

Vliv kultivačních podmínek na výrobu fermentovaných syrovátkových nápojů

Bc. Tereza Fitzianová

Diplomová práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Tereza Fitzianová**
Osobní číslo: **T17310**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Vliv kultivačních podmínek na výrobu fermentovaných syrovátkových nápojů**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Charakteristika fermentovaných syrovátkových nápojů.
2. Technologie výroby fermentovaných syrovátkových nápojů.
3. Mikrobiální kultury využívané při výrobě fermentovaných syrovátkových nápojů.

II. Praktická část

1. Vliv vybraných faktorů na kvalitu fermentovaných syrovátkových nápojů.
2. Chemická analýza vyrobených fermentovaných syrovátkových nápojů.
3. Rheologické vlastnosti vyrobených fermentovaných syrovátkových nápojů.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] ŠNIRC, J., GOLIAN, J., HERIAN, K., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L. a ČANIGOVÁ, M. Mlieko a mliečne výrobky. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2016. ISBN 978-80-552-1451-1.
- [2] 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/BJFJ-10-2011-0274. ISSN 0007-070X.
- [3] GALLARDO-ESCAMILLA, F.J., KELLY, A. L., DELAHUNTY, C.M. Influence of starter culture on flavor and headspace volatile profiles of fermented whey and whey produced from fermented milk. Journal of dairy Science. 2005, vol. 88, no. 11, p. 3745-3753.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zuzana Míšková, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **17. února 2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

Ve Zlíně dne 17. února 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou 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 – diplomovou 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 diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové 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 diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta: Bc. Tereza Fitzianová

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Mléčné výrobky jsou stále více konzumovány díky svým výživovým vlastnostem a velkému množství variant a chutí. Tato práce se zabývala fermentovanými syrovátkovými nápoji, kdy cílem studie bylo zhodnotit vliv tepelného ošetření syrovátky a kultivačních podmínek na rozvoj jogurtové kultury, a tedy na výrobu syrovátkových nápojů. Pro výrobu byla použita koncentrovaná a ředěná syrovátka v poměru 1:1 s destilovanou vodou. Výrobní proces zahrnoval tepelné ošetření syrovátky pomocí vysoké a šetrné pasterace, zaočkování jogurtovou kulturou a následnou fermentaci. Během 14 dní skladování při teplotě $3,0 \pm 0,5$ °C byly měřeny fyzikálně-chemické a viskoelastické vlastnosti fermentované syrovátky 1., 2., 3., 7. a 14. den. Z výsledků dosažených jednotlivými analýzami, včetně dynamické oscilační reometrie, lze říci, že jako vhodnější médium pro aktivitu jogurtové kultury se jeví ředěná syrovátka, pro kterou byla vyhodnocena jako lepší varianta tepelné ošetření syrovátky kombinací teploty 72 °C a času 1s. Jako nejvhodnější kultivační teplota pro výrobu syrovátkových nápojů pomocí jogurtové kultury byla vyhodnocena teplota 42 °C, která odpovídá optimální teplotě růstu použité kultury.

Klíčová slova: syrovátka, fermentované syrovátkové nápoje, fermentace, technologie výroby fermentovaných syrovátkových nápojů

ABSTRACT

Dairy products are increasingly consumed due to their nutritional properties and a large number of variations and flavors. This thesis deals with fermented raw drinks, where it is possible to study the effects of heat treatment of whey and growing conditions on the development of yogurt culture and thus on the production of whey drinks. Concentrated and dilute whey in a ratio of 1: 1 with distilled water was used for the production. The production process included the treatment of whey by means of high and gentle pasteurization, inoculation with a yoghurt culture and subsequent fermentation. During 14 days of storage at 3.0 ± 0.5 ° C, the physicochemical and viscoelastic properties of the fermented whey were measured on days 1, 2, 3, 7 and 14. From the results obtained by individual analyzes, including dynamic oscillating rheometry, it can be said that dilute whey appears to be a more suitable medium for yoghurt culture activity, for which heat treatment of whey with a combination of 72 ° C and 1 s was evaluated as a better variant. From the temperatures used for the fermentation of yoghurt culture a temperature of 42 ° C appeared to be the most suitable.

Keywords: whey, fermented whey drinks, fermentation, technology of production of fermented, whey drinks

Poděkování

Chtěla bych poděkovat všem, kteří mi při tvorbě a zpracování této diplomové práce byli nápomocni. Největší poděkování patří paní Ing. Zuzaně Míškové, Ph.D., vedoucí diplomové práce, za odborné rady, užitečné připomínky, trpělivost a ochotu při zpracování práce. Velký dík patří Michalovi Žákovi, který mi byl nápomocen při práci v laboratoři a mé poděkování patří i dlouholeté kamarádce Tereze Kučerové, která mně byla po dlouhých 10 studijních let vždy oporou.

V neposlední řadě jsem velmi vděčná svým rodičům za to, že mi umožnili studium na vysoké škole.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 CHARAKTERISTIKA FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ.....	12
1.1 SYROVÁTKA.....	12
1.1.1 Fyziologický význam.....	12
1.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ SYROVÁTKY	13
1.2.1 Bílkoviny syrovátky.....	14
1.2.2 Nebílkovinné dusíkaté látky.....	16
1.2.3 Popeloviny.....	16
1.2.4 Vitaminy a minerály.....	16
1.2.5 Laktóza.....	17
1.2.6 Tuk.....	18
1.2.7 Kyseliny.....	18
1.3 SYROVÁTKOVÉ NÁPOJE	18
1.3.1 Syrovátkové nápoje s ovocnou šťávou.....	19
1.3.2 Nápoje mléčného typu.....	20
1.3.3 Sycené nápoje.....	21
1.3.4 Alkoholické nápoje	21
1.3.5 Fermentované syrovátkové nápoje.....	21
1.4 DALŠÍ VYUŽITÍ SYROVÁTKY	22
1.5 ORGANOLEPTICKÉ VLASTNOSTI FERMENTOVANÝCH MLÉČNÝCH VÝROBKŮ	23
2 TECHNOLOGIE VÝROBY FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ	24
2.1 ZPŮSOBY ZPRACOVÁNÍ SYROVÁTKY	24
2.1.1 Čištění syrovátky.....	24
2.1.2 Odstranění tuku	24
2.1.3 Pasterace.....	24
2.2 DEMINERALIZACE	24
2.3 SEPARAČNÍ METODY VYUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ	25
2.4 KRYSTALIZACE LAKTÓZY.....	25
2.5 ZAHUŠTĚNÍ SYROVÁTKY	26
2.6 SUŠENÍ SYROVÁTKY	26
2.7 FERMENTACE SYROVÁTKY	27
2.7.1 Mléčné kvašení.....	28
3 MIKROBIÁLNÍ KULTURY VYUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ.....	30

3.1	MIKROBIÁLNÍ MLÉKAŘSKÉ KULTURY	30
3.2	ČISTÉ MLÉKÁRENSKÉ KULTURY A JEJICH KLASIFIKACE	31
3.2.1	Mezofilní kultury	31
3.2.2	Termofilní kultury	33
II	PRAKTICKÁ ČÁST	35
4	CÍL PRÁCE	36
5	VLIV VYBRANÝCH FAKTORŮ NA KVALITU FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ	37
5.1	POUŽITÝ VZOREK	37
5.2	PŘÍPRAVA KONCENTROVANÉ SYROVÁTKY	38
5.3	PŘÍPRAVA ŘEDĚNÉ SYROVÁTKY	39
5.4	SKLADOVÁNÍ KONCENTROVANÉ A ŘEDĚNÉ SYROVÁTKY	39
6	CHEMICKÁ ANALÝZA VYROBENÝCH FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ	40
6.1	STANOVENÍ AKTIVNÍ KYSELOSTI (pH)	40
6.2	STANOVENÍ TITRAČNÍ KYSELOSTI (SH)	41
6.3	OBSAH ROZPUSTNÉ SUŠINY	42
6.4	STATISTICKÁ ANALÝZA	43
7	REOLOGICKÉ VLASTNOSTI VYROBENÝCH FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ	44
7.1	DYNAMICKÁ OSCILAČNÍ REOMETRIE	44
8	VÝSLEDKY A DISKUZE	47
8.1	VÝSLEDKY MĚŘENÍ AKTIVNÍ KYSELOSTI (pH)	47
8.2	VÝSLEDKY MĚŘENÍ TITRAČNÍ KYSELOSTI (SH)	49
8.3	VÝSLEDKY MĚŘENÍ OBSAHU ROZPUSTNÉ SUŠINY	51
8.4	VÝSLEDKY MĚŘENÍ DYNAMICKÉ OSCILAČNÍ REOMETRIE	52
9	ZÁVĚR	62
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	63
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
	SEZNAM TABULEK	72
	SEZNAM PŘÍLOH	73

ÚVOD

Dříve byla syrovátka, jako vedlejší tekutý produkt při výrobě sýra, považována za bezcenný odpad mlékárenského průmyslu, a navzdory vysokému obsahu organických látek, byla likvidována jako odpadní voda přímo do kanalizace a jen příležitostně se používala jako krmivo pro zvířata. Likvidace velkého množství syrovátky bez řádných technologických úprav, představovala nejen environmentální problém, ale také ekonomickou ztrátu tohoto výjimečného vedlejšího produktu.

První zdokumentované využití mléčné syrovátky, jako výživného a léčivého nápoje, se datuje už v dobách starověkého Řecka, kdy známý lékař Hippokratés předepisoval syrovátku pro různé terapeutické účely.

V 80. letech byly více než dvě třetiny produkce syrovátky likvidovány jako odpad. Zanedlouho ale poznatky o technologických a biologických funkcích syrovátkových složek přesvědčily výrobce o svých pozitivích a s rostoucí poptávkou, rostl i podíl jejího využití. V současné době je až 70 % vyrobené syrovátky využíváno pro lidskou výživu.

Syrovátka se stala oblíbenou kvůli řadě příznivých vlivů na zdraví člověka. Je nízkokalorická, obsahuje mnoho vitamínů a minerálů, působí detoxikačně, protizánětlivě, zvyšuje imunitu a všeobecně zlepšuje náš zdravotní stav. Můžeme ji najít jako součást nápojů pro sportovce, mléčných výrobků, cukrovinek, kojenecké výživy a mnoho dalších potravin.

Cílem práce bylo posoudit vliv tepelného ošetření, koncentrace a kultivačních podmínek syrovátky na aktivitu jogurtové kultury, potažmo na výrobu fermentovaného syrovátkového nápoje. Vyrobené syrovátkové nápoje byly po dobu 14 dnů skladovány při teplotě $3,0 \pm 0,5$ °C. Během dané doby skladování byly zjišťovány fyzikálně-chemické vlastnosti, konkrétně: aktivní a titrační kyselost, obsah rozpustné sušiny, viskozita a pevnost vzniklého gelu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ

Syrovátkou se dle legislativy rozumí mléčný výrobek vznikající jako vedlejší produkt při výrobě sýrů, včetně tvarohů a potravinářských kaseinů; syrovátkou může být i mléčná složka uvolňovaná po fermentaci při výrobě jiných mléčných výrobků, zejména u jogurtů či mléčných dezertů [61].

1.1 Syrovátka

Syrovátka je žlutá až nazelenalá tekutina, vzniklá jako vedlejší produkt při výrobě sýrů nebo kaseinu. Pro výrobu sýrů se využívá až třetina z celkové produkce mléka a během jejich výroby vzniká až 19×10^6 tun syrovátky ročně [41].

Ačkoli se jedná o vedlejší produkt, má syrovátka vysoký obsah cenných syrovátkových proteinů a mnoho zdraví podporujících vlastností [50]. Vzhledem k cenným výživovým vlastnostem a rostoucímu podvědomí spotřebitelů o účincích syrovátky na zdraví člověka, se stala syrovátka součástí mnoha potravinářských výrobků [25].

1.1.1 Fyziologický význam

Některé studie dokonce dokázaly výraznou regresi ve velikosti tumorů a inhibici rakovinných buněk. Rovněž bylo potvrzeno, že během chemoterapeutické léčby rakoviny, syrovátkové bílkoviny chrání zdravé buňky onkologického pacienta [51].

Ne pro všechny, je však konzumace syrovátky vhodná. Zejména osoby s intolerancí na mléčný cukr – laktózu, by se měly konzumaci syrovátky vyhnout. Intolerance laktózy neboli nesnášenlivost mléčného cukru, je způsobena nedostatkem enzymu laktáza, který mléčný cukr v organismu rozkládá na glukózu a galaktózu. Vzniklé monosacharidy jsou vstřebávány stěnami tenkého střeva a dále využity pro potřeby organismu. Pokud v organismu zmíněný enzym chybí nebo je málo aktivní, prochází laktóza beze změny do tlustého střeva, kde je využívána přítomnou mikroflórou za vzniku kyseliny mléčné, octové, CO_2 , H_2 a dalších metabolitů [8]. Nejčastějšími projevy laktózové intolerance je pak nadýmání, kyselé průjmy a křeče v břiše. V České republice nesnášenlivost laktózy trápí až 10 % obyvatel [19].

1.2 Chemické složení syrovátky

V závislosti na rozdílném principu srážení bílkovin mléka a technologii používané k oddělení sýřeniny od syrovátky, existují dva typy syrovátky. Sladká syrovátka s $\text{pH} = 5,9 - 6,6$ a kyselá syrovátka s $\text{pH} = 4,3 - 4,6$, se liší také svým složením, které je uvedeno v Tab. č. 1.

Do sladké syrovátky pocházející z výroby sýrů přechází rozpustný κ -kaseinmakropeptid odštěpený syřidlem. Kyselá syrovátka z výroby tvarohu zase obsahuje více popelovin, především vápník. Při kyselém srážení vytváří kasein síťovou strukturu schopnou uzavírat do dutinek bakterie, tukové kuličky nebo tepelně denaturované sérové bílkoviny. Kyselá syrovátka pak může být na obsah tuků a bílkovin chudší [51, 53].

Syrovátka má obsah celkové sušiny kolem 6 – 6,5 %. Obsah laktózy (kolem 70 %) a minerálů (kolem 10 %) závisí na kyselosti syrovátky. Dále je zdrojem vitamínů B a menšího množství tuku (1 %).

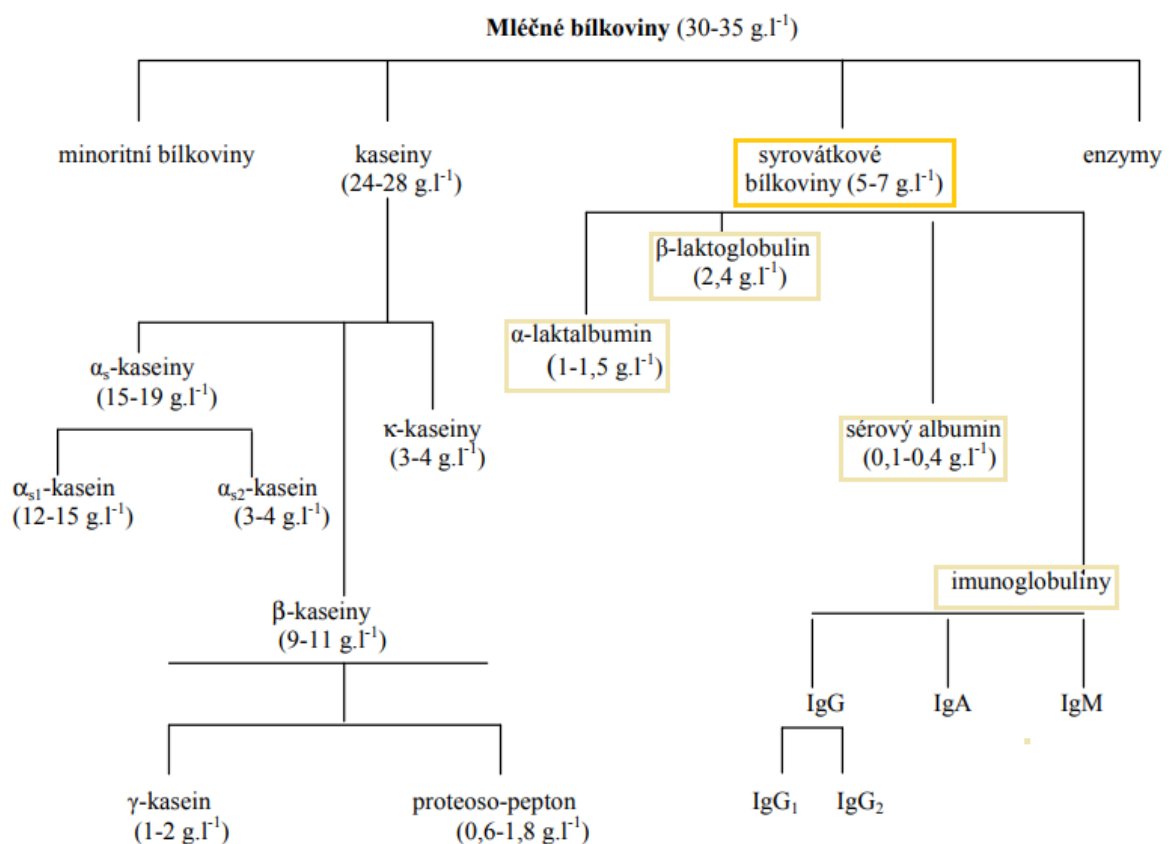
Syrovátka také obsahuje menší množství organických kyselin, nebílkovinných sloučenin dusíku. Složení syrovátky a její smyslové vlastnosti závisí na použitém mléku (kravské, kozí, ovčí), ale také na stádiu laktace. Hlavní rozdíly jsou v obsahu vápníku, fosfátu, obsahu kyseliny mléčné a laktátu, které jsou více zastoupeny v kyselé syrovátce [4].

Tab. č. 1: Složení sladké a kyselé syrovátky (g/l) [35]

Ukazatel %	Sladká syrovátka (sýry)	Kyselá syrovátka (tvarohy)
Sušina	5-7	5-7
Bílkoviny	1,0	1,0
Laktóza	4,9	4,5
Tuk	0,3	0,1
Popel	0,6	0,6
pH	6,5-6,6	4,8-5,0

1.2.1 Bílkoviny syrovátky

Sérové bílkoviny neboli syrovátkové proteiny tvoří přibližně 17-20 % z celkového množství bílkovin v mléce. Mají vysokou biologickou hodnotu, která je dána vysokým obsahem aminokyseliny cystinu. Jsou zastoupeny fragmenty β -laktoglobulin, α -laktalbumin, sérový albumin, imunoglobuliny a proteoso-pepton [37]. Dále mezi ně řadíme globuliny, bílkoviny membrán tukových kuliček a zástupci minoritních bílkovin jako jsou transferin, laktoferin, kininogen, angiogenin, ceruloplasmin aj. Rozdělení mléčných bílkovin znázorňuje Obr. č. 1 [50].



Obr. č. 1: Rozdělení mléčných bílkovin [48]

Syrovátkové proteiny jsou malé globulární proteiny bohaté na esenciální aminokyseliny, které zvyšují její biologickou hodnotu v porovnání s bílkovinami živočišného a rostlinného původu. Využitelnost lidským organismem je mimořádně vysoká. Biologická hodnota proteinů syrovátky překračuje hodnotu vaječné bílkoviny, bílkovin masa, ryb, pšenice a ořechů [4].

Ve srovnání s biologickou hodnotou 100 u vaječné bílkoviny, je hodnota syrovátkové bílkoviny 104 [45]. Kromě toho mají syrovátkové proteiny vynikající funkční vlastnosti (viskozita, rozpustnost, schopnost tvořit gel, emulgační vlastnosti aj.) a proto jsou široce používány v potravinářském průmyslu. Vzhledem k tomu, že syrovátkové proteiny jsou snadněji stravitelné než kasein, používají se pro účely, jako je výroba kojenecké výživy nebo ke zvýšení nutriční hodnoty mléčných a jiných potravinářských výrobků. Imunoglobulin a další glykoproteiny (laktoferin, transferrin) a enzymy (lysozyme, laktoperoxidáza) jsou také velmi důležitými faktory, které přispívají k lidskému imunoaktivnímu systému. Mají antimikrobiální vlastnosti a mohou redukovat nebo inhibovat alergické reakce [3,4].

Na celkovém obsahu se podílí sérové bílkoviny (asi 90 %) a kasein (asi 10 %). V syrovátce zůstává většina sérové bílkoviny obsažené v původním mléce a jejich obsah závisí na tepelném ošetření mléka před srážením a dalších podmínkách výrobního procesu [30, 38].

β -laktoglobulin

Je specifická bílkovina kravského mléka, která představuje asi 50 % z celkového obsahu syrovátkových bílkovin. Bylo popsáno 13 polymorfních genetických variant, kdy mezi nejrozšířenější patří varianta A a B. β -laktoglobulin se vyznačuje vysokým obsahem aminokyselin (lysinu, valinu, cysteinu a cystinu). Z technologického hlediska je významný při silnějším zahřátí (např. 80 °C několik sekund), kdy se v důsledku tepelné denaturace bílkovin obnaží SH- skupiny cysteinu, které mají schopnost vázat stopová množství těžkých kovů, čímž se zabrání oxidačnímu účinku mléčného tuku a zvyšuje se rezistence mléčných výrobků vůči oxidaci [6, 38].

α -laktalbumin

Z celkového obsahu syrovátkových bílkovin zaujímá 20 %. Jeho primární strukturu tvoří celkem 123 aminokyselin a existuje ve třech genetických variantách (A, B, C). Podílí se na syntéze laktózy v mléčné žláze, jelikož je součástí enzymu *laktososynthetasy* [6, 38].

Bovinní sérový albumin

Tvoří asi 5 % z obsahu syrovátkových bílkovin. Jeho protein má dlouhý řetězec, který je složen z 582 zbytků aminokyselin. Jedná se o heterogenní bílkovinu, jejíž zvýšená hladina je pozorována při zánětech mléčné žlázy [38].

Imunoglobuliny

Globuliny jsou různorodá skupina protilátek pocházejících z krevního séra dojnic a pro svůj ochranný charakter se označují jako imunoglobuliny (IgG1, IgG2, IgA a IgM).

Důležitou funkcí imunoglobulinů je přenos imunity z matky na mládě, kdy jejich nejvyšší koncentrace je obsažena v mlezivu. Jejich zastoupení a množství je ovlivněno plemenem, laktačním stádiem, stářím a zdravotním stavem dojnice. Vzhledem k extrémní heterogenitě se imunoglobuliny liší od ostatních bílkovin mléčného séra [38].

Proteoso-peptonová frakce

Jedná se o fosfoproteiny, které jsou tepelně stabilní do 100 °C a jsou rozpustné při pH 4,6 a tvoří malý podíl bílkovin mléka [38].

1.2.2 Nebílkovinné dusíkaté látky

Dusíkaté látky nebílkovinné povahy, které přecházejí do syrovátky, představují 5 – 7 % veškerého dusíku obsaženého v mléce. Mezi ty, které jsou obsaženy v syrovátce, patří: kyselina močová, močovina, guanin, amoniak, hypoxantin, adenin, keratin, alantonin a další aminokyseliny. Jde o příměsi v nepatrném množství, které dosud nebyly zdrojem možných komplikací například při získávání laktózy ze syrovátky [18].

1.2.3 Popeloviny

Mezi nejvíce zastoupené složky popelovin syrovátky patří fosforečné a vápenaté soli, draslík, sodík, hořčík, železo, síra a chlor. Tyto prvky jsou přítomny v syrovátce v ionizované formě jako kationty a anionty [18].

1.2.4 Vitaminy a minerály

Obsah vitaminů a minerálů v syrovátce se podílí na její vysoké biologické hodnotě [18]. V syrovátce jsou obsaženy převážně vitaminy rozpustné ve vodě skupiny B (B₁, B₂, B₆, B₁₂), vitaminy C a A, kdy jejich obsah je uveden v Tabulce č. 2. Poměr vitaminů v syrovátkových nápojích je velmi variabilní a výrazně závisí na skladování syrovátky. Je zajímavé, že syrovátka může obsahovat větší množství vitamínu B₂ než mléko, a to díky aktivitě některých bakterií mléčného kvašení při výrobě sýrů. Relativně vysoký obsah riboflavinu má za následek charakteristickou žlutozelenou barvu syrovátky [50].

Mezi minerály obsažené v syrovátce patří: hořčík, fosfor, draslík, vápník, sodík, niacin, zinek, biotin, kyselina listová a pantotenová. Obsah minerálů závisí na technologickém procesu při výrobě sýrů. Relativně vysoké zastoupení minerálů v syrovátkové sušině představuje problém ve výrobě syrovátkových nápojů, jelikož jsou minerály odpovědné za nežádoucí syrovátkovou chuť. Problém nastává u kyselé syrovátky, ve které je zvýšený obsah kyseliny mléčné, ta má za následek větší množství rozpuštěných minerálních látek (zejména Ca-fosfát a Ca-laktát), které při výrobě syrovátkových nápojů způsobují shlukovitost a nadměrnou kyselost konečného produktu. Dalším problémem je tvorba většího množství kalu během tepelného zpracování [45, 18].

Tab. č. 2: Obsah vitaminů v syrovátce [42]

	Sladká syrovátka	Kyselé syrovátka
Vitamin A [I.U./100 g]	152,00	137,00
Vitamin C [mg/100 g]	1,53	0,16
Vitamin B1 [mg/100 g]	0,58	0,48
Vitamin B2 [mg/100 g]	2,40	2,00
Vitamin B6 [mg/100 g]	0,55	0,58
Vitamin B12 [mg/100 g]	2,40	2,50

1 I.U. = 0,3 µg retinolu

1.2.5 Laktóza

Hlavní složkou syrovátky je mléčný cukr – laktóza, tvořený z D-glukosy a D-galaktosy, které jsou spojeny β -1,4-glykozidickou vazbou [27]. Jde o nejvíce zastoupenou organickou látku v syrovátce, která slouží jako důležitý zdroj energie jak pro savce, tak také pro bakterie mléčného kvašení [31]. Laktóza se nachází ve dvou izomerních formách nehygroskopická α – laktóza a hygroskopická β – laktóza. Přítomnost hygroskopické formy laktózy (β – laktóza) má za následek hygroskopičnost syrovátkového prášku (sušená syrovátka). V syrovátkové sušině je jí obsaženo okolo 70 % a má několik významných funkcí. Je to stimulace peristaltické aktivity, znovu-vytváření střevní mikroflóry po střevních infekcích, ovlivnění absorpce vápníku a fosforu, zlepšení trávení mléčného tuku [50]. Laktóza má vliv na vlastnosti mléčných výrobků s prodlouženou trvanlivostí v průběhu skladování, kdy její část přeměněná na kyselinu mléčnou zpomaluje rozvoj nežádoucí mikroflóry a působí jako přirozený konzervační prostředek, dále také na chuť a barvu [8]. Tepelné ošetření syrovátky způsobuje transformaci určitého množství laktózy na laktulózu, která je růstovým promotorem pro bifidobakterie [47].

1.2.6 Tuk

Obsah tuku v syrovátce je zastoupen v malém množství zhruba okolo 0,05 – 0,2 g/l. Při dokonalém odstředění smetany, která je používána k dalšímu zpracování se v syrovátce nenachází tuk téměř žádný [18].

1.2.7 Kyseliny

Nejvíce zastoupenými kyselinami v syrovátce jsou kyselina citronová (kolem 150 mg/100 g) a kyselina mléčná (40–120 mg/100 g). Kyselina mléčná se ve fermentovaných mléčných výrobcích vyskytuje ve dvou optických izomerech. Pravotočivá L (+) kyselina mléčná je kompletně v lidském organismu metabolizována, levotočivá D (-) kyselina mléčná se přeměňuje jen omezeně a pozvolna, proto může např. u dětí do 1 roku života vyvolat acidózu [25]. Mezi další kyseliny obsažené v syrovátce patří kyselina propionová, octová a mravenčí. Dále při výrobě kaseinu může do syrovátky přecházet i menší množství minerálních kyselin, například kyseliny chlorovodíkové. Obsah kyselin je vyšší v kyselé syrovátce, která pochází z výroby tvarohu a závisí na složení mikroflóry [50].

1.3 Syrovátkové nápoje

Protože je syrovátka v tekuté formě, zdá se být nejúspornějším a nejjednodušším řešením, využít ji pro výrobu nápojů. Avšak syrovátkové nápoje jsou neustále součástí probíhajících výzkumů, které usilují o vývoj nových produktů a stále zůstávají relativně okrajovým segmentem na světovém trhu s nápoji [4].

V současné době dochází k rozvoji syrovátkových nápojů, které jsou vyráběny z přírodní sladké nebo kyselé syrovátky, deproteinizované syrovátky, z čerstvé ředěné syrovátky, fermentované syrovátky, či ze syrovátky sušené [30]. Avšak v obchodních řetězcích stále najdeme převážně jen fermentované mléčné výrobky jako je podmáslí nebo jogurt k pití. Jediným příkladem trvale komerčně úspěšného syrovátkového nápoje je švýcarský produkt „Rivella“. Samotný výrobek ale není typický syrovátkový nápoj, protože syrovátka obsahuje pouze jednu třetinu produktu a zbytek tvoří voda [13, 30].

Druhy syrovátkových nápojů:

1. Směsi syrovátky s ovocnými nebo zeleninovými šťávami
2. Nápoje mléčného typu (fermentované nebo nefermentované)
3. Sycené nápoje (typ Rivella)

4. Alkoholické nápoje
5. Fermentované syrovátkové nápoje

1.3.1 Syrovátkové nápoje s ovocnou šťávou

Směsi ovocných šťáv a nezpracované nebo deproteinizované syrovátky, jsou nejčastějšími druhy syrovátkových nápojů, které se vyskytují na dnešním trhu. V dnešní době existuje okolo 20 patentů receptur pro výrobu syrovátkových nápojů s přidavkem ovocného koncentrátu v rozmezí od 5 do 20 % [12]. Tyto produkty jsou obvykle velmi podobné typické ovocné šťávě. Hlavní dvě základní složky jsou většinou tekutá syrovátka a tekutá ovocná šťáva nebo koncentrát ovocné šťávy. Nejčastěji používané příchutě v těchto nápojích často zahrnují citrusové plody (pomeranče, citron, mango aj.), stejně jako hruška, jablko, jahoda, malina, anebo jejich kombinace. Obvykle se pro tento typ nápojů používá kyselá syrovátka vzniklá z výroby tvarohu. Tyto výrobky bývají často obohaceny vitaminy a minerály, zejména v případě izotonických sportovních nápojů. Na trhu lze nalézt také syrovátkové nápoje obsahující zeleninovou šťávu, jedná se například o kombinaci rajčatové šťávy a syrovátky, kdy je produkt prodáván jako zdroj několika nutričně významných komponentů což je vápník, syrovátkové bílkoviny a probiotické bakterie [30].

Byla testována výroba osvěžujícího nápoje z koncentrované syrovátky a pomerančového džusu v různých poměrech, kdy poměr 3:2 se ukázal jako optimální s nejlepšími smyslovými vlastnostmi, mikrobiologickou stabilitou a možností skladování až 2 měsíce při pokojové teplotě. Někteří autoři studovali přidání bylin nebo koření s cílem navrhnout nový funkční syrovátkový nápoj [14].

V další studii byly na výrobu nefermentovaných syrovátkových nápojů aplikovány ovocné koncentráty v kombinaci s extraktem bílého čaje, kdy kombinace 2,5 % meruňky s 0,20 % bílého čaje byla vyhodnocena jako nejvhodnější. Avšak extrakt bílého čaje není vzhledem k jeho vysoké ceně příliš vhodný pro průmyslovou výrobu. V případě příchutí bez extraktu bílého čaje byla jako nejvhodnější hodnocena příchut' 2 % mango s 0,5 % bezového květu s citrónem [66].

1.3.2 Nápoje mléčného typu

Jedná se o mléčné výrobky získané fermentací ze směsi mléka a syrovátky. Na rozdíl od syrovátkových nápojů s ovocnou šťávou, je syrovátka zastoupena ve výsledném produktu ve větším podílu [10]. Nápoje mléčného typu se liší druhem použitých mikroorganismů, konzistencí a tučností. Jejich základem je mléko, podmáslí, syrovátka a smetana či jejich kombinace a živé bakterie mléčného kvašení [29].

Existují dva základní typy mléčných nápojů:

1. Nefermentované mléko, mléčné koktejly, ochucené mléko a podobné výrobky na bázi odstředěného, částečně odstředěného, plnotučného nebo polotučného mléka.
2. Fermentované produkty, jako je kyselé mléko, kefir a jiné podobné mléčné nápoje.

Oba typy produktů lze vyrobit na bázi syrovátky. Hlavní rozdíl v kvalitativních vlastnostech obou typů je pH. V prvním případě nefermentovaných výrobků je pH blízké neutrálnímu rozmezí 6,2 – 6,5 typickému pro kravské mléko nebo sladkou syrovátku.

V druhém případě fermentovaných mléčných výrobků a kyselé syrovátky je pH v rozmezí 4,8 – 4,5, v některých případech dokonce mnohem nižší. Hlavním smyslovým znakem fermentovaných produktů je jejich vysoká kyselost díky kyselině mléčné, vznikající přeměnou laktózy bakteriemi mléčného kvašení [30]. Při výrobě mléčných výrobků s přídavkem sušené syrovátky je doporučen přídavek syrovátky zhruba okolo 10 - 20 %, protože větší množství může způsobit nežádoucí chuť a vůni po syrovátce [55]. Nápoje mléčného typu mají významné zdravotní přínosy, které lze zlepšit přidáním probiotických kultur [10].

Mezi celosvětově nejrozšířenější fermentované mléčné výrobky patří jogurty, ve kterých musí být podíl mléčné přísady vyšší než 70 %. Vyrábějí se přidáním jogurtové kultury (tzv. jogurtový zákys) do mléka, obsah syrovátky není povinný, a proto mohou být jogurty vyráběny s nebo bez syrovátky [28]. Jogurtovými nápoji rozumíme nápoje, které jsou jogurty v tekutém stavu vhodné k pití. Výrobci je často značí jako jogurtový nápoj, jogurtové mléko nebo jogurtový drink. Aby mohl nést označení „jogurtový“, musí alespoň polovinu tvořit jogurt. Stejně tak mléčný nápoj musí obsahovat minimálně padesát procent mléka nebo syrovátky [33].

Acidofilní mléko je zaočkováno bakteriální kulturou *Lactobacillus acidophilus* a má velmi příznivé účinky na zdraví. Samotné prokysané mléko je však velmi kyselé, a proto se po

prokysání míchá v poměru 1 : 9 s plnotučným mlékem, které bylo zaočkováno smetanovým zákysem. Na Slovensku se kvašením syrovátky z ovčího mléka vyrábí Žinčica, v Rusku je oblíbeným kysaným výrobkem Prostokvaša, na Ukrajině Rjaženka (ukrajinské kysané mléko krémové barvy) [34].

1.3.3 Sycené nápoje

Pro výrobu sycených nápojů bývá nejvíce využita kravská syrovátka, v menší míře se využívá kozí a ovčí. Produktem je lahodný nápoj, který je sycen oxidem uhličitým [64].

Netypičtějším výrobkem tohoto typu je již zmíněná švýcarská „Rivella“. Od jejího uvedení na trh, uběhlo více než 70 let. Nápoj připomíná netypičtější druhy jako Coca-Cola, Fanta nebo Sprite, přičemž hlavní složkou je voda a v podílu syrovátky není obsažen syrovátkový protein [30].

1.3.4 Alkoholické nápoje

Řadí se mezi ně alkoholické syrovátkové nápoje jako je například syrovátkové pivo (alkoholické syrovátkové pivo, sladové syrovátkové pivo či pivo ze syrovátkových živin). Dále víno s obsahem alkoholu 10 - 11 % a další alkoholické syrovátkové nápoje, které mají nízký obsah alkoholu (méně než 1,5 %). V případě alkoholového kvašení se nejčastěji používají kvasinky *Kluyveromyces*. Tyto výrobky jsou oblíbené převážně na trhu v Polsku [30].

1.3.5 Fermentované syrovátkové nápoje

Hlavní složkou fermentovaných syrovátkových nápojů je syrovátka. Způsob výroby produktů s požadovanými nutričními a senzoryckými vlastnostmi se provádí bez technologických operací jako je ultrafiltrace a evaporace, které patří mezi komplikované a drahé technologické operace, a využívají se v případě zpracování izolátů nebo koncentrátů syrovátkových bílkovin a sušené syrovátky. Fermentované syrovátkové nápoje se liší svou konzistencí, technologickým postupem a použitím bakteriální kultury [29].

K fermentaci jsou nejvíce používány především probiotické a starterové kultury. V případě použití jogurtové kultury (*Lactobacillus delbrüeckii* subsp. *bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus*), bylo u syrovátky zjištěno intenzivnější jogurtové aroma ve srovnání s fermentovaným tučným mlékem [22].

1.4 Další využití syrovátky

Tekutá či zahuštěná syrovátka je využívána k dalšímu zpracování, které se provádí jako celek či jsou zpracovány jednotlivé součásti pro potravinářství, k technickým nebo farmaceutickým účelům. Jednou z metod je izolace syrovátkových bílkovin, které jsou pak součástí produktů pro speciální výživu. Jedná se zejména o kojeneckou výživu, tekuté náhrady stravy a vysoce energetické nápoje pro sportovce, kulturisty aj. [30, 40].

Sladká syrovátka je jednou z hlavních surovin pro výrobu oblíbeného sýru „Ricotta“, kdy po jejím zahřátí na teplotu nad 70 °C dochází k vysrážení syrovátkových bílkovin. Vzniklá sraženina je pak dále zpracována na čerstvý, měkký sýr.

Mezi další produkty patří tzv. „syrovátkové máslo“, které se získává pomocí odstředivky či rotačního síta a je využíváno například při výrobě tavených sýrů.

Dalším častým způsobem zpracování syrovátky je její sušení, které probíhá obdobným způsobem jako sušení mléka, vzhledem k vysokému obsahu laktózy se syrovátka suší mnohem hůře než například odstředěné mléko. Přítomnost kyseliny mléčné způsobuje, že kyselá syrovátka se suší obtížněji než syrovátka sladká. Syrovátka se suší upravená nebo přímo čerstvá. Jedním ze způsobů je proces demineralizace, pomocí kterého jsou ze syrovátky odstraněny minerální látky a syrovátka se tak stane technologicky lépe zpracovatelnou. V současné době jsou k průmyslovému zpracování sušené syrovátky nejvíce využívány rozprašovací sušárny [29, 32].

V souvislosti s mléčnými nápoji tvoří syrovátkové nápoje velmi malý segment výrobků. Nejčastěji se syrovátka přidává do výrobků ve formě koncentrátů (WPC) nebo izolátů (WPI) v podobném složení, uvedeném v Tab. č. 3. Materiály s obsahem syrovátky získané s využitím iontoměničů (IE) se vyznačují větší čírostí a tepelnou stabilitou než ty, které byly vyrobeny pomocí membránových technologií. Existují však i izolované syrovátkové proteiny, vyrobené pomocí ultrafiltrace (UF) či membránové filtrace (MF), které jsou po rozpuštění číré. Opalescence nápojů s ovocnou chutí je ve většině případů nežádoucí [40, 60].

Z technologického hlediska je primárním rozdílem mezi fermentovanými syrovátkovými nápoji a jogurty s přidanou syrovátkou forma, ve které je syrovátka přidávána. U fermentovaných syrovátkových nápojů se vždy používá tekutá nebo rekonstituovaná syrovátka, zatímco v jogurtech jsou preferovány koncentráty syrovátkové bílkoviny (WPC). Rekonstituovanou syrovátkou, se rozumí výrobek, který vzniká přidáním pouhé vody do sušené nebo koncentrované formy syrovátky v množství potřebném pro rekonstituování

poměru, který má voda v sušině syrovátky. Použitím koncentrátu syrovátkové bílkoviny namísto sušeného odstředěného mléka, vede ke snížení nákladů v jogurtech [29, 46].

Tab. č. 3: Typické složení syrovátkových produktů [52]

Znak	WPI (izolovaný syrovátkový protein)	80% WPC (koncentrovaný syrovátkový protein)
Bílkoviny v sušině	95 %	80,1 %
Tuky	Méně než 1,0 %	7,0 %
Popeloviny	3,0 %	3,0 %
Vlhkost	4,0 %	4,5 %
Sacharidy – laktóza	Méně než 1,0 %	9,0 %

1.5 Organoleptické vlastnosti fermentovaných mléčných výrobků

Mezi přednosti fermentovaných mléčných výrobků patří senzorycké a výživové vlastnosti a jejich delší trvanlivost. Kysané výrobky mají osvěžující chuť, jsou stravitelnější než mléko, někdy obsahují další výživově příznivé produkty vytvářené mikroorganismy (např. vitamin B12) a často obsahují živé kultury vyznačující se schopností přežívání i příznivými účinky ve střevě, které se označují jako probiotika [17].

2 TECHNOLOGIE VÝROBY FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ

2.1 Způsoby zpracování syrovátky

Cílem zpracování a fermentace syrovátky je jednak získat využitelné nebo dokonce mimořádně cenné produkty, ale také zachovat vysoký obsah živých bakterií mléčného kvašení, které by měly být v konečném výrobku přítomné i na konci doby trvanlivosti [50, 51].

2.1.1 Čištění syrovátky

Před použitím syrovátky k dalšímu zpracování je téměř vždy prováděno čištění od nežádoucích látek, zejména sýrařského prachu, který může negativně ovlivnit rozpustnost, chuť a vůni produktu. Problém sýrařského prachu dále spočívá v ucpávání tepelných výměníků a ucpávání membrán. Pro čištění syrovátky se používá kombinace usazování, scezování a odstřeďování v závislosti na velikosti a množství pevných částic. Při velkém množství sýrařského prachu se používají samoodkalovací odstřeďivky s kontinuálním odstraňováním kalů [50].

2.1.2 Odstranění tuku

Syrovátka pocházející z výroby sýra obvykle obsahuje určitý podíl tuku, který je pro kvalitu a stabilitu produktu rovněž vhodné odstranit. Obvykle se používá odstřeďivka, pomocí které je obsah tuku snížen pod 0,5 %, aby neucpával póry membrány [50].

2.1.3 Pasterace

Mezi další nezbytný krok pro zachování mikrobiologické a chemické jakosti syrovátky patří pasterace, která se obvykle provádí při teplotě 72 – 78 °C po dobu 15 – 20 s, ale některé varianty pasteračních postupů využívají teploty v rozsahu 62 – 95 °C. Pasterací je snížen počet živých mikroorganismů a inaktivace fosfatázy a chymozinu [50].

2.2 Demineralizace

Pro efektivní zpracování a využití syrovátky ke krmivářským a potravinářským účelům, je dalším zásadním požadavkem odstranění solí. Při demineralizaci syrovátky dochází k odstranění kationtů a aniontů anorganických i organických sloučenin. Jelikož soli mají negativní vliv na sensorické vlastnosti syrovátkových výrobků a krmiv. Úroveň

demineralizace závisí na další aplikaci a vlastnostech produktu. Mezi používané demineralizační metody patří elektrolýza, gelová filtrace a membránové techniky [50].

2.3 Separační metody využívané při výrobě syrovátkových nápojů

Při zpracování syrovátky se uplatňují separační metody založené na membránových procesech. Jedná se o energeticky účinné metody, které jsou založené na molekulárních vlastnostech oddělovaných látek, a jejich základním prvkem je polopropustná membrána. Z hlediska technologie zpracování syrovátky, patří mezi nejvíce využívané ultrafiltrace, membránová filtrace a reverzní osmóza, používané k zakoncentrování syrovátky, oddělení syrovátkové bílkoviny nebo redukci počtu mikroorganismů [9].

Během reverzní osmózy (hyperfiltrace) dochází k dělení částic na úrovni molekulových hmotností, kdy dojde k oddělení složky o velikosti 10^{-8} až 10^{-10} m za použití tlaku 30 – 40 bar a teploty 25 – 33 °C. Metoda je využívána zejména k předběžné koncentraci všech mléčných složek [50, 53].

Další výrobní postup využívaný pro získání kvalitní syrovátkové bílkoviny je za použití iontoměniče. Při tomto procesu je sladká syrovátka smíchána se speciální pryskyřicí ve velkých reakčních nádobách, které jsou napájeny elektřinou a přítomná pryskyřice má za úkol bílkovinu oddělit. Tento proces zaručí vysoké procento získané syrovátkové bílkoviny, avšak jsou při něm znehodnoceny jiné prospěšné frakce syrovátky [60].

2.4 Krystalizace laktózy

Vysoký obsah laktózy způsobuje problémy při procesu zahušťování a sušení, zejména kvůli vysoké viskozitě a lepivosti výsledného prášku. Pro usnadnění sušení a zabránění lepivosti se v naprosté většině před sušením provádí předkrystalizace laktózy. Samotná krystalizace se obvykle provádí při 20 – 30 °C, po dobu 2 – 24 hod. v krystalizačním tanku a následně je prudce ochlazená. Zhruba ze 70 % laktózy se vytvoří malé krystaly a sníží se podíl bezvodé amorfní laktózy, která vzniká při rychlém sušení a způsobuje potíže při zahušťování a sušení jako je hygroskopičnost, lepení a obtížné rozpouštění výsledného prášku. Pokud je vykrytalizováno 85 – 90 % laktózy, dosáhne se při rozprašovacím sušení až 60 % sušiny výrobku. Proces krystalizace se také uplatňuje za účelem oddělení laktózy pro její další využití [50].

2.5 Zahuštění syrovátky

Vzhledem k tomu, že syrovátka obsahuje až 96 % vody je velmi málo trvanlivá a zvyšují se náklady na úpravu její koncentrace. Nejběžnějším způsobem úpravy je zahušťování na stejných průmyslových odparkách jako u mléka, ale konstruuji se i speciální odparky např. filmové odparky s mechanickou kompresí brýdových par. Pokud se zahuštěná syrovátka dále suší na nehygrokopický prášek, nesmí se kvůli možné denaturaci syrovátkových bílkovin překročit teplota 75 °C [50].

2.6 Sušení syrovátky

Jedním z vhodných způsobů komerčního zpracování je sušená syrovátka, kdy je surovinou na její výrobu využita syrovátka sladká, která vzniká při výrobě sýrů s průměrnou sušinou 6,5 %. Odstředováním se čistí a zbaví tuku, poté je v podtlakové odparce zahuštěna na 45 až 50 % sušiny při teplotě asi 70 °C. Syrovátkový koncentrát se za stálého míchání ochladí v krystalizátoru za 10 až 20 hodin na 20 °C a vykrytalizuje α -laktóza jako nehygrokopický monohydrát. Následuje vysušení syrovátkového koncentrátu na 12 až 14% vlhkost v rozprašovací sušárně při teplotě vzduchu 150 až 190 °C. V připojeném fluidním chladicím žlabu se laktóza hydratuje. Dосуšení na 4 % konečného obsahu velikosti probíhá ve fluidní sušárně. Produkt má následující složení: laktóza 73,5 %, syrovátkové bílkoviny 12 %, popeloviny 7,5 % [54, 63].

Obsah minerálních látek je z chuťových a výživových důvodů v některých oblastech použití práškové syrovátky limitovaný. Na snížení obsahu minerálních solí se používají fyzikálně-chemické rozdělovací metody jako je výměna iontů a elektrodialýza. Na elektrodialýzu syrovátky se vyvinuly speciální typy membrán, na které jsou kladeny podstatně větší nároky než na iontově-selektivní membrány, které byly původně používány na odsolení mořské vody.

Prášková syrovátka, která je částečně zbavená cukru, je vedlejší produkt výroby laktózy. Při krystalizaci surové laktózy ze syrovátky se krystalizační sirup zahustí ve vakuové odparce s klesajícím filmem při teplotě 65 °C na 45 % obsahu sušiny a poté se rozprašováním usuší. Aby byly získány syrovátkové bílkoviny, je potřeba syrovátku zpracovat ultrafiltrací [63, 50]. Během tohoto procesu dochází k odstranění nízko-molekulové složky, jako je laktóza a minerální látky. Nerozpustná, denaturovaná syrovátková bílkovina se získá kombinovaným účinkem kyselosti, teploty a času. Při výrobě laktózy se však krystalizační sirup oddělí od krystalků odstředováním. Krystalky obsahují 99 % α -laktózy monohydrátu a ještě 0,5 % syrovátkových bílkovin. Po rozpuštění ve vodě při 80 °C, filtraci s aktivním uhlím

a opakované krystalizaci se získá rafinovaná laktóza s obsahem 99,6 % α -laktózy monohydrátu a maximálně 0,01 % bílkovin farmaceutické jakosti. β -laktóza krystalizuje při teplotě vyšší než 93,5 °C a průmyslově se vyrábí sušením vlhké α -laktózy na válcové sušárně nebo vytlačněním extrudéru při teplotě vyšší 100 °C [15].

2.7 Fermentace syrovátky

Fermentace neboli kvašení je biochemický proces, při kterém dochází k přeměně organických látek za účasti mikrobiálních enzymů na látky jednodušší. Jedná se o dlouhou dobu používaný proces pro výrobu nápojů a potravin. Podle produktů, které štěpením organického substrátu vznikají, rozlišujeme několik druhů kvašení. Mezi nejčastěji používané patří etanolové, mléčné, octové, propionové a další. Hlavní výhody fermentačních procesů jsou relativně nízké investiční a provozní náklady, malá spotřeba energie a samotný průběh za mírných podmínek (teplota, pH) [37].

Syrovátka je považována za výborné médium pro růst mikroorganismů, zejména díky tomu, že obsahuje jako hlavní složku rozpuštěnou laktózu. Avšak bylo prokázáno, že neupravená syrovátka není nutričně ideálním médiem pro růst laktobacilů. To však znamená pouze to, že je jejich růst v neupravené syrovátce pomalejší [30].

Existují dvě možnosti fermentace syrovátky:

1. V syrovátce obsažená laktóza je fermentací přeměněna na jednodušší cukry, které poté mohou být mikroorganismy dále metabolizovány.
2. Mikroorganismy použité k fermentaci jsou schopny přímo metabolizovat laktózu ze syrovátky, bez předcházející přeměny na jednodušší cukry [37].

Pro fermentaci syrovátky jsou používány především probiotické a starterové kultury bakterií mléčného kvašení, zatímco v případě alkoholového kvašení jsou používány kvasinky, kdy nejčastěji užívanou kvasinkou je *Kluyveromyces*. V případě fermentace syrovátky jogurtovou kulturou (*Lactobacillus delbrüeckii* subsp. *bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus*) jsou dokonce náznaky produkce intenzivnějšího jogurtového aroma ve srovnání s fermentovaným tučným mlékem. Toto zjištění navrhuje možnost produkce nápojů ze syrovátky se stejným sensorickým profilem, jako mají fermentované mléčné nápoje, například pitné jogurty [24].

Při fermentaci syrovátkovou jogurtovou kulturou obsahující *Lactobacillus delbrüeckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* a probiotickou kulturou složenou z kmenů *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus thermophilus* a smetanovou kulturou složenou z kmenů *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* a *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, kdy množství inokula bylo 0,1 % a čas inkubace zvolen dle typu kultury, bylo prokázáno, že vzorky s jogurtovou a probiotickou kulturou měly vyšší intenzitu jogurtového aroma na rozdíl od smetanové kultury. Významně vyšší ovocnou vůni a lepší senzoričné vlastnosti, měly oproti ostatním kulturám vzorky s probiotickou kulturou. Souvislost se přisuzuje metabolitům acetaldehydu a diacetylu, protože aroma acetaldehydu může hodnotitel vnímat jako „ovocnou složku“ a diacetyl zvyšuje intenzitu vnímání mléčné chuti [24]. Kyselé aroma naopak podporují probiotické kmeny, například *Lactobacillus acidophilus*, který pro dosažení chuti a díky tvorbě metabolitů je často kombinován s kmenem *Streptococcus thermophilus* [34].

Byla také studována fermentace syrovátky a syrovátkové permeázy keřirovými zrny, kdy bylo zjištěno, že fermentaci je možné provést s kvašením až na pH 4,1, které se ukázalo jako optimální pro vývoj chuti. Nicméně mnoho kvasinek a bakterií nemá schopnost fermentovat laktózu, a pokud by tedy tyto kultury měly být použity ve fermentačním procesu, musela by být laktóza předem hydrolyzována na monosacharidy (glukózu a galaktózu) [2].

2.7.1 Mléčné kvašení

Mléčné kvašení je anaerobní pochod, při kterém bakterie vyrábějí z jednoduchých sacharidů mléčnou kyselinu a oxid uhličitý. Výsledné produkty kvašení závisí na použití určitého kmene organismů, kdy vedle kyseliny mléčné a oxidu uhličitého pak vznikají těkavé kyseliny nebo etanol.

Při homofermentativním kvašení vzniká jako hlavní produkt převážně kyselina mléčná. Mezi bakterie homofermentativního mléčného kvašení patří *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Pediococcus* sp., z tyčinek se jedná hlavně o *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus delbrüeckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus* a *Lactobacillus helveticus*. [41]. Naproti tomu heterofermentativní kvašení je charakterizováno tím, že vedle mléčné kyseliny vznikají ještě další konečné produkty. Nejčastěji se jedná o kyselinu octovou, etanol, vodík a CO₂. Hlavními zástupci heterofermentativních bakterií mléčného kvašení (BMK) používaných při výrobě mléčných výrobků jsou *Leuconostoc mesenteroides* subsp.

dextranicum, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus brevis* a *Lactobacillus buchneri* [49, 59].

3 MIKROBIÁLNÍ KULTURY VYUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ

3.1 Mikrobiální mlékařské kultury

Mikrobiální mlékařské kultury jsou mikroorganismy či jejich směsi, které se používají při výrobě fermentovaných mléčných výrobků a sýrů. Základními biochemickými procesy, které po jejich inokulaci do mléka probíhají, je štěpení laktózy se vznikem různých metabolitů, při zrání sýrů pak degradační procesy bílkovin a tuků. Bakterie mléčného kvašení se používají při výrobě zakysaného mléka a smetany, acidofilního mléka, jogurtů, výrobků s probiotickými kulturami, kefiru. Speciální sýrařské kultury používané při výrobě sýrů se podílejí také na štěpení mléčného tuku a bílkovin při zrání sýrů a vzniku sensoricky významných a biologicky aktivních látek [29].

Jak již bylo řečeno, mezi homofermentativní bakterie mléčného kvašení (BMK) patří *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Pediococcus* sp., z tyčinek se jedná hlavně o *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus delbrüeckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus* a *Lactobacillus helveticus*.

Laktobacily mají celou řadu pozitivních účinků na lidské zdraví, které byly zaznamenávány na základě klinických studií po celá desetiletí. Studie ukázaly, že konzumace mléčných výrobků obsahující *Lactobacillus acidophilus* mají potenciál v prevenci a léčbě střevních infekcí. Zlepšují trávení laktózy u lidí s intolerancí k laktóze, pomáhají redukovat úroveň cholesterolu v krevním séru a vykazují antikarcinogenní účinky. Redukce cholesterolu byla zjištěna v rámci dvou klinických sledování, kdy v první studii došlo ke snížení obsahu cholesterolu o 2,4 % a v rámci druhé o 3,2 %. Dále bylo zjištěno, že při pravidelném příjmu vhodného kmene *Lactobacillus acidophilus* je sníženo riziko onemocnění cév a srdce o 6 – 10 % [2].

Heterofermentativní kvašení je, jak je zmíněno výše, charakterizováno tím, že vedle mléčné kyseliny vznikají ještě další konečné produkty. Nejčastěji se jedná o kyselinu octovou, etanol, vodík a CO₂. Hlavními zástupci heterofermentativních bakterií mléčného kvašení (BMK) vyskytujících se v mléce jsou *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum*, *L. mesenteroides* subsp. *cremoris*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus brevis* a *Lactobacillus buchneri* [59].

3.2 Čisté mlékařenské kultury a jejich klasifikace

Pro výrobu mléčných výrobků se používají většinou speciální komerčně vyráběné směsi mikroorganismů, tzv. čisté mlékařské kultury (ČMK). Jejich základním požadavkem je, aby použité kultury mezi sebou nevykazovaly antagonismus, ale jen metabiózu nebo symbiózu. Většinou se nazývají podle výrobku, k jehož výrobě slouží.

Podle složení jsou děleny na monokultury – jeden definovaný kmen jednoho druhu; složené kultury – více definovaných druhů kmenů a směsné kultury – nedefinované kmeny jednoho či více druhů mikroorganismů. Z mikrobiologického hlediska dělíme čisté mlékařské kultury na bakteriální, kvasinkové, plísňové a smíšené. Mezi další dělení patří dělení podle tvaru a uspořádání, kdy mohou být čisté mlékařské kultury uspořádány jako koky v párech, dlouhých či krátkých řetízcích, hroznech, nebo jsou to tyčinky izolované nebo v řetízcích či bifidobakterie. Dle optimální kultivační teploty rozlišujeme ČMK mezofilní a termofilní [29].

3.2.1 Mezofilní kultury

Jedná se o velmi často používanou smetanovou a kefirovou kulturu, kdy optimální růst mikroorganismů je při teplotě 16 - 23 °C a inkubační době 16 - 20 hodin. Mezofilní kyselé kultury jsou významné zejména pro tvorbu kyselin, aromatických látek a CO₂.

Smetanová kultura je pokládána za základní kulturu ve výrobě kysaných mléčných výrobků, má kysací a aromatvornou schopnost, ale proteolytická schopnost je v porovnání s termofilními sýrařskými kulturami malá. V kultuře jsou jak kyselinotvorné laktokoky tak i aromatvorné leukonostoky, které tvoří kromě kyseliny mléčné a CO₂ i aromatické látky, především diacetyl. Kyselinotvorné koky jsou zodpovědné za snížení pH mléka v první fázi výroby, aromatvorné koky jsou důležité pro typickou chuť a výsledné aroma výrobků. (Janštová) *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* tvoří i menší množství kyseliny mléčné. *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* je zase oboustranně aktivní a vytváří jak kyselinu mléčnou, tak i aromatické látky. Optimální teplota kultivace laktokoků se pohybuje v rozmezí 28 – 31 °C, u leukonostoků 20 – 25 °C [56].

Fermentované mléčné výrobky s využitím mezofilních bakterií mléčného kvašení se obvykle dělí na kysaná mléka, kysané smetany a kysané podmásli [31].

Složení smetanové kultury:

Lactococcus lactis subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremosis*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* [56].

Kefírová kultura

Kefírová kultura je charakteristická svou štiplavou vůní po kyselině mléčné a kvasničnou příchutí. Poměr mléčného a ethanolového kvašení je dán charakterem kultury a podmínkami kultivace, protože se jedná o směsnou kulturu tvořenou bakteriemi i kvasinkami. Vyšší teplota kultivace podporuje bakterie, nižší teplota a provzdušňování media podporují činnost kvasinek. Kultura se získává přímo z kefírových zrn nebo je sestavena uměle z čistých mlékařských kultur. Využívána je především k výrobě kumysu, kefiru a kefírového mléka.

Složení kefírové kultury:

Lactococcus lactis subsp. *lactis*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus brevis*, kvasinky rodů *Kluyveromyces*, *Candida* a *Torulopsis* laktózu nefermentující kvasinky rodů *Pichia* a *Saccharomyces* [21,56].

Kvasinková kultura

Fermentační vlastnosti kvasinek zkvašujících laktózu se používají hlavně při výrobě kysaných mlék (kefir, kumys), v sýraštví hlavně pro výrobu sýrů typu roquefort a jako součást mazové kultury (odkyselování, lipolýza). Mléčné kvasinky fermentují laktózu (nikoli však maltózu), fermentují pomalu a snášejí vyšší koncentraci soli a kyseliny mléčné. Například při výrobě sýrů roquefortského typu se používá *Kluyveromyces lactis* a *Torulopsis candida*, které mají pozitivní vliv na vznik aromatických látek (volné těkavé mastné kyseliny, etanol). Kvasinky mazových kultur - *Kluyveromyces lactis*, *Torulopsis candida* a *Candida utilis* - jsou nutné pro oxidaci kyseliny mléčné na povrchu sýrů a tvorbu vhodného prostředí pro růst *Brevibacterium linens*. Kvasinky součástí kefírové kultury (*Candida kefir*, *Kluyveromyces fragilis*) fermentují laktózu. S pokrokem nutričních produktů pro speciální výživu je syrovátka součástí kojenecké výživy, tekutých náhrad stravy a vysoce energetických nápojů pro sportovce, kulturisty aj. [29,30].

3.2.2 Termofilní kultury

Termofilní kultury mají optimální teplotu růstu při 40 - 45 °C. Jsou používány k výrobě jogurtů a fermentovaných syrovátkových nápojů. Mezi termofilní bakterie mléčného kvašení patří rody *Lactobacillus*, *Streptococcus* a *Bifidobacterium* [29].

Jogurtová kultura

Pro zlepšení funkčních vlastností jogurtů bývá někdy klasické složení jogurtové kultury, viz níže, doplněno o druhy zvyšující odolnost vůči inhibičním látkám (*Pediococcus acidilactici*) nebo o druhy zvyšující dieteticko-léčebné účinky (*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*) [18]. Kmeny bifidobakterií se používají v kombinaci s dalšími bakteriemi ostatních kmenů při výrobě stále se rozšiřujícího sortimentu kysaných mléčných výrobků. Převážná většina kmenů rodu *Bifidobacterium* je anaerobního charakteru, ale po krátkou dobu jsou schopny tolerovat i kyslík. Bifidobakterie produkují zejména thiamin a laktoflavin, jakož i některé další vitaminy ze skupiny B a vitamin K. Hlavními produkty kysání jsou kyselina mléčná a octová.

Mikroorganismy, obsažené v jogurtové kultuře, jsou v symbiotickém vztahu. Laktobacily uvolňují proteolýzou bílkovin aminokyseliny, kterými je stimulován růst streptokoků. Kultura je složena z kmenů, které se volí podle požadovaných vlastností výrobků, tzn. dle požadované konzistence a kyselosti. Vlastnosti výrobků lze ovlivnit pomocí kultivačních podmínek. Optimální teplota inkubace při použití klasické kultury je 40 - 45 °C [29].

Složení kultury:

Streptococcus salivarius subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus*.

Probiotika

Jedná se o mikrobiální kmeny, které mají pozitivní přínos na zdraví jedince, jsou-li podávány v odpovídajících dávkách. Jejich pozitivní účinky jsou prokázány při léčbě průjemových onemocnění, ve funkci snížení pH ve střevech, s produkcí antimikrobních sloučenin a podporou imunitního systému. Probiotické bakterie se přidávají do mléka před jeho kvašením, nebo se část mléka s probiotickým kmenem fermentuje odděleně a část mléka je smíchána po kvašení. Bakterie rodů *Bifidobacterium spp.* a *Lactobacillus spp.* patří mezi nejčastěji využívané probiotické mikroorganismy. Výrobky s obsahem těchto bakterií jsou

charakterizované nižším obsahem reziduální laktózy a vyšším obsahem volných aminokyselin a některých vitaminů. Na trhu se můžeme setkat se dvěma skupinami výrobků v oblasti probiotik. Jedním jsou zakysané mléčné výrobky a další skupinou jsou doplňky stravy ve formě tablet či kapslí [5, 44].

Prebiotika

Na rozdíl od probiotik, nejsou prebiotika mikrobiální kmeny, ale jedná se o sacharidy, které jsou pro člověka nestravitelné. Mezi tyto sacharidy patří například inulin, kdy jeho zdraví prospěšná funkce spočívá v jeho využití střevními bakteriemi. Bakterie v tlustém střevě získávají z prebiotického sacharidu energii a jako produkt biochemických reakcí vznikají organické kyseliny, které slouží jako zdroj energie pro buňky stěny střeva. Prebiotika jsou součástí mnoha potravin a doplňků stravy. Kombinace probiotik s prebiotikami, je označována, jako symbiotika [5, 44].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo posouzení vlivu tepelného ošetření a kultivačních podmínek na aktivitu jogurtové kultury a na vybrané fyzikálně-chemické vlastnosti fermentované syrovátky v průběhu skladování. Záměrem této práce bylo vybrat vhodné tepelné ošetření syrovátky a vhodnou kultivační teplotu jogurtové kultury při výrobě syrovátkových nápojů. Účelem této práce bylo také zhodnotit, zda je pro kultivaci jogurtové kultury, a tedy výrobu syrovátkových nápojů, lepší koncentrovaná či ředěná syrovátka.

5 VLIV VYBRANÝCH FAKTORŮ NA KVALITU FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ

5.1 Použitý vzorek

Zkoumaným vzorkem byla zahuštěná syrovátka z mlékárny LACRUM Velké Meziříčí s.r.o., která se specializuje na výrobu sýrů holandského typu v různém složení. Tedy se jednalo o čerstvou sladkou syrovátku upravenou reverzní osmózou bez předchozího tepelného ošetření. Průměrné výživové hodnoty dodané syrovátky jsou uvedeny v Tab. č. 4. Vzorek syrovátky měl žlutozelenou barvu a příjemnou nasládlou vůni.

Tab. č. 4: Složení nepasterovaného vzorku syrovátky [65]

Průměrné výživové hodnoty ve 100 g	jednotka	výsledná hodnota	
Energetická hodnota	kJ	88	-
	kcal	21	
Tuky	g	0,2	-
Z toho mastné kyseliny	g	0	-
Sacharidy	g	4,4	-
Z toho cukry	g	4,4	-
Bílkoviny	g	2,1	-
Sůl	g	0,13	-
Chemicko – fyzikální analýza	jednotka	min.	max.
Sušina	[%]	18	24
Dusičnany	[%]	-	25
Dusitany	[mg/l]	-	0
SH	[mg/l]	-	20
pH	[%]	5,9	-
Laktóza	[%]	14	-
Bílkoviny	[%]	1,5	2,6
Dusíkaté látky	[%]	-	0,75
popeloviny	[%]	-	1,8

5.2 Příprava koncentrované syrovátky

Pasterace – čerstvá, koncentrovaná syrovátka byla pasterována dvěma způsoby:

- vysokou pasterací kombinací teploty 85 °C a času 2 minuty
- šetrnou pasterací kombinací teploty 72 °C a času 1 s.

Inokulace – po provedené pasteraci byla syrovátka zchlazena na 45 °C a inokulována jogurtovou kulturou od firmy MILCOM a.s.

Složení jogurtové kultury:

- *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*,
- *Streptococcus thermophilus*.

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

Fermentace – následně byla zaočkovaná syrovátka rozdělena do reagenčních lahví o objemu 125 ml. Reagenční lahve byly rozděleny na třetinu a umístěny do termostátů s kultivačními teplotami 38 °C, 42 °C a 45 °C. Doba fermentace syrovátky v jednotlivých termostatech činila 4 hodiny dle instrukcí výrobce k jogurtové kultuře.

Tab. č. 5: Příprava vzorků koncentrované syrovátky

Vzorek/množství	Koncentrovaná syrovátka			Koncentrovaná syrovátka		
Tepelné ošetření/pasterace	vysoká pasterace 85°C/2 minuty			šetrná pasterace 72°C/ 1 sekundu		
Inokulace 2,7 g jogurtové kultury při 45°C	900 ml	900 ml	900 ml	900 ml	900 ml	900ml
	7 lahví objem 125 ml	7 lahví objem 125 ml	7 lahví objem 125 ml	7 lahví objem 125 ml	7 lahví objem 125 ml	7 lahví objem 125 ml
Teplota fermentace	38°C	42°C	45°C	38°C	42°C	45°C
Doba fermentace	4 h			4 h		

5.3 Příprava ředěné syrovátky

Ředěná syrovátka = syrovátka naředěná v poměru 1:1 destilovanou vodou

Pasterace – ředěná syrovátka byla taktéž pasterována dvěma způsoby:

Kdy byly 3 litry ředěné syrovátky ošetřeny

- vysokou pasterací kombinací teploty 85 °C a času 2 minuty
- šetrnou pasterací kombinací teploty a času 72 °C a času 1 s.

Inokulace – po provedené pasteraci byla syrovátka zchlazena teplotu 45 °C a inokulována stejnou jogurtovou kulturou, ve stejném množství, jako v případě koncentrované syrovátky.

Fermentace – následně byla zaočkovaná syrovátka rozdělena do reagenčních lahví o objemu 125 ml. Ty byly následně 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 stejně jako v případě koncentrované syrovátky.

Tab. č. 6: Příprava vzorků ředěné syrovátky

Vzorek/množství	Ředěná syrovátka (1:1)			Ředěná syrovátka (1:1)		
Tepelné ošetření/pasterace	vysoká pasterace 85°C/2 minuty			šetrná pasterace 72°C/ 1 sekundu		
Inokulace 2,7 g jogurtové kultury při 45°C	900 ml	900 ml	900 ml	900 ml	900 ml	900ml
	7 lahví objem 125 ml	7 lahví objem 125 ml	7 lahví objem 125 ml	7 lahví objem 125 ml	7 lahví objem 125 ml	7 lahví objem 125 ml
Teplota fermentace	38°C	42°C	45°C	38°C	42°C	45°C
Doba fermentace	4 h			4 h		

5.4 Skladování koncentrované a ředěné syrovátky

Reagenční lahve s fermentovanou syrovátkou po 4 hodinách inkubace v termostatu byly skladovány v chladicím boxu při teplotě $3,0 \pm 0,5$ °C po dobu 14 dnů. Během této 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.

6 CHEMICKÁ ANALÝZA VYROBENÝCH FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ

6.1 Stanovení aktivní kyselosti (pH)

Hodnota pH (potential of hydrogen) je dána koncentrací vodíkových iontů v prostředí, tj. mírou kyselosti nebo zásaditosti nějaké látky. Hodnoty u čerstvé syrovátky se pohybují v rozmezí 5,9 – 6,6 u sladké syrovátky a u syrovátky kyselé v rozmezí pH 4,3 – 4,6. Koncentrace vodíkových iontů v prostředí silně ovlivňuje růst mikroorganismů, jejich biochemickou činnost a také jejich odolnost k působení dalších vlivů, např. zářevu. Mikroorganismy se zpravidla mohou množit pouze při pH v rozmezí 4,5 – 8,0, výjimku představují některé bakterie mléčného kvašení, kvasinky a plísně, které se mohou rozmnožovat i při hodnotách pH nižších než 3,0. V případě této práce lze aktivní kyselost brát jako ukazatel fermentace syrovátky jogurtovou kulturou na především kyselinu mléčnou [43].

Měření bylo provedeno elektrometricky pomocí pH metru HI 99161 od výrobce Foodcare, určeného pro mlékárenské provozy. Kombinovaná pH elektroda se zabudovaným teplotním senzorem byla umístěna do příslušného vzorku syrovátky, který byl předem vytemperován na pokojovou teplotu, a poté byla výsledná hodnota zapsána. Každý vzorek byl měřen 3x a před každým měřením byl proveden řádný oplach elektrody destilovanou vodou a její osušení. Hodnota pH byla měřena 1., 2., 3., 7. a 14. den skladování.



Obr. č. 2: pH metr HI 99161

6.2 Stanovení titrační kyselosti (SH)

Mezi aktivní a titrační kyselostí mléka neexistuje přímý vztah. Při zvyšující se titrační kyselosti nedochází zpočátku v důsledku puфраčního systému k velkým změnám v hodnotě pH mléka. Po vyčerpání kapacity puфраčního systému se však pH mění v závislosti na titrační kyselosti. Tato skutečnost je využívána především při růstu řady mikroorganismů v mléce [7].

Metodika stanovení titrační kyselosti v mléčných výrobcích používá neutralizační titraci, kdy kyselina (jako je kyselina mléčná) v mléčných výrobcích reaguje se zásadou (titrant hydroxid sodný), za vzniku vody. Při ručním stanovení musí být znám přesný objem vzorku, objem a koncentrace titračního činidla. Kromě toho, určení koncového bodu může být subjektivní, pokud je vizuální indikátor (fenolftalein) použit v průhledném nebo barevném vzorku. Titrační kyselost v mléčných výrobcích, stanovená pomocí automatického minititrátoru, využívá jednoduchou přípravu vzorku, vysoce kvalitní pístové dávkovací čerpadlo titračního činidla a potenciometrickou detekci koncového bodu. V rámci diplomové práce byla titrační kyselost syrovátky měřena automatickým minititrátorem HI 84529 TITRATABLE ACID od výrobce HANNA INSTRUMENTS.

Do kádinky o objemu 100 ml bylo odpipetováno 25 ml vzorku syrovátky a následně bylo přidáno 50 ml destilované vody. Měření bylo prováděno pomocí přístroje Minititrátor HI 84529. Do vzorkovnice byla vložena teplotní sonda, pH elektroda a dávkovací čerpadlo s hydroxidem sodným (NaOH). Titrace vzorku probíhala potenciometricky, kdy během 3-5 minut byly známy výsledné hodnoty titrační kyselosti v °SH. Každý vzorek byl měřen 2x. Hodnota SH byla měřena 1., 2., 3., 7. a 14. den skladování.



Obr. č. 3: Minititrátor HI 84529

6.3 Obsah rozpustné sušiny

Pro stanovení obsahu rozpustné sušiny byla zvolena nespektrální metoda refraktometrie. Principem stanovení je měření na základě indexu lomu roztoku. Index lomu je optická vlastnost roztoku a množství rozpuštěných částic v něm. Index lomu, také můžeme definovat, jako poměr rychlosti světla v prázdném prostoru k rychlosti světla v látce. Výsledkem tohoto jevu je, že se světlo bude ohýbat, nebo změni směr při přechodu látkami s různým indexem lomu. Tento jev se nazývá refrakce. Při přechodu paprsku z materiálu s vyšším indexem lomu do materiálu s nižším indexem lomu, vystupuje tzv. kritický úhel, při kterém se už procházející paprsek neláme, místo toho se odráží od rozhraní. Na základě indexu lomu zkoumaného vzorku lze určit jeho koncentraci a čistotu [26].

Refraktometrie patří mezi často uplatňovanou metodu v potravinářství, stanovení indexu lomu je rychlé a přesné. Index lomu je relativní veličina, a proto je pro jeho stanovení důležité zvolit přesně definované standardní prostředí [57].

Mezi faktory ovlivňující výslednou hodnotu patří vlnová délka použitého světla, druh látky a její koncentrace. Závislost indexu lomu je velmi významná na teplotě, kdy se stoupající teplotou index lomu klesá. Z tohoto důvodu je velmi důležité udržovat během měření předepsanou teplotu s přesností $\pm 0,2$ °C [26].

Měření obsahu rozpustné sušiny v jednotlivých vzorcích syrovátky bylo provedeno na digitálním refraktometru pro měření indexu lomu v % hm. Tato metoda je velice jednoduchá a rychlá. Vzorky byly měřeny vždy po kalibraci přístroje destilovanou vodou. Před nanesením vzorku na čočku byl celý obsah vzorkovnice promíchán a poté byl vzorek pomocí kapátka nanesen na měřicí místo. Index lomu vzorku, byl změřen během několika vteřin, který ihned přístroj převáděl na jednotku koncentrace % hm. Každý vzorek byl měřen 3x opět ve stejných časových intervalech jako hodnota pH a SH.



Obr. č. 4: Digitální refraktometr

6.4 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).

7 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 [62].

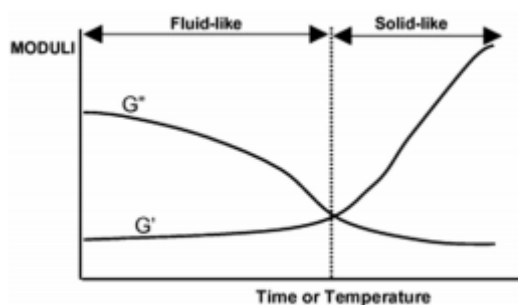
7.1 Dynamická oscilační reometrie

Viskozitu u kapalin lze změřit pomocí přístrojů, které využívají tzv. viskozimetrické toky. V dnešní době jsou nejčastěji používány rotační přístroje s oscilačním režimem měření, kdy pohyblivá část vykonává oscilační pohyb s řízenou amplitudou a frekvencí oscilací. Poté dochází k vyhodnocení odpovídající odezvy materiálu a času vůči deformaci. Z těchto hodnot je poté vypočítána viskózní část modulu pružnosti a složka komplexní viskozity, které charakterizují daný materiál. Znalost viskozity tekutin je v potravinářství velmi významná, jelikož popisuje charakter proudění tekutin [36].

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

G' = elastické chování testovaného materiálu prezentované jako uložená energie

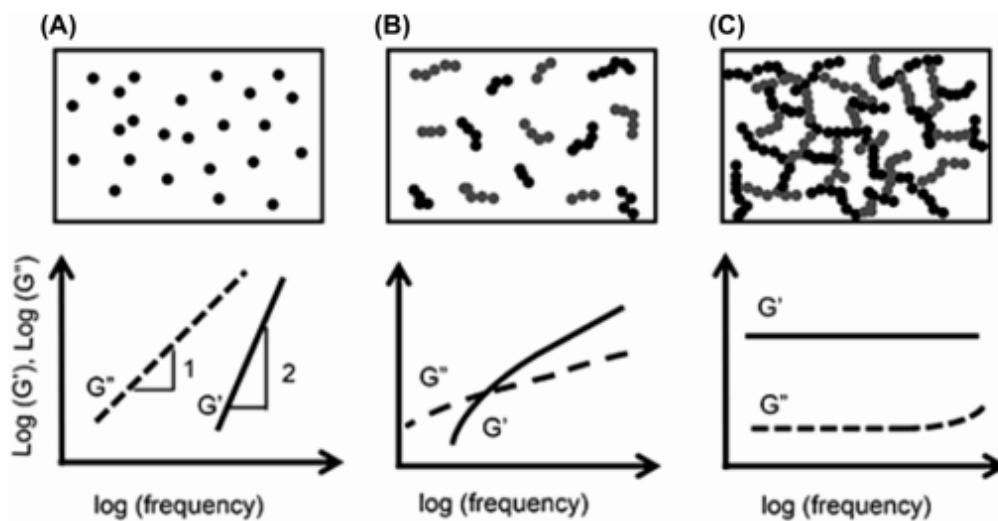
G'' = viskózní chování testovaného materiálu odpovídající množství rozptýlené energie



Obr. č. 5: Schematické znázornění závislosti dynamických modulů (G' a G'')

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

- 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, tzv. bod gelace, kde dojde k překřížení křivek G'' a G' . Tento bod gelace 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 [11].



Obr. č. 6: 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.

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.

Komplexní modul je počítán dle vzorce:

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

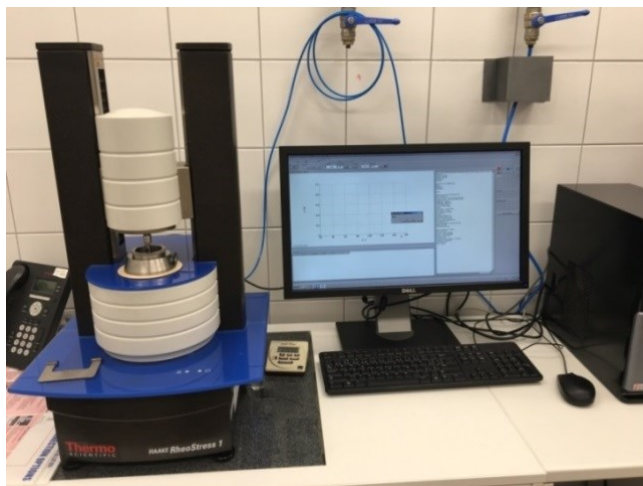
kde:

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

G' ... elastický modul pružnosti [Pa]

G'' ... ztrátový modul pružnosti [Pa] [11]

Viskoelastické vlastnosti fermentovaných syrovátkových nápojů připravených z koncentrované a ředěné syrovátky bylo prováděno na reometru HAAKE RheoStress 1. Jedná se o klasický rotační reometr vybavený nádobou s řízenou teplotou kapaliny pro válec. Přístroj 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 vždy 1., 3., 7. a 14. den skladování.



Obr. č. 7: Reometr HAAKE RheoStress 1

8 VÝSLEDKY A DISKUZE

Značení vzorků bylo provedeno následovně:

- koncentrovaná syrovátka = K
- ředěná syrovátka = R ,

Dané zkratky byly doplněny:

- teplotou tepelného ošetření – 72 či 85 °C
- teplotou kultivace – 38, 42 či 45 °C

Bylo provedeno také měření původního vzorku koncentrované i ředěné syrovátky, která nebyla podrobena tepelnému ošetření ani fermentaci.

8.1 Výsledky měření aktivní kyselosti (pH)

Aktivní kyselost čerstvého vzorku syrovátky udávaná výrobcem byla 5,9. Měření pH fermentovaných syrovátkových nápojů probíhalo 1., 2., 3., 7. a 14. den skladování, kdy byl pozorován vliv tepelného ošetření a teploty fermentace u vzorků koncentrované a ředěné syrovátky. Hodnoty pH jednotlivých vzorků uvedených v tabulkách č. 7, 8, 9 a 10 se během 14 dnů skladování mírně snižovaly.

Tab. č. 7: Hodnoty pH u koncentrované syrovátky pro teplotu tepelného ošetření 72 °C

Pasterace/fermentace [°C]	1.den	2. den	3. den	7. den	14. den
K-72/38	6,06 ± 0,02	6,05 ± 0,03	6,03 ± 0,01	5,24 ± 0,01	5,19 ± 0,01
K-72/42	5,49 ± 0,01	5,52 ± 0,01	5,33 ± 0,03	5,27 ± 0,02	5,05 ± 0,01
K-72/45	5,19 ± 0,05	5,18 ± 0,03	5,10 ± 0,04	5,03 ± 0,01	4,93 ± 0,03

Tab. č. 8: Hodnoty pH u koncentrované syrovátky pro teplotu tepelného ošetření 85 °C

Pasterace/fermentace [°C]	1. den	2. den	3. den	7. den	14. den
K-85/38	5,78 ± 0,02	5,55 ± 0,04	5,55 ± 0,04	5,52 ± 0,01	5,17 ± 0,06
K-85/42	4,98 ± 0,06	4,92 ± 0,01	4,89 ± 0,03	4,87 ± 0,04	4,84 ± 0,02
K-85/45	5,09 ± 0,01	5,04 ± 0,06	5,02 ± 0,02	4,94 ± 0,02	4,92 ± 0,01

U koncentrované syrovátky bylo pozorováno rozmezí hodnot pH pro tepelné ošetření 72 °C od 6,06 po 4,93, pro tepelné ošetření 85 °C rozmezí pH 5,78 – 4,84. Obecně lze říci, že u tepelného ošetření 85 °C byly naměřené hodnoty pH nižší než u tepelného ošetření 72 °C. Rozdíly jsou patrné již první den skladování, což znamená, že v koncentrované syrovátce ošetřené teplotou 85 °C byla jogurtová kultura aktivnější. Celkově se nejedná o statisticky významné rozdíly, tedy je možné říci, že teplota tepelného ošetření nemá zásadní vliv na aktivitu jogurtové kultury v koncentrované syrovátce ($p < 0,05$).

Tab. č. 9: Hodnoty pH u ředěné syrovátky pro teplotu tepelného ošetření 72 °C

Pasterace/fermentace [°C]	1. den	2. den	3. den	7. den	14. den
R-72/38	4,59 ± 0,05	4,49 ± 0,03	4,45 ± 0,07	4,39 ± 0,01	4,50 ± 0,02
R-72/42	4,52 ± 0,02	4,52 ± 0,06	4,44 ± 0,02	4,40 ± 0,01	4,38 ± 0,01
R-72/45	4,51 ± 0,07	4,43 ± 0,06	4,43 ± 0,02	4,40 ± 0,04	4,41 ± 0,02

Tab. č. 10: Hodnoty pH u ředěné syrovátky pro teplotu tepelného ošetření 85 °C

Pasterace/fermentace [°C]	1. den	2. den	3. den	7. den	14. den
R-85/38	4,68 ± 0,02	4,57 ± 0,02	4,46 ± 0,05	4,43 ± 0,05	4,40 ± 0,03
R-85/42	4,57 ± 0,02	4,46 ± 0,08	4,44 ± 0,03	4,40 ± 0,03	4,38 ± 0,01
R-85/45	4,58 ± 0,07	4,53 ± 0,04	4,45 ± 0,03	4,39 ± 0,02	4,37 ± 0,01

U ředěné syrovátky bylo pozorováno rozmezí hodnot pH pro tepelné ošetření 72 °C od 4,52 po 4,38, pro tepelné ošetření 85 °C rozmezí pH 4,68 – 4,37. Statisticky se nejedná o významné rozdíly, tedy ani v případě ředěné syrovátky nelze říci, že by mělo tepelné ošetření zásadní vliv na aktivitu jogurtové kultury.

Co se týče jednotlivých teplot kultivace, lze zhodnotit, že hodnoty pH jsou jak u koncentrované, tak u ředěné syrovátky vždy vyšší u kultivační teploty 38 °C. Hodnoty pH u kultivačních teplot 42 °C a 45 °C jsou nepatrně nižší a v podstatě srovnatelné ($p < 0,05$). To odpovídá charakteru termofilní jogurtové kultury, která vyžaduje vyšší teplotu kultivace ke svému rozvoji [16,29].

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. Navíc je ze získaných dat možné tvrdit, 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. Jelikož obsah volné vody, kterou mohou mikroorganismy využívat, je nepřímo úměrný osmotickému tlaku – čím nižší je osmotický tlak, tím vyšší je aktivita vody (a_w). Láky s vyšší aktivitou vody a nižším osmotickým tlakem jsou vhodným prostředím pro růst mikroorganismů [1]. Navíc bylo potvrzeno zjištění, že v neupravená syrovátka není ideálním médiem pro růst laktobacilů, jejichž růst je v takovémto médiu pomalejší [30].

Pro podporu rozvoje kyselého aroma a k dosažení požadované chuti, díky produkci acetaldehydu, se mohou s kmeny bakterií jogurtové kultury, *Streptococcus thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, kombinovat s probiotickými kmeny *Lactobacillus acidophilus* a *Bifidobacterium* spp. [20].

8.2 Výsledky měření titrační kyselosti (SH)

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. 11, 12, 13 a 14. Během 14 dnů skladování lze pozorovat mírné zvýšení hodnot SH u všech zkoumaných vzorků syrovátkových nápojů.

Tab. č. 11: Hodnoty SH u koncentrované syrovátky pro teplotu tepelného ošetření 72 °C

Pasterace/fermentace [°SH]	1. den	2. den	3. den	7. den	14. den
K-72/38	22,6 ± 0,02	22,4 ± 0,03	22,2 ± 0,01	22,3 ± 0,01	22,7 ± 0,01
K-72/42	31,2 ± 0,01	31,8 ± 0,01	31,6 ± 0,03	31,5 ± 0,02	31,7 ± 0,01
K-72/45	33,8 ± 0,05	33,0 ± 0,03	33,3 ± 0,04	33,8 ± 0,01	33,8 ± 0,03

Tab. č. 12: Hodnoty SH u koncentrované syrovátky pro teplotu tepelného ošetření 85 °C

Pasterace/fermentace [°SH]	1. den	2. den	3. den	7. den	14. den
K-85/38	23,7 ± 0,02	26,9 ± 0,04	25,4 ± 0,04	25,3 ± 0,01	25,3 ± 0,06
K-85/42	36,4 ± 0,06	33,5 ± 0,01	36,8 ± 0,03	36,4 ± 0,04	36,7 ± 0,02
K-85/45	36,7 ± 0,01	32,1 ± 0,06	35,5 ± 0,02	35,8 ± 0,02	36,7 ± 0,01

Hodnoty SH pro koncentrovanou syrovátku a tepelné ošetření 72 °C se pohybovaly v rozmezí 22,2 – 33,8 °SH, pro tepelné ošetření 85 °C v rozmezí 23,7 – 36,7 °SH. Stejně jako u naměřených hodnot pH je možné říci, že teplota tepelného ošetření neměla zásadní vliv na aktivitu jogurtové kultury v koncentrované syrovátce, neboť rozdíly hodnot titrační kyselosti u jednotlivých vzorků byly statisticky nevýznamné ($p < 0,05$).

Co se týče kultivačních teplot, výrazně nižší hodnoty SH byly zaznamenány u teploty 38 °C oproti teplotám 42 a 45 °C ($p < 0,05$). To opět potvrzuje potřebu vyšší kultivační teploty pro použitou jogurtovou kulturu [23].

Tab. č. 13: Hodnoty SH u ředěné syrovátky pro teplotu tepelného ošetření 72 °C

Pasterace/fermentace [°SH]	1. den	2. den	3. den	7. den	14. den
R-72/38	25,4 ± 0,05	27,6 ± 0,03	27,4 ± 0,07	27,3 ± 0,01	27,5 ± 0,02
R-72/42	26,6 ± 0,02	29,8 ± 0,06	29,5 ± 0,02	29,2 ± 0,01	29,2 ± 0,01
R-72/45	27,1 ± 0,07	28,8 ± 0,06	28,1 ± 0,02	28,2 ± 0,04	28,6 ± 0,02

Tab. č. 14: Hodnoty SH u ředěné syrovátky pro teplotu tepelného ošetření 85 °C

Pasterace/fermentace [°SH]	1. den	2. den	3. den	7. den	14. den
R-85/38	25,1 ± 0,02	27,7 ± 0,02	27,3 ± 0,05	27,6 ± 0,05	27,4 ± 0,03
R-85/42	27,3 ± 0,02	29,1 ± 0,08	30,2 ± 0,03	30,4 ± 0,03	30,6 ± 0,01
R-85/45	27,4 ± 0,07	29,5 ± 0,04	29,8 ± 0,03	31,7 ± 0,02	31,6 ± 0,01

Hodnoty SH pro koncentrovanou syrovátku a tepelné ošetření 72 °C se pohybovaly v rozmezí 25,4 – 29,2 °SH, pro tepelné ošetření 85 °C v rozmezí 25,1 – 31,7 °SH. Stejně jako u koncentrované syrovátky byly rozdíly hodnot SH naměřené v jednotlivých vzorcích ředěné syrovátky pro jednotlivé teploty tepelného ošetření statisticky nevýznamné ($p < 0,05$), tedy i zde lze tvrdit, že teplota tepelného ošetření neměla zásadní vliv na aktivitu jogurtové kultury v ředěné syrovátce.

Taktéž je z hodnot SH pro ředěnou syrovátku potvrzena potřeba kultivace jogurtové kultury při vyšších teplotách, i když rozdíly v titrační kyselosti u vzorků inkubovaných při teplotě 38 °C nejsou tak významně odlišné od hodnot naměřených u vzorků inkubovaných při teplotách 42 a 45 °C ($p < 0,05$).

8.3 Výsledky měření obsahu rozpustné sušiny

Hodnoty obsahu rozpustné sušiny fermentovaných syrovátkových nápojů byly měřeny 1., 2., 3., 7. a 14. den skladování. Hodnoty obsahu rozpustné sušiny (% hm) jednotlivých vzorků jsou uvedeny v Tab. č. 15, 16, 17 a 18.

Tab. č. 15: Obsah rozpustné sušiny u koncentrované syrovátky pro tepelné ošetření 72 °C

Pasterace/fermentace [% hm]	1. den	2. den	3. den	7. den	14. den
K-72/38	22,13 ± 0,17	22,17 ± 0,24	21,90 ± 0,15	21,80 ± 0,06	21,60 ± 0,20
K-72/42	22,07 ± 0,10	22,07 ± 0,20	21,77 ± 0,17	21,73 ± 0,12	21,43 ± 0,16
K-72/45	22,19 ± 0,25	22,07 ± 0,16	21,70 ± 0,10	21,40 ± 0,06	21,32 ± 0,14

Tab. č. 16: Obsah rozpustné sušiny u koncentrované syrovátky pro tepelné ošetření 85 °C

Pasterace/fermentace [% hm]	1. den	2. den	3. den	7. den	14. den
K-85/38	22,50 ± 0,10	22,50 ± 0,06	22,52 ± 0,10	21,91 ± 0,16	21,84 ± 0,15
K-85/42	22,03 ± 0,25	22,03 ± 0,09	22,0 ± 0,02	21,60 ± 0,09	21,40 ± 0,08
K-85/45	22,23 ± 0,12	22,07 ± 0,04	21,85 ± 0,08	21,51 ± 0,12	21,30 ± 0,10

Tab. č. 17: Obsah rozpustné sušiny u ředěné syrovátky pro tepelné ošetření 72 °C

Pasterace/fermentace [% hm]	1. den	2. den	3. den	7. den	14. den
R-72/38	10,53 ± 0,25	10,50 ± 0,08	10,47 ± 0,06	10,43 ± 0,31	10,38 ± 0,06
R-72/42	10,50 ± 0,18	10,47 ± 0,10	10,40 ± 0,17	10,39 ± 0,20	10,31 ± 0,08
R-72/45	10,48 ± 0,20	10,43 ± 0,10	10,37 ± 0,06	10,35 ± 0,12	10,27 ± 0,12

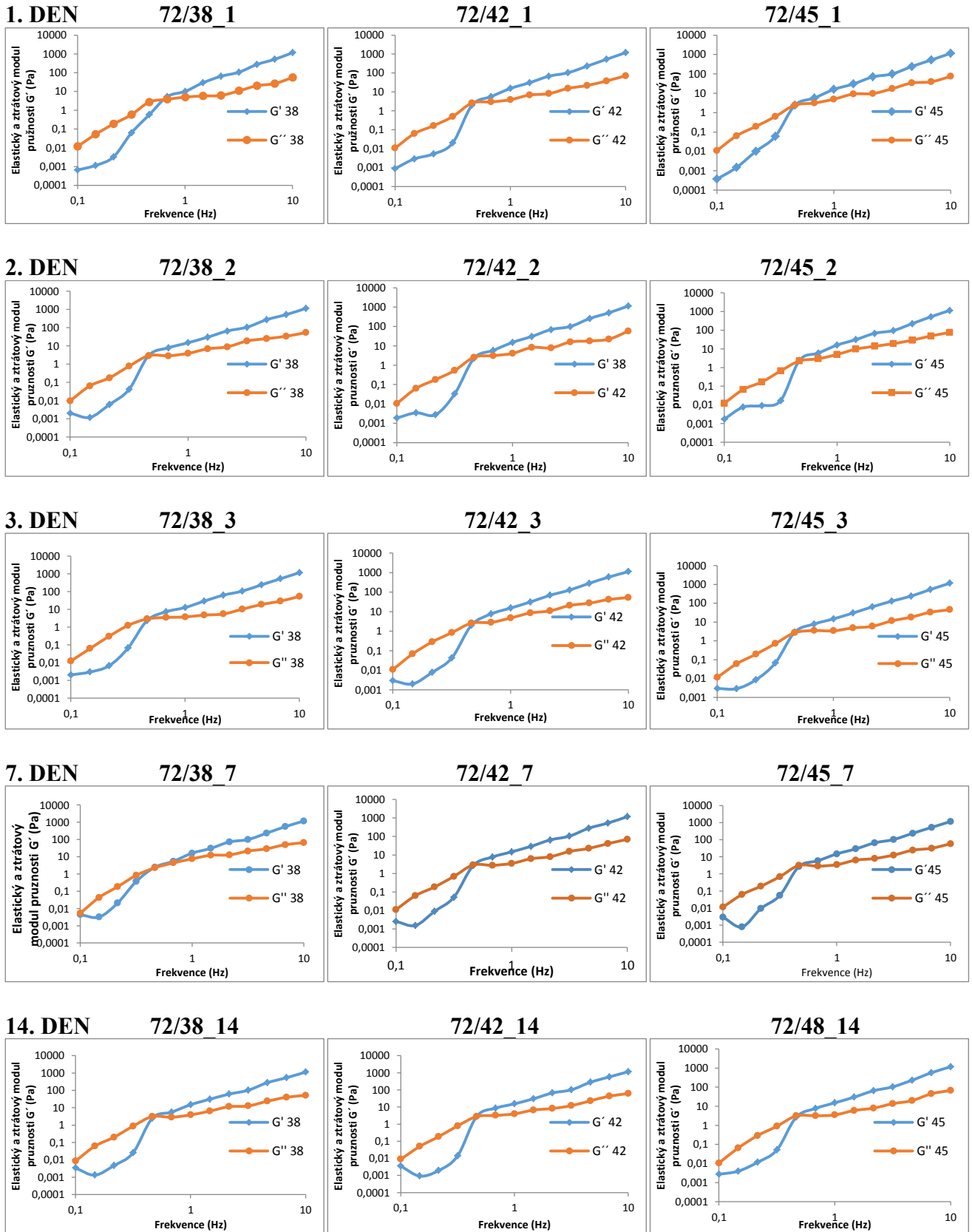
Tab. č. 18: Obsah rozpustné sušiny u ředěné syrovátky pro tepelné ošetření 85 °C

Pasterace/fermentace [% hm]	1. den	2. den	3. den	7. den	14. den
R-85/38	10,63 ± 0,40	10,50 ± 0,15	10,47 ± 0,06	10,40 ± 0,21	10,33 ± 0,06
R-85/42	10,57 ± 0,06	10,50 ± 0,06	10,43 ± 0,10	10,35 ± 0,12	10,20 ± 0,04
R-85/45	10,50 ± 0,15	10,49 ± 0,04	10,42 ± 0,10	10,33 ± 0,09	10,20 ± 0,06

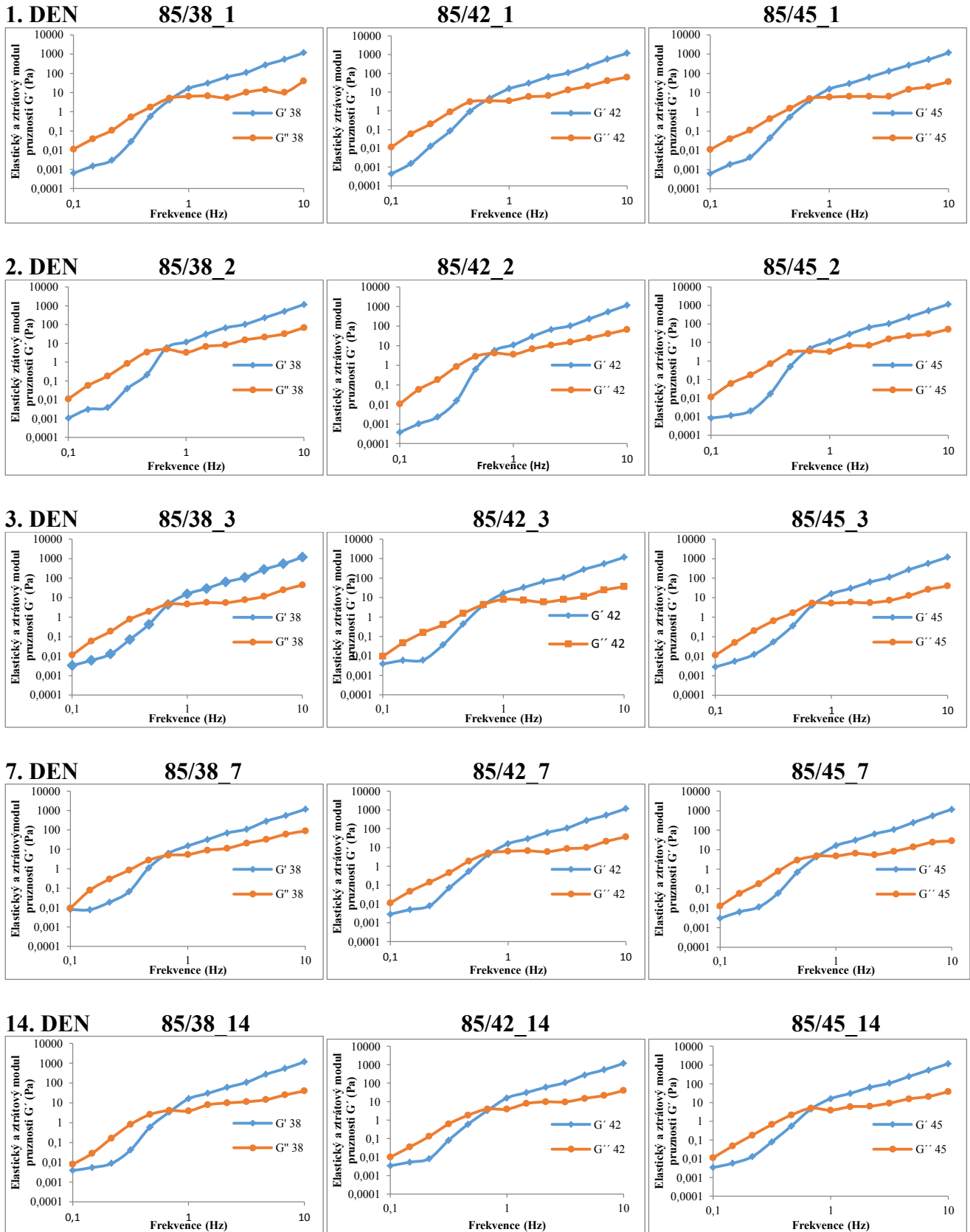
Obsah rozpustné sušiny se jak u koncentrované, tak u ředěné syrovátky v průběhu skladování snižoval. Nižší obsahy rozpustné sušiny byly pozorovány především u vzorků kultivovaných při teplotách 42 a 45 °C. Což opět značí vyšší aktivitu jogurtové kultury právě u těchto teplot, a potvrzení potřeby vyšších teplot pro svůj růst [23].

8.4 Výsledky měření dynamické oscilační reometrie

Dle Upadhyay, R. [58] lze říci, že použitá jogurtová kultura vytvořila jak u koncentrované, tak u ředěné syrovátky koncentrovaný roztok bez ohledu na teplotu ošetření a kultivační teplotu, viz Obr. 8–11. Při frekvencích pod 0,7 Hz byl povětšinou pozorován tekutý charakter syrovátky (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 dle Upadhyay, R. typické pro slabě flokulované disperze, nebo-li koncentrované roztoky (slabé gely) [58]. Lze tedy říci, že daná kultura byla schopna růst a vytvářet produkty svého metabolismu ve všech zkoumaných vzorcích syrovátky. V dalších studiích by měla být dynamická oscilační reometrie doplněna o sensorickou analýzu pro zjištění, zda získané koncentrované roztoky poskytují konzistenci požadovanou pro výrobek jako je syrovátkový nápoj. Pokud by konzistence vytvořených roztoků byla pro zamýšlený typ výrobku nedostačující, bylo by pro další práce vhodné zaměřit se na studium doby kultivace jogurtové kultury v syrovátce. Neboť bylo zjištěno, že proteolýza β -laktoglobulinu běžně používanými kmeny pro výrobu jogurtů vyžaduje delší čas fermentace, a to až 24 – 48 hodin, což je daleko více, než vyžaduje výroba jogurtů (3–4 hodiny) [6]. Pro koncentrovanou syrovátku při teplotě tepelného ošetření 72 °C byl bod gelace 1. den skladování u kultivačních teplot 42 a 45 °C ($f = 0,5$ Hz) dosažen dříve než u teploty 38 °C (0,7 Hz). To znamená, že slabý gel v syrovátce vzniká rychleji při optimální teplotě růstu a teplotě vyšší než teplota optimální. U kultivačních teplot 42 a 45 °C se hodnota bodu gelace nelišila, tedy by se dalo říci, že tvorba slabého gelu není ovlivněna zvýšením teploty kultivace nad optimální teplotu růstu dané kultury. Od 2. dne skladování se již hodnoty bodu gelace ($f = 0,5$ Hz) u jednotlivých kultivačních teplot shodovaly. Ovšem při teplotě tepelného ošetření 85 °C byl pozorován stejný bod gelace u všech kultivačních (0,7 Hz). Tedy ve srovnání s teplotou ošetření 72 °C vznikal gel v syrovátkových nápojích ošetřených teplotou 85 °C pomaleji.



Obr. č. 8: Elastický a ztrátový modul pružnosti koncentrované syrovátky ošetřené teplotou 72 °C a kultivované při 38, 42 a 45 °C 1. – 14. den skladování.

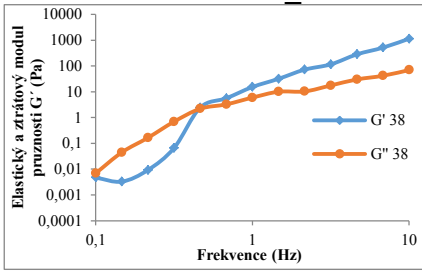


Obr. č. 9: Elastický a ztrátový modul pružnosti koncentrované syrovátky ošetřené teplotou 85 °C a kultivované při 38, 42 a 45 °C 1. – 14. den skladování.

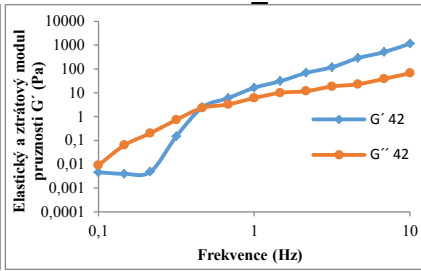
Pro ředěnou syrovátku při teplotě tepelného ošetření 72 °C byl pozorován stejný bod gelace (0,5 Hz) již od 1. dne skladování pro všechny kultivační teploty. Při teplotě tepelného ošetření 85 °C byl 1. den skladování dosažen bod gelace pro kultivační teploty 38 a 42 °C (0,7 Hz) později než u kultivační teploty 45 °C (0,5 Hz). Ostatní dny skladování byl pozorován stejný bod gelace pro všechny kultivační teploty (0,5 Hz). Obecně lze říci, že u ředěné syrovátky bylo dosaženo bodu gelace dříve než u koncentrované syrovátky, což by mohlo znamenat, že ředěná syrovátka je vhodnějším médiem jak pro rozvoj jogurtové kultury, tak vznik gelu. Při srovnání teplot tepelného ošetření by se taktéž dalo usuzovat, že syrovátka ošetřená teplotou 72 °C poskytuje bakteriím obsaženým v jogurtové kultuře lepší podmínky pro jejich růst a tvorbu metabolitů, potažmo vznik gelu. Celkově se však nejednalo o statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$).

1. DEN

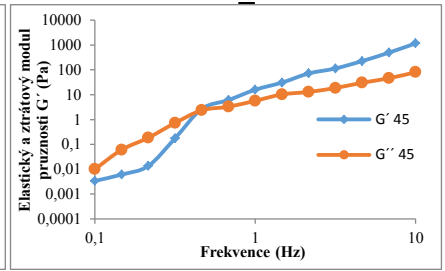
72/38_1



72/42_1

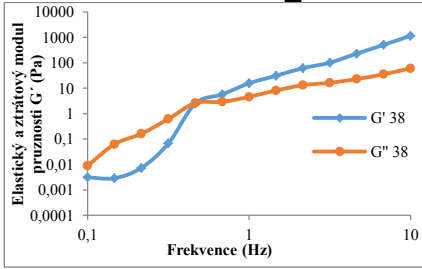


72/45_1

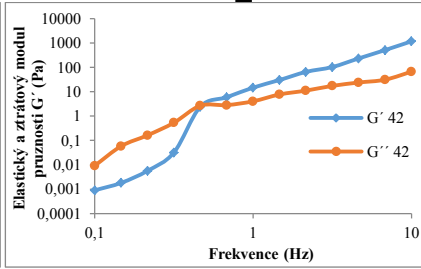


2. DEN

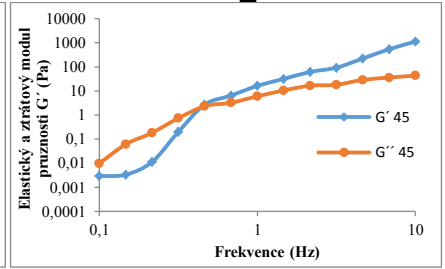
72/38_2



72/42_2

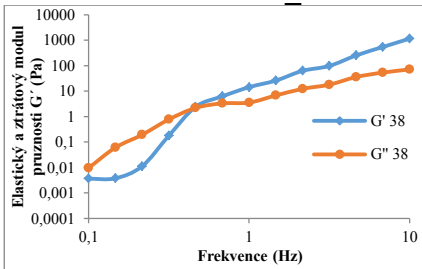


72/45_2

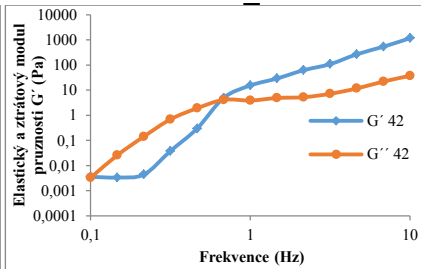


3. DEN

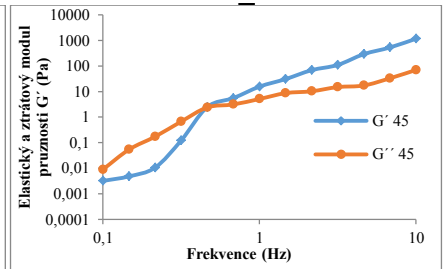
72/38_3



72/42_3

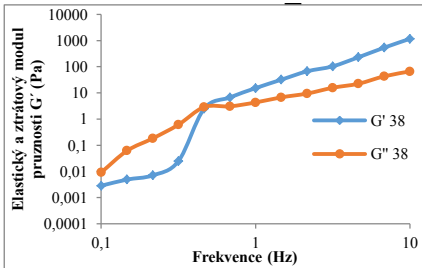


72/45_3

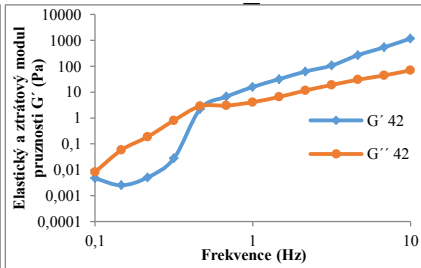


7. DEN

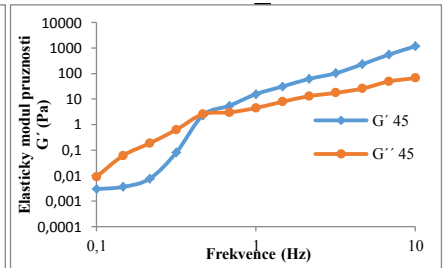
72/38_7



72/42_7

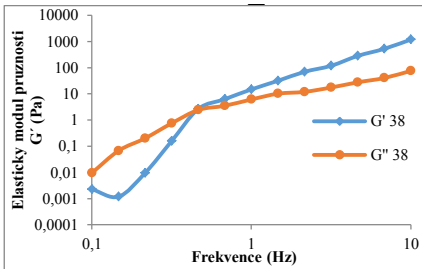


72/45_7

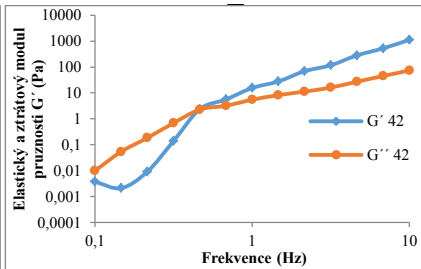


14. DEN

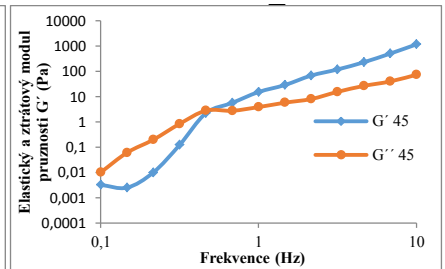
72/38_14



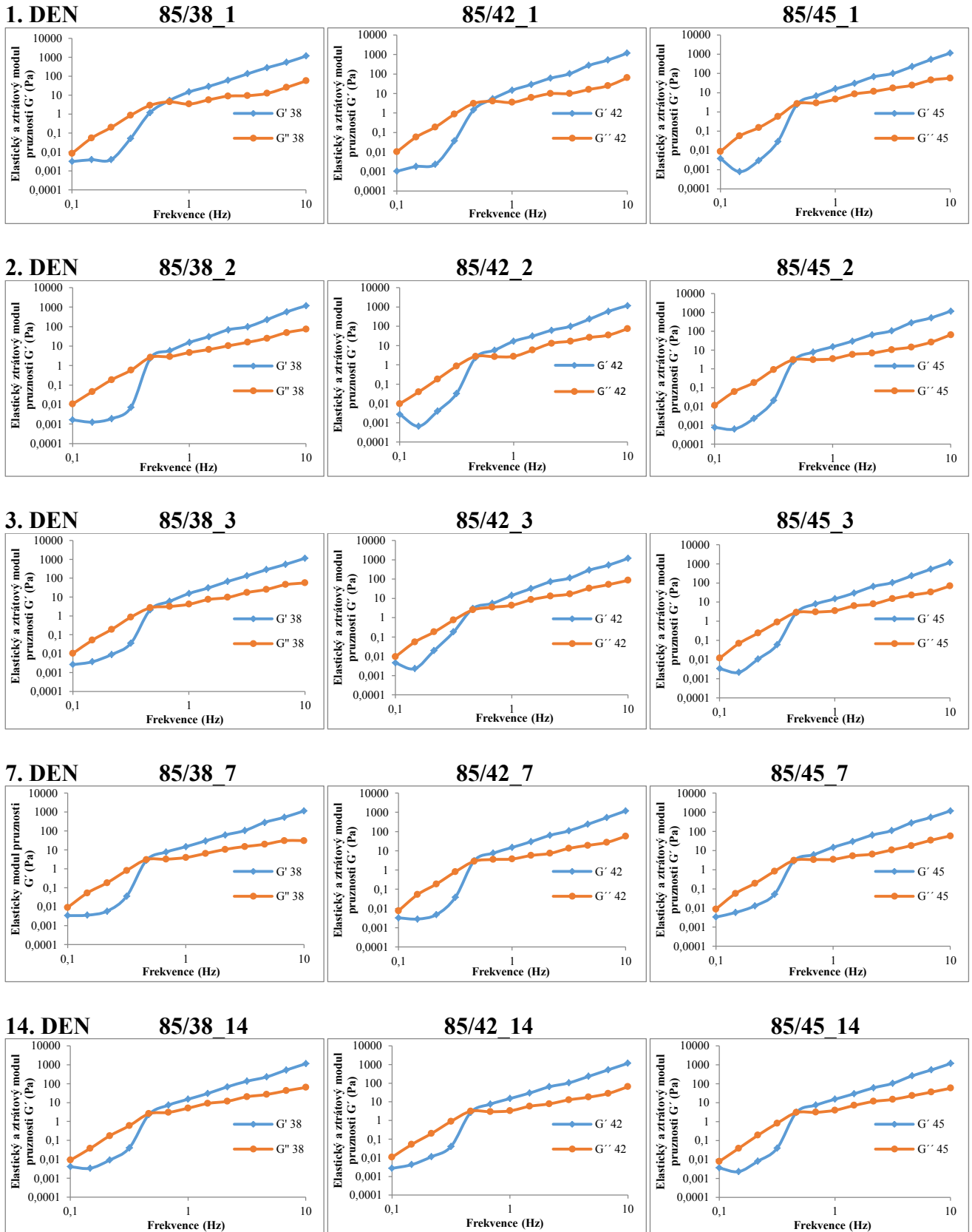
72/42_14



72/45_14



Obr. č. 10: Elastický a ztrátový modul pružnosti ředěné syrovátka ošetřené teplotou 72 °C a kultivované při 38, 42 a 45 °C 1. – 14. den skladování.



Obr. č. 11: Elastický a ztrátový modul pružnosti ředěné syrovátky ošetřené teplotou 85 °C a kultivované při 38, 42 a 45 °C 1. – 14. den skladování.

Hodnoty komplexních modulů pružnosti pro koncentrovanou a ředěnou syrovátku jsou uvedeny v tabulkách č. 19 a 20.

Hodnoty komplexních modulů pružnosti jsou u koncentrované syrovátky nepatrně vyšší u teploty tepelného ošetření 85 °C, tedy u této teploty vznikaly nepatrně tužší slabé gely, viz Tab. č. 19.

Tab. č. 19: Hodnoty G^* pro koncentrovanou syrovátku

G^* Koncentrovaná syrovátka							
72 °C	38	42	45	85 °C	38	42	45
1. den	13,7 ± 2,5	15,5 ± 0,2	15,9 ± 0,6	1. den	16,5 ± 1,0	16,7 ± 1,2	16,9 ± 0,5
2. den	15,8 ± 0,4	16,2 ± 0,5	16,6 ± 0,0	2. den	16,5 ± 1,2	16,7 ± 1,7	16,9 ± 1,8
3. den	15,8 ± 0,9	16,7 ± 0,2	16,9 ± 0,9	3. den	16,6 ± 0,4	16,7 ± 1,3	17,0 ± 0,4
7. den	15,8 ± 0,6	16,7 ± 0,8	16,9 ± 1,0	7. den	16,6 ± 0,1	16,8 ± 1,1	17,0 ± 0,1
14. den	15,9 ± 0,1	16,7 ± 0,0	16,9 ± 0,3	14. den	16,6 ± 0,1	16,8 ± 0,4	17,0 ± 0,2

Z dosažených výsledků by se dalo usuzovat, že vyšší teplota tepelného ošetření je vhodnější. Získané výsledky poukazují na to, že při vyšším tepelném záhřevu dochází k rozsáhlejší denaturaci syrovátkových bílkovin [39] a tedy ke snadnějšímu přístupu jogurtové kultury k živinám. Statisticky se však nejedná o významný rozdíl hodnot komplexního modulu pružnosti, tedy celkově lze říci, že teplota tepelného ošetření nemá zásadní vliv na rozvoj kultury v syrovátce ($p < 0,05$). Navíc u ředěné syrovátky byl pozorován opačný trend, kdy obecně vyšší hodnoty komplexních modulů pružnosti byly sledovány u syrovátky ošetřené teplotou 72 °C.

S ohledem na bod gelace lze tedy shrnout, že v koncentrované syrovátce ošetřené teplotou 85 °C sice vzniká gel pomaleji, ale výsledný gel je mírně tužší než gel vznikající v syrovátce ošetřené teplotou 72 °C. U ředěné syrovátky vzniká gel rychleji v syrovátce ošetřené teplotou 72 °C a zároveň se jedná o pevnější gel. To by mohlo souviset s nižší koncentrací bílkovin než u nasycené syrovátky a celkově vhodnějším prostředím pro rozvoj jogurtové kultury. U naředěné syrovátky lze tedy použít nižší teplotu tepelného ošetření než u koncentrované syrovátky, kde je pro bakterie výhodnější vyšší teplota tepelného ošetření z důvodu vyšší koncentrace syrovátkových bílkovin. Celkově se hodnoty komplexních modulů koncentrované a ředěné syrovátky významně nelišily, lze tedy říci, že naředění syrovátky nemá zásadní vliv na vznik gelu ($p < 0,05$). Ovšem pro firmy vyrábějící syrovátkové nápoje to jistě může být významný ekonomický faktor, neboť pokud použijí naředěnou syrovátku,

vyrobí více syrovátkových nápojů než ze syrovátky koncentrované. Navíc, mohou u naředěné syrovátky použít nižší záhřev, což je také ekonomicky méně náročné. Pro další studie by bylo vhodné ověřit mikrobiální stabilitu ředěné syrovátky ošetřené zmíněnou kombinací teploty a času, popř. srovnat s jinými kombinacemi.

Během 14 dní skladování koncentrované i ředěné syrovátky došlo k mírnému vzrůstu hodnoty G^* , který nebyl statisticky významný, lze tedy říci, že tuhost gelu 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 konstatovat, že u koncentrované syrovátky byly hodnoty G^* nejvyšší u teploty 45 °C., viz Tab. č. 19. 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 je 45 °C, se obsažené bakterie mléčného kvašení rychleji rozvíjí a zároveň mají rychlejší metabolismus, což odpovídá i výsledkům měření pH [39]. Tedy čím větší teplota kultivace, tím rychleji tvoří použité bakterie mléčného kvašení kyselinu mléčnou a rychleji tedy klesá pH syrovátky, čímž se také rychleji vytváří slabý gel. Při kultivační teplotě 45 °C by mohlo tudíž docházet k tvorbě pevného gelu, který by byl pro tvorbu syrovátkového nápoje nevhodný.

U ředěné syrovátky byly pozorovány nejvyšší hodnoty G^* u tepelného ošetření 72 °C a kultivační teploty 42 °C, tedy opět u optimální teploty růstu bakterií obsažených v jogurtové kultuře, viz tabulka číslo 20.

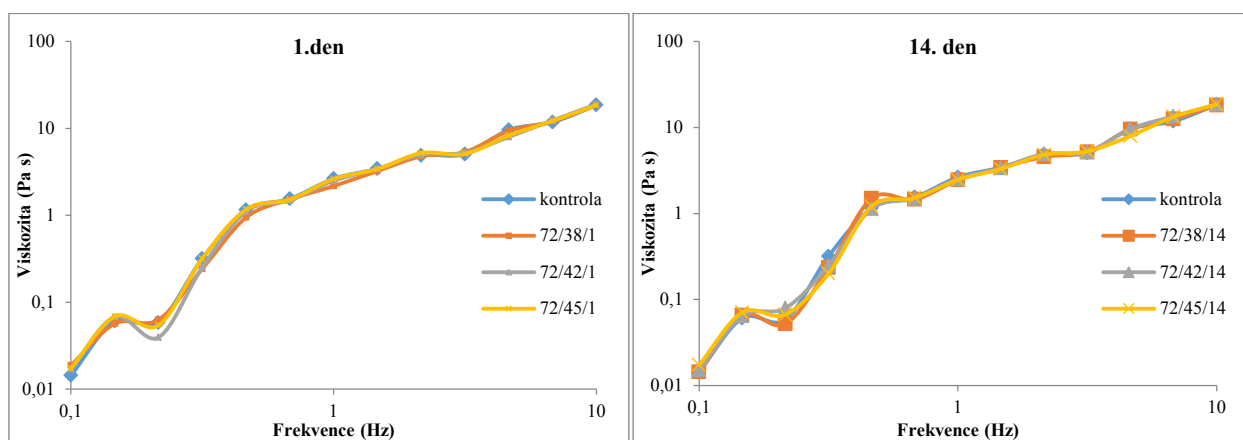
Tab. č. 20: Hodnoty G^* pro ředěnou syrovátku

G^* Ředěná syrovátka							
72 °C	38	42	45	85 °C	38	42	45
1. den	15,6 ± 0,1	16,6 ± 0,3	16,2 ± 0,1	1. den	14,9 ± 0,4	15,4 ± 0,4	15,7 ± 0,4
2. den	16,0 ± 0,3	16,6 ± 1,3	16,4 ± 1,1	2. den	14,9 ± 0,0	15,9 ± 0,7	16,1 ± 0,8
3. den	16,4 ± 0,7	17,0 ± 0,4	16,7 ± 0,2	3. den	15,5 ± 0,8	15,9 ± 0,6	16,1 ± 0,5
7. den	16,4 ± 0,1	17,0 ± 0,1	16,7 ± 0,0	7. den	15,5 ± 0,3	15,9 ± 0,3	16,1 ± 0,0
14. den	16,4 ± 0,3	17,0 ± 0,2	16,7 ± 0,3	14. den	15,5 ± 0,4	16,0 ± 0,7	16,2 ± 0,6

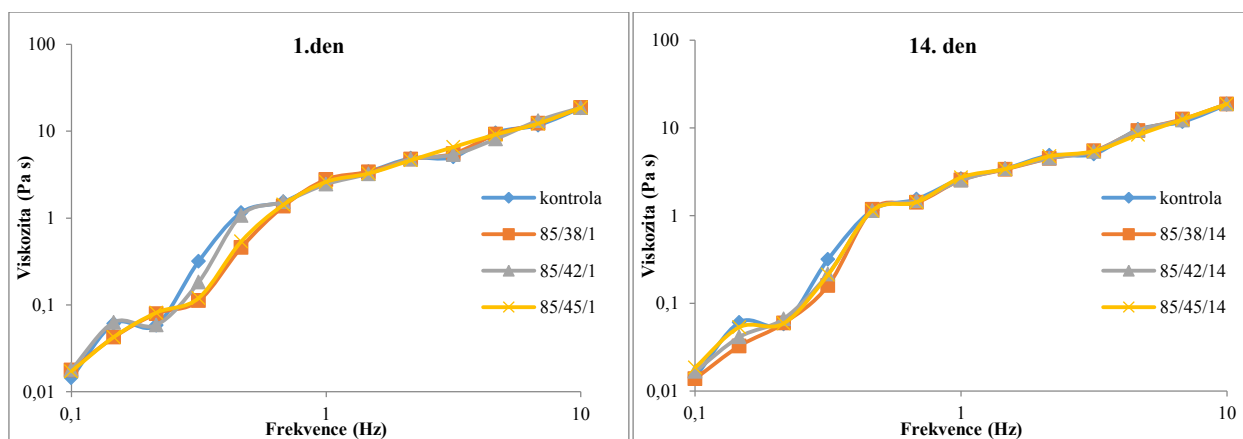
U kultivační teploty 45 °C byly pozorovány nepatrně nižší hodnoty G^* . Zmíněné rozdíly jsou však statisticky nevýznamné ($p < 0,05$), tedy se dá říci, že jsou výsledky pro koncentrovanou a ředěnou syrovátku z hlediska kultivačních teplot srovnatelné. Shrnutím dosažených

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

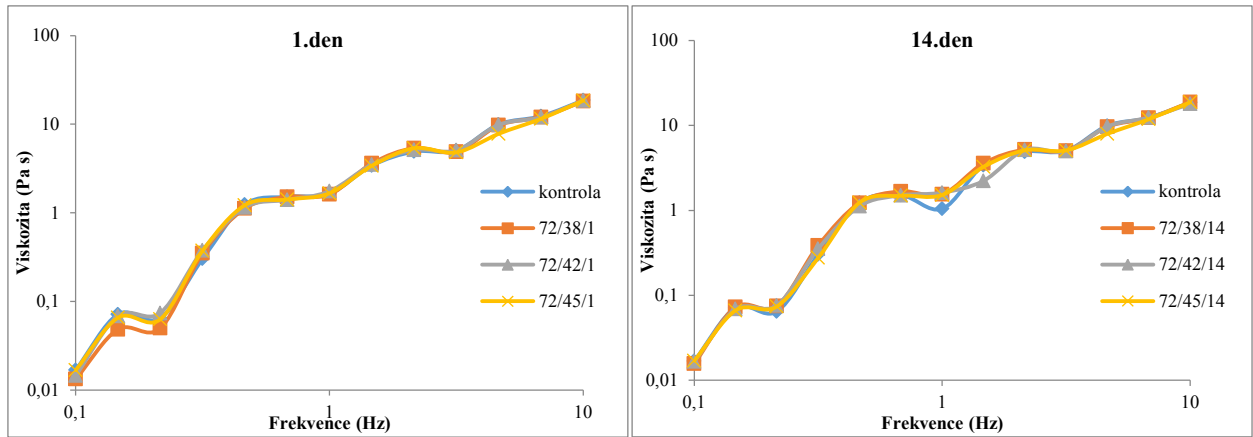
Viskozita koncentrované a ředěné syrovátky u jednotlivých teplot tepelného ošetření (72 °C, 85 °C) a jednotlivých kultivačních teplot se oproti kontrole (0. den) ani v průběhu skladování výrazně nelišila, viz. Obr. č. 12 – 15. Navíc hodnoty dosažené viskozity jsou srovnatelné jak pro ředěnou, tak pro koncentrovanou syrovátku. Tedy jak teplota tepelného ošetření, kultivační teplota, tak i faktor ředění by neměl mít zásadní vliv na viskozitu vyrobených syrovátkových nápojů ($p < 0,05$).



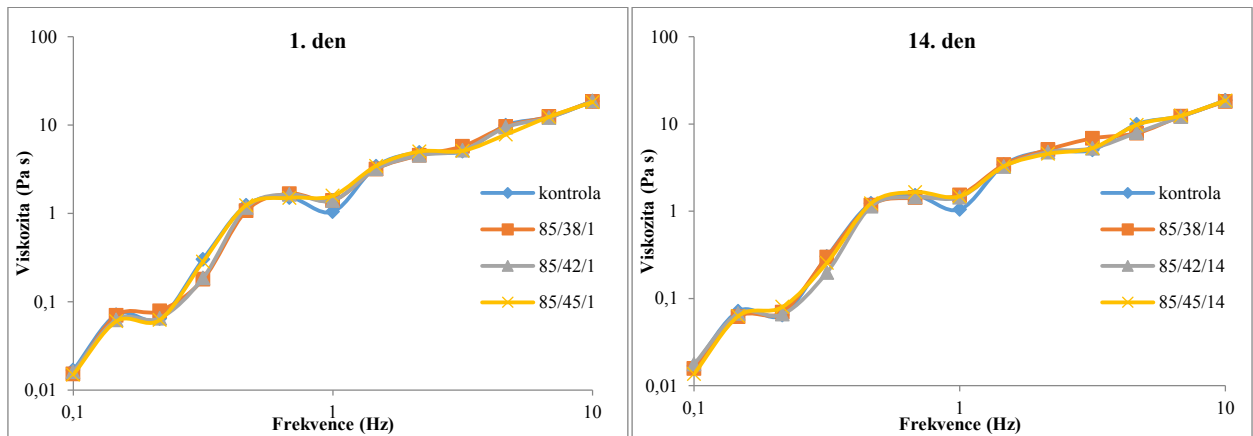
Obr. č. 12: Viskozita koncentrované syrovátky 72 °C



Obr. č. 13: Viskozita koncentrované syrovátky 85 °C



Obr. č. 14: Viskozita ředěné syrovátky 72 °C



Obr. č. 15: Viskozita ředěné syrovátky 85 °C

9 ZÁVĚR

Práce byla v teoretické části zaměřena na charakteristiku syrovátky a syrovátkových nápojů, na technologii výroby a jejich chemické složení. Dále zde byly charakterizovány mikrobiální kultury, resp. ty, které jsou nejčastěji využívány pro výrobu fermentovaných syrovátkových nápojů.

Praktická část se zabývala vlivem tepelného ošetření syrovátky a kultivačních podmínek při výrobě fermentovaných syrovátkových nápojů z koncentrované a ředěné syrovátky, které byly po dobu 14 dní skladovány při teplotě $3,0 \pm 0,5$ °C. Během dané doby skladování byly sledovány změny hodnot pH, SH, obsahu refraktometrické sušiny a viskoelastických vlastností vždy 1., 3., 7. a 14. den.

Hodnoty získané měřením aktivní a titrační kyselosti a obsahu refraktometrické sušiny značily mírně se zvyšující tvorbu kyseliny mléčné během skladování. Také z výsledků dynamické oscilační reometrie je patrné, 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 se jeví ředěná syrovátka, pro kterou byla vyhodnocena jako lepší varianta teplota tepelného ošetření syrovátky 72 °C. Využití kombinace ředěné syrovátky a tepelného ošetření 72 °C po dobu 1 s by mohlo být z ekonomického hlediska výhodné pro firmy zabývající se výrobou syrovátkových nápojů. Pro další studie by bylo vhodné ověřit mikrobiální stabilitu ředěné syrovátky ošetřené zmíněnou kombinací teploty a času, popř. srovnat s jinými kombinacemi.

Jako nejvhodnější kultivační teplota pro výrobu syrovátkových nápojů pomocí jogurtové kultury byla vyhodnocena teplota 42 °C, která odpovídá optimální teplotě růstu použité kultury.

V dalších studiích by měla být dynamická oscilační reometrie doplněna o senzickou analýzu pro zjištění, zda získané koncentrované roztoky poskytují konzistenci požadovanou pro výrobek jako je syrovátkový nápoj. Pokud by konzistence vyrobených syrovátkových nápojů nebyla dostačující, bylo by vhodné zaměřit se na studium doby kultivace jogurtové kultury v syrovátce. Případně by se další výzkum mohl zabývat kombinací jogurtové kultury s probiotickou kulturou, či kultivací jiné čisté kultury v syrovátce.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ANONYM, Aktivita vody: *Informační centrum bezpečnosti potravin*, Ministerstvo zemědělství, Těšnov 65/17, Praha 1 [online], In:[cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76457.aspx>
- [2] ANDERSON J., GILLILAND S., 1999. *Effect of Fermented Milk (Yogurt) Containing Lactobacillus Acidophilus L1 on Serum Cholesterol in Hypercholesterolemic Humans*. Journal of the American College of Nutrition. Volume 18, Issue 1.
- [3] BANSAL N. & BHANDARI B.. (2016). *Functional Milk Proteins: Production and Utilization—Whey-Based Ingredients*. 10.1007/978-1-4939-2800-2_3.
- [4] BARUKČIĆ I., LISAK K., JAKOPOVIĆ a BOŽANIĆ, 2019. *Whey and Buttermilk—Neglected Sources of Valuable Beverages*. *Natural Beverages* [online]. Elsevier, s. 209-242 [cit. 2020-03-28]. ISBN 9780128166895. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128166895000080>
- [5] BERMUDEZ-BRITO M., et al., 2012. *Probiotic Mechanisms of Action*. *Annals of Nutrition and Metabolism* [online]. 61(2), 160-174 [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://www.karger.com/Article/FullText/342079>
- [6] BERTRAND-HARB, C., A. BADAY, M. DALGALARRONDO, J.-M. CHOBERT a T. HAERTLÉ. *Thermal modifications of structure and codenaturation of α -lactalbumin and β -lactoglobulin induce changes of solubility and susceptibility to proteases*. *Nahrung/Food* [online]. 46(4) [cit. 2020-05-14]. DOI: 10.1002/1521-3803(20020701)46:4283::AID-FOOD2833.0.CO;2-A. ISSN 0027769X.
- [7] BROŽ P., 2003. *Laboratorní cvičení z fyzikální chemie: úlohy základního praktika pro posluchače vysokoškolského studia odborné a učitelské chemie*. 2., přeprac. vyd. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 80-210-3203-0.
- [8] BŘEZINA P., JELÍNEK P., 1990. *Chemie a technologie potravin*. I. VŠCHT Praha v Čs redakci VN MON. ISBN 9788070800751.
- [9] BUŇKA, F., 2013. *Mlékárenská technologie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 978-80-7454-254-1.
- [10] CORDEIRO, M.A., E.L.S. SOUZA, R.M.E. ARANTES, et al., 2019. *Fermented whey dairy beverage offers protection against Salmonella enterica ssp. enterica serovar Typhimurium infection in mice*. *Journal of Dairy Science* [online], 6756-6765 [cit. 2020-03-31]. DOI: 10.3168/jds.2019-16340

- [11] 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 [online]. 2017, 100(6), 4300-4307 [cit. 2020-05-06]. DOI: 10.3168/jds.2016-12120. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030217302904>
- [12] DAMODARAN, SRINIVASAN, PARKIN, KIRK L., 2017. *Fennema's Food Chemistry (5th Edition) - 14.6.1 Lactose Intolerance*. CRC Press. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011MF9P4/fennemas-food-chemistry/lactose-intolerance>.
- [13] DE SOUZA, ROSANE R., BERGAMASCO, at al., 2010 *Recovery and purification of lactose from whey*. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification [online]. (11), 1137-1143 [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0255270110002084>
- [14] DJURIĆ, M., CARIĆ, M., MILANOVIĆ, S., TEKIĆ, M., PANIĆ, M., 2004. *Development of wheybased beverages*. *European Food Research and Technology* 219: 321-328. Dostupné z: <https://www.omicsonline.org/open-access/whey-based-beverage-its-functionality-formulations-health-benefits-and-applications-2157-7110-1000495.php?aid=60917>
- [15] DRDÁK, M., 1996. *Základy potravinárskych technológií: spracovanie rastlinných a živočíšnych surovín, cereálne a fermentačné technológie, uchovávanie, hygiena a ekológia potravín*. Bratislava: Malé centrum. ISBN 80-967064-1-1.
- [16] FARAH, J. S., ARAUJO C. B. a MĚLO L., 2017. Analysis of yoghurts', whey-based beverages' and fermented milks' labels and differences on their sensory profiles and acceptance. *International Dairy Journal* [online]. 68, 17-22 [cit. 2020-03-27]. DOI: 10.1016/j.idairyj.2016.12.008.
- [17] Fermentované mléčné výrobky [online], Informační centrum bezpečnosti potravin, Ministerstvo zemědělství, Těšnov 65/17, Praha 1, 11705 [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92467.aspx>
- [18] FORMAN, L.; MERGL, M., 1979. *Syrovátka - její využití v lidské výživě a ve výživě hospodářských zvířat*, 1st ed.; TOMOS Praha: Praha.
- [19] FUCHS, M., 2013. *Potravinové alergie*. Praha: Maxdorf. Edice ČIPA. ISBN 978-807-3453-.

- [20] GAJDŮŠEK S., 1998: *Mlékařství II*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 142 s. ISBN 80-7157-342-6.
- [21] GAJDŮŠEK S., KLÍČNÍK V., 1993: *Mlékařství*. 2. vyd. Brno: Vysoká škola zemědělská v Brně, 129 s. ISBN 80-7157-073-7.
- [22] GALLARDO-ESCAMILLA, F. J., Kelly, A. L., Delahunty, C. M. (2007): *Mouthfeel and flavour of fermented whey with added hydrocolloids*. International journal of Dairy Science 17: 308-315.
- [23] 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 [online]. 2005, 88(11), 3745-3753 [cit. 2020-05-02]. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)73060-5.
- [24] GALLARDO-ESCAMILLA, F.J., KELLY, A. L., DELAHUNTY, C.M. *Influence of starter culture on flavor and headspace volatile profiles of fermented whey and whey produced from fermented milk*. Journal of dairy Science. 2005, vol. 88, no. 11, p. 3745-3753, DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73060-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73060-5)
- [25] Ha E, ZEMEL MB. *Funkční vlastnosti syrovátky, syrovátkových složek a esenciálních aminokyselin: mechanismy, z nichž vyplývají zdravotní přínosy pro aktivní lidi* (přehled). Žurnál výživové biochemie. 2003, květen; 14 (5): 251-258. DOI: 10,016 / s0955-2863 (03) 00030-5.
- [26] HANNA instruments Czech s.r.o.: *Refraktometr pro měření sacharósy*, Hanna-instruments.cz [online]. [cit. 2020-04-14]. Dostupné z: https://www.hanna-instruments.cz/editor/image/eshop_products_files/file_en_20.pdf
- [27] LAŠTOVIČKOVÁ, J. *Intolerance laktózy* [online]. 8. 6. 2017 [cit. 2020-05-14]. Dostupné z: https://www.vimcojim.cz/magazin/clanky/o-zdravi/Intolerance-laktozy.-Potize-s-travenim-mlecneho-cukru__s10012x10382.html
- [28] JANIASKI, D. R., T.C. PIMENTEL, A.G. CRUZ a S.H. PRUDENCIO, 2016. *Strawberry-flavored yogurts and whey beverages: What is the sensory profile of the ideal product?* Journal of Dairy Science [online]. 2016, 99(7), 5273-5283 [cit. 2020-03-31]. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030216302168>
- [29] JANŠTOVÁ, B. et al., *Technologie mléka a mléčných výrobků: Ústav hygieny a technologie mléka*. 2012. BRNO: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. ISBN 978-80-7305-637-7.

- [30] JELEN, P. *Whey-based functional beverages. Functional and Speciality Beverage Technology* [online]. Elsevier, 2009, 2009, s. 259-280 [cit. 2020-03-29]. DOI: 10.1533/9781845695569.2.259. ISBN 9781845693428. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9781845693428500107>
- [31] KADLEC, P., MELZOCH K., VOLDŘICH M., 2009. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?* Technologie potravin. Ostrava: Key Publishing. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-051-4.
- [32] KLEIBEUKER, J, 2006. *Whey in animal nutrition, a valuable ingredient: European whey products association, Belgium.* Ewpa.euromilk [online]. [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: http://ewpa.euromilk.org/fileadmin/user_upload/Public_Documents/EWP_A_Publications/Whey_in_Animal_Nutrition__A_Valuable_Ingredient__EWPA_B.pdf
- [33] Kysané mléčné výrobky: *O kysaných mléčných výrobcích - výroba a příznivé účinky na zdraví.*, Viscojis [online]. [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: <http://www.viscojis.cz/teens/index.php/potravin-y-a-bezpenost/potravin-y-ivoineho-pvodu/mleko-a-mlene-vyrobky/123-107>
- [34] LOURENS-HATTINGH, A., Viljoen, B. C., 2001, *Growth and survival of a probiotic yeast in dairy products.* Food Research International 34: 791-796.
- [35] LUKÁŠOVÁ, J., 1999. *Hygiena a technologie produkce mléka.* Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita. ISBN 80-85114-53-4.
- [36] MICHELE, J. ZUR, 1978. Rheometrie viskoelastischer Fluide mit der Kegel-Platte-Anordnung. *Rheol Acta* 17, 42–58. <https://doi.org/10.1007/BF01567863>
- [37] MOULIN, G. A P. GALZY, 1984. Whey a Potential Substrate for Biotechnology. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews* [online]. 1(1), 347-374 [cit. 2020-04-19]. DOI: 10.1080/02648725.1984.10647790. ISSN 0264-8725. Dostupné z :<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02648725.1984.10647790>
- [38] NAVRÁTILOVÁ, P., 2012. *Hygiena produkce mléka.* Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. ISBN 978-80-7305-624-7.
- [39] NEEDS, E.C et al., 2000. *Comparison of heat and pressure treatments of skim milk, fortified with whey protein concentrate, for set yogurt preparation: effects of milk proteins and gel structure .* Journal Of Dairy Research. (67), 329-348.
- [40] PEREIRA, C., HENRIQUES J., GOMES D., GOMEZZAVAGLIA A. a DE ANTONI G., 2015. *Novel Functional Whey-Based Drinks with Great Potential in the Dairy*

- Industry. Food Technol. Biotechnol.*, 53(3), 307- 314. DOI: 10.17113/ftb.53.03.15.4043. ISSN 1330-9862.
- [41] PESCUMA, M., Hebert, E. M., Mozzi, F., Font de Valdez, G., 2008. *Whey fermentation by thermophilic acid bacteria: Evolution of carbohydrates and protein content*. *Food Microbiology* 25: 442-451.
- [42] PEŠEK, M., ED.; 1989. *Syrovátka a možnosti jejího využití ve výživě hospodářských zvířat*, Využitie vedľajších výrobkov mliekarenského priemyslu;
- [43] PH: Informační centrum bezpečnosti potravin, Ministerstvo zemědělství, Těšnov 65/17,Praha1[online],In:[cit. 2020-05-12].
Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76782.aspx>
- [44] PLOCKOVÁ M., 2009: *Fermentovaná mléka, probiotika, prebiotika*. In KADLEC P., MELZOCH K., VOLDŘICH M., (eds.) a kol. *Co byste měli vědět o výrobě potravin? Technologie potravin*. 1. vyd. Ostrava: KEY Publishing s.r.o., 536 s., ISBN 978-80-7418-051-4.
- [45] ROUBÍK, L. a kol., 2018.*Moderní výživa ve fitness a silových sportech*. Praha: Erasport, 2018. ISBN 978-80-905685-5-6.
- [46] SAEED, M., MUHAMMAD A., RAFIQ KHAN F., ISSA KHAN M., 2013. *Isolation, characterization and utilization of starter cultures for the development of wheyghurt drink*. *British Food Journal.*, vol. 115, no. 8, p. 1169-1186. DOI: 10.1108/BFJ-10-2011-0274. ISSN 0007-070X.
- [47] SHRADDHA RC, Chavan RS a Kumar A NALAWADE T, 2015. *Whey Based Beverage: Its Functionality, Formulations, Health Benefits and Applications*. *Journal of Food Processing & Technology* [online]. 6(10) [cit. 2020-05-01]. DOI: 10.4172/2157-7110.1000495. ISSN 21577110.
- [48] SINGH, H. a FLANAGAN J., 2006. *Milk proteins*. In: Hui Y. H., *Handbook of Food Science. Technology and Engineering* New York.
- [49] SKRYPLONEK, K., DMYTRÓW I. a MITUNIEWICZ-MAŁEK A., 2019. *Probiotic fermented beverages based on acid whey*. *Journal of Dairy Science* [online]. 102 (9), 7773-7780 [cit. 2020-04-19]. DOI: 10.3168/jds.2019-16385. ISSN 00220302.
- [50] SUKOVÁ, I., 2006. *Syrovátka v potravinářství*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. *Potravinářské informace*. ISBN 80-72-71-173-3.

- [51] SUKOVÁ, I., 2012. *Senzorické vlastnosti syrovátkových nápojů*. Mlékařské listy [online]. (130), 8-11 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z:
<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=13&typ=1&val=111580&ids=163>
- [52] SUKOVÁ, I., *Nápoje a žvýkací bonbony na bázi syrovátky* [online]. čl. 111580 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z:
<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=13&typ=1&val=111580&ids=163>
- [53] ŠNIRC, J., GOLIAN, J., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., ČANIGOVÁ, M., HERIAN, K., ČERNÍKOVÁ, M. a PACHLOVÁ, 2016. V. Mlieko a mliečne výrobky. II. diel, *Technológia výroby mliečnych výrobkov*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, ISBN 978-80-552-1451-1.
- [54] ŠUSTOVÁ, K. a SÝKORA, V., 2013. *Mlékárenské technologie*, 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, ISBN 978-80-7375-704-5
- [55] TAMINE, A. Y., ROBINSON, R. K. (1991): *Yogur: Ciencia y Tecnologia*. Zaragoza: Acibia.
- [56] TEPLÝ M., 1984: *Čisté mlékařské kultury: výroba, kontrola, použití*. 1. vyd. Praha: SNTL, 295 s.
- [57] RICHTER, J., Lothar KNY a Klaus GERECKE, 1967. *Photometrie und Refraktometrie*, Ausgewählte Arbeitsvorschriften für Laboratorien auf dem Gebiet des Gesundheitswesens unter besonderer Berücksichtigung der Arzneimittelprüfung. Berlin: Akademie.
- [58] UPADHYAY, R., CHEN J. 2020, *Rheology and tribology assessment of foods. Biopolymer-Based Formulations* [online]. Elsevier, 2020, s. 697-715 [cit. 2020-05-04]. DOI: 10.1016/B978-0-12-816897-4.00028-X. ISBN 9780128168974. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B978012816897400028X>
- [59] VLKOVÁ, Eva, Vojtěch RADA a Jiří KILLER. *Potravinářská mikrobiologie*. 2. vyd. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2009. ISBN isbn978-80-213-1988
- [60] Vše o syrovátkové bílkovině [online], [cit. 2020-04-05]. Dostupné z:
<https://www.goldfitness.cz/vse-o-syrovatkove-bilkovine-c22>
- [61] Vyhláška č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje.
- [62] WEIN, O., 1996. *Úvod do reologie*. Brno: Malé Centrum. ISBN 978-80-214-4881-0.
- [63] Whey Products Association, Belgium, [cit. 2020-04-22]. Dostupné na: WIT, J. N., 2001: *Lecturer's Handbook on whey and whey products*. [online], European

- [64] ZIKÁN, V., A. ŠALÁKOVÁ a M. PECHAČOVÁ, 2015. *Využití různých druhů syrovátky pro výrobu fermentovaných nápojů s obsahem alkoholu a sycených syrovátkových nápojů*. Mlékařské listy: Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o. (152).
- [65] LACRUM Velké Meziříčí, s.r.o., Hornoměstská 383, 594 26 Velké Meziříčí, *Protokol o zkoušce AR-19-HD-016452-01*, Datum vystavení: 23. 08. 2019, Zkušební laboratoř EUROFINS CZECH REPUBLIC
- [66] BRODÍKOVÁ, R., 2019. *Optimalizace výroby nefermentovaných syrovátkových nápojů*. Zlín. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

BMK Bakterie mléčného kvašení

WPC Syrovátka ve formě koncentrátu

WPI Syrovátka ve formě izolátů

IE Syrovátka získaná pomocí iontoměníčů

ČMK Čisté mlékárenské kultury

pH Hodnota určující aktivní kyselost či zásaditost daného roztoku

SH Hodnota titrační kyselosti

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1: Rozdělení mléčných bílkovin	14
Obr. č. 2: pH metr HI 99161	40
Obr. č. 3: Minititrátor HI 84529	41
Obr. č. 4: Digitální refraktometr	42
Obr. č. 5: Schematické znázornění závislosti dynamických modulů (G' a G'')	44
Obr. č. 6: 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.	45
Obr. č. 7: Reometr HAAKE RheoStress 5.....	46
Obr. č. 8: Elastický a ztrátový modul pružnosti koncentrované syrovátky ošetřené teplotou 72 °C a kultivované při 38, 42 a 45 °C 1. – 14. den skladování.....	53
Obr. č. 9: Elastický a ztrátový modul pružnosti koncentrované syrovátky ošetřené teplotou 85 °C a kultivované při 38, 42 a 45 °C 1. – 14. den skladování.....	54
Obr. č. 10: Elastický a ztrátový modul pružnosti ředěné syrovátky ošetřené teplotou 72 °C a kultivované při 38, 42 a 45 °C 1. – 14. den skladování.....	56
Obr. č. 11: Elastický a ztrátový modul pružnosti ředěné syrovátky ošetřené teplotou 85 °C a kultivované při 38, 42 a 45 °C 1. – 14. den skladování.....	57
Obr. č. 12: Viskozita koncentrované syrovátky 72 °C	60
Obr. č. 13: Viskozita koncentrované syrovátky 85 °C	60
Obr. č. 14: Viskozita ředěné syrovátky 72 °C	61
Obr. č. 15: Viskozita ředěné syrovátky 85 °C	61

SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1: Složení sladké a kyselé syrovátky (g/l)	13
Tab. č. 2: Obsah vitaminů v syrovátce.....	17
Tab. č. 3: Typické složení syrovátkových produktů.....	23
Tab. č. 4: Složení nepasterovaného vzorku syrovátky.....	37
Tab. č. 5: Příprava vzorků koncentrované syrovátky	38
Tab. č. 6: Příprava vzorků ředěné syrovátky	39
Tab. č. 7: Hodnoty pH u koncentrované syrovátky pro teplotu tepelného ošetření 72 °C	47
Tab. č. 8: Hodnoty pH u koncentrované syrovátky pro teplotu tepelného ošetření 85 °C	47
Tab. č. 9: Hodnoty pH u ředěné syrovátky pro teplotu tepelného ošetření 72 °C	48
Tab. č. 10: Hodnoty pH u ředěné syrovátky pro teplotu tepelného ošetření 85 °C	48
Tab. č. 11: Hodnoty SH u koncentrované syrovátky pro teplotu tepelného ošetření 72 °C	49
Tab. č. 12: Hodnoty SH u koncentrované syrovátky pro teplotu tepelného ošetření 85 °C	49
Tab. č. 13: Hodnoty SH u ředěné syrovátky pro teplotu tepelného ošetření 72 °C	50
Tab. č. 14: Hodnoty SH u ředěné syrovátky pro teplotu tepelného ošetření 85 °C	50
Tab. č. 15: Obsah rozpustné sušiny u koncentrované syrovátky pro tepelné ošetření 72 °C ...	51
Tab. č. 16: Obsah rozpustné sušiny u koncentrované syrovátky pro tepelné ošetření 85 °C ...	51
Tab. č. 17: Obsah rozpustné sušiny u ředěné syrovátky pro tepelné ošetření 72 °C	51
Tab. č. 18: Obsah rozpustné sušiny u ředěné syrovátky pro tepelné ošetření 85 °C	51
Tab. č. 19: Hodnoty G* pro koncentrovanou syrovátku.....	58
Tab. č. 20: Hodnoty G* pro ředěnou syrovátku	59

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Syrovátkové nápoje na trhu EU.....	69
---	----

PŘÍLOHA P I: SYROVÁTKOVÉ NÁPOJE NA TRHU EU

Název výrobku	Země původu	Složení
Frusighurt Big M Mango Mólke-Mix Frucht Mólke (Immensee) Kur-Mólke Mólken Frucht Nektar Multivitamin-Mólke	Německo	Syrovátka s přídavkem jablečného/citrusového extraktu Aromatizovaná syrovátka obohacená vitamínem E Syrovátka s přídavkem mangového extraktu a Bifidobakteriemi Syrovátka s přídavkem extraktu černého rybízu nebo 25 % ovocné směsi různých příchutí Syrovátka s přídavkem jablečného/pomerančového/marakujového extraktu Syrovátka + 25 % pomerančového/marakujového extraktu Syrovátka + 10 ovocných extraktů + 10 vitamínů
Rivella Surelli Fit	Švýcarsko	Syrovátka, voda, kyselina uhličitá, cukr, přírodní aroma, mléčná kyselina 35 % čisté nebo deproteinizované syrovátky nebo sycené syrovátky Sycená syrovátka + 15 % ovocné pasty nebo mangového extraktu
Latella	Rakousko	Syrovátka + mangová, marakujová pasta + citrusový extrakt
Morea	Francie	Syrovátkový koncentrát + 40 % extrakt z manga, kiwi a exotického ovoce
Djoez Taksi	Norsko	80 % syrovátka + 12,8 ovocný koncentrát + aroma 85,3 % syrovátky + 6,3 % ovocný koncentrát + barvicí látka
Hedelmatarha	Finsko	Syrovátka s hydrolyzovanou laktózou + ovoce (mango nebo směs exotického ovoce)
Fanna-fitt	Maďarsko	0 % UF permeátu z fermentované sladké syrovátky + směs ovocných extraktů přidáných po 2. ultrafiltraci
Lambada	Slovinsko	Pasterizovaná syrovátka s přídavkem 3 % ovocného sirupu + cukr + citronová kyselina

(Jeličić et al., 2008)