

Fermentované syrovátkové nápoje

Michal Žák

Bakalářská práce
2020

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Michal Žák**
Osobní číslo: **T17140**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Fermentované syrovátkové nápoje**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Syrovátkové nápoje a jejich charakteristika.
2. Vlastnosti kultur používaných při výrobě fermentovaných syrovátkových nápojů.

II. Praktická část

1. Výroba fermentovaných syrovátkových nápojů.
2. Vliv kultivačních podmínek na růst mikrobiální kultury.

Forma zpracování bakalářské práce: **Tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] SAEED, M., MUHAMMAD ANJUM, F., RAFIQ KHAN, M., ISSA KHAN, M., NADEEM, M. Isolation, characterization and utilization of starter cultures for the development of wheyghurt drink. *British Food Journal*. 2013, vol. 115, no. 8, p. 1169-1186. DOI: 10.1108/BFJ-10-2011-0274. ISSN 0007-070X.
- [2] PESCUA, Micaela et al., 2010. Functional fermented whey-based beverage using lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*. 141 (1-2), 73-81. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.04.011. ISSN 01681605. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168160510002217>.
- [3] KAR, T., 1998. Influence of fermented whey drink microflora on digestion of lactose. 75. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168160510002217>.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zuzana Mišková, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **17. února 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Oblíbenost fermentovaných syrovátkových nápojů celosvětově roste, což souvisí s čím dál větším zájmem spotřebitelů o potraviny s pozitivním účinkem na jejich zdraví. Různé studie zabývající se fermentovanými syrovátkovými nápoji se shodují v tvrzení, že nejvhodnější pro výrobu těchto produktů je jogurtová kultura. Proto byla právě jogurtová kultura využita v praktické části této práce pro výrobu fermentovaných syrovátkových nápojů. Jako médium byla použita koncentrovaná a ředěná syrovátka. Obě média byla ošetřena dlouhodobou pasterací (65 °C, 30 min.) a zaočkována jogurtovou kulturou. Takto připravené syrovátkové nápoje byly kultivovány při třech teplotách, 38, 42 a 45 °C po dobu 4 h. Fermentované syrovátkové nápoje byly skladovány při teplotě $3 \pm 0,5$ °C po dobu 14 dní, během nichž byly sledovány změny fyzikálně-chemických a viskoelastických vlastností vyrobených nápojů vždy 1., 2., 3., 7. a 14. den skladování. Cílem této práce bylo určit, zda je jako médium lepší koncentrovaná či ředěná syrovátka a která z aplikovaných kultivačních teplot je nejvhodnější pro výrobu fermentovaných syrovátkových nápojů. Z dosažených výsledků bylo zjištěno, že ředěná syrovátka poskytuje bakteriím obsaženým v jogurtové kultuře příznivější podmínky pro jejich aktivitu. Navíc byla potvrzena potřeba kultivace těchto bakterií za vyšších teplot, kdy teplota 42 °C byla vyhodnocena jako nejvhodnější.

Klíčová slova: syrovátka, fermentované syrovátkové nápoje

ABSTRACT

The popularity of fermented whey drinks is growing worldwide, which is linked to the growing consumers interest in foods with a positive effect on their health. From various studies, yogurt culture has been evaluated as the most suitable culture for the production of fermented whey drinks. Therefore, in the practical part of this work, yogurt culture was used for the production of fermented whey drinks. Concentrated and diluted whey was used as a medium. Both media were treated with a long-term pasteuration (65 °C, 30 min.) and inoculated with yogurt culture. Prepared whey drinks were fermented at three temperatures, 38, 42 and 45 °C for 4 h. Fermented whey drinks were stored at a temperature of $3 \pm 0,5$ °C for 14 days. During storage time changes in physicochemical and viscoelastic properties of fermented whey drinks were monitored always 1st, 2nd, 3rd, 7th and 14th storage day. The aim of this work was to determine whether concentrated or diluted whey is better as a medium and which of the applied incubation temperatures is most suitable for the production of fermented whey drinks. From the results achieved, it was found that diluted whey provides more favorable conditions for activity of the bacteria contained in yogurt culture. In addition, the requirement to cultivation of these bacteria at higher temperatures was confirmed, because the temperature of 42 °C was assessed as the most suitable.

Keywords: whey, fermented whey drinks

Chtěl bych poděkovat za odborné vedení této práce Ing. Zuzanou Míškovou, Ph.D. a také Bc. Tereze Fitzianové za pomoc při měření praktické části.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 SYROVÁTKOVÉ NÁPOJE	12
1.1 SYROVÁTKA.....	14
1.2 HISTORIE	16
1.3 TYPY SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ.....	17
1.3.1 Ovocné syrovátkové nápoje	17
1.3.2 Mléčné syrovátkové nápoje	18
1.3.3 Fermentované syrovátkové nápoje	19
1.3.4 Sycené syrovátkové nápoje	20
1.3.5 Alkoholické syrovátkové nápoje	21
1.4 TECHNOLOGIE VÝROBY SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ.....	22
1.4.1 Nefermentované syrovátkové nápoje	23
1.4.2 Fermentované syrovátkové nápoje	25
1.4.3 Syrovátkové nápoje se zvýšenou viskozitou.....	26
2 VLASTNOSTI KULTUR POUŽÍVANÝCH PŘI VÝROBĚ FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ	28
2.1 DRUHY VYUŽÍVANÝCH KULTUR PŘI VÝROBĚ FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ	28
2.1.1 <i>Lactobacillus delbruceckii</i> spp. <i>bulgaricus</i> a <i>Streptococcus</i> <i>thermophilus</i>	29
II PRAKTICKÁ ČÁST	30
3 CÍL PRÁCE	31
4 VÝROBA FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ	32
4.1 JOGURTOVÁ KULTURA.....	32
4.2 SYROVÁTKA.....	32
4.3 VÝROBA SYROVÁTKOVÉHO NÁPOJE	32
5 VLIV KULTIVAČNÍCH PODMÍNEK NA RŮST MIKROBIÁLNÍ KULTURY	34
5.1 CHEMICKÁ ANALÝZA VYROBENÝCH FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ	34
5.1.1 Stanovení aktivní kyselosti	34
5.1.2 Stanovení titrační kyselosti	35
5.1.3 Stanovení obsahu rozpustné sušiny pomocí refraktometrie.....	35
5.2 REOLOGICKÉ VLASTNOSTI VYROBENÝCH FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ	36
5.2.1 Dynamická oscilační reometrie	36
5.3 STATISTICKÁ ANALÝZA	39
6 VÝSLEDKY A DISKUZE	40
6.1 VÝSLEDKY CHEMICKÉ ANALÝZY VYROBENÝCH FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ	40

6.1.1	Výsledky měření aktivní kyselosti	40
6.1.2	Výsledky měření titrační kyselosti	41
6.1.3	Výsledky měření obsahu rozpustné sušiny	43
6.2	VÝSLEDKY MĚŘENÍ DYNAMICKÉ OSCILAČNÍ REOMETRIE.....	43
ZÁVĚR		50
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		51
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		55
SEZNAM OBRÁZKŮ		56
SEZNAM TABULEK		57

ÚVOD

Syrovátka byla do nedávna považována za nevýznamný a zároveň odpadní produkt při výrobě sýrů. Již v minulosti se malé množství firem pokoušelo tuto vedlejší surovinu zpracovat v závislosti na jejich bohatých funkčních vlastnostech, které ale veřejnost doposud neznala, a proto upřednostňovala koupi jiných mléčných výrobků. Syrovátkové nápoje, jak fermentované, tak nefermentované, popřípadě alkoholické si postupem času získaly oblibu. Výrobci začali kombinovat syrovátku s ovocnými nebo zeleninovými šťávami a džusy. Nezůstalo pouze u těchto kombinací a variant výrobků, experimentování se dále posunulo k přidávání čistých mlékařských kultur do syrovátky. Vytvořené fermentované syrovátkové nápoje působily daleko větším pozitivním účinkem na zdraví. Různými kombinacemi mikroorganismů se zkoumala vhodnost jejich využití pro daný druh nápojů. Nejvhodnější a zároveň nejpoužívanější kulturou pro výrobu fermentovaných syrovátkových nápojů byla vyhodnocena jogurtová kultura složená ze dvou kmenů bakterií mléčného kvašení *Lactobacillus delbruceckii* spp. *bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus*. [1][2]

Cílem této práce bylo tedy určit, zda je jako médium lepší koncentrovaná či ředěná syrovátka a která z aplikovaných kultivačních teplot je nejvhodnější pro výrobu fermentovaných syrovátkových nápojů pomocí jogurtové kultury. Vyrobené fermentované syrovátkové nápoje byly po dobu 14 dnů skladovány při teplotě $3,0 \pm 0,5$ °C. Během dané doby skladování byly zjišťovány změny aktivní a titrační kyselosti, obsahu rozpustné sušiny a viskoelastických vlastností vyrobených nápojů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SYROVÁTKOVÉ NÁPOJE

Syrovátkové nápoje jsou fermentované nebo také nefermentované výrobky, jejichž hlavní surovinou při výrobě je syrovátka. Tyto nápoje musí mít minimální obsah mléčného základu 51 % ve složení výrobku a je zde povoleno použití rostlinného tuku. Při fermentaci se syrovátka prokázala jako dobré médium pro jogurtové kultury a probiotické bakterie rodu *Lactobacillus* a *Bifidobacterium*. V případě nefermentovaných syrovátkových nápojů se jedná o výrobky, které nepodléhají fermentaci a jako jejich tepelné ošetření se využívá sterilace, proto tyto výrobky nevyžadují skladování jako chlazené, tudíž při výsledné přepravě a prodeji není nutné chladicí zařízení. [3]

Jogurty řazené mezi fermentované mléčné výrobky musí mít obsah mléčné složky vyšší než 70 % a v tomto případě se neumožňuje přidání rostlinného tuku ve srovnání s fermentovanými syrovátkovými výrobky. Avšak syrovátka může být jednou ze složek jogurtů. Ve fermentovaných syrovátkových nápojích se tekutá syrovátka používá vždy, zatímco v jogurtech vyráběných s obsahem syrovátky jsou preferovány syrovátkové bílkovinné koncentráty (WPC). Především proto, že používání WPC místo sušeného odstředěného mléka vede ke snížení nákladů výroby jogurtů. [3]

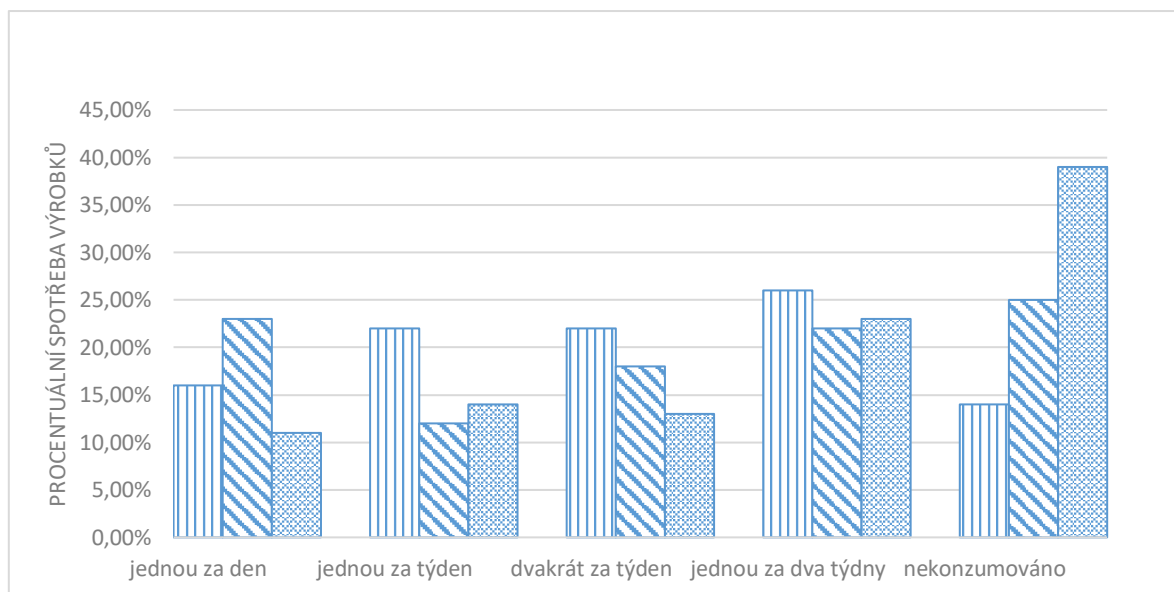
Ačkoli se syrovátka považuje za vedlejší produkt mlékárenského průmyslu, syrovátkové složky mají široký význam ve výživě a zdraví podporující vlastnosti. Vlastnosti syrovátky a syrovátkových bílkovin prokazují antioxidační vliv a antimikrobiální působení na tělní buňky, protirakovinné rysy, dále snižují krevní tlak a mohou působit na prevenci kardiovaskulárních chorob i osteoporózy. Vzhledem k výživovým hodnotám syrovátky a rostoucímu povědomí spotřebitelů o výrobcích prokazujících pozitivní vliv na zdraví se vyvíjí řada stále nových potravinářských výrobků vytvořených na základě syrovátky. Nezpracovaná syrovátka je ale pro spotřebitele neatraktivní a ne tak žádaná, proto se výrobci snaží zaujmout různými typy výrobků, jejichž hlavní surovinou je syrovátka, jako již zmíněné fermentované či nefermentované nápoje. Navíc přidání probiotických bakterií do syrovátky pozitivně zvyšuje nutriční hodnotu vzniklého produktu. Neboť celkově probiotické mléčné výrobky tvoří významnou skupinu funkčních potravin, jejichž globální trh v posledních letech vzrostl. Syrovátkové složky v podobě syrovátkových bílkovin nejen stimulují růst a přežití probiotických bakterií, ale také zvyšují životaschopnost bakterií mléčného kvašení v gastrointestinálním traktu. Probiotické syrovátkové nápoje stimulují imunitní systém, redukují hladinu cholesterolu a snižují riziko výskytu rakoviny. Výhodou fermentace, tedy kvašení syrovátky, je snížení obsahu laktózy, částečná hydrolyza

syrovátkového proteinu, který by mohl způsobovat alergie, nebo zvýšení doby trvanlivosti díky produkci kyseliny mléčné a produkci aromatických složek vedoucích zároveň ke zlepšení sensorických vlastností. Naopak nevýhodou použití syrovátky pro výrobu fermentovaných nápojů je nízký obsah pevných látek a kaseinu, což dodává syrovátkovým výrobkům až příliš vodnatou konzistenci. Pro zlepšení texturních vlastností lze syrovátku kombinovat s čerstvým mlékem, kondenzovaným mlékem nebo mlékem v prášku. [4]

Začlenění syrovátky do sycených nebo nesycených nápojů nabízí technologicky nejjednodušší, ovšem komerčně nejtěžší příležitosti využití syrovátky v lidském potravinovém řetězci. [1]

Spotřeba jogurtů, syrovátkových nápojů a fermentovaného mléka je přímo spojena s charakteristickými vlastnostmi, které většinou ovlivňují zájem spotřebitelů. Proto, aby se zvýšila spotřeba daného produktu, mělo by dané odvětví zainvestovat do svého vývoje, díky čemuž by přizpůsobilo sensorickou stránku výrobku populačním zvyklostem a také dále propagovalo tento produkt, čímž by se zároveň zvýšily příjmy společnosti. [5]

V Brazílii na federální univerzitě v Rio de Janeiro proběhl výzkum, ve kterém se celkem 120 spotřebitelů (běžní spotřebitelé mléčných nápojů, zaměstnanci fakulty a také studenti) v poměru zastoupení 49 % žen a 51 % mužů ve věkovém rozmezí od 17 do 35 let zúčastnilo studie. Každý z nich odpověděl, jak často konzumuje jogurty, fermentované mléko a syrovátkové nápoje. Výsledná data z této studie jsou znázorněna na obrázku č. 1. [5]



Obrázek č. 1: Frekvence spotřeby jogurtů (▨), syrovátkových nápojů (▧) a fermentovaného mléka (▩) [6]

Z této studie vyplývá, že nejvíce konzumovaným výrobkem oslovených spotřebitelů byl syrovátkový nápoj. Důvodem může být i relativně nízká cena těchto produktů. Jako druhý nejvíce konzumovaný výrobek byl vyhodnocen jogurt, který spotřebitelé podle statistik konzumovali nejvíce ve frekvenci jednou za dva týdny. Spotřeba jogurtů může být ovlivněna taktéž jeho tradičností. Nejmenší spotřeba byla pozorována u fermentovaného mléka. [5]

Zmíněný výzkum provedený v Brazílii se může lišit dle země, ale i každého z nás. Četnost spotřeby výše uvedených produktů je spojena s charakteristickými sensorickými vlastnostmi, jejich přijatelnost je pro každého jiná. [5]

Kromě nápojů, ve kterých je syrovátka hlavní nebo vedlejší surovinou, existuje také velké množství nápojů obsahujících přísady získané ze syrovátky, zejména syrovátkové bílkoviny. Syrovátkový proteinový koncentrát (WPC), syrovátkový proteinový izolát (WPI) a syrovátkový proteinový hydrolyzát (WPH) jsou častými složkami nápojů s vysokým obsahem bílkovin. Jedná se hlavně o sportovní nápoje a nápoje pro populaci trpící podvýživou. [6]

1.1 Syrovátka

Výchozí surovinou pro výrobu syrovátkových nápojů je tedy syrovátka, která se do nedávna považovala za odpadní surovinu mléčného průmyslu. Jedná se o vedlejší produkt, takzvané mléčné sérum, vznikající při výrobě sýrů oddělením kaseinu a tuku sladkým srážením. Syrovátka vzniká také při výrobě jogurtů, tzv. kyselým srážením. Obsahuje velmi velké množství kvalitních bílkovin, které můžeme považovat za skoro plnohodnotný zdroj živin. [7]

Světová produkce syrovátky tvořila v roce 2013 přibližně 180 milionů tun, z tohoto množství obsahuje okolo 1,5 milionu tun kvalitních bílkovin a 8,6 milionů tun mléčného cukru laktózy, který je velmi důležitým zdrojem sacharidů galaktózy a glukózy, ze kterých je složen. [7]

Syrovátka představuje 85 – 90 % z celkového objemu mléka vstupujícího do výroby a obsahuje kolem 55 % sušiny mléka, jejíž složení kolísá v závislosti na konkrétních podmínkách výrobního procesu a složení mléka vstupujícího do výroby. Kapalná syrovátka se skládá z vody (93 %), laktózy (5 %), bílkovin (0,85 % - α -laktalbumin, β -laktoglobulin, sérový albumin, imunoglobuliny, laktoferin), minerálních látek (0,53 %) a tuku (0,36 %). Syrovátkové proteiny mají vysokou biologickou hodnotu, která je dokonce považována za

lepší, než je biologická hodnota bílkovin vajec nebo sóji, a to hlavně kvůli vysokému obsahu esenciálních aminoskupin s rozvětveným řetězcem (isoleucin, leucin a valin). Tyto aminokyseliny stimulují specifické intracelulární cesty spojené se syntézou svalového proteinu a také se mohou podílet na hormonální reakci stimulující sekreci inzulínu. [2]

Samotnou produkci syrovátky můžeme rozdělit podle způsobu srážení kaseinu, a to buď enzymatickou koagulací syřidlem (sladké srážení), nebo pomocí kyselého srážení. Pak rozlišujeme sladkou syrovátku a kyselou syrovátku. Tímto způsobem vznikají dvě rozdílná složení charakterizovaná v tabulce č. 1. Sladkou syrovátku získáme při výrobě tvrdého, polotvrdého a měkkého sýru s použitím syřidla, kdy se hodnota pH pohybuje v rozmezí 5,9 – 6,6. Srážení pomocí syřidla probíhá rozštěpením κ -kaseinové frakce, tvořící ochranný koloid, na hydrofobní para- κ -kasein a hydrofilní κ -kaseinmakropeptid. V dalším kroku se vápenaté ionty váží na fosfoserinové zbytky obnažených α - a β -kaseinů pomocí tzv. vápenatých můstků. Vzniká gel uspořádaný do řetízků spojením kaseinových micel a postupným formováním vzniká z řetízků trojrozměrná struktura. Syrovátkové proteiny jako je β -laktoglobulin, α -laktoglobulin, imunoglobulin a sérový albumin, spolu s κ -kaseinmakropeptidem odchází do syrovátky. V případě kyselé syrovátky se využívá kyselého srážení, např. při výrobě samotného kaseinu nebo jogurtů. Zde bude pH odpovídat kyselému srážení a bude se pohybovat okolo hodnot 4,3 – 4,6. Kyselého srážení lze dosáhnout úpravou hodnoty pH mléka na hodnotu 4,6 za pomoci přídatku bakterií mléčného kvašení nebo přidavkem kyseliny (kyseliny mléčné), kdy dojde k dosažení izoelektrického bodu kaseinového komplexu. V průběhu poklesu pH probíhá vyrovnávání nábojů na obale kaseinové micely a přítomný koloidní fosforečnan vápenatý je disociován. Výsledkem těchto procesů je vznik polotuhého koagulátu.[7], [8]

Tabulka č. 1: Složení syrovátky oddělené po srážení [1]

Složka	Sladká syrovátka	Kyselá syrovátka
	[%]	[%]
Celkový obsah pevných látek	6	6,4
Voda	94	93,6
Tuk	0,05	0,05
Bílkoviny	0,6	0,6
Neproteinový dusík	0,2	0,2
Laktóza	4,5	4,6
Obsah popelovin	0,5	0,8
Vápník	0,035	0,12
Fosfor	0,04	0,065
Sodík	0,045	0,05
Draslík	0,14	0,16
Chlor	0,09	0,11
Kyselina mléčná	0,05	0,05

Syrovátkové proteiny jsou získávány ultrafiltrací (UF) a kvůli své velikosti jsou odděleny od laktózy a popelovin, které procházejí membránou do permeátu. Vzniklý produkt se přivádí do rozprašovacích sušáren, čímž se získá práškový syrovátkový proteinový koncentrát (WPC), ve kterém je koncentrace proteinu v rozmezí 35 - 80 %. [2]

Nové metody využití syrovátky umožňují zvýšení zisku zpracováním právě této suroviny a přispívají k dalšímu rozvoji aplikované technologie. Při analýze nejnovějších trendů ve zpracování syrovátky se dospělo k tomu, že jedním z klíčových a perspektivních směrů využití syrovátky je právě výroba nápojů. Použití syrovátky jako nápoje konzumovaného speciálně pro léčebné účely je známé už od doby Hippokrata. [6]

1.2 Historie

Mnoho typů syrovátkových nápojů bylo vyvíjeno a získáváno v minulosti již od roku 1986. Jednalo se o několik kategorií syrovátkových výrobků, včetně alkoholických nápojů, nápojů na bázi čisté syrovátky nebo takzvaného deproteinovaného syrovátkového séra. Nechyběly zde směsi ovocných šťáv a syrovátky i dalších výrobků obsahujících jiné nemléčné přísady. Netradiční sycený syrovátkový nápoj zvaný Rivella obsahující jednu třetinu deproteinovaného syrovátkového séra a další dvě třetiny vody byl, a dokonce je i v současné době, velice populární ve Švýcarsku. V minulosti však byl komerční úspěch těchto syrovátkových nápojů poměrně limitován. Jeho obliba v dnešní době stále roste a zájem o

tyto produkty jeví další evropské země a to zejména Německo, Holandsko nebo Rakousko, nejspíše i z hlediska pozitivních účinků na zdraví spotřebitelů. [1]

V roce 1986 se na trhu objevilo osm německých, dva rakouští, tři holandské a tři švýcarské průmyslové výrobce syrovátkových nápojů prodávající dvacet devět různých produktů. Snažili se vyvíjet a testovat nové nápoje na bázi syrovátky pro světový trh nebo také pro zvláštní skupiny spotřebitelů, jako jsou například aktivní sportovci. Obsah základních složek byl dostupný na obalu výrobku, nicméně jejich přesné chemické složení a procesy využívané při výrobě bylo velmi obtížné získat. [1]

1.3 Typy syrovátkových nápojů

Můžeme rozlišovat čtyři základní typy syrovátkových nápojů: [9]

- směsi syrovátky s ovocnými nebo zeleninovými šťávami
- mléčné nápoje (fermentované či nefermentované)
- sycené nápoje (Rivella)
- alkoholické nápoje

S vývojem výživově bohatých výrobků a výrobků pro zvláštní výživu (kojenecká výživa, tekuté výrobky pro náhradu jídla, vysoce energetické nápoje pro sportovce) vznikly výše zmíněné kategorie syrovátkových nápojů, které mohou obsahovat peptidy získané hydrolýzou syrovátkové bílkoviny nebo také i přidané mikroživiny nemléčného původu a další složky. [9]

1.3.1 Ovocné syrovátkové nápoje

Směsi ovocných šťáv a nezpracovaných nebo deproteinovaných syrovátkových nebo UF permeátů jsou nejčastějšími typy syrovátkových nápojů, které se nacházejí na dnešním trhu. Tyto výrobky většinou plní funkci typických ovocných džusů, včetně snídanových nápojů, zdravých ovocných nápojů ve formě svačiny nebo nápojů se zdravými vlastnostmi a zdroji vitamínů. [9]

Hlavními dvěma základními složkami jsou obvykle tekutá syrovátka a tekutá ovocná šťáva nebo koncentrát ovocné šťávy. Mezi příchutě používané v těchto nápojích nejčastěji patří

citrusové plody (hlavně pomeranče, následně citróny nebo méně zřídka hrozny). Užívá se zde i různých kombinací ovoce, manga, hrušky, jablka, jahody, maliny, s exotickým popisem výrobku uváděným pod pojmem tropická směs. Kyselá syrovátka vznikající obvykle při výrobě tvarohu nebo cottage sýru se běžně používá na výrobu těchto více kyselých nápojů z hlediska chuťové stránky. Tyto výrobky jsou často obohaceny o vitamíny, někdy také o minerální látky, zejména v případě izotonických sportovních nápojů. Výrobky obsahující zeleninové šťávy (například mrkev) lze taktéž najít na trhu, ovšem v menší míře. Postupně dochází i k vývoji dalších variant založených na míchání rajčatové šťávy se syrovátkou. Rajčatová šťáva se zdá být ideální v kombinaci s kyselou syrovátkou a výsledný produkt by mohl být uváděn na trh jako zdroj několika důležitých složek včetně vápníku, syrovátkové bílkoviny a pokud je to žádoucí, tak i přítomnosti probiotických bakterií. [9]

Typická výrobní sekvence zahrnuje míchání dvou hlavních kapalných složek následované správným tepelným ošetřením a balením. Ve většině případů, pokud jsou tyto výrobky koncipovány jako prostředek k využití nadbytečné syrovátky je tendence výrobců využívat zařízení dostupné v továrně místo specializovaných strojů z hlediska dalších výdajů. Tento přístup však často vede k neočekávaným vadám kvality, čímž se může zhoršovat pověst syrovátkových nápojů. Jedním takovým defektem bývá vývoj sedimentu v důsledku denaturovaného syrovátkového proteinu po tepelném ošetření. Jedním z možných opatření k minimalizaci sedimentace zahřátého syrovátkového proteinu je upravit konečné pH produktu před zahřátím na hodnotu 3,8 – 3,6, protože v tomto rozmezí pH by se měly syrovátkové proteiny stát odolnými vůči tepelně indukovaným koagulacím. [9]

1.3.2 Mléčné syrovátkové nápoje

Fermentované mléčné nápoje, zejména výrobky ve stylu jogurtového typu jsou jedny z nejoblíbenějších funkčních nápojů. Mléčné výrobky představují přibližně 43 % trhu s funkčními nápoji, které jsou především fermentované. [10]

Na rozdíl od syrovátkových nápojů připomínajících ovocné šťávy je použití syrovátky nebo syrovátkové součásti v jogurtu nebo mléčném nápoji méně snadné. Existují dva typy základních mléčných nápojů: [9]

1. Nefermentované mléko a mléčné deriváty představované pod tržním mlékem, mléčné koktejly, mléko s příchutí a podobné výrobky založené na bázi odstředěného, částečně odstředěného, plnotučného nebo tuku obohaceného výrobku

2. Fermentované produkty jako je kysané mléko, podmáslí, kefír a další podobné kultivované mléčné nápoje

Oba typy produktů lze vyrobit pomocí syrovátky. [9]

Nealkoholické mléčné nápoje jsou celosvětově stále více žádány v podobě jogurtových nápojů ochucených různým typem ovoce (pomeranče, citróny, třešně nebo jablka) a mají za následek zlepšení kvality zmírnění žízně a zároveň osvěžující chuti jogurtu. [11]

Fermentované výrobky ve srovnání s nefermentovanými dosahují daleko větší kyselosti vzhledem k vysokému obsahu kyseliny mléčné, která se vytváří přeměnou laktózy přítomné v mléce bakteriemi mléčného kvašení. To způsobuje hlavní komplikace oproti nefermentovaným mléčným nápojům, protože hlavní mléčná bílkovina kasein se stává nerozpustnou a tvoří sraženinu při pH kolem 4,8 a méně. Tyto kultivované mléčné nápoje na bázi mléka běžně obsahují nemléčné přísady (pektin, různé gumy nebo hydrokoloidy), aby se zajistilo, že koagulovaný kasein je vhodně stabilizován a netvoří sediment. Problém syrovátkového proteinu při tepelném zpracování (finálním kroku v jakémkoliv průmyslovém procesu zajišťující mikrobiologickou bezpečnost takových produktů) by pravděpodobně musel být vyřešen použitím alternativních netermických metod zpracování. Řešení problému sedimentace nerozpustných proteinů je méně důležité jako v případě nefermentovaných mléčných výrobků. Dokonce i v případě produktů založených výhradně na tekutých WPC by mohlo být zahřívání mnohem méně poškozující produkt tvorbou sedimentu, kdyby se zahřívaly na neutrálním pH. Použití suchých produktů WPC a WPI pro obohacení bílkovin mléka a mléčných nápojů se také nabízí jako jedna z variant. [9]

1.3.3 Fermentované syrovátkové nápoje

Fermentovaný nápoj vyrobený použitím bakterií mléčného kvašení je jedním z nejvíce atraktivních způsobů výživy člověka. Bakterie mléčného kvašení mohou bez problémů fermentovat syrovátku, snížit přítomný obsah laktózy a podpořit produkci kyseliny mléčné. Někdy ovšem fermentovaný syrovátkový nápoj může přinášet nevhodné vlastnosti jako je nežádoucí zápach z vařeného mléka nebo slanou či kyselou chuť čerstvé syrovátky a proto se často k překonání této nežádoucí chuti přidává právě ovocná šťáva, která daný nápoj obohatí o přírodní vůni a chuť. [12]

Syrovátka je taktéž zajímavou surovinou pro výrobu funkčních potravin s probiotiky. Je bohatá na vápník, bioaktivní peptidy a na již zmíněnou přítomnost esenciálních aminokyselin. Vzhledem k okolnostem, že proces koncentrace syrovátky má pro průmysl

relativně vysoké náklady, tak použití nekoncentrované syrovátky může představovat alternativu na snížení těchto nákladů. [13]

Kromě bakterií mléčného kvašení a probiotických kultur lze také využít kvasinek *Sacharomyces cerevisiae*. Kvasinky byly použity při fermentaci různých typů syrovátky s následným stanovením obsahu sacharidů a alkoholu uvedených v tabulce č. 2. [14]

Tabulka č. 2: Složení médií před a po fermentaci vinnými kvasinkami *Sacharomyces cerevisiae* [14]

syrovátka	podíl syrovátky v médiu [%]	obsah laktózy před fermentací [%]	podíl sladiny v médiu [%]	obsah maltózy [%]	obsah glukózy [%]	obsah fruktózy [%]	obsah laktózy po fermentaci [%]	obsah alkoholu po fermentaci [%]	senzorické hodnocení - známkování jako ve škole (1-5)
kravská kyselá - 1	50	2,32	50	3,99	0,64	0,21	1,93	3,70	2
kravská kyselá - 1	60	2,78	40	3,19	0,51	0,17	2,58	3,00	1
kravská kyselá - 1	70	3,24	30	2,40	0,39	0,13	3,05	2,20	2
kravská kyselá - 1	80	3,70	20	1,60	0,26	0,09	3,70	1,50	3
kravská sladká - 2	50	2,54	50	3,99	0,64	0,21	1,36	3,60	2
kravská sladká - 2	60	3,05	40	3,19	0,51	0,17	2,24	2,90	2
kravská sladká - 2	70	3,56	30	2,40	0,39	0,13	0,68	2,20	2
kravská sladká - 2	80	4,06	20	1,60	0,26	0,09	3,18	1,50	3
kozí sladká - 3	50	2,54	50	3,99	0,64	0,21	2,15	3,50	3
kozí sladká - 3	60	3,04	40	3,19	0,51	0,17	2,72	2,90	3
kozí sladká - 3	70	3,95	30	2,40	0,39	0,13	3,89	2,20	3
kozí sladká - 3	80	4,06	20	1,60	0,26	0,09	3,58	1,10	3
kozí kyselá - 4	50	2,43	50	3,99	0,64	0,21	1,30	4,10	2
kozí kyselá - 4	60	2,91	40	3,19	0,51	0,17	1,47	3,50	2
kozí kyselá - 4	70	3,40	30	2,40	0,39	0,13	2,12	2,80	3
kozí kyselá - 4	80	3,88	20	1,60	0,26	0,09	2,66	1,50	3

Z měření hodnot obsahu alkoholu a laktózy během fermentace vyplývá větší vhodnost kyselé syrovátky jako ideálnějšího média pro fermentaci kvasinkami *Sacharomyces cerevisiae*. Výsledné fermentované syrovátkové nápoje byly sensorickým hodnocením posouzeny jako dobré a harmonické ve spojení chuti a vůně. Delším skladováním ovšem může postupně do popředí vystupovat slaná chuť, v případě syrovátky kozí sladké až chuť nahořklá. [14]

1.3.4 Sycené syrovátkové nápoje

Sycené syrovátkové nápoje slouží především k zahánění žízně s typickou svěžestí dodanou sycením oxidem uhličitým, který připomíná typické nápoje jako jsou Coca-Cola, Fanta nebo Sprite, přičemž hlavní složkou je voda. Vzhledem k tomu, že tekutá syrovátková složka je vysoce vyčištěna a neobsahuje žádný syrovátkový protein, není karbonace produktu komplikována silnou pěnotvorbou charakteristickou pro syrovátkový protein. Nejtradičnějším způsobem čištění syrovátky je pomocí ultrafiltrace, která je schopná oddělit

částice o velikosti $10^{-5} - 10^{-8}$ související s jejich molekulovou hmotností. Propustné látky procházející skrze membránu ultrafiltrace jsou soli, ionty, rozpouštědlo (v tomto případě voda), peptidy, aminokyseliny a jednoduché cukry. Naopak makromolekulární látky v podobě bílkoviny se přes membránu nedostanou a proudí kolem membrány v podobě koncentrátu. Proto ve srovnání s tradičními syrovátkovými nápoji je v tomto případě přednější zmírnění žízně než výživová stránka. Jedním z nejznámějších sycených syrovátkových nápojů je švýcarský nápoj zvaný Rivella prodávající se v různých variantách příchutí. Bylo zaznamenáno několik pokusů napodobit úspěch švýcarského nápoje, ovšem nebylo dosaženo takové popularity jako má tento nápoj. [9], [15]

Rivella se skládá z vody, syrovátky (35 % - bez syrovátkového proteinu), cukru, kyseliny mléčné, karamelu a přírodních látek určených k aromatizaci. V současné době existuje několik příchutí tohoto nápoje a také jeho nízkokalorická varianta bez přidaného cukru. [6]

Společnost Rivella AG momentálně produkuje různé varianty těchto nealkoholických nápojů, viz. obrázek č. 2. [16]



Obrázek č. 2: Syrovátkový nápoj Rivella [16]

1.3.5 Alkoholické syrovátkové nápoje

Vysoký obsah disacharidu laktózy činí ze syrovátky relevantní surovinu pro výrobu alkoholických nápojů. Produkce je obvykle založena na fermentaci deproteinované syrovátky druhem kvasinek schopných fermentovat laktózu, mezi které patří například

Kluyveromyces fragilis. Tyto nápoje mohou být obohaceny sladidly a aromatickými látkami. Příkladem tohoto typu nápojů je polské syrovátkové šampaňské Serwovit. Sirovátku lze také použít k výrobě piva, kde může být kombinována s mladinou v různých poměrech nebo může být fermentována samostatně. S pивní syrovátkou se můžeme setkat u výrobků anglické značky Blue Brew na Obrázku č. 3, ve které je část mladiny nahrazena syrovátkou získanou z výroby sýra Stilton. [6], [17]



Obrázek č. 3: Alkoholický syrovátkový pivní nápoj Blue Brew [18]

Sirovátka může být také použita pro výrobu nápojů vínového typu. K výrobě se používá demineralizovaná a deproteinovaná syrovátka obohacená sacharózou nebo glukózou, aby se dosáhlo vyšší koncentrace ethanolu v konečném produktu. Poté se substrát podrobí alkoholové fermentaci pomocí kvasinek rodu *Saccharomyces*. Konečný produkt má organoleptické vlastnosti podobné bílému vínu. [6]

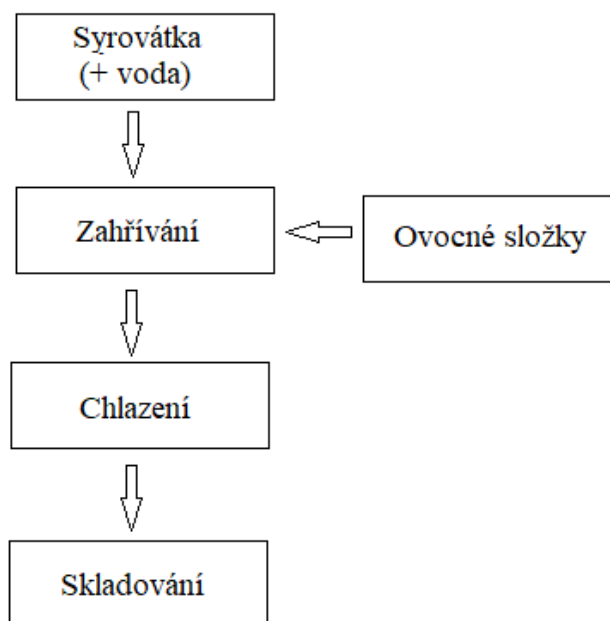
1.4 Technologie výroby syrovátkových nápojů

Průmysl nápojů je jedním z vhodných způsobů využití mléčné syrovátky, která je ideální formou podpory vhodné výživy pro člověka s příznivým účinkem na metabolismus a imunitu. Všechny nealkoholické nápoje, včetně syrovátky, jsou osvěžujícími produkty denní stravy v běžném životě. Samotná nutriční hodnota syrovátkových nápojů souvisí se zajištěním rovnováhy vody a energie v těle. Složení syrovátky předurčuje její použití pro výrobu různých nápojů, včetně fermentovaných. Nápoje založené na nativní syrovátce mají vysokou nutriční hodnotu díky zachování některých významných složek mléka. [19]

Existuje velké množství technologických řešení pro komplexní zpracování syrovátky, avšak jejich implementace v průmyslový proces je nedostatečná. Problémem je zajištění výrobních procesů pomocí moderního drahého vybavení, nedostatečné přísné požadavky na životní prostředí a hygienickou kontrolu. Dále se jedná o nízkou informovanost výrobců i spotřebitelů o výživových a profylaktických vlastnostech syrovátky. [19]

1.4.1 Nefermentované syrovátkové nápoje

Ačkoliv se jako nejjednodušší řešení pro výrobu funkčního syrovátkového nápoje používá jako základ nativní sladká nebo kyselá syrovátka bylo v nedávné době navrženo využít deproteinovanou syrovátku, tedy syrovátku bez obsahu bílkovin částečně demineralizovanou s množstvím soli nebo syrovátkový permeát vznikající po ultrafiltraci, a to z důvodu, aby se zabránilo nežádoucí tvorbě sedimentu. Zjednodušený výrobní proces nefermentovaných syrovátkových nápojů je na obrázku č. 4. [20]



Obrázek č. 4: Obecné a zjednodušené schéma výroby nefermentovaných syrovátkových nápojů (upraveno) [21]

Mezi nejčastěji zkoumanými kombinacemi je přidání pomerančové šťávy do koncentrované syrovátky, často společně s oxidem uhličitým. Ukázalo se, že směs pomerančové šťávy a koncentrované syrovátky v poměru 3:2 je optimální formulací pro nejlepší smyslové

vlastnosti. Skladovatelnost tohoto výrobku při pokojové teplotě byla stanovena na 11 dní, zatímco při skladování v chladu se doba údržnosti prodloužila až na 3 měsíce. [20]

Další zkoumanou variantou byla příprava syrovátkového nápoje s pomerančovým džusem v porovnání se stejným pomerančovým nápojem bez syrovátky. Nápoj obsahující syrovátku byl charakterizován vyšším obsahem bílkovin, popela, glukózy, laktózy a vitamínu B, ale obsahoval menší množství sacharózy, fruktózy a vitamínu C. [20]

Studie také testovaly výrobu syrovátkového nápoje s exotickým ovocem guava., který se skládal s přibližným množstvím 68 % syrovátky a 20 % pulpy guava ovoce. Vzniklé nápoje se ošetřily pasterací za různých časů a teplot. Nejlépe hodnocený nápoj byl vybrán za pasterační teploty 65 °C po dobu 25 minut skladovaný na chladném místě po dobu 45 dnů. [20]

U kombinace výroby syrovátkového nápoje společně s mangem tvořila proces smíchání syrovátkového prášku, syrovátkového bílkovinného koncentrátu nebo čerstvé syrovátky s mangovou dužinou nebo mangovým práškem. Analyzovalo se chemické složení, smyslové vlastnosti a mikrobiologické parametry vyrobených nápojů. Získané výsledky ukázaly, že bez ohledu na předchozí zpracování (sušení, koncentrování) může být syrovátka bez problémů použita k výrobě nápojů s malým ohledem na to, kdy ve všech testovaných případech došlo ke zvýšení kyselosti. Syrovátkový nápoj vyrobený ze syrovátkového bílkovinného koncentrátu a mangového prášku vykazoval dobrou celkovou přijatelnost po 30 dnech skladování za chladírenských teplot. [20]

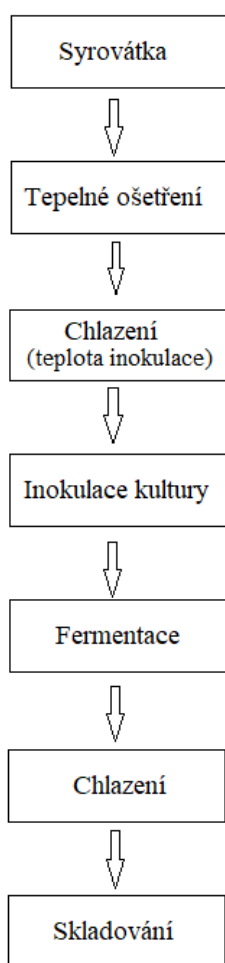
Některé studie zkoumaly přidávání bylin nebo koření za účelem vytvoření nového funkčního syrovátkového nápoje. Jednou ze zkoumaných variant bylo vytvoření syrovátkového nápoje společně s banánovou šťávou a výtažkem z máty rolní. Optimální přírůstek extraktu z máty byl odhadnut na maximálně 2 % a doba trvanlivosti byla stanovena na 15 dní. Dalším pokusem začlenění máty rolní do syrovátky proběhl společně s červenou řepou. Vyrobily se čtyři různé varianty tohoto nápoje a po jejich analýze byla vyhodnocena jako nejlepší varianta syrovátkového nápoje složena z 80 % syrovátky a 20 % červené řepy s 6 % přírůvkem máty rolní. [20]

V další práci byla taktéž posuzována vhodnost ovocných složek při jejich výrobě. Nejlépe sensoricky hodnocená příchuť byla u nápoje s přírůvkem 2 % ovocného koncentrátu manga a 0,5 % bezového květu s citrónem složeného z 387,5 ml sladké syrovátky a 612,5 ml vody. [22]

1.4.2 Fermentované syrovátkové nápoje

Fermentované nápoje byly spotřebiteli uznány po celém světě pro svou terapeutickou hodnotu. S ohledem na skutečnost, že syrovátka obsahuje téměř 70 % laktózy z mléka se zdá fermentace jako užitečný způsob využití syrovátky. Proces fermentace je doprovázen snížením pH v důsledku transformace laktózy na kyselinu mléčnou a proto je lepší volba použít pro výrobu fermentovaných nápojů sladkou syrovátku. [20]

Ke kvašení syrovátky se obvykle používají startovací nebo probiotické kultury schopné metabolizovat laktózu. Mezi ně patří *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus reuteri*, *Bifidobacterium bifidum*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Propionibacterium freudenreichii* spp. *shermanii*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus helveticus*, *Enterococcus faecium*, *Bifidobacterium animalis* spp. *lactis* a *Lactobacillus paracasei*. Stručný výrobní proces fermentovaných syrovátkových nápojů je na obrázku č. 5. [20]



Obrázek č. 5: Obecné a zjednodušené schéma výroby fermentovaných syrovátkových nápojů (upraveno) [21]

Studie zabývající se výrobou fermentovaného syrovátkového nápoje pomocí komerčně dostupně jogurtové kultury DELVO®-YOG TY-17A DSL byla srovnána se stejným nápojem, ale bez procesu kvašení. Proběhla analýza chemických, mikrobiologických a senzorických parametrů. Ačkoliv zde nebyl významný rozdíl v chemickém složení, tak fermentovaný nápoj dosáhl celkově vyšší přijatelnosti i vyššího senzorického hodnocení než syrovátkový nápoj vyrobený bez fermentace. [20]

Velmi často se zkoumají probiotické syrovátkové nápoje. Mezi nejdůležitější faktory patří výběr probiotického kmene, který určuje jedinečnou chuť a strukturu fermentovaného nápoje. *Lactobacillus rhamnosus* se často používá, ale vzhledem k tomu, že mu chybí enzym β -galaktozidáza, nemá schopnost metabolizovat laktózu, a proto je často nutné hydrolyzovat laktózu před samotnou fermentací. [20]

Dalším případem byla výroba fermentovaného nápoje ze syrovátkového proteinového koncentrátu. K fermentaci byly použity kmeny *Lactobacillus acidophilus* CRL 636, *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus* CRL 656 a *Streptococcus thermophilus* CRL 804 jako jednotlivé nebo smíšené kultury. Fermentovaná syrovátka byla poté smíchána s broskvovou šťávou a laktátem vápenatým a skladována po dobu 28 dnů při teplotě 10 °C. Podle získaných výsledků smíšené kultury a jednotlivé kultury *Streptococcus thermophilus* CRL 804 se ukázal dobrý potenciál přežití kultury během testované doby skladování. Také všechny testované kmeny degradovaly β -laktoglobulin, což je velmi důležité, protože se jedná o jeden z hlavních mléčných alergenů. [20]

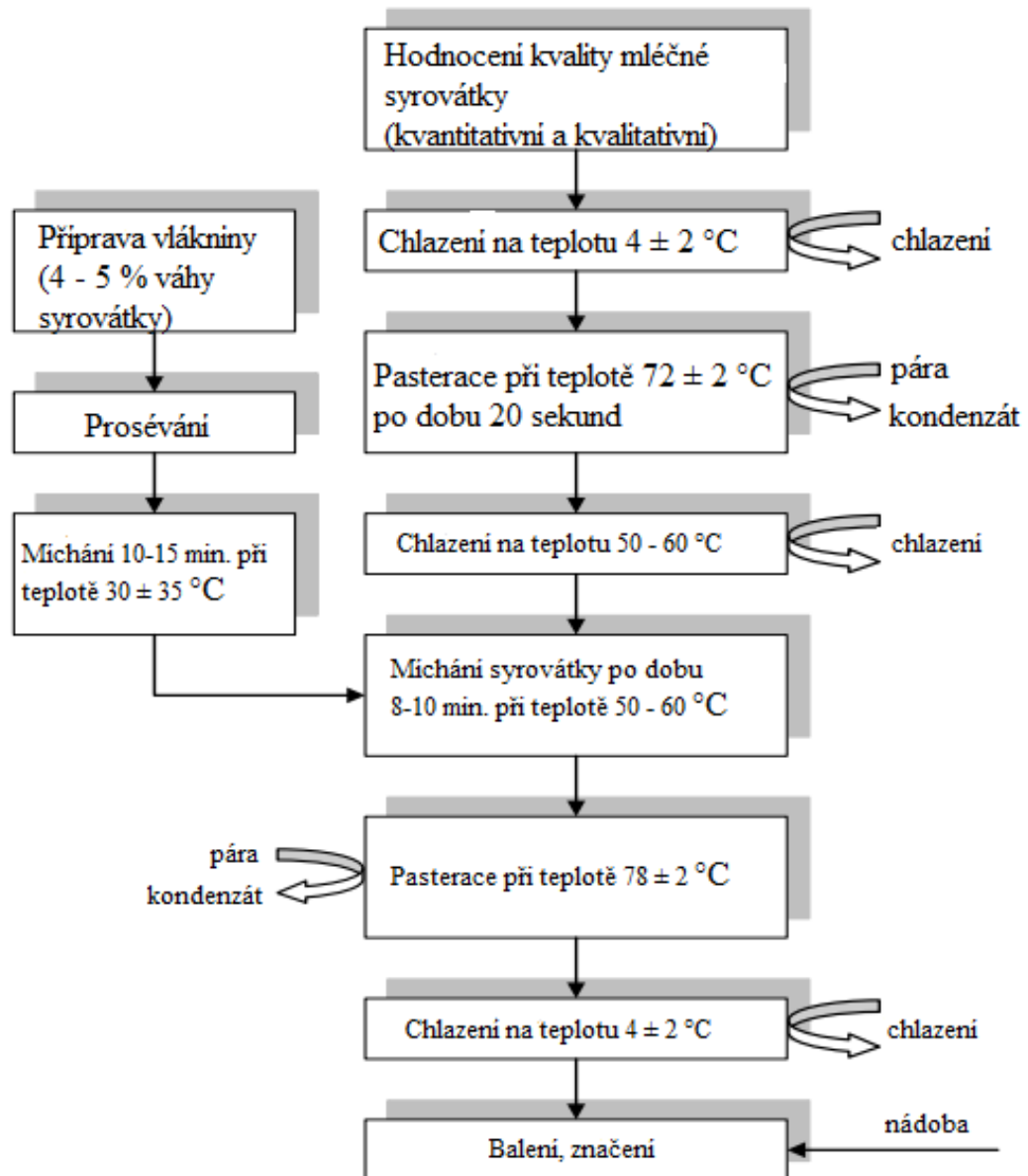
Použití probiotických kmenů *Lactobacillus plantarum* a *Lactobacillus brevis* bylo dalším předmětem zkoumání. Fermentovaná syrovátka byla doplněna různými ovocnými koncentráty (citrón, ananas, mango, jablko) a sacharózou. Nejlépe hodnoceným byl nápoj inokulovaný *Lactobacillus plantarum* a obohacený ananasem. [20]

Zaměření na trvanlivost fermentovaných probiotických nápojů z různých směsí syrovátky a sušeného mléka pomocí kmenů *Lactobacillus acidophilus* LA-5, *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* a *Streptococcus thermophilus* se zjistilo, že lze v dostatečné kvalitě vyrobit fermentovaný probiotický nápoj s obsahem až 70 % syrovátky. [20]

1.4.3 Syrovátkové nápoje se zvýšenou viskozitou

Přidáním želatiny, škrobu, pektinu, xantanu, agaru a dalších podobných složek do mléčné syrovátky poskytuje syrovátkovému výrobku viskoelastickou strukturu. Jedná se například o sušené citrusové koncentráty (Citri-Fi), které dodávají výrobkům přídatnou vlákninu a

zvyšují jejich viskozitu. Pomerančová vláknina obsažená ve výrobku Citri-Fi ovlivňuje výsledné texturní a antioxidační vlastnosti. Výroba takového produktu je znázorněna na obrázku č. 6. [19]



Obrázek č. 6: Schéma produkce syrovátkového nápoje s vyšší viskozitou [19]

2 VLASTNOSTI KULTUR POUŽÍVANÝCH PŘI VÝROBĚ FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ

Mezi kultury využívané k přípravě fermentovaných syrovátkových nápojů můžeme zařadit tradiční jogurtovou kulturu. Obecně se jedná o bakterie mléčného kvašení, které jsou využívány při zpracování širokého spektra fermentovaných mléčných produktů. Tyto kultury mohou hydrolyzovat mléčné bílkoviny a navíc některé z nich dokáží degradovat i β -laktoglobulin během růstu v syrovátce nebo mléce. [2]

Začlenění probiotických kultur do syrovátkových mléčných nápojů může podpořit pozitivní vliv na zdraví. Jedná se o živé organismy, které přináší zdravotní benefity pro konzumenta, pokud jsou podány v odpovídajícím množství. Možné přínosy probiotik pro lidský organismus slouží k léčbě průjemových onemocnění snížením hodnoty pH ve střevech nebo také plní funkci antagonisty prostřednictvím produkce antimikrobiálních látek. Účinky na zdraví spojené s probiotickými kulturami jsou ovšem kmenově specifické. Syrovátkové mléčné nápoje jsou populární po celém světě a jsou považovány za vhodný substrát pro probiotické bakterie, ale jejich účinnost při tlumení nebo zmírnění průjemových onemocnění nebyla dosud zjištěna. [23]

Syrovátka se tedy ukázala jako dobré médium pro růst jogurtové kultury a probiotických bakterií rodu *Lactobacillus* a *Bifidobacterium*. [4]

2.1 Druhy využívaných kultur při výrobě fermentovaných syrovátkových nápojů

Celková produkce jogurtů na světě je výsledkem fermentace mléka jogurtovou kulturou, která se řadí mezi velmi významné starterové kultury při výrobě fermentovaných výrobků. Jogurtová kultura je tvořena dvěma druhy bakterií mléčného kvašení, konkrétně kmeny druhů *Lactobacillus delbruceckii* spp. *bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus*. Pravidelný příjem jogurtů je efektivní vzhledem k prevenci i léčbě různých nemocí u člověka jako jsou gastrointestinální poruchy. [24]

Syrovátkový nápoj vyrobený jogurtovými startérovými kulturami vykazuje potenciální léčebné účinky a optimální sensorické vlastnosti. Použití startérových kultur bakterií mléčného kvašení může pomoci zlepšit kvalitu a trvanlivost potravinářských výrobků. [24]

Fermentované syrovátkové nápoje byly v posledních letech předmětem poměrně velkého počtu publikací. Vyráběný nápoj z deproteinované syrovátky a jogurtových kultur měl

přijatelnou senzoričkou kvalitou a zároveň použitá kultura ovlivňovala antibakteriální aktivitu, takže se dal tento produkt považovat za prospěšný s ohledem na naše zdraví. [6]

Fermentované syrovátkové nápoje obsahující probiotika nejsou jen zdrojem živin, ale také zdrojem živých mikroorganismů určených ke zlepšení pozitivního dopadu na původní mikroflóru. Mezi probiotické bakterie používané při výrobě fermentovaných syrovátkových nápojů řadíme: *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* a *Bifidobacterium bifidum*. [6]

2.1.1 *Lactobacillus delbruceckii* spp. *bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus*

Jogurtová kultura obsahující kmeny *Lactobacillus delbruceckii* spp. *bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus* je složena z tyčinek a koků. Koky se nachází v podobě diplokoků, případně až krátkých řetízků. Tyčinky jsou rovné, silné a nejsou příliš dlouhé. Pokud jsou tyčinky zeslabené nebo jakkoliv pokroucené a zahnuté, tak se jedná o oslabení kultury. Obsah aromatických látek je nižší s klesající kyselostí kultury. Tato jogurtová kultura se skladuje a přepravuje za pokojové teploty. [25]

Mezi oběma druhy mikroorganismů působí symbiotický vztah za současné tvorby kyseliny mléčné. Jejich optimální teplota růstu je v rozmezí 40 – 43 °C, kdy během dvou až tří hodin koagulují kasein v prostředí pH od 5,3 do 4,5. [26]

V 1 ml vitální jogurtové kultury je přibližně 10^7 mikroorganismů. Morfologie a počet mikroorganismů se hodnotí na syrovátkovém agaru s rajskou šťávou, kde bakterie mléčného kvašení vyrůstají v podobě diskovité kolonie. Selektivní půdy slouží ke kontrole přítomnosti mikroorganismů prokazujících proteolytickou a lipolytickou aktivitu, koliformních bakterií, plísní, kvasinek a sporulujících aerobních nebo anaerobních mikroorganismů. [25]

Pomocí fenolového testu se určuje životnost kultury. Používá se 50% roztok fenolu o objemu 0,6 ml na 100 ml mléka. Minimální titrační kyselost při teplotě 42 °C po dobu 4 hodin je stanovena na hodnotu 25 °SH. [25]

K důkazu proteolytické aktivity se používá dvojitá titrace karboxylových skupin v ethanolovém prostředí, jejíž hodnota by měla být v rozmezí 4 až 6. [25]

Přítomnost oxidu uhličitého se stanovuje při teplotě 30 °C po dobu 7 dní. Množství oxidu uhličitého je v rozmezí 12 až 47 mg na 100 ml. [25]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo určit, zda je pro kultivaci jogurtové kultury, a tedy výrobu fermentovaných syrovátkových nápojů, lepším médiem koncentrovaná či ředěná syrovátka. Zároveň bylo záměrem této práce vybrat vhodnou kultivační teplotu pro aplikovanou jogurtovou kulturu při výrobě fermentovaných syrovátkových nápojů.

4 VÝROBA FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ

4.1 Jogurtová kultura

Lyofilizovaná jogurtová kultura použitá při výrobě fermentovaných syrovátkových nápojů od společnosti MILCOM, a.s. obsahovala kmeny bakterií mléčného kvašení, konkrétně:

- *Lactobacillus delbruceckii* spp. *bulgaricus*
- *Streptococcus thermophilus*.

Množství inokula stanovené výrobcem činilo 3,0 g na 1 000 ml.

4.2 Syrovátka

Výchozí surovinou na výrobu fermentovaných syrovátkových nápojů byla použita sladká syrovátka od společnosti LACRUM Velké Meziříčí, s.r.o. Jednalo se o tekutou syrovátku ošetřenou reverzní osmózou bez tepelného ošetření. Chemicko-fyzikální vlastnosti použité syrovátky jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Tabulka č. 3: Analyzované vlastnosti použité syrovátky

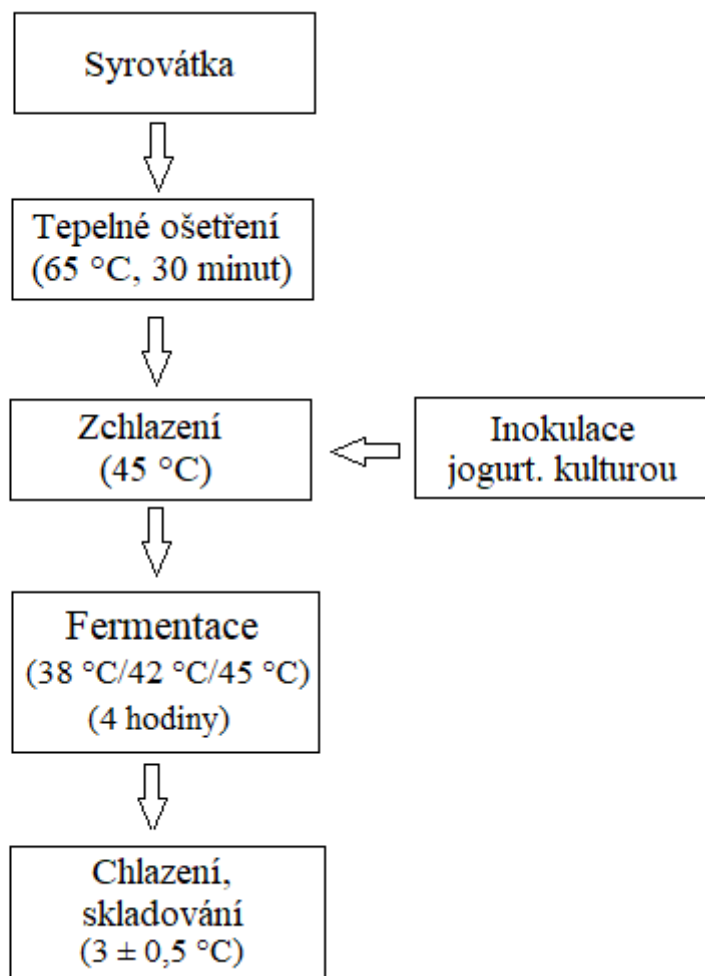
Chemicko-fyzikální analýza	jednotka	min.	max.
Obsah tuku	[%]	0,05	0,2
Sušina	[%]	18	24
Dusičnany	[mg/l]	0	25
Dusitany	[mg/l]	-	0
SH	[°SH]	-	20
pH	[%]	5,9	-
Laktóza	[%]	14	-
Bílkoviny	[%]	1,5	2,6
Dusíkaté látky	[%]	-	0,75
Popeloviny	[%]	-	1,8

Před zahájením výroby fermentovaných syrovátkových nápojů byla část koncentrované syrovátky naředěna v poměru 1:1 destilovanou vodou pro získání ředěné syrovátky.

4.3 Výroba syrovátkového nápoje

Čerstvá koncentrovaná i ředěná syrovátka byly za stálého míchání pasterovány dlouhodobou pasterací, tedy kombinací teploty 65 °C po dobu 30 minut. Teplota byla pravidelně kontrolována pomocí digitálního teploměru. Tepelně ošetřená syrovátka byla zchlazena na

teplotu 45 °C a inokulována jogurtovou kulturou za důkladného promíchání. Zaočkovaná syrovátka byla rozdělena do reagenčních lahví o objemu 125 ml. Reagenční lahve byly rozděleny na třetinu a umístěny do termostatů s kultivačními teplotami 38 °C, 42 °C a 45 °C. Doba fermentace syrovátky v jednotlivých termostatech činila 4 hodiny dle instrukcí výrobce jogurtové kultury. Po procesu fermentace byly reagenční lahve skladovány v chladicím boxu při teplotě $3,0 \pm 0,5$ °C po dobu 14 dnů. Během dané doby skladování, byla provedena chemická analýza fermentované syrovátky a byly sledovány reologické vlastnosti jednotlivých vzorků fermentované syrovátky vždy 1., 2., 3., 7. a 14. den skladování. Před každým měřením byl obsah reagenčních lahví ponechán stabilizovat se na teplotu 20 °C a dále byl obsah řádně promíchán. Výrobní schéma proběhlé výroby je uvedeno na obrázku č. 7.



Obrázek č. 7: Výrobní schéma fermentovaných syrovátkových nápojů

5 VLIV KULTIVAČNÍCH PODMÍNEK NA RŮST MIKROBIÁLNÍ KULTURY

Vliv kultivačních podmínek na aktivitu jogurtové kultury při výrobě fermentovaných syrovátkových nápojů byl sledován změnami fyzikálně-chemických a viskoelastických vlastností vyrobených vzorků syrovátkových nápojů. Tyto změny byly pozorovány u všech vzorků vždy 1., 2., 3., 7. a 14. den.

5.1 Chemická analýza vyrobených fermentovaných syrovátkových nápojů

5.1.1 Stanovení aktivní kyselosti

Hodnotu aktivní kyselosti lze stanovit pH metrem na základě potenciometrického měření v roztoku, kde dochází ke stanovení aktivity oxoniových kationtů. Skleněná elektroda je nejvíce používaná jako iontově selektivní elektroda. Před samotným použitím je vhodné provést kalibraci sondy předem připravenými pufrů.

U některých pH metrů se nachází tzv. kombinovaná skleněná elektroda, jejíž součástí je skleněná a referenční elektroda přítomná v jednom obalu. [27]

Měření vzorků bylo provedeno pH metrem typu HI 99161, viz obrázek č. 8. Elektroda pH metru se zavedla do příslušného syrovátkového nápoje a po ustálení hodnoty se zapsala výsledná data. Každý vzorek byl změřen celkem 3x, výsledné hodnoty jsou tedy zprůměrovány.

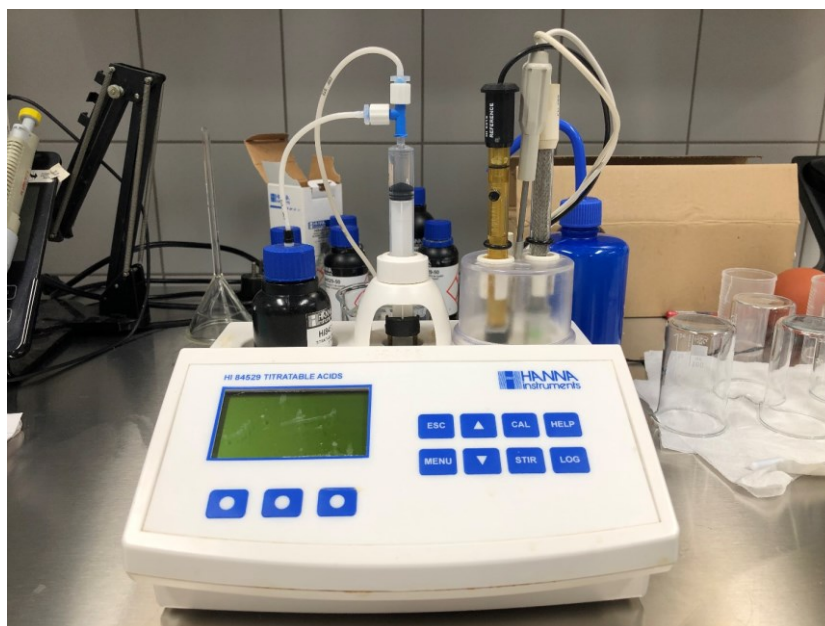


Obrázek č. 8: pH metr HI 99161

5.1.2 Stanovení titrační kyselosti

Nejčastěji se ve střední Evropě provádí stanovení titrační kyselosti dle Soxhleta Henkela ($^{\circ}$ SH). Tato hodnota je získána titrací 100 ml mléka 0,25 M roztokem hydroxidu sodného za použití indikátoru fenolftaleinu. Obsah kyseliny mléčné v měřeném vzorku dosti ovlivňuje titrační kyselost v závislosti na mikrobiální činnosti. Hodnota titrační kyselosti čerstvého mléka bývá v rozmezí 6,8 – 7,2 $^{\circ}$ SH. [28]

Titrační kyselost byla v této práci měřena potenciometrickou titrací na minititrátoru HI 84529, viz. obrázek č. 9. Do malé úzké 75 ml kádinky bylo odpipetováno 25 ml vzorku. Bylo přidáno 50 ml destilované vody, vložilo se míchadlo a kádinka se umístila na příslušné místo do přístroje. Kádinka byla zakryta víčkem obsahujícím společně dvě elektrody a do zbylého otvoru ve víčku byla vložena hadička pro dávkování hydroxidu sodného. Celý proces byl zahájen na přístroji tlačítkem start. Hodnota titrační kyselosti v $^{\circ}$ SH byla odečtena na displeji po zhruba 3 – 5 minutách. Každý vzorek byl změřen celkem 2x, výsledné hodnoty jsou tedy zprůměrovány.



Obrázek č. 9: Minitirátor HI 84529

5.1.3 Stanovení obsahu rozpustné sušiny pomocí refraktometrie

Principem refraktometrického stanovení obsahu rozpustné sušiny je měření indexu lomu. Její stupnice se uvádí v hmotnostních procentech vyjadřující vztah mezi koncentrací laktózy a indexu lomu. [29]

Měření obsahu rozpustné sušiny v jednotlivých vzorcích syrovátky bylo provedeno na digitálním refraktometru pro měření indexu lomu v % hm. Nejprve byla provedena kalibrace přístroje pomocí destilované vody. Do měřicí jamky digitálního refraktometru na obrázku č. 10 byly kapátkem přeneseny 2 – 3 kapky vzorku. Poté byla na displeji přístroje odečtena hodnota obsahu rozpustné sušiny v % hm. Každý vzorek byl měřen celkem 3x, hodnoty byly zprůměrovány.



Obrázek č. 10: Digitální refraktometr

5.2 Reologické vlastnosti vyrobených fermentovaných syrovátkových nápojů

Reologie je věda zabývající se vlastnostmi pevných a kapalných látek, kdy základním parametrem je viskozita, která se používá k charakterizaci struktury, pomocí vnějšího odporu a toku látky. V potravinářství má reologie využití zejména v oblasti funkčnosti složky při vývoji nových výrobků, při průběžné kontrole kvality a při testování skladovatelnosti. Mezi faktory ovlivňující reologické vlastnosti patří teplota, čas, složení vzorku a tlak. [30]

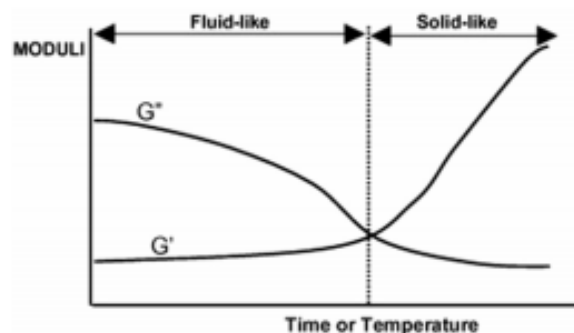
5.2.1 Dynamická oscilační reometrie

Reometrie je experimentální stanovení funkční závislosti mezi tečným napětím a gradientem rychlosti pro danou kapalinu, tzv. závislosti zdánlivé viskozity na tečném napětí nebo gradientu rychlosti. Viskozita se často měří pádovými, průtokovými a rotačními viskozimetry, ale existuje i mnoho dalších přístrojů k určení konzistence některých výrobků za standardních podmínek kalibrovaných na stupnici newtonskou kapalinou nebo ve stupních charakteristických pouze pro daný přístroj. [31]

Rozdíl mezi silnými a slabými gely lze určit pomocí měření malých oscilačních deformací aplikovatelných na gely, zahušťovadla a stabilizátory. Viskoelastická gelů je charakterizována určením G' a G'' v lineární viskoelastické oblasti. Komplexní modul pružnosti G^* popisuje dynamické střižové reologické vlastnosti materiálu, kde parametry G' a G'' jsou označovány jako elastický modul pružnosti a ztrátový modul pružnosti: [32]

G' = elastické chování testovaného materiálu prezentované jako uložená energie

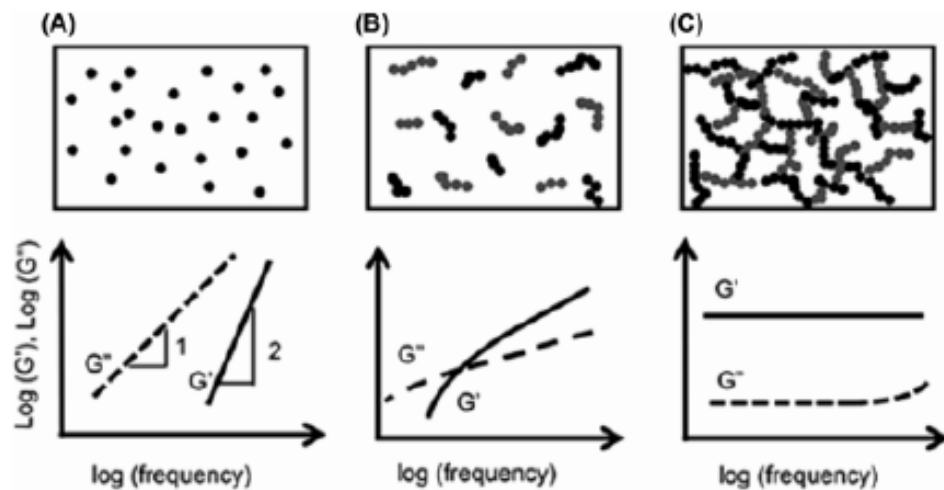
G'' = viskózní chování testovaného materiálu odpovídající množství rozptýlené energie



Obrázek č. 11: Schematické znázornění závislosti dynamických modulů (G' a G'') [32]

Materiály jako ředěné roztoky, koncentrované suspenze nebo gely lze rozdělit dle vztahu elastického modulu ke ztrátovému modulu na: [32]

- zředěné roztoky, kdy G'' je vyšší než G' v celém rozsahu frekvencí. Nicméně při vyšších frekvencích se jednotlivé moduly navzájem přibližují.
- koncentrované roztoky, kdy G'' je vyšší než G' do určitého bodu, pak dojde k překřížení. Tento bod křížení je funkcí frekvence a může být důležitým parametrem při hodnocení materiálu. Po dosažení bodu gelace se dostává G' nad G'' .
- gely, kdy G' a G'' jsou nezávislé na frekvenci a jsou paralelní k sobě navzájem, s tím, že G' je vyšší než G'' . Obecně bod tvorby gelu je identifikován jako místo, kde se G' a G'' kříží. Avšak v případě gelů jsou křivky G'' a G' v bodu gelace navzájem paralelní bez ohledu na frekvenci [32]



Obrázek č. 12: Mikrostruktura koloidních disperzí a chování elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti jako funkce frekvence pro: (A) stabilní disperzi (ředěný roztok), (B) slabě flokulovanou disperzi (koncentrovaný roztok), (C) silně flokulovanou disperzi či gel.

[32]

Prostřednictvím elastického a ztrátového modulu pružnosti je vyjádřen komplexní modul pružnosti (G^*), kterým je popisován celkový odpor vzorku proti deformaci. Čím je vyšší tato hodnota, tím je daný vzorek tužší. [33]

Komplexní modul je počítán dle vzorce:

$$G^* = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2} \text{ [Pa]}$$

kde:

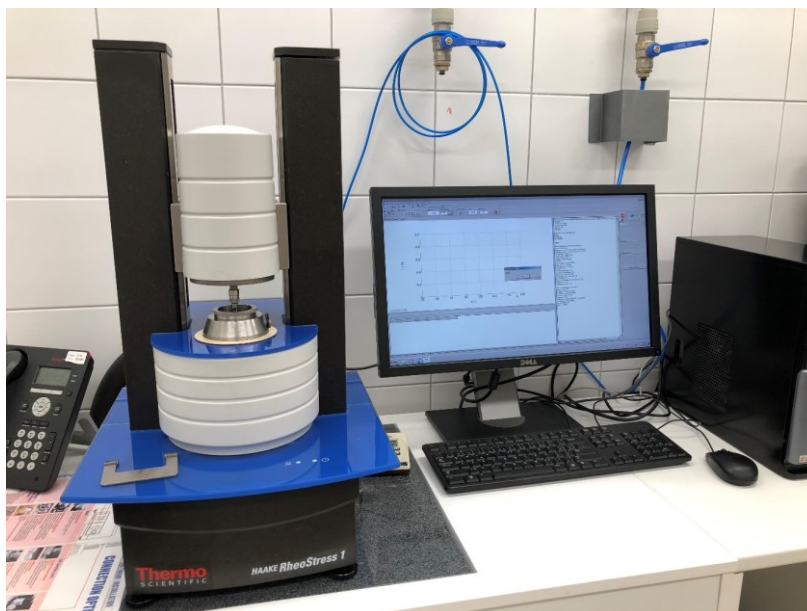
G^* ... komplexní modul pružnosti [Pa]

G' ... elastický modul pružnosti [Pa]

G'' ... ztrátový modul pružnosti [Pa] [33]

Viskoelastické vlastnosti fermentovaných syrovátkových nápojů připravených z koncentrované a ředěné syrovátky byly měřeny na reometru HAAKE RheoStress 1, viz. obrázek č. 13. Jedná se o klasický rotační reometr vybavený nádobou s řízenou teplotou

kapaliny pro válec. Příklad byl propojen s PC pro zaznamenání výsledků a s termostatem pro udržování konstantní teploty 20 °C. Měření bylo prováděno v rozsahu frekvencí 0,1 – 10 Hz. Každý vzorek byl měřen 2x, získané hodnoty byly zprůměrovány.



Obrázek č. 13: Reometr

5.3 Statistická analýza

Statistické vyhodnocení bylo provedeno neparametrickými Kruskal-Wallisovým a Wilcoxonovým testem na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ s využitím softwaru Unistat 6.5 (Unistat Ltd., Velká Británie).

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

6.1 Výsledky chemické analýzy vyrobených fermentovaných syrovátkových nápojů

6.1.1 Výsledky měření aktivní kyselosti

Měření pH fermentovaných syrovátkových nápojů probíhalo 1., 2., 3., 7. a 14. den skladování, kdy byl pozorován vliv teploty fermentace u vzorků koncentrované a ředěné syrovátky. Hodnoty pH jednotlivých vzorků syrovátkových nápojů uvedených v tabulkách č. 4 a 5 se během 14 dnů skladování mírně snižovaly.

Hodnota pH čerstvé syrovátky, bez tepelného ošetření a fermentace, dosahovala u vzorku koncentrované syrovátky pH 6,09 a u vzorku ředěné syrovátky 6,31. U všech zkoumaných vzorků syrovátkových nápojů byla 1. den skladování naměřena hodnota pH nižší než byla hodnota pH suroviny, z toho lze tedy usoudit, že jogurtová kultura byla schopná růstu a rozvoje ve všech zkoumaných vzorcích. Což je v souladu s tvrzením, že bakterie mléčného kvašení mohou bez problémů fermentovat syrovátku, snížit přítomný obsah laktózy a podpořit produkci kyseliny mléčné. [13] A dále bylo potvrzeno i to, že proces fermentace je doprovázen snížením pH v důsledku transformace laktózy na kyselinu mléčnou. [20] Fermentace syrovátky je považována za výhodu právě z důvodu snížení obsahu laktózy. [2] To znamená, že jedinci trpící laktózovou intolerancí by mohli tyto výrobky konzumovat.

Tabulka č. 4: Koncentrovaná syrovátka

Teplota ošetření / Teplota fermentace (°C)	Doba skladování				
	Hodnota pH				
	1. den	2. den	3. den	7. den	14. den
65/38	5,98 ± 0,06	5,95 ± 0,01	5,90 ± 0,03	5,86 ± 0,01	5,80 ± 0,01
65/42	5,68 ± 0,01	5,61 ± 0,01	5,53 ± 0,06	5,49 ± 0,02	5,45 ± 0,02
65/45	5,20 ± 0,04	5,13 ± 0,01	5,11 ± 0,01	5,08 ± 0,01	5,05 ± 0,01

Tabulka č. 5: Ředěná syrovátka

Teplota ošetření / Teplota fermentace (°C)	Doba skladování				
	Hodnota pH				
	1. den	2. den	3. den	7. den	14. den
65/38	4,59 ± 0,05	4,57 ± 0,07	4,54 ± 0,07	4,48 ± 0,01	4,41 ± 0,02
65/42	4,55 ± 0,02	4,48 ± 0,01	4,47 ± 0,01	4,44 ± 0,01	4,39 ± 0,01
65/45	4,51 ± 0,02	4,49 ± 0,02	4,47 ± 0,02	4,43 ± 0,01	4,37 ± 0,01

Hodnoty pH naměřené pro vyrobené syrovátkové nápoje z koncentrované syrovátky, uvedené v tabulce č. 4, se pohybovaly v rozmezí 5,98 – 5,05. Hodnoty pH naměřené pro vzorky z ředěné syrovátky, uvedené v tabulce č. 5, se pohybovaly v rozmezí 4,59 – 4,37. Rozdíly v hodnotách pH naměřených pro koncentrovanou a ředěnou syrovátku byly statisticky významné ($p < 0,05$), tedy druh média měl zásadní vliv na aktivitu jogurtové kultury. Ze získaných dat je patrné, že bakterie jogurtové kultury byly aktivnější v prostředí ředěné syrovátky. To by mohlo souviset s nižším osmotickým tlakem a vyšší aktivitou vody působícími na jogurtovou kulturu, tedy jednodušším pohybem a využitím živin přítomnými bakteriemi v prostředí ředěné syrovátky. [34]

Co se týče jednotlivých teplot kultivace jak u koncentrované, tak u ředěné syrovátky, nejnižší hodnoty pH byly získány u kultivační teploty 45 °C, nejvyšší pak u kultivační teploty 38 °C. To odpovídá charakteru termofilní jogurtové kultury, která vyžaduje vyšší teplotu kultivace ke svému rozvoji [35]. Jak uvádí literatura, optimální teplota růstu bakterií mléčného kvašení obsažených v jogurtové kultuře se pohybuje v rozmezí 40 – 43 °C. [26]

K podpoření tvorby kyselého aroma a vyváženější chuti fermentovaných syrovátkových nápojů se kmeny obsažené v jogurtové kultuře mohou kombinovat s probiotickými kmeny, jako např. *Lactobacillus acidophilus* a *Bifidobacterium* spp. [36]

6.1.2 Výsledky měření titrační kyselosti

Titrační kyselost (°SH) fermentovaných syrovátkových nápojů byla měřena 1., 2., 3., 7. a 14. den skladování. Hodnoty SH jednotlivých vzorků jsou uvedeny v tabulkách č. 6 a 7. Během 14 dnů skladování lze pozorovat mírné zvýšení hodnot SH u všech zkoumaných vzorků syrovátkových nápojů.

Tabulka č. 6: Koncentrovaná syrovátka [$^{\circ}\text{SH}$]

Teplota ošetření / Teplota fermentace ($^{\circ}\text{C}$)	Doba skladování				
	$^{\circ}\text{SH}$				
	1. den	2. den	3. den	7. den	14. den
65/38	18,90 ± 0,03	19,20 ± 0,02	19,50 ± 0,03	19,70 ± 0,01	20,20 ± 0,01
65/42	27,50 ± 0,01	27,70 ± 0,02	28,10 ± 0,02	28,70 ± 0,04	29,10 ± 0,02
65/45	30,90 ± 0,02	31,20 ± 0,03	31,70 ± 0,03	32,20 ± 0,01	32,40 ± 0,04

Tabulka č. 7: Ředěná syrovátka [$^{\circ}\text{SH}$]

Teplota ošetření / Teplota fermentace ($^{\circ}\text{C}$)	Doba skladování				
	$^{\circ}\text{SH}$				
	1. den	2. den	3. den	7. den	14. den
65/38	25,50 ± 0,04	27,40 ± 0,04	27,70 ± 0,02	27,90 ± 0,03	28,10 ± 0,05
65/42	26,40 ± 0,03	29,10 ± 0,01	29,50 ± 0,05	29,70 ± 0,03	30,10 ± 0,02
65/45	26,90 ± 0,03	29,50 ± 0,02	29,70 ± 0,02	30,20 ± 0,03	30,50 ± 0,01

Hodnoty SH pro fermentované syrovátkové nápoje vyrobené z koncentrované syrovátky se pohybovaly v rozmezí 18,9 – 32,4 $^{\circ}\text{SH}$. Pro vzorky nápojů vyrobené z ředěné syrovátky se hodnoty SH pohybovaly v rozmezí 25,5 – 30,5 $^{\circ}\text{SH}$. Statisticky významný rozdíl je patrný u vzorků koncentrované syrovátky inkubovaných při 38 $^{\circ}\text{C}$ ($p < 0,05$), což by mohlo znamenat, že se jogurtová kultura v koncentrované syrovátce při teplotě 38 $^{\circ}\text{C}$ rozvíjela pomaleji. U ředěné syrovátky není rozdíl v hodnotách SH mezi jednotlivými kultivačními teplotami tak významný ($p < 0,05$), tedy pomalejší rozvoj kultury byl zřejmě způsoben nejen kultivační teplotou, ale i médiem. To by mohlo opět souviset s vyšším osmotickým tlakem koncentrované syrovátky a tedy horšími podmínkami pro rozvoj dané kultury, které se zhoršily také nižší teplotou kultivace. Tento jev se projevil na hodnotě SH, která je přesnější než hodnota pH. [37]

Obecně lze z naměřených hodnot SH odvodit, že vyšší hodnoty SH byly pozorovány pro kultivační teploty 42 a 45 $^{\circ}\text{C}$ u vyrobených syrovátkových nápojů jak z koncentrované, tak z ředěné syrovátky. Tedy i při stanovení titrační kyselosti byla potvrzena potřeba kultivace jogurtové kultury při vyšších teplotách. Hodnoty SH naměřené 1. den skladování pro kultivační teplotu 42 $^{\circ}\text{C}$ jak u koncentrované, tak ředěné syrovátky, potvrdily skutečnost, že titrační kyselost pro jogurtovou kulturu inkubovanou 4 hodiny při teplotě 42 $^{\circ}\text{C}$ je minimálně 25 $^{\circ}\text{SH}$. [25]

6.1.3 Výsledky měření obsahu rozpustné sušiny

Obsah rozpustné sušiny v tabulkách č. 8 a č. 9 se u fermentovaných syrovátkových nápojů vyrobených jak z koncentrované, tak z ředěné syrovátky v průběhu skladování snižoval. Nižší obsahy rozpustné sušiny byly pozorovány především u vzorků kultivovaných při teplotách 42 a 45 °C. Což opět značí vyšší aktivitu jogurtové kultury právě u zmíněných teplot, a tedy její potřebu vyšších teplot pro svůj růst. [38]

Tabulka č. 8: Koncentrovaná syrovátka [% hm.]

Teplota ošetření / Teplota fermentace (°C)	Doba skladování				
	Obsah rozpustné sušiny (% hm.)				
	1. den	2. den	3. den	7. den	14. den
65/38	22,67 ± 0,40	22,17 ± 0,06	22,03 ± 0,40	21,90 ± 0,10	21,84 ± 0,00
65/42	22,57 ± 0,06	22,10 ± 0,00	21,90 ± 0,26	21,83 ± 0,17	21,67 ± 0,06
65/45	22,53 ± 0,15	22,06 ± 0,00	21,88 ± 0,10	21,78 ± 0,20	21,62 ± 0,15

Tabulka č. 9: Ředěná syrovátka [% hm.]

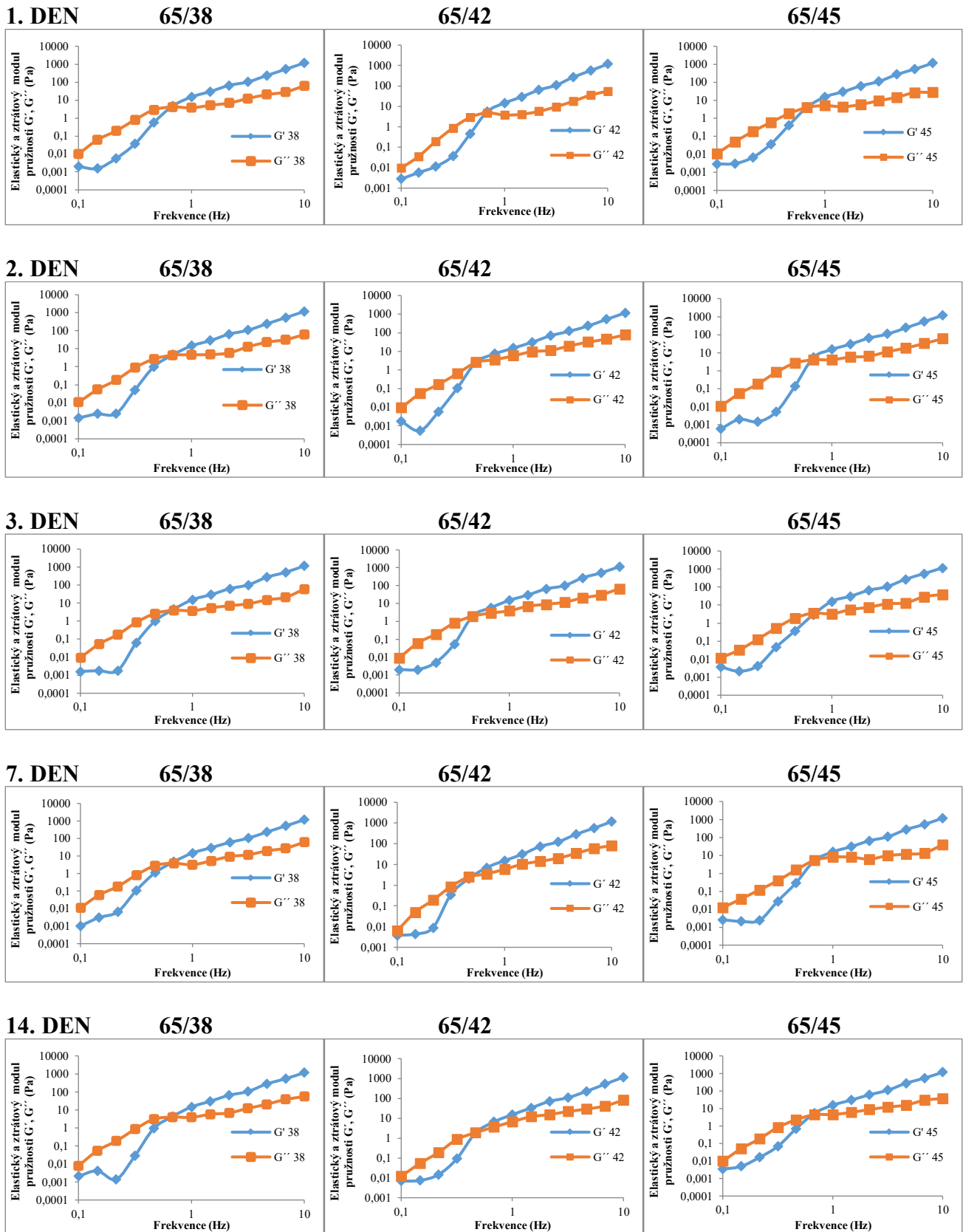
Teplota ošetření / Teplota fermentace (°C)	Doba skladování				
	Obsah rozpustné sušiny (% hm.)				
	1. den	2. den	3. den	7. den	14. den
65/38	11,13 ± 0,06	11,00 ± 0,00	10,93 ± 0,30	10,73 ± 0,06	10,53 ± 0,15
65/42	11,05 ± 0,06	10,93 ± 0,12	10,80 ± 0,10	10,65 ± 0,10	10,44 ± 0,06
65/45	11,03 ± 0,06	10,89 ± 0,17	10,75 ± 0,06	10,57 ± 0,12	10,40 ± 0,20

6.2 Výsledky měření dynamické oscilační reometrie

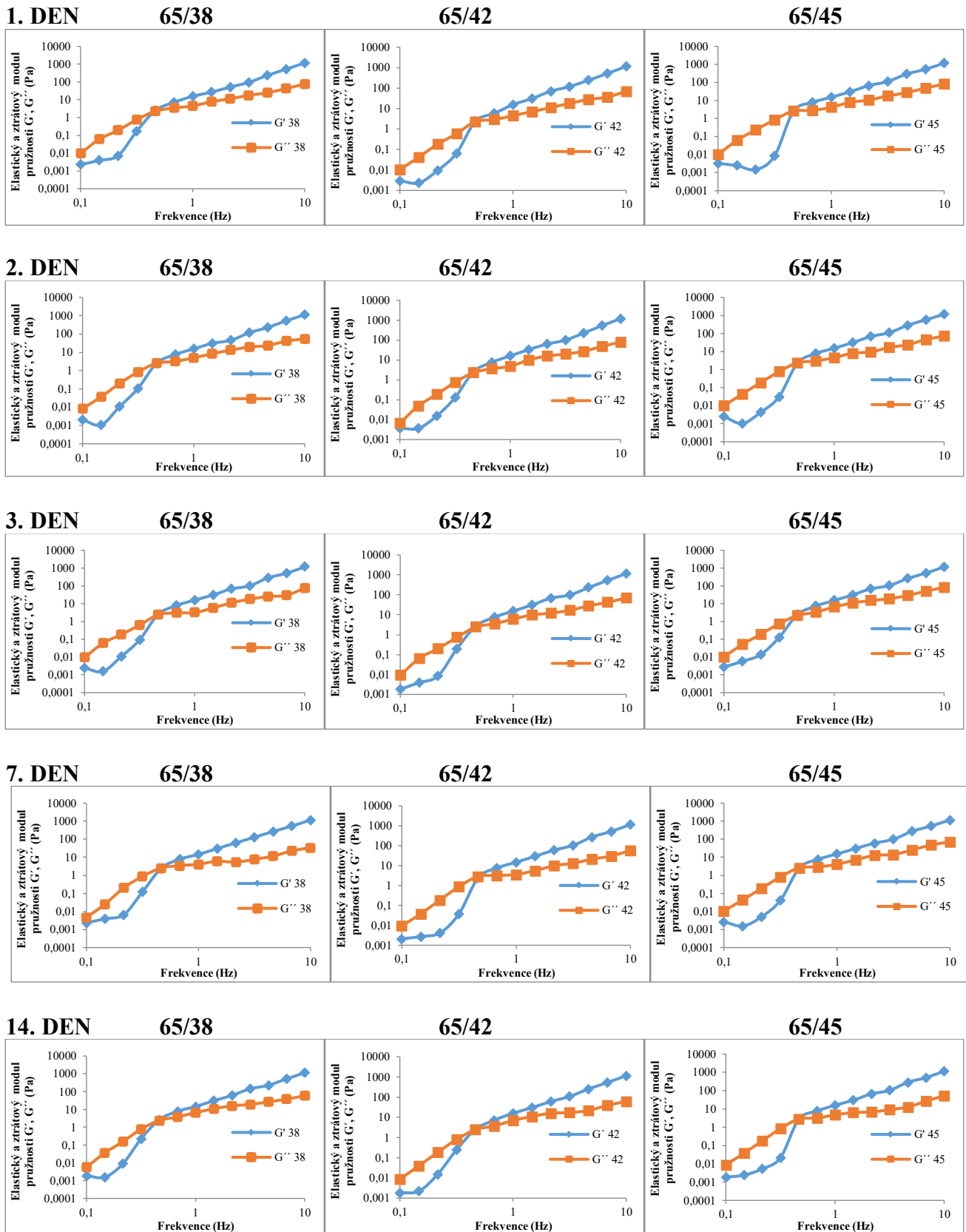
Při frekvencích pod 0,7 Hz byl ve všech zkoumaných vzorcích pozorován tekutý charakter syrovátkového nápoje (hodnoty G'' nad G'), který se po dosažení bodu gelace změnil na koncentrovaný roztok (hodnoty G' nad G''). Toto chování elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti jako funkce frekvence je dle Upadhyay, R. typické pro slabě flokulované disperze, nebo-li koncentrované roztoky. [32] Lze tedy říci, že použitá jogurtová kultura byla schopna růst a vytvářet produkty svého metabolismu jak v koncentrované, tak v ředěné syrovátce, kde vytvořila koncentrovaný roztok bez ohledu na kultivační teplotu, viz. obrázek č. 14 a č. 15.

Pro koncentrovanou syrovátku byl 1. den skladování pozorován stejný bod gelace (0,7 Hz) u všech kultivačních teplot. Od 2. dne skladování byl bod gelace (0,5 Hz) pro kultivační teplotu 42 °C dosažen dříve než u zbývajících dvou kultivačních teplot (0,7 Hz). To znamená, že koncentrovaný roztok v syrovátce vzniká rychleji při optimální teplotě růstu pro jogurtovou kulturu. [26]

Pro ředěnou syrovátku byl pro všechny kultivační teploty pozorován stejný bod gelace (0,5 Hz) již od 1. dne skladování. Ve srovnání s koncentrovanou syrovátkou lze tedy říci, že u ředěné syrovátky vznikal koncentrovaný roztok rychleji, a to u všech kultivačních teplot. To by mohlo znamenat, že ředěná syrovátka je, na rozdíl od koncentrované syrovátky, vhodnějším médiem pro rozvoj jogurtové kultury.



Obrázek č. 14: Elastický a ztrátový modul pružnosti koncentrované syrovátky



Obrázek č. 15: Elastický a ztrátový modul pružnosti ředěné syrovátky

Hodnoty komplexních modulů pružnosti (G^*) jsou u ředěné syrovátky nepatrně vyšší než u syrovátky koncentrované. Je známo, že čím vyšší je hodnota komplexního modulu pružnosti (G^*), tím je daný vzorek tužší. [33] Tedy v ředěné syrovátce byla koncentrace vzniklého roztoku vyšší. Ovšem tyto rozdíly jsou statisticky nevýznamné ($p < 0,05$), tedy faktor ředění neměl zásadní vliv na koncentraci vzniklého koncentrovaného roztoku. S ohledem na bod gelace lze shrnout, že v ředěné syrovátce nejen vzniká koncentrovaný roztok rychleji, ale zároveň je jeho koncentrace nepatrně vyšší. To také potvrzuje, že ředěná syrovátka se zdá být lepším médiem než syrovátka koncentrovaná. Zjištěné výsledky by mohly souviset s nižším osmotickým tlakem ředěné syrovátky a tedy vytvořením vhodnějších podmínek pro bakterie mléčného kvašení obsažené v jogurtové kultuře. [25]

Toto zjištění je jistě výhodné i pro firmy vyrábějící syrovátkové nápoje, především z ekonomického hlediska, neboť pokud použijí naředěnou syrovátku, vyrobí více syrovátkových nápojů než ze syrovátky koncentrované. Navíc, proces koncentrace syrovátky má pro průmysl relativně vysoké náklady, tudíž použití nekoncentrované syrovátky může být alternativou jak snížit tyto náklady. [14]

Během 14 dní skladování došlo jak u koncentrované, tak i ředěné syrovátky k mírnému vzrůstu hodnoty G^* , který nebyl statisticky významný, lze tedy říci, že koncentrace vzniklých roztoků se během skladování téměř neměnila ($p < 0,05$).

Co se týče jednotlivých teplot kultivace, konkrétně 38, 42 a 45 °C a srovnání hodnot komplexních modulů pružnosti G^* , lze říci, že u koncentrované i ředěné syrovátky byly hodnoty G^* nejvyšší u teploty 45 °C, viz. tabulka č. 10 a č. 11. Zjištěné výsledky odpovídají vlastnostem jogurtové kultury a jejich požadavkům na teplotu růstu. Optimální teplota růstu jogurtové kultury je 42 °C, tedy při teplotě vyšší, jako aplikovaných 45 °C, se přítomné bakterie mléčného kvašení rychleji rozvíjí [26] a zároveň mají rychlejší metabolismus, což odpovídá i výsledkům měření pH. Tedy čím větší teplota kultivace, tím vyšší aktivita jogurtové kultury a tedy nižší pH a rychlejší tvorba koncentrovaného roztoku. Jen u koncentrované syrovátky můžeme u teploty 45 °C vidět pomalejší tvorbu koncentrovaného roztoku, což bylo zřejmě způsobeno vyšším osmotickým tlakem v médiu a tedy horšími podmínkami pro tvorbu metabolitů, a tedy pomalejší zakonzentrování vzniklého roztoku. Celkově se však nejednalo o statisticky významný rozdíl v hodnotách komplexních modulů pružnosti, což znamená, že kultivační teplota neměla zásadní vliv na koncentraci vzniklého roztoku v syrovátce ($p < 0,05$). Pro další studie by bylo vhodné doplnit dynamickou oscilační reometrii o senzorickou analýzu ke zjištění, zda vzniklý koncentrovaný roztok

poskytuje syrovátkové nápoje požadované konzistence. U ředěné syrovátky by totiž mohly při vyšších teplotách vznikat příliš koncentrované roztoky, které by poskytovaly syrovátkové nápoje tužší konzistence, než je u tohoto typu výrobku spotřebiteli požadováno. Pro zlepšení texturních vlastností lze dále syrovátku kombinovat s čerstvým mlékem či kondenzovaným mlékem. [2] To by byl také možný návrh na další práci týkající se výroby fermentovaných syrovátkových nápojů.

Ve studii Kar T. a Misra A. K. v roce 1999 byl vyroben nápoj z deproteinované syrovátky a jogurtových kultur. Bylo zjištěno, že nápoj má přijatelnou sensorickou kvalitu a zároveň použitá jogurtová kultura má antibakteriální aktivitu, celkově se tedy jednalo o výrobek prospěšný našemu zdraví. [6] Navržená sensorická analýza by proto mohla být doplněna stanovením antibakteriální aktivity použité jogurtové kultury.

Shrnutím dosažených výsledků by se dalo říct, že teplota 42 °C se jeví jako nejvhodnější pro kultivaci jogurtové kultury, což odpovídá její optimální teplotě růstu. [26]

Tabulka č. 10: Hodnoty G* pro koncentrovanou syrovátku

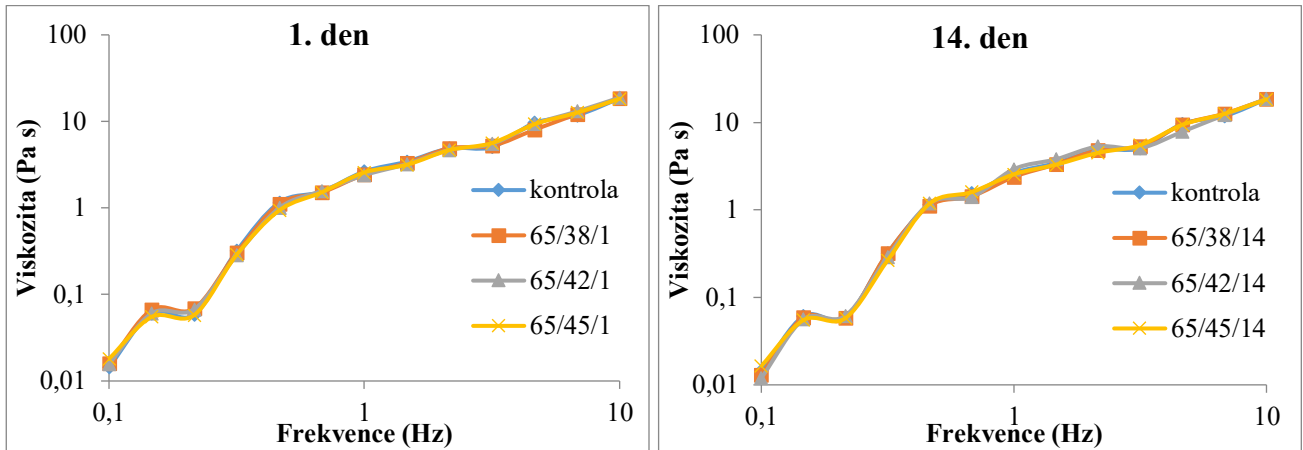
65 °C	Hodnota G*		
	38	42	38
1. den	15,3 ± 0,0	15,5 ± 0,5	16,0 ± 0,2
2. den	15,4 ± 0,3	15,8 ± 0,1	16,0 ± 0,3
3. den	15,6 ± 0,4	15,8 ± 0,3	16,1 ± 0,4
7. den	15,6 ± 0,2	15,8 ± 0,5	16,5 ± 0,1
14. den	15,6 ± 0,3	16,0 ± 0,1	16,5 ± 0,6

Tabulka č. 11: Hodnoty G* pro ředěnou syrovátku

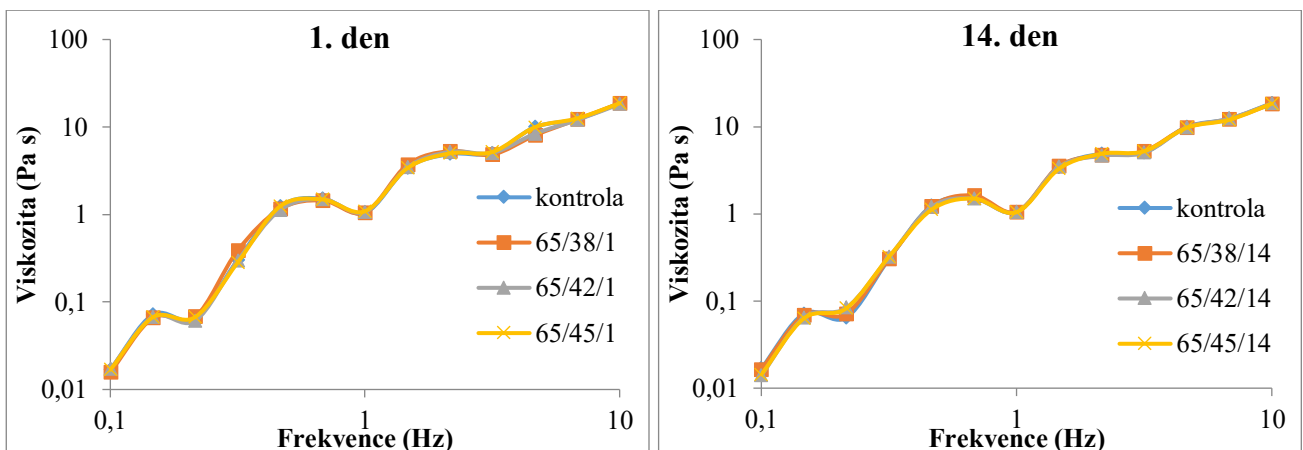
65 °C	Hodnota G*		
	38	42	38
1. den	15,6 ± 0,7	15,8 ± 0,5	16,1 ± 0,1
2. den	16,1 ± 0,0	16,3 ± 0,3	16,5 ± 0,3
3. den	16,1 ± 0,6	16,3 ± 0,7	16,5 ± 0,4
7. den	16,1 ± 0,0	16,4 ± 0,3	16,7 ± 0,0
14. den	16,2 ± 0,0	16,4 ± 1,0	16,7 ± 0,2

Viskozita koncentrované a ředěné syrovátky se u jednotlivých kultivačních teplot oproti kontrole (0. den) ani v průběhu skladování výrazně nelišila, viz. obrázek č. 16 a č. 17. Navíc hodnoty dosažené viskozity jsou srovnatelné jak pro ředěnou, tak pro koncentrovanou

syrovátku. Tedy jak kultivační teplota, tak i faktor ředění by neměl mít zásadní vliv na viskozitu vyrobených syrovátkových nápojů ($p < 0,05$).



Obrázek č. 16: Viskozita koncentrované syrovátky



Obrázek č. 17: Viskozita ředěné syrovátky

ZÁVĚR

Teoretická část práce byla zaměřena na charakteristiku syrovátkových nápojů, jejich rozdělení a technologii výroby. Další část práce byla věnována mikrobiálním kulturám nejvíce využívaným při výrobě fermentovaných syrovátkových nápojů.

V praktické části byl sledován vliv kultivačních podmínek na aktivitu jogurtové kultury použité při výrobě fermentovaných syrovátkových nápojů z koncentrované a ředěné syrovátky. Vyrobené fermentované syrovátkové nápoje byly skladovány při teplotě $3 \pm 0,5$ °C po dobu 14 dní. Během skladování byly pozorovány změny hodnot pH, SH, obsahu rozpustné sušiny a viskoelastických vlastností 1., 2., 3., 7. a 14. den.

Z hodnot získaných měření aktivní a titrační kyselosti a obsahu rozpustné sušiny byla zaznamenána mírně se zvyšující tvorba kyseliny mléčné během skladování. Taktéž z výsledků dynamické oscilační reometrie je zřejmé, že použitá jogurtová kultura byla schopna růst a tvořit produkty svého metabolismu, jak v koncentrované, tak v ředěné syrovátce. Důkazem byla tvorba koncentrovaného roztoku ve všech zkoumaných vzorcích, jehož viskozita se během 14 dní skladování příliš neměnila.

Celkově lze z dosažených výsledků říci, že jako vhodnější médium pro aktivitu jogurtové kultury, a tedy výrobu fermentovaných syrovátkových nápojů, byla vyhodnocena ředěná syrovátka. Současně pro firmy zabývající se výrobou fermentovaných syrovátkových nápojů se především z ekonomického hlediska jeví jako lepší varianta právě ředěná syrovátka.

Pro aplikovanou jogurtovou kulturu byla jako vhodná kultivační teplota při výrobě fermentovaných syrovátkových nápojů vybrána teplota 42 °C, což zároveň odpovídá optimální teplotě růstu dané kultury.

V navazujících studiích by bylo vhodné doplnit dynamickou oscilační reometrii o senzorickou analýzu ke zjištění, zda vzniklý koncentrovaný roztok poskytuje syrovátkové nápoje požadované konzistence. Dále by bylo možné kombinovat syrovátku s čerstvým mlékem či kondenzovaným mlékem pro zlepšení texturních vlastností. Případně by se následné studie mohly zabývat stanovením antibakteriální aktivity použité jogurtové kultury.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] JELEN, P., R. CURRIE a V.W. KADIS. Compositional Analysis of Commercial Whey Drinks. *Journal of Dairy Science*. 1987, 70(4), s. 892-895. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(87)80089-9. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030287800899>
- [2] PESCUA, Micaela et al., 2010. Functional fermented whey-based beverage using lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*. 141(1-2), 73-81. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.04.011. ISSN 01681605. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168160510002217>
- [3] SOUZA, Thaisa S.P., Aderval S. LUNA, Diego B. BARROS, et al. Yogurt and whey beverages available in Brazilian market: Mineral and trace contents, daily intake and statistical differentiation. *Food Research International*. 2019, 119, s. 709-714. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.10.050. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996918308366>
- [4] SKRYPLONEK, Katarzyna, Izabela DMYTRÓW a Anna MITUNIEWICZ-MAŁEK. Probiotic fermented beverages based on acid whey. *Journal of Dairy Science*. 2019, 102(9), s.7773-7780. DOI: 10.3168/jds.2019-16385. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030219305995>
- [5] FARAH, Juliana S., Caroline B. ARAUJO a Lauro MELO. Analysis of yoghurts', whey-based beverages' and fermented milks' labels and differences on their sensory profiles and acceptance. *International Dairy Journal*. 2017, 68, 17-22. DOI: 10.1016/j.idairyj.2016.12.008. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694616303636>
- [6] SKRYPLONEK, Katarzyna a Małgorzata JASIŃSKA. WHEY-BASED BEVERAGES. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*. 2017, 20(4). DOI: 10.30825/5.EJPAU.36.2017.20.4. ISSN 15050297. Dostupné z: <http://www.ejpau.media.pl/volume20/issue4/art-09.html>
- [7] BYLUND, Gösta. *Dairy processing handbook*. Lund: Tetra Pak, 2015, s. 182-185
- [8] BUŇKA, František. *Mlékárenská technologie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-254-1.

- [9] Paquin, Paul. (2009). Functional and Speciality Beverage Technology - 10.3.1 Fruit Juice-Type Whey Beverages. *Woodhead Publishing*. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt006B3PD4/functional-speciality/thirst-quenching-carbonated>
- [10] MARSH, Alan J., Colin HILL, R. Paul ROSS a Paul D. COTTER. Fermented beverages with health-promoting potential: Past and future perspectives. *Trends in Food Science & Technology*. 2014, 38(2), s. 113-124. DOI: 10.1016/j.tifs.2014.05.002. ISSN 09242244. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224414001058>
- [11] Tamime, A.Y. Robinson, R.K.. (1999). Yoghurt Science and Technology (2nd Edition) - 5.6 Lactose Hydrolyzed Yoghurt (LHY). s. 323-324. *Woodhead Publishing*. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0017T652/yoghurt-science-technology/lactose-hydrolyzed-yoghurt>
- [12] DESNILASARI, D a R KUMALASARI. Characteristic of Fermented Drink from Whey Cheese with Addition of Mango (*Mangifera x odorata*) Juice. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2017, 101. DOI: 10.1088/1755-1315/101/1/012024. ISSN 1755-1307. Dostupné z: <http://stacks.iop.org/1755-1315/101/i=1/a=012024?key=crossref.8cae3addaae73bdbc6e88bd90a690478>
- [13] OLIVEIRA, Daelen Resende, Ana Claudia Alencar LOPES, Rafaela Andrade PEREIRA, Patricia Gomes CARDOSO a Whasley Ferreira DUARTE. Selection of potentially probiotic *Kluyveromyces lactis* for the fermentation of cheese whey-based beverage. *Annals of Microbiology*. 2019, 69(13), 1361-1372. DOI: 10.1007/s13213-019-01518-y. ISSN 1590-4261. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s13213-019-01518-y>
- [14] ZIKÁN V., ŠALAKOVÁ A., PECHAČOVÁ M. Využití různých druhů syrovátky pro výrobu fermentovaných nápojů s obsahem alkoholu a sycených syrovátkových nápojů. *Mlékařské listy – Zpravodaj*. 2015, č. 152, s. 7-12. ISSN 1212-950X.
- [15] Forman, L.; Mergl, M.; aj. *Syrovátka - její využití v lidské výživě a ve výživě hospodářských zvířat*, 1st ed.; TOMOS Praha: Praha, 1979.
- [16] *Rivella AG* [online]. Neue Industriestrasse 10, 4852 Rothrist, Schweiz [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: <https://www.rivella-group.com/de/>
- [17] SUKOVÁ, I. *Syrovátka v potravinářství*. 2006. ISBN 80-7271-173-3.

- [18] *Blue Brew* [online]. Crown Park, Station Road, Old Dalby, Leicestershire, LE14 3NQ [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: <https://www.belvoirbrewery.co.uk/product/blue-brew/>
- [19] GREK-, Elena- a Elena- KRASULYA-. THE BEHAVIOR PREDICTION OF RAW MATERIAL SYSTEMS IN THE TECHNOLOGY OF WHEY BEVERAGES. *Foods and Raw Materials*. 2015, 3(1), 21-26. DOI: 10.12737/11233. ISSN 2308-4057. Dostupné z: <http://jfrm.ru/issues/58/440/>
- [20] BARUKČIĆ, Irena, Katarina LISAK JAKOPOVIĆ a Rajka BOŽANIĆ. Valorisation of Whey and Buttermilk for Production of Functional Beverages – An Overview of Current Possibilities. *Food technology and biotechnology*. 2019, 57(4), 448-460. DOI: 10.17113/ftb.57.04.19.6460. ISSN 13342606. Dostupné z: <https://www.ftb.com.hr/176-volume-57-issue-no-4/1638-valorisation-of-whey-and-buttermilk-for-production-of-functional-beverages-an-overview-of-current-possibilities>
- [21] PEREIRA, Carlos, Marta HENRIQUES, David GOMES, Andrea GOMEZ-ZAVAGLIA a Graciela DE ANTONI. Novel Functional Whey-Based Drinks with Great Potential in the Dairy Industry. *Food Technol. Biotechnol.* 2015, 53(3), 307-314. DOI: 10.17113/ft b.53.03.15.4043. ISSN 1330-9862.
- [22] BRODÍKOVÁ, R., 2019. *Optimalizace výroby nefermentovaných syrovátkových nápojů*. Zlín. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
- [23] CORDEIRO, M.A., E.L.S. SOUZA, R.M.E. ARANTES, et al. Fermented whey dairy beverage offers protection against *Salmonella enterica* ssp. *enterica* serovar Typhimurium infection in mice. *Journal of Dairy Science*. 2019, 102(8), 6756-6765. DOI: 10.3168/jds.2019-16340. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030219304989>
- [24] SAEED, M., MUHAMMAD ANJUM, F., RAFIQ KHAN, M., ISSA KHAN, M., NADEEM, M. Isolation, characterization and utilization of starter cultures for the development of wheyghurt drink. *British Food Journal*. 2013, vol. 115, no. 8, p. 1169-1186. DOI: 10.1108/BFJ-10-2011-0274. ISSN 0007-070X.
- [25] *Čisté mlékařské kultury: výroba, kontrola, použití*. Praha: SNTL, 1984, s. 185-154.
- [26] GÖRNER, Fridrich a Ľubomír VALÍK. *Aplikovaná mikrobiológia požívatin*. Bratislava: Malé centrum, 2004. ISBN 80-967064-9-7.
- [27] *pH metr* [online]. Masarykova univerzita. Poříčí 7, 603 00 Brno [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: <http://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/labtech-old/soubory/laborvyb/phmetr.pdf>
- [28] KADLEC P., MELZOCH K., VOLDŘICH M. a kolektiv. Co byste měli vědět o výrobě potravin? *Technologie potravin*. Key Publishing Ostrava, 2009. 540 stran, ISBN 978-80-7418-051-4.

- [29] *Refraktometrie* [online]. Mendelova univerzita. Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=52955
- [30] WEIN, O., 1996. *Úvod do reologie*. Brno: Malé Centrum. ISBN 978-80-214-4881-0.
- [31] *Základy reologie a reometrie kapalin* [online]. Masarykova univerzita. Poříčí 7, 603 00 Brno [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=52955
- [32] UPADHYAY, Rituja a Jianshe CHEN. Rheology and tribology assessment of foods. *Biopolymer-Based Formulations*. Elsevier, 2020, 2020, s. 697-715. DOI: 10.1016/B978-0-12-816897-4.00028-X. ISBN 9780128168974. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B978012816897400028X>
- [33] ČERNÍKOVÁ, M., NEBESÁŘOVÁ J., SALEK R., N., ŘIHÁČKOVÁ L. a BUŇKA F., 2017. Microstructure and textural and viscoelastic properties of model processed cheese with different dry matter and fat in dry matter content. *Journal of Dairy Science*. 2017, 100(6), 4300-4307. DOI: 10.3168/jds.2016-12120. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030217302904>
- [34] ANONYM, Aktivita vody: *Informační centrum bezpečnosti potravin*, Ministerstvo zemědělství, Těšnov 65/17, Praha 1 [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76457.aspx>
- [35] JANŠTOVÁ, Bohumíra. *Technologie mléka a mléčných výrobků*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012. ISBN 978-80-7305-635-3.
- [36] GAJDŮŠEK S., 1998: *Mlékařství II*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 142 s. ISBN 80-7157-342-6.
- [37] GAJDŮŠEK, S., KLÍČNÍK, V.: *Mlékařství*, vyd. VŠ Zemědělská Brno, 1985, 128 stran.
- [38] GALLARDO-ESCAMILLA, F.J., A.L. KELLY a C.M. DELAHUNTY. Influence of Starter Culture on Flavor and Headspace Volatile Profiles of Fermented Whey and Whey Produced from Fermented Milk. *Journal of Dairy Science*. 2005, 88(11), 3745-3753. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)73060.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

UF – ultrafiltrovaný

WPC – syrovátkový proteinový koncentrát

WPH – syrovátkový proteinový hydrolyzát

WPI – syrovátkový proteinový izolát

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Frekvence spotřeby jogurtů (▨), syrovátkových nápojů (▩) a fermentovaného mléka (▧) [6]	13
Obrázek č. 2: Syrovátkový nápoj Rivella [16].....	21
Obrázek č. 3: Alkoholický syrovátkový pivní nápoj Blue Brew [18].....	22
Obrázek č. 4: Obecné a zjednodušené schéma výroby nefermentovaných syrovátkových nápojů (upraveno) [21].....	23
Obrázek č. 5: Obecné a zjednodušené schéma výroby fermentovaných syrovátkových nápojů (upraveno) [21]	25
Obrázek č. 6: Schéma produkce syrovátkového nápoje s vyšší viskozitou [19]	27
Obrázek č. 7: Výrobní schéma fermentovaných syrovátkových nápojů.....	33
Obrázek č. 8: pH metr HI 99161	34
Obrázek č. 9: Minitirátor HI 84529.....	35
Obrázek č. 10: Digitální refraktometr	36
Obrázek č. 11: Schematické znázornění závislosti dynamických modulů (G' a G'') [32].	37
<i>Obrázek č. 12: Mikrostruktura koloidních disperzí a chování elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti jako funkce frekvence pro: (A) stabilní disperzi (ředěný roztok), (B) slabě flokulovanou disperzi (koncentrovaný roztok), (C) silně flokulovanou disperzi či gel. [32]</i>	<i>38</i>
Obrázek č. 13: Reometr	39
Obrázek č. 14: Elastický a ztrátový modul pružnosti koncentrované syrovátky	45
Obrázek č. 15: Elastický a ztrátový modul pružnosti ředěné syrovátky	46
Obrázek č. 16: Viskozita koncentrované syrovátky.....	49
Obrázek č. 17: Viskozita ředěné syrovátky	49

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Složení syrovátky oddělené po srážení [1].....	16
Tabulka č. 2: Složení médií před a po fermentaci vinnými kvasinkami <i>Sacharomyces cerevisiae</i> [15].....	20
Tabulka č. 3: Analyzované vlastnosti použité syrovátky	32
Tabulka č. 4: Koncentrovaná syrovátka	40
Tabulka č. 5: Ředěná syrovátka	41
Tabulka č. 6: Koncentrovaná syrovátka [°SH]	42
Tabulka č. 7: Ředěná syrovátka [°SH]	42
Tabulka č. 8: Koncentrovaná syrovátka [hm. %].....	43
Tabulka č. 9: Ředěná syrovátka [hm. %].....	43
Tabulka č. 10: Hodnoty G* pro koncentrovanou syrovátku.....	48
Tabulka č. 11: Hodnoty G* pro ředěnou syrovátku.....	48