Joanne, 2013. Fiber and Prebiotics: Mechanisms and Health Benefits. *Nutrients* [online]. **5**(4), 1417-1435 [cit. 2024-04-29]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu5041417
- [31] MONTEMURRO, Marco, Erica PONTONIO, Rossana CODA a Carlo Giuseppe RIZZELLO, 2021. Plant-Based Alternatives to Yogurt: State-of-the-Art and Perspectives of New Biotechnological Challenges. *Foods* [online]. **10**(2) [cit. 2024-04-29]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods10020316
- [32] KOK, Car Reen a Robert HUTKINS, 2018. Yogurt and other fermented foods as sources of health-promoting bacteria. *Nutrition Reviews* [online]. 2018-12-01, **76**(Supplement_1), 4-15 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0029-6643. Dostupné z: doi:10.1093/nutrit/nuy056
- [33] UDAYAKUMAR, Srusti, Dissanayake M. D. RASIKA, Hasitha PRIYASHANTHA, Janak K. VIDANARACHCHI a Chaminda Senaka RANADHEERA, 2022. Probiotics and Beneficial Microorganisms in Biopreservation of Plant-Based Foods and Beverages. *Applied Sciences* [online]. **12**(22) [cit. 2024-04-29]. ISSN 2076-3417. Dostupné z: doi:10.3390/app122211737

- [34] WU, Guoyao, 2016. Dietary protein intake and human health. *Food & Function* [online]. 7(3), 1251-1265 [cit. 2024-04-29]. ISSN 2042-6496. Dostupné z: doi:10.1039/C5FO01530H
- [35] BOYE, Joyce, Ramani WIJESINHA-BETTONI a Barbara BURLINGAME, 2012. Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method. *British Journal of Nutrition* [online]. 108(S2), S183-S211 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0007-1145. Dostupné z: doi:10.1017/S0007114512002309
- [36] WU, Guoyao, 2009. Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. *Amino Acids* [online]. 37(1), 1-17 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0939-4451. Dostupné z: doi:10.1007/s00726-009-0269-0
- [37] GILANI, G.S. a N. LEE, 2003. *Protein| Quality: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2nd ed. Oxford, UK: Academic Press, 4847–4854. ISBN 978-0-12-227055-0.
- [38] *FAO Dietary Protein Quality Evaluation in Human Nutrition: Report of an FAO Expert Consultation*; FAO: Auckland, New Zealand, 2013.
- [39] *Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition*; WHO: Geneva, Switzerland, 2007; ISBN 9241209356.
- [40] Scientific Opinion on Dietary Reference Values for protein, 2012. *EFSA Journal* [online]. 10(2) [cit. 2024-04-29]. ISSN 18314732. Dostupné z: doi:10.2903/j.efsa.2012.2557
- [41] ADHIKARI, Shiksha, Marijke SCHOP, Imke J. M. DE BOER a Thom HUPPERTZ, 2022. Protein Quality in Perspective: A Review of Protein Quality Metrics and Their Applications. *Nutrients* [online]. 14(5) [cit. 2024-04-29]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu14050947
- [42] KENT, Gráinne, Laura KEHOE, Albert FLYNN a Janette WALTON, 2022. Plant-based diets: a review of the definitions and nutritional role in the adult diet. *Proceedings of the Nutrition Society* [online]. 81(1), 62-74 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0029-6651. Dostupné z: doi:10.1017/S0029665121003839
- [43] GORISSEN, Stefan H. M., Julie J. R. CROMBAG, Joan M. G. SENDEN, W. A. Huub WATERVAL, Jörgen BIERAU, Lex B. VERDIJK a Luc J. C. VAN LOON, 2018. Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino Acids* [online]. 50(12), 1685-1695 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0939-4451. Dostupné z: doi:10.1007/s00726-018-2640-5
- [44] PROESTOS, CHARALAMPOS, 2018. Superfoods: Recent Data on their Role in the Prevention of Diseases. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal* [online]. 2018-12-28, 6(3), 576-593 [cit. 2024-04-29]. ISSN 2347467X. Dostupné z: doi:10.12944/CRNFSJ.6.3.02
- [45] 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
- [46] 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
- [47] *Jogurtová kultura YFL812* [online]. [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://www.ekokoza.cz/jogurtova-kultura-yfl812-p6181/>
- [48] *Kultura ABT, probiotická kultura* [online]. [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://www.ekokoza.cz/kultura-abt-probioticka-kultura-p6180/>
- [49] WU, Junxia, Jianming CHENG, Benu ADHIKARI a Feng XUE, 2023. Physicochemical properties of soybean protein isolate-based gel produced through probiotic fermentation. *Future Foods* [online]. **8** [cit. 2024-04-29]. ISSN 26668335. Dostupné z: doi:10.1016/j.fufo.2023.100242
- [50] VOJTASOVÁ, Tereza. *Analýza funkčních vlastností proteinových izolátů* [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/157258>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Jaromír Pořízka.
- [51] GIVRY, Sebastien, Christophe BLIARD a Francis DUCHIRON, 2007. Selective ketopentose analysis in concentrate carbohydrate syrups by HPLC. *Carbohydrate Research* [online]. **342**(6), 859-864 [cit. 2024-04-29]. ISSN 00086215. Dostupné z: doi:10.1016/j.carres.2006.12.013
- [52] WANNASUPCHUE, W., 2023. Chemical properties and sensory evaluation of sweetened condensed rice (*Oryza sativa* L.) milk. *Food Research* [online]. 2023-7-16, **7**(4), 352-359 [cit. 2024-04-29]. ISSN 25502166. Dostupné z: doi:10.26656/fr.2017.7(4).126
- [53] YONG, Jean W., Liya GE, Yan Fei NG a Swee Ngim TAN, 2009. The Chemical Composition and Biological Properties of Coconut (*Cocos nucifera* L.) Water. *Molecules* [online]. **14**(12), 5144-5164 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules14125144
- [54] GRASSO, Nadia, Loreto ALONSO-MIRAVALLÉS a James A. O'MAHONY, 2020. Composition, Physicochemical and Sensorial Properties of Commercial Plant-Based Yogurts. *Foods* [online]. **9**(3) [cit. 2024-04-29]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods9030252
- [55] YIN, Xinya, Jinxin LI, Ling ZHU a Hui ZHANG. Advances in the formation mechanism of set-type plant-based yogurt gel: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 1-20 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1040-8398. Dostupné z: doi:10.1080/10408398.2023.2212764
- [56] MOSS, Rachael, Jeanne LEBLANC, Mackenzie GORMAN, Christopher RITCHIE, Lisa DUIZER a Matthew B. MCSWEENEY, 2023. A Prospective Review of the Sensory Properties of Plant-Based Dairy and Meat Alternatives with a Focus on Texture. *Foods* [online]. **12**(8) [cit. 2024-04-29]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods12081709
- [57] SINGH, Anika, Yuan SHI, Perrine MAGREAU, David D. KITTS, Maciej JARZĘBSKI, Przemysław SIEJAK a Anubhav PRATAP-SINGH, 2021. A Rapid Gas-Chromatography/Mass-Spectrometry Technique for Determining Odour Activity Values of Volatile Compounds in Plant Proteins: Soy, and Allergen-Free Pea and Brown

Rice Protein. *Molecules* [online]. **26**(13) [cit. 2024-04-29]. ISSN 1420-3049. Dostupné z: [doi:10.3390/molecules26134104](https://doi.org/10.3390/molecules26134104)

7 ZOZNAM PRÍLOH

7.1 Formulár k senzorickej analýze

Senzorická analýza rastlinných jogurtů se zvýšeným obsahem proteinů

Rastlinný jogurt má oproti tradičnému jogurtu niekoľko výhod, napríklad neobsahuje laktózu a cholesterol, takže je vhodnejší pre osoby s kardiovaskulárnymi a gastrointestinálnymi ochoreniami. Okrem toho k dopytu po rastlinných alternatívach mlieka a výrobkoch z neho prispievajú nové životné štýly vrátane vegetariánskej a vegánskej stravy, ako aj environmentálne otázky a etické dôvody proti konzumácii kravského mlieka.

Pohlaví.....

Věk.....

Kuřák/nekuřák

Rostlinné náhražky mléčných výrobků konzumuji:

- Každý den
- Více než 3x týdně
- Méně než 3x týdně

Senzorický profil

- Homogenita

1	2	3	4	5
Nehomogenní (velké hrudky)		Středně homogenní (malé hrudky)		Homogenní, celistvé

Vzorek	E18	I79	U39	A74	J97	K64	S23
Hodnocení							

- Tuhost

1	2	3	4	5
Příliš řídké (tekuté)		Tuhé, roztíratelné		Tuhé, obtížně míchatelné

Vzorek	E18	I79	U39	A74	J97	K64	S23
Hodnocení							

- Vůně

1	2	3				4	5
Nepříjemná		Neznatelná				Příjemná	
Vzorek	E18	I79	U39	A74	J97	K64	S23
Hodnocení							

- Vůně – specifické přípachy

Například: mléčná, jogurtová, oříšková hrachová, mandlová, obilná, rýžová, sójová

Vzorek	E18	I79	U39	A74	J97	K64	S23
Hodnocení							

Chuťové vlastnosti

- Hrudkovitost

1	2	3				4	5
Nepříjemně písčítá, drhne na jazyku		Jemně písčítá				Celistvá	

Vzorek	E18	I79	U39	A74	J97	K64	S23
Hodnocení							

- Sladkost

1	2	3				4	5
Neznatelná		Středně intenzivní				Intenzivní	

Vzorek	E18	I79	U39	A74	J97	K64	S23
Hodnocení							

- Kyselost

1	2	3	4	5
Neznatelná		Středně intenzivní		Intenzivní

Vzorek	E18	I79	U39	A74	J97	K64	S23
Hodnocení							

- Hořkost

1	2	3	4	5
Neznatelná		Středně intenzivní		Intenzivní

Vzorek	E18	I79	U39	A74	J97	K64	S23
Hodnocení							

- Další chutě:

Například: mléčná, jogurtová, oříšková hrachová, mandlová, obilná, rýžová, sójová

Vzorek	E18	I79	U39	A74	J97	K64	S23
Hodnocení							

- Celkový dojem

1	2	3	4	5
Vzorek mi vůbec nechutnal		Vzorek byl přijatelný		Vzorek mi moc chutnal

Vzorek	E18	I79	U39	A74	J97	K64	S23
Hodnocení							