

# Vliv vybraných faktorů na kvalitu fermentovaných syrovátkových nápojů

Bc. Michal Žák

---

Diplomová práce  
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal Žák**  
Osobní číslo: **T20093**  
Studijní program: **N0721A210004 Technologie potravin**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Vliv vybraných faktorů na kvalitu fermentovaných syrovátkových nápojů.**

## Zásady pro vypracování

### I. Teoretická část

1. Mléko.
2. Fermentované mléčné výrobky.
3. Čisté mlékárenské kultury.

### II. Praktická část

1. Fermentace syrovátky a sledování průběhu fermentace.
2. Chemická a senzorická analýza vyrobených fermentovaných syrovátkových nápojů.
3. Rheologické vlastnosti vyrobených fermentovaných syrovátkových nápojů.

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

**Seznam doporučené literatury:**

- [1]HOLSINGER, V.H., L.P. POSATI a E.D. DEVILBISS, 1974. Whey Beverages: A Review. *Journal of Dairy Science*. 57(8), 849-859. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(74)84976-3. ISSN 00220302. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030274849763>
- [2]BYLUND, G., 1995. *Dairy processing handbook*. Lund: Tetra Pak Processing Systems AB. Dostupné z: [https://diaspereira.weebly.com/uploads/5/6/3/9/5639534/dairy\\_handbookpdf](https://diaspereira.weebly.com/uploads/5/6/3/9/5639534/dairy_handbookpdf)
- [3]PESCUMA, Micaela, Graciela Font DE VALDEZ a Fernanda MÓZZI, 2015. Whey-derived valuable products obtained by microbial fermentation. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 99(15), 6183-6196. DOI: 10.1007/s00253-015-6766-z. ISSN 0175-7598. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s00253-015-6766-z>

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

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2022**

L.S.

---

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Robert Gál, Ph.D.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 18. února 2022

## **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:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Rostoucí zájem o funkční potraviny se stále zvyšuje, proto bylo cílem této práce využití syrovátky k výrobě fermentovaných syrovátkových nápojů, které v sobě kombinují bohatý zdroj základních živin pro organismus v podobě syrovátky a benefity čistých mlékařských kultur z hlediska metabolismu a imunitního systému organismu. Jako médium byla použita sušená syrovátka v kombinaci s čerstvým polotučným mlékem za současného přídavku WPC u vybraných vzorků. Připravené varianty médií byly ošetřeny vysokou pasterací a zaočkované třemi různými kefirovými kulturami. Fermentace trvala po dobu přibližně 24 hodin a skladování proběhlo v chladícím boxu při teplotě  $5 \pm 0,5$  °C po dobu 42 dní. Během fermentace a skladování byly sledovány fyzikálně-chemické, viskoelastické a organoleptické vlastnosti vyrobených vzorků, konkrétně 0., 1., 2., 7., 14., 21., 28. a 42. den. Cílem této práce bylo zjistit, která kombinace kefirové kultury a různé varianty syrovátky a mléka je nejvhodnější k výrobě fermentovaného syrovátkového nápoje. Z výsledků lze usoudit, že nejvhodnější kefirovou kulturou pro výrobu fermentovaných syrovátkových nápojů je kultura *Laktoflora*. Dále bylo zjištěno, že přídavek WPC do média nemá zásadní vliv na výrobu fermentovaného syrovátkového nápoje. Jako nejvhodnější médium byla vyhodnocena kombinace syrovátky a mléka bez přídavku WPC.

**Klíčová slova:** syrovátka, syrovátkové nápoje, fermentované mléčné výrobky

## **ABSTRACT**

As the interest in functional foods continues to grow, the aim of this work was to use whey to produce fermented whey drinks that combine the rich source of essential nutrients for the body in the form of whey and the benefits of pure dairy cultures in terms of metabolism and the body's immune system. Dried whey was used as a medium in combination with fresh semi-skimmed milk with the simultaneous addition of WPC in selected samples. The prepared media variants were treated with high pasteurization and inoculated with three different kefir cultures. Fermentation lasted for approximately 24 hours and storage was carried out in a refrigerated box at  $5 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  for 42 days. During fermentation and storage, the physicochemical, viscoelastic and organoleptic properties of the samples produced were monitored, specifically on days 0, 1, 2, 7, 14, 21, 28 and 42. The aim of this work was to determine which combination of kefir culture and different whey and milk variants is the most suitable for the production of fermented whey beverage. From the results, it can be concluded that the most suitable kefir culture for the production of fermented whey drinks is *Laktoflora* culture. It was also found that the addition of WPC to the medium did not have a significant effect on the production of fermented whey drink. A combination of whey and milk without the addition of WPC was evaluated as the most suitable medium.

Keywords: whey, whey beverages, fermented milk products

Chtěl bych poděkovat Ing. Zuzaně Míškové, Ph.D. za odborné vedení a možnosti konzultací v průběhu realizace této diplomové práce. Dále děkuji mé studijní kolegyni Bc. Anitě Rejdlové za výpomoc při měření praktické části.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>11</b>
<b>1 MLÉKO.....</b>	<b>12</b>
1.1 HISTORIE .....	12
1.2 PRODUKCE MLÉKA .....	12
1.3 SLOŽENÍ MLÉKA .....	13
1.3.1 Laktóza.....	14
1.3.2 Mléčný tuk .....	14
1.3.3 Bílkoviny.....	15
1.3.4 Soli .....	16
1.4 SYROVÁTKA.....	17
1.4.1 Typy syrovátky.....	18
1.4.2 Složení syrovátky .....	18
<b>2 FERMENTOVANÉ MLÉČNÉ VÝROBKY.....</b>	<b>20</b>
2.1 HISTORIE .....	21
2.2 JOGURT .....	21
2.2.1 Výroba jogurtu .....	22
2.3 JOGURTOVÉ MLÉKO.....	23
2.4 SYROVÁTKOVÉ NÁPOJE .....	25
2.5 ACIDOFILNÍ MLÉKO .....	27
2.6 KEFÍR .....	27
2.7 KUMYS.....	28
2.8 ZAKYSANÉ PODMÁSLÍ .....	30
2.9 BENEFITY .....	30
<b>3 ČISTÉ MLÉKÁRENSKÉ KULTURY .....</b>	<b>32</b>
3.1 BAKTERIE MLÉČNÉHO KVAŠENÍ.....	33
3.2 KEFÍROVÁ KULTURA .....	33
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>36</b>
<b>4 VÝROBA FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ .....</b>	<b>37</b>
4.1 KEFÍROVÉ KULTURY .....	37
4.2 SYROVÁTKA A MLÉKO.....	38
4.3 PŘÍPRAVA JEDNOTLIVÝCH TYPŮ MÉDIÍ .....	38
4.4 FERMENTACE SYROVÁTKY A SLEDOVÁNÍ PRŮBĚHU FERMENTACE.....	40
<b>5 VLIV POUŽITÝCH KULTUR NA VLASTNOSTI SYROVÁTKOVÉHO NÁPOJE .....</b>	<b>41</b>



5.1	CHEMICKÁ A SENZORICKÁ ANALÝZA VYROBENÝCH FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ .....	41
5.1.1	Stanovení aktivní kyselosti .....	41
5.1.2	Stanovení obsahu rozpustné sušiny .....	42
5.1.3	Stanovení celkového obsahu rozpuštěných pevných látek (TDS) .....	42
5.1.5	Senzorická analýza .....	44
5.2	REOLOGICKÉ VLASTNOSTI VYROBENÝCH FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ .....	44
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY A DIZKUZE .....</b>	<b>46</b>
6.1	VÝSLEDKY CHEMICKÉ A SENZORICKÉ ANALÝZY VYROBENÝCH FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ .....	46
6.1.1	Výsledky měření aktivní kyselosti po dobu fermentace .....	46
6.1.2	Výsledky měření aktivní kyselosti v průběhu skladování .....	50
6.1.3	Výsledky měření obsahu rozpustné sušiny .....	51
6.1.4	Výsledky měření celkového obsahu rozpuštěných pevných látek (TDS) .....	54
6.1.5	Výsledky měření aktivity vody .....	56
6.1.6	Výsledky senzorické analýzy .....	57
6.2	VÝSLEDKY MĚŘENÍ REOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ VYROBENÝCH FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ .....	58
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>70</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>78</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>79</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>81</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>82</b>

## ÚVOD

V posledních letech stále narůstá zájem o fermentované mléčné nápoje obsahující probiotika z důvodu jejich pozitivních zdravotních přínosů při jejich konzumaci. Probiotika jsou živé organismy, které při konzumaci v přiměřeném množství poskytují hostiteli zdravotní benefity. Mnohé z těchto bakterií byly identifikovány jako bakterie produkující kyselinu mléčnou obvykle se konzumující ve formě fermentovaného mléka, jogurtu nebo kefiru. [1]

Kefír je osvěžující, přirozeně sycený fermentovaný nápoj s lehce nakyslou chutí a krémovou konzistencí. Tradiční výroba kefiru je zahájena přidáním malých, nepravidelně tvarovaných žlutobílých kefirových zrn do čerstvého mléka. Kefirová zrna jsou většinou složena z bílkovin a polysacharidů zajišťující komplexní mikroflóru. Bakterie mléčného kvašení a kvasinky existují ve složitém symbiotickém vztahu a jsou zodpovědné za alkoholové a mléčné kvašení. Vzhledem k tomu, že kefirová zrna jsou schopna metabolizovat laktózu, lze je použít k fermentaci syrovátky, která doposud byla odpadním produktem bohatým na laktózu. [1], [2]

Syrovátka, tekutina získávaná jako vedlejší produkt při výrobě sýra, je nutričně velice bohatou částí mléka. Obsahuje vysoce kvalitní bílkoviny, vitaminy A, C, E, karotenoidy a enzymatické antioxidanty. S ohledem na výskyt celkem dvou typů syrovátky, a to kyselé a sladké, je vhodnější syrovátka sladká pro technologické zpracování. [3], [4]

Syrovátkové nápoje patří mezi spotřebiteli oblíbené a průmyslová odvětví je považují za udržitelný a ziskový produkt. Mohou být alternativou ke klasickým jogurtům s přídavkem syrovátky, které umožní snížení výrobních nákladů. [5]

Cílem této práce bylo vyhodnotit nejlepší variantu fermentovaného syrovátkového nápoje s použitím třech různých kefirových kultur a média kombinace syrovátky a mléka s přídavkem WPC, i bez jeho přídavku. Během 42 dnů skladování při teplotě  $5 \pm 0,5$  °C byly sledovány změny aktivní kyselosti, obsahu rozpustné sušiny, TDS a aktivity vody. Dále u vzorků byly pozorovány viskoelastické vlastnosti a také byla provedena senzorická analýza.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 MLÉKO

Mléko je tekutina vylučovaná samicemi všech druhů savců, z nichž existuje asi 4 500 žijících druhů, sloužící především pro splnění nutričních požadavků novorozenců. Primárním účelem je dodání energie především z tuků a přítomné laktózy. Dále obsahuje esenciální aminokyseliny, které si tělo nedokáže syntetizovat samo, aminoskupiny pro biosyntézu neesenciálních aminokyselin dodávaných bílkoviny, esenciální mastné kyseliny, vitaminy, anorganické prvky a vodu. Jelikož nutriční požadavky novorozence závisí na jeho vyspělosti při narození, jeho tempu růstu a energetickým potřebám, vykazuje hrubé složení mléka velké mezidruhové rozdíly. Samotné mléko ovlivňuje také fyziologické funkce, které jsou ovlivněny hlavně proteiny a peptidy, včetně imunoglobulinů, enzymů, inhibitorů enzymů, hormonů a antibakteriálních látek. [6]

Jedná se o složitou biologickou tekutinu obsahující desítky živin nacházející se ve třech různých fyzikálních fázích: disperzní, koloidní a pravý roztok. Různé interaktivní síly mezi složkami mléka určují jeho technologické chování. [7]

## 1.1 Historie

První zmínky o produkci mléka byly před 6 000 lety nebo i dokonce dříve. Dnešní zvířata sloužící k produkci mléka se vyvinuly z divokých zvířat, která po tisíce let žila v různých nadmořských výškách a zeměpisných šířkách vystavovaná mnohdy i extrémním podmínkám. Postupem času člověk všude na zemi začal domestikovat zvířata. Zpravidla býložravá a víceúčelová zvířata byla vybrána tak, aby uspokojila potřebu mléka, masa a oblečení. Zároveň býložravé druhy jsou méně nebezpečné a jejich manipulace je o něco jednodušší než s masožravými zvířaty. [8]

## 1.2 Produkce mléka

Mléko je jedinou potravou mladého savce během prvního období života. Látky obsažené v mléce dodávají energii i stavební materiály nezbytné pro růst. Obsahem jsou také protilátky, které chrání novorozence před infekcí. [8]

Tele potřebuje asi 1 000 litrů mléka pro růst, a to je množství, které dojnice vyprodukuje pro každé tele. Od doby, kdy člověk zahájil chov skotu ke svým potřebám došlo k obrovským změnám. Výsledkem selektivního chovu je, že dojnice produkují v průměru více než 6 000 litrů mléka na tele, to znamená šestkrát více jako na počátku. Některé dojnice produkují dokonce až 14 000 litrů a více. Předtím, než skot může začít produkovat mléko se musí

nejdříve otelit. Jalovice dosáhnou pohlavní dospělosti ve věku sedmi nebo osmi měsíců, ale obvykle jsou chovány do věku patnácti až osmnácti měsíců. Doba březosti je 265–300 dní, liší se plemenem, takže jalovice vyprodukuje své první tele ve věku asi 2–2,5 roku. [8]

### 1.3 Složení mléka

Mléko je velice složitý fyzikálně-chemický systém obsahující mnoho složek v různých fázích a stavech. Tento systém může být snadno destabilizován, kdy se současně tyto jevy využívaly k výrobě mléčných výrobků již dávno v minulosti před pochopením vědeckých mechanismů. Jedná se o roztok zředěných solí, jednoduchých cukrů a vitaminů, ve kterém je tuk emulgován ve formě kuliček obsahující složitý systém bílkovin vyskytující se v podobě kaseinových micel. [9]

Tabulka č. 1: Složení mléka různých druhů zvířat a člověka [8]

	Celkový obsah bílkovin	Syrovátkové bílkoviny	Kasein	Tuk	Sacharidy	Popeloviny
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Člověk	1,2	0,7	0,5	3,8	7,0	0,2
Kůň	2,2	0,9	1,3	1,7	6,2	0,5
Skot	3,5	0,7	2,8	3,7	4,8	0,7
Bizon	4,0	0,5	3,5	7,5	4,8	0,7
Koza	3,6	0,9	2,7	4,1	4,7	0,8
Ovce	5,8	0,9	4,9	7,9	4,5	0,8

Složení mléka taktéž závisí na velkém množství faktorů, kde můžeme zařadit aktuální zdravotní stav, výživa, pořadí a fáze laktace, plemeno skotu a jeho genetický potenciál. [10]

Podle odlišného chemického složení a základních vlastností mléka probíhá dělení do následujících skupin: [10]

#### 1. Mléka nezralá

##### a) Mlezivo (kolostrum)

Jedná se o mléčný sekret vylučovaný mléčnou žlázou dojnice ihned po porodu. Obsahuje vysoký obsah sérových bílkovin, zejména imunoglobulinů, které snižují kysací schopnost mléka a je tedy nevhodné pro technologické zpracování. Obsah tuku podstatně kolísá, hodnoty laktózy jsou o něco nižší a hodnoty minerálních látek naopak vyšší ve srovnání s mlékem zralým.

b) Aberantní mléka

Mléka, která jsou produkována dojnícemi bez jejich předcházející gravidity a nejsou určeny k výživě mláďat. Dělí se na dva typy:

- panenské – sekret mléčné žlázy u nebřezích jalovic
- čarodějné – získané u novorozených mláďat stisknutím struku

c) Starodojné mléko

Vyskytuje se u staršího skotu před ukončením dojení.

2. Mléka zralá – klasická mléka v laktační periodě, která jsou vhodná pro technologické zpracování [10]

### 1.3.1 Laktóza

Laktóza je snadno čištěna frakční krystalizací a byla první zkoumanou složkou mléka. Ostatní sacharidy mléka byly až donedávna zanedbávány, jelikož přítomné glykokonjugáty (oligosacharidy, glykolipidy, glykoproteiny) jsou složité a obtížně izolovatelné. [11]

Z hlediska koncentrace je laktóza nejvíce dominantní složkou mléka vyskytující se v podobě disacharidu složeného z jedné molekuly glukózy a jedné molekuly galaktózy, který je přítomen v množství 4,5–5 % v kravském mléce. Přítomnost laktózy dělá z mléka vysoce fermentovatelné médium pro široké spektrum bakteriálních druhů, především bakterií mléčného kvašení umožňující hydrolyzovat laktózu na kyselinu mléčnou za současného snížení pH. Nekontrolovatelné nebo nechtěné fermentace laktózy kontaminující přirozenou mikroflóru jasně vedou ke kažení mléka či výrobě nestandardních výrobků, proto kontrolovaný průběh fermentace pomocí čistých mlékařských kultur je základem výroby mléčných výrobků. [9]

Laktóza je dále schopna podléhat za vysokých teplot Maillardovým reakcím vedoucí k nežádoucím barevným změnám a také může ovlivňovat krystalizační chování, které má význam především ve vysoce koncentrovaných výrobcích. [9]

### 1.3.2 Mléčný tuk

Z historického hlediska byl tuk v mléce považován za jeho nejcennější složku a mléko bylo ceněno převážně nebo zcela na základě obsahu tuku. Určitým způsobem na to měl vliv vývoj poměrně jednoduchých metod pro kvantifikaci obsahu tuku v mléce dávno předtím, než byly k dispozici srovnatelné metody pro bílkoviny. [6]

Obsah tuku se může pohybovat od méně než 3 % do více než 5 %, což je největší rozmezí ze všech přítomných mléčných složek. Hlavní složkou mléčného tuku jsou triacylglyceroly (více než 95 % mléčného tuku), které se skládají ze tří molekul mastných kyselin esterifikovaných na molekulu glycerolu. Mléko obsahuje několik druhů mastných kyselin lišící se délkou řetězce atomů uhlíku a počtem dvojných vazeb. [9]

Tabulka č. 2: Procentuální zastoupení mastných kyselin v kravském a kozím mléce [12]

Mastná kyselina	Kravské mléko [%]	Kozí mléko [%]
C4:0	2,5 - 6,2	1,8 - 2,8
C6:0	1,5 - 3,8	2,2 - 3,4
C8:0	1,0 - 1,9	2,4 - 3,9
C10:0	2,1 - 4,0	8,8 - 13,4
C12:0	2,3 - 4,7	3,8 - 5,5
C14:0	8,5 - 12,8	8,5 - 11,6
C14:1	0,6 - 1,5	0,5 - 0,8
C16:0	24,0 - 33,3	23,3 - 32,1
C16:1	1,3 - 2,8	1,0 - 2,0
C18:0	6,2 - 13,6	4,3 - 11,2
C18:1	19,7 - 31,2	16,2 - 26,6
C18:2	1,3 - 5,2	1,2 - 2,5

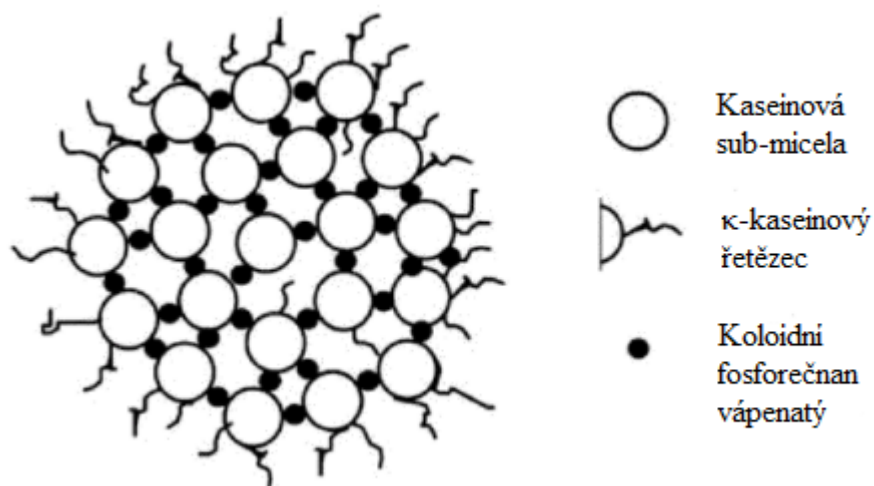
### 1.3.3 Bílkoviny

Bílkoviny mléka jsou rozděleny do dvou hlavních skupin, které se zásadně liší svými vlastnostmi, zejména rozpustností při úpravě mléka na pH hodnotu 4,6. Za těchto podmínek je většina (obvykle kolem 75 % hmotnostních) mléčných bílkovin, zvaných kasein, nerozpustná a buď se vysráží nebo tvoří gel, v závislosti na tom, zda je rychlost poklesu pH rychlá nebo pomalá. Tato kaseinová frakce obsahuje čtyři hlavní kaseiny zvané  $\alpha_{s1}$ -kasein,  $\alpha_{s2}$ -kasein,  $\beta$ -kasein a  $\kappa$ -kasein, což jsou poměrně hydrofobní vláknité proteiny s malou terciální strukturou. Kaseiny se ve vodném prostředí mléka sdružují do složitějších struktur nazývaných micely, které obsahují tisíce molekul každého kaseinu. [9]

Syrovátkové bílkoviny obsažené v mléce jsou typické kulovité proteiny s přesně definovanou sekundární a terciální strukturou. Na rozdíl od vysoce stabilních kaseinů si proteiny globulární syrovátky (zejména  $\alpha$ -laktalbumin a  $\beta$ -laktoglobulin) uchovávají své původní konformace pouze v relativně omezeném teplotním rozmezí. Vystavení

syrovátkových proteinů extrémním teplotním jevům vede k denaturaci a agregaci těchto bílkovin. [6]

Kaseinové micely v kravském mléce se vyskytují jako koloidní komplexy bílkovin a solí, především vápníku ve formě koloidního fosforečnanu vápenatého. Po odstranění fosforečnanu vápenatého vznikají sub-micely, které obsahují čtyři zmíněné bílkoviny:  $\alpha$ 1-kasein,  $\alpha$ 2-kasein,  $\beta$ -kasein a  $\kappa$ -kasein v poměru 4:1:4:1. Tyto sloučeniny mají průměrnou molekulovou hmotnost okolo 23 900 a jsou fosforylovány v různých stupních. Hydrofobně stabilizované sub-micely jsou následně začleněny do větších celků, micel. Z toho vyplývá, že vazby mezi sub-micelami v podobě vápenatých můstků s koloidním fosforečnanem vápenatým a taktéž hydrofobní interakce interakce jsou zodpovědné za integritu kaseinových micel. Vysoce glykosylovaný  $\kappa$ -kasein má také stabilizující roli. [11]



Obrázek č. 1: Kaseinová micela [6]

#### 1.3.4 Soli

Mléko obsahuje širokou škálu minerálních solí, z nichž jsou některé spojeny s kaseinovými micelami a hrají klíčovou roli při udržování jejich struktury. Hlavní soli obsažené v mléce jsou draslík, vápník, sodík a hořčík, zatímco anionty zahrnují chloridy, sírany, uhličitany a fosforečnany. Frakce solí mléka spojená kaseinovými micelami se nazývá koloidní fosforečnan vápenatý a zahrnuje především vápník a fosfor, ale také v menší míře například hořčík. Vyváženost solí v mléce mezi různými formami a frakcemi je citlivá na podmínkách zpracování, zejména na teplotě a pH. Soli mléka nejsou ve významném množství vázány na tukové kuličky a laktózu. Frakce solí tvoří pouze malou část mléka. [9], [13]



Tabulka č. 3: Složení odstředěného mléka a ultrafiltrovaného mléčného permeátu (g/100 g) [13]

Složka	Odstředěné mléko	Mléčný permeát
Celkový obsah pevných látek	9	5,5
Bílkoviny	3,3	0,16
Laktóza	4,7	4,7
Citrát	0,15	0,15
Vápník	0,125	0,04
Hořčík	0,01	0,006
Fosfor	0,1	0,04
Sodík	0,05	0,05
Draslík	0,15	0,15
Chlorid	0,1	0,1

## 1.4 Syrovátka

Syrovátka je nazelenalá tekutina, která obsahuje přibližně 50 % mléčných složek, včetně laktózy, syrovátkových proteinů a minerálních látek. Přibližně třetina celkové produkce mléka se používá především na výrobu sýrů, kdy syrovátka tvoří okolo 85–90 % objemu mléka za současné produkce několika set tun syrovátky ročně. Nejprve se považovala za odpad používaný především ke krmení zvířat ve formě syrovátkového prášku. Nyní se považuje za cenný druhotný produkt nebo zdroj, z něhož lze získat různé frakce. Membránové operace v kombinaci s dalšími technologiemi jsou uplatňovány v mnoha fázích zpracování syrovátky. Ultrafiltrace se v současnosti používá k výrobě syrovátkového bílkovinného koncentráту. Odsolování syrovátky je také důležitým krokem pro mnoho aplikací. [14], [4]

Ačkoliv je syrovátka vedlejším produktem, syrovátkové přísady mají širokou škálu nutričních a zdraví prospěšných vlastností. Rostoucí množství literatury naznačuje, že vlastnosti syrovátky a syrovátkových bílkovin zahrnují antioxidační aktivitu, antimikrobiální, imunostimulační a protinádorové rysy. [4]

### 1.4.1 Typy syrovátky

V závislosti na typu koagulace mléka existují dva typy syrovátky. Prvním typem je syřidlová, která je tvořena enzymatickou koagulací. Druhou variantou je kyselá jako vedlejší produkt koagulace mléka acidifikací. Přítomnost kyseliny mléčné, výrazně nižšího pH a vyšší koncentrace minerálů způsobuje, že kyselá syrovátka je méně vhodná ke zpracování než její syřidlový ekvivalent. [4]

Sladká syrovátka je nejčastěji se vyskytujícím typem pocházející z výroby sýra, kde je její zpracování založeno na srážení kaseinu syřidlem. Sladká syrovátka se vyrábí ze sýrů, jako je eidam, gouda nebo ementál a její konečné pH se přibližuje počátečnímu pH mléka, 6–6,6. Obsah minerálů je také podobný obsahu mléka. [15]

Kyselá syrovátka je produkována za současného použití bakterií mléčného kvašení pro výrobu čerstvého sýru nebo chemickým okyselením mléka až po izoelektrický bod kaseinu, odpovídající pH 4,6. Kyselé srážení se také využívá při výrobě jogurtů nebo při získávání samotného kaseinu. Tento typ syrovátky má o něco vyšší obsah minerálních látek než sladká syrovátka díky uvolňování minerálních látek z kaseinových micel (především vápníku a fosfátů) do sérové fáze v kyselých podmínkách. Její konečné pH je taktéž velmi kyselé, odpovídající hodnotě 4,3-4,6. [10], [15]

### 1.4.2 Složení syrovátky

Syrovátka tvoří přibližně 85–90 % objemu mléka použitého k výrobě sýrů a uchovává přibližně kolem 55 % mléčných živin. Tekutá syrovátka se skládá z laktózy (5 %), bílkovin (0,85 %), vody (93 %), minerálů (0,53 %) a minimálního množství tuku (0,36 %). Syrovátkové bílkoviny mají vysokou biologickou hodnotu především kvůli vysokému obsahu esenciálních aminokyselin s rozvětveným řetězcem (leucin, izoleucin a valin). [16]

Tabulka č. 4: Přibližné složení sladké a kyselé syrovátky [15]

	Sladká syrovátka [g/l]	Kyselé syrovátka [g/l]
pH	6,4	4,6
Sušina	66	64
Dusíkaté látky	6,2	5,8
Bezdušíkaté látky	0,37	0,4
Laktóza	52,3	44,3
Popeloviny	5	7,5
Tuk	0,2	0,3
Vápník	0,5	1,6
Sírany	0,7	0,5
Horčík	0,07	0,1
Sodík	0,53	0,51
Draslík	1,45	1,4
Chloridy	1,02	0,9

Obsah sušiny v syrovátce tvoří okolo 65 g/l, která je složena převážně z laktózy (~ 50 g/l), dusíku (hlavně sérových bílkovin ~ 6 g/l, obsahující  $\alpha$ -laktalbumin,  $\beta$ -laktoglobulin, sérový albumin a vedlejších bílkovin jako jsou laktoferin a imunoglobuliny), popelovin (minerálních látek ~ 6 g/l) a tuku (~ 0,3 g/l). [15]

Syrovátkové bílkoviny představují 15–22 % z celkového množství mléčných bílkovin. Polovina vyprodukovaných syrovátkových bílkovin je ošetřena a přeměněna na různé potraviny a krmiva. V množství 50 % se zmíněné bílkoviny využívají v tekuté formě, 30 % v práškové formě, 15 % ve formě laktózy a zbylých 5 % se využívá jako čistý syrovátkový bílkovinný koncentrát (WPC). WPC obvykle obsahuje 50–85 % bílkovin v sušině, zatímco syrovátkový bílkovinný izolát (WPI), obsahuje 90–98 % bílkovin a velmi malé množství tuku a laktózy. Syrovátka může být díky svým vlastnostem použita jako součást mnoha věcí. Tekutou syrovátkovou bílkovinu lze použít buď k výrobě biohnojiva nebo jako krmivo pro hospodářská zvířata. V práškové formě se uplatňují v krmivech pro zvířata a také v lidské stravě jako sladidlo díky obsahu laktózy. Dalším využitím jako zdroje bílkovin je přeměna na čistou formu WPC za současného využití jako potravinářská přídatná látka a potravinová složka. V dnešní době je ultrafiltrace syrovátkových bílkovin standartní proces, který umožní získání těchto bílkovin bez výrazných ztrát a s nízkým obsahem soli, tudíž jsou vhodné k lidské výživě. [17]

## 2 FERMENTOVANÉ MLÉČNÉ VÝROBKY

Fermentované potraviny a nápoje jsou součástí lidské výživy již od pradávna. Fermentace je způsobena aktivitou mikroorganismů, díky níž potraviny získávají charakteristické senzorické vlastnosti, zejména co se týká chuti a dalších organoleptických vlastností. Navíc bylo zjištěno, že fermentace představuje přirozený způsob, jak zničit nežádoucí složky, zvýšit nutriční hodnotu a zlepšit vzhled potravin. [15], [18]

Tabulka č. 5: Rody mikroorganismů izolované ze základních fermentovaných mléčných výrobků [15]

Produkt	Mikroorganismy
Sýr	<i>Lactococcus sp.</i> , <i>Leuconostoc sp.</i> , <i>Lactobacillus spp.</i> , <i>Enterococcus spp.</i> , <i>Debaryomyces sp.</i> , <i>Penicillium sp.</i>
Jogurt	<i>Lactobacillus spp.</i> , <i>Bifidobacterium spp.</i> , <i>Streptococcus spp.</i>
Kefir	<i>Lactococcus sp.</i> , <i>Leuconostoc sp.</i> , <i>Lactobacillus spp.</i> , <i>Candida sp.</i> , <i>Saccharomyces spp.</i>
Tvaroh	<i>Lactococcus sp.</i> , <i>Leuconostoc sp.</i> , <i>Lactobacillus spp.</i> , <i>Streptococcus spp.</i> , <i>Weissella sp.</i> , <i>Saccharomycopsis sp.</i> , <i>Candida sp.</i>
Kumys	<i>Lactobacillus spp.</i> , <i>Saccharomyces spp.</i>
Zakysané podmásli	<i>Lactococcus sp.</i> , <i>Leuconostoc sp.</i>
Bulharské podmásli	<i>Lactobacillus spp.</i>

Fermentované mléčné výrobky vznikají v důsledku mikrobiálního „zakysání“ mléka, obvykle kravského, ale také mléka jiných druhů, včetně ovcí, koz, koní a buvolů. Většina z nich je velmi podobná, a to jak z hlediska vlastností, tak z hlediska technologie použité k jejich výrobě. Mnohé fermentované mléčné výrobky se rozlišují také podle oblasti původu a jen velmi málo z nich se stalo komerčně významnými. Zájem o tyto výrobky, zejména o jogurty, od vývoje ochucených a ovocných jogurtů v Evropě na konci 50. let rapidně roste a v poslední době také roste poptávka po fermentovaném mléce. [19]

Fermentované mléko lze klasifikovat na základě typu fermentace, kterou podstoupí, jako mléčné nebo kvasinkově-mléčné (např. kefir, kumys, acidofilní mléko). Výrobky mléčného kvašení lze v závislosti na vlastnostech mléčné mikroflóry dále klasifikovat jako mezofilní, termofilní a probiotické nebo terapeutické. [19]

## 2.1 Historie

Skandinávské země mají dlouho tradici v konzumaci fermentovaných mléčných výrobků. Za starých časů vedly sezónní výkyvy farmáře k uchování mléka především ve formě másla a jeho vedlejšího produktu, podmáslí. Také produkovaly určité typy fermentovaných mléčných výrobků. Později začala probíhat průmyslová výroba těchto výrobků a komerčně se postupně objevovaly vybrané startovací kultury specifické pro jednotlivé výrobky. [20]

Fermentace je jednou z nejstarších metod praktikovaných lidmi při přeměně mléka na výrobky s prodlouženou trvanlivostí. Přesný původ výroby fermentovaného mléka je obtížné zjistit, mohl by však pocházet zhruba z doby před 10 000 – 15 000 lety, kdy se způsob života lidí změnil ze sběru potravin na výrobu potravin. Tato změna zahrnovala také domestikaci zvířat (skotu, ovcí, buvolů a velbloudů) a je velmi pravděpodobné, že k přechodu došlo v různých dobách a v různých částech světa. Archeologické důkazy ukazují, že některé civilizace (např. Babyloňané v Mezopotámii, faraóni v severovýchodní Africe a Indové v Asii) značně pokročily v zemědělských a chovatelských metodách a ve výrobě fermentovaných mléčných výrobků, jako je jogurt. [21]

## 2.2 Jogurt

Jogurt, jako jeden z nejstarších fermentovaných mléčných výrobků, je nejvíce rozšířený a také nejvíce konzumovaný po celém světě. [22]

Technologicky se vyrábí dva typy základních jogurtů:

### 1. Jogurt s nerozmíchaným koagulátem (Set Type)

Výroba tohoto typu jogurtu spočívá v zaočkování mléka jogurtovou kulturou a jeho okamžitým plnění do spotřebitelských obalů. V přítomném obalu za teploty 40–45 °C je fermentace dokončena v rozmezí 2–4 hodin za současného vytvoření porcelánovitého gelu. Jogurt je následně přesunut do chladíren, kde se také po celou dobu skladuje. [22]

### 2. Jogurt s rozmíchaným koagulátem (Stirred Type)

Druhý typ jogurtu, který je v dnešní době nejrozšířenější, vzniká nejprve ve velkém procesním tanku. Zde fermentace probíhá za teploty 30 °C, v závislosti na tom je doba srážení o něco delší (10–12 hodin). Po dokončení fermentace probíhá rozmíchání koagulátu a plnění do spotřebitelských obalů. [22]

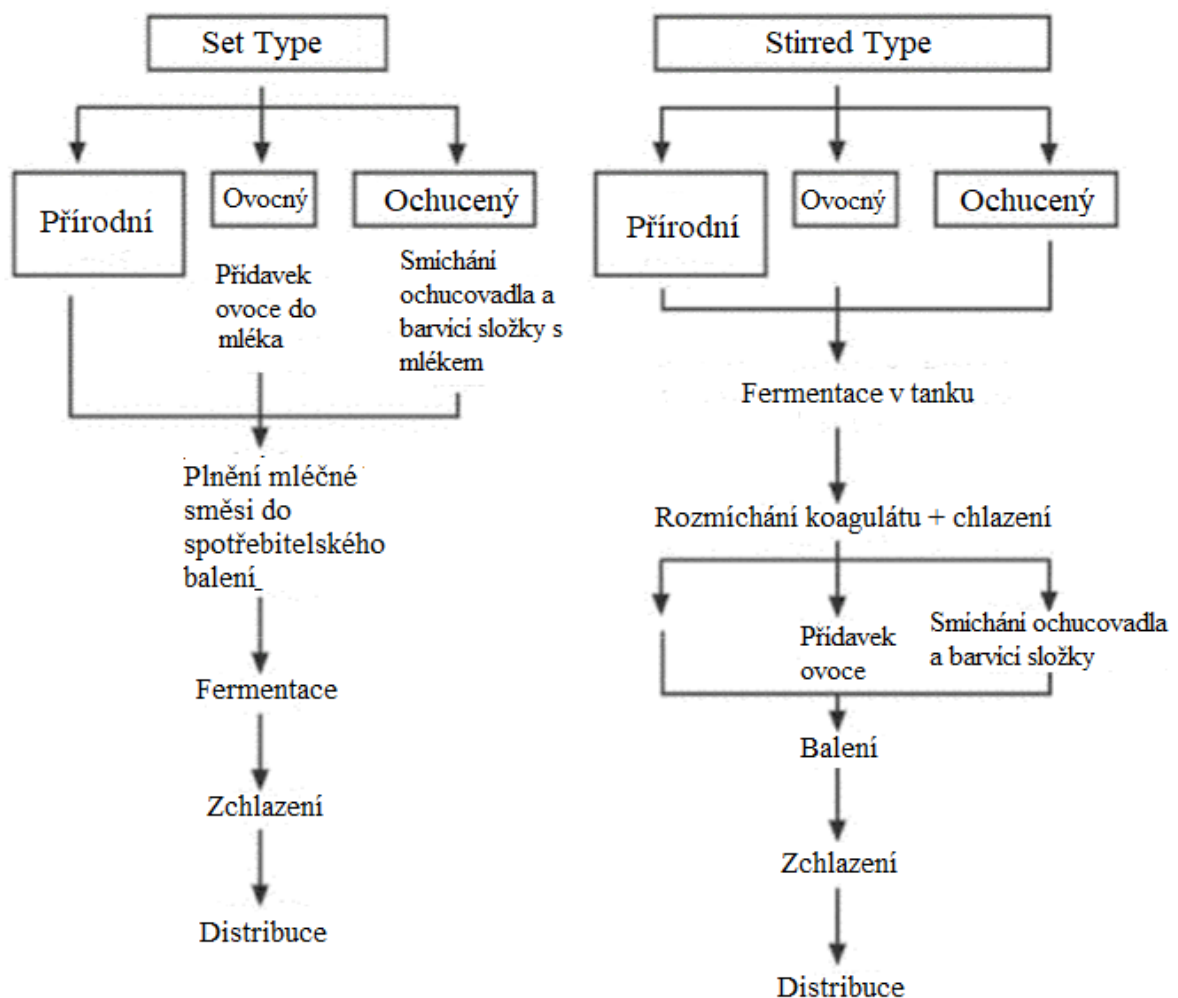
Název jogurt je používán k popisu široké škály příbuzných výrobků, které lze klasifikovat podle zmíněné varianty zrání (Set/Stirred Type), podle způsobu aromatizace (přírodní, ovocné nebo ochucené) nebo podle konzistence (krémovité, pevné a tekuté). Homogenizace je mnohdy využívána pro zlepšení konzistence dodávající výslednému produktu hladkou krémovitou a jemnou chuť způsobenou částečnou denaturací kaseinu a zásadní denaturací albuminu a globulinu. Obvyklou startovací kulturou používanou k výrobě jogurtu je směs *Streptococcus thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. [19], [23], [24]

Textura je jednou z nejdůležitějších vlastností kvality jogurtů. Vhodná textura vede jednoznačně k lepšímu hodnocení produktu. Japonští spotřebitelé preferují jemnou a hladkou texturu a příliš tvrdá či hrubá textura není žádoucí. Proto je nutné průběžně vyvíjet metody pro získání hladší konzistence jogurtu. Taktéž vzhled je jedním z důležitých potravinářských prvků, které spotřebitelé vnímají. Tudíž jogurt, nejlépe vnímaný spotřebiteli je ten, který má jak příjemnou texturu (zejména hladkost), tak dostatečnou pevnost koagulátu. [25]

Ve snaze zlepšit spotřebu jogurtů na různých světových trzích byl výrobek smíchán se širokou škálou složek potravin s cílem poskytnout spotřebiteli jiné chutě než ovocné, na které jsou zvyklí. Některé příklady mohou zahrnovat použití sušených ovocných a zeleninových prášků jako přídatných látek obsahujících přírodní zdroje pektinu a vitamínu C napomáhající léčbě u pacientů s poruchami trávicího traktu. K aromatizaci jogurtu byla také alternativně použita mrkvová buničina a přírodní výtažky získané ze syrové zeleniny. Hodnocena byla i spotřebitelská přijatelnost řady jogurtů s příchutí zeleniny (okurka, květák, fazolové klíčky, celer) [21]

### 2.2.1 Výroba jogurtu

Výrobě jogurtu nejprve předchází úprava sušiny a tučnosti mléka dle požadované konzistence výsledného produktu. Tato úprava se provádí hlavně u jogurtů s nerozmíchaným koagulátem, a to přidávkem sušeného mléka anebo kaseinové bílkoviny. Pro úpravu tučnosti se přidává smetana. Následuje homogenizace mléka zabraňující vyvstávání tuku na povrch připraveného jogurtu. Mléko se pasteruje při teplotě 85–95 °C po dobu 5 minut, kdy po dokončeném tepelném ošetření je mléko zchlazeno na teplotu 35–45 °C a inokuluje se příslušnou kulturou. Po fermentaci následuje skladování za chladírenských teplot. [26], [25]



Obrázek č. 2: Zjednodušené schéma fází výroby rozdílných jogurtů [21]

### 2.3 Jogurtové mléko

Jogurtové mléko je zařazeno do kategorie jogurtů s rozmíchaným koagulátem projevující se nízkou viskozitou za současného osvěžujícího efektu. [27]

Evropské a severoamerické jogurtového mléka jsou vyrobeny z mléčné báze s nízkým obsahem tuku a mléčné sušiny. Při běžné výrobní praxi se s jogurtovým koagulem zachází velmi opatrně, ale při výrobě jogurtového mléka jsou objemová dávkovací čerpadla nahrazena odstředivými čerpadly, která jogurt přenesou z inkubačních nádrží do chladičů. Alternativně se k narušení koagula po fermentaci používají vyšší rychlosti protřepávání nebo někdy zchlazený jogurt prochází homogenizátorem bez použití tlaku. [27]

Rozdělení jogurtového mléka dle typu použitých procesů: [27]

1. Homogenizované jogurtové mléko s rozmíchaným koagulátem, zchlazené a zabalené (A)

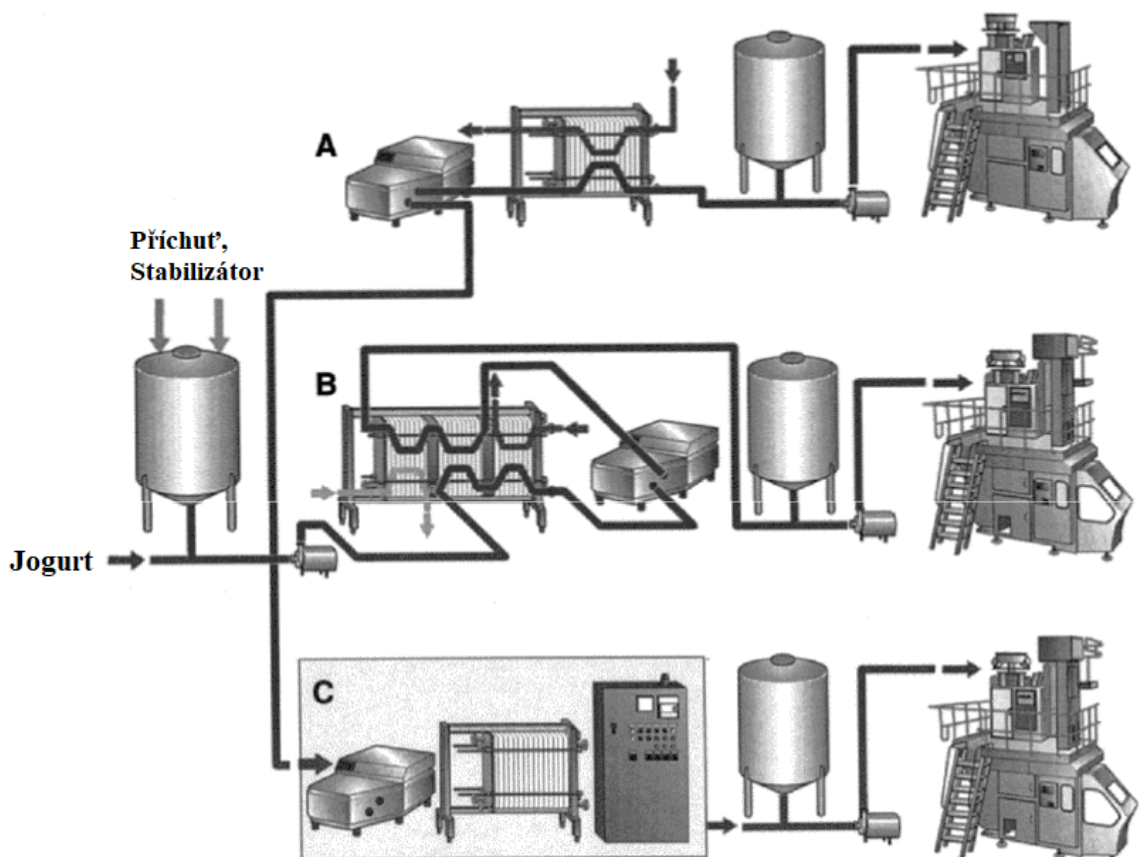
Trvanlivost: 2–3 týdny, skladování při teplotě 5 °C

2. Homogenizované jogurtové mléko s rozmíchaným koagulátem, pasterované a asepticky balené (B)

Trvanlivost: 1–2 měsíce, skladování při teplotě 5 °C

3. Homogenizované jogurtové mléko s rozmíchaným koagulátem, ošetřené UHT a asepticky balené (C)

Trvanlivost: několik měsíců, skladování při okolní teplotě [27]



Obrázek č. 3: Znárodnění zpracovatelských postupů k výrobě jogurtového mléka [27]



Obecně platí, že k výrobě jogurtového mléka se běžně používá samotné mléko, ale v některých případech mohou být do mléka přidávány určité potravinářské přídatné látky. Některé příklady mohou zahrnovat přidání sladového extraktu, syrovátkového koncentrátu, sójové mouky, sladkého smetanového podmáslí nebo také extrakt z červeného ženšenu. Dalo by se však namítnout, že některé z těchto výrobků by měly být označovány spíše jako nápoje než jogurtové mléko. [27]

## 2.4 Syrovátkové nápoje

Jako vedlejší produkt mlékárenského průmyslu se syrovátka obvykle používá pro výrobu fermentovaných nápojů a je jedním z hlavních ekonomických řešení využití syrovátky, a tím i pro redukci odpadu. [28]

Syrovátka je vynikajícím zdrojem laktózy a také dobrým zdrojem vitaminů, bílkovin, minerálů a lipidů. Syrovátkové bílkoviny mají vysokou nutriční hodnotu přesahující 15 %, která je srovnatelná s vaječnými bílkoviny. Navíc má syrovátka vysoký obsah esenciálních aminokyselin s rozvětveným řetězcem dodávající svalům metabolickou energii a podporují syntézu alaninu a kyseliny glutamové během stresu. Aminokyseliny leucin, lysin a tryptofan hrají roli v podobě regulátorů glukózy a metabolismu proteinů, jsou také důležité pro regulaci hmotnosti. Vzhledem k těmto vlastnostem je syrovátka dobrým a udržitelným meziproduktem sloužícím k vývoji nových potravin podporujících zdraví. Díky svému tekutému charakteru se syrovátka často využívá k výrobě různých druhů nápojů (sportovní nebo energetické), včetně těch fermentovaných. [29]

Před fermentací je nutná pasterace roztoku syrovátky, jelikož pomáhá zlepšovat trvanlivost a proces fermentace inaktivací přítomných nežádoucích mikroorganismů. Tepelné ošetření však navozuje i některé další nežádoucí změny, jako je denaturace syrovátkových bílkovin a jejich následná sedimentace. [28]

Jako náhrada tepelného ošetření byla zkoumána možnost aplikace termosonikace (20 kHz při teplotě 45 °C a 55 °C). Aplikace ultrazvuku do roztoku syrovátky při 480 W a teplotě 55 °C prokázala nejlepší synergický letální účinek na bakteriální inaktivaci, zlepšení senzorických vlastností a nulovou sedimentaci ve srovnání s pasterací syrovátky. Tepelné ošetření (> 60 °C) denaturuje syrovátkové bílkoviny a dochází k jejich srážení nebo sedimentaci. Ultrazvuk však brání srážení tím, že homogenizuje roztoky syrovátky, a tím zlepšuje jeho stabilitu. Aplikace ultrazvuku při 84 W po dobu delší jak 150 sekund a víc prokázala lepší mikrobiální aktivaci, čímž vytvořila vysoký počet životaschopných buněk.

Proto může ultrazvuk snížit výrobní náklady, protože následná doba fermentace je kratší a může být použita jako náhrada za pasteraci. [28]

Vzhledem ke skutečnosti, kdy syrovátka obsahuje skoro 70 % laktózy pocházející z mléka se jeví fermentace jako vhodný způsob pro její využití. Fermentovaný syrovátkový nápoj je vyráběn nejčastěji pomocí bakterií mléčného kvašení, které umožní přeměnit přítomnou laktózu na kyselinu mléčnou za současného snížení pH. V důsledku toho je pro výrobu fermentovaných syrovátkových nápojů vhodnější volit sladkou syrovátku. V některých případech může ale samotná fermentace syrovátky způsobit nevhodné vlastnosti, mezi které můžeme zařadit například příliš kyselá chuť nebo nežádoucí zápach. K eliminaci těchto faktorů se právě často přidává ovocná složka obohacující nápoj o přírodní vůni a chuť. [30], [31]

Ačkoli více používanou syrovátkou je její sladká varianta, tak syrovátková příchut', zejména kyselá syrovátky, je nejvíce kompatibilní s citrusovými příchutěmi, mezi které patří hlavně pomerančová. Bylo vyvinuto několik experimentálních nápojů s citrusovou příchutí, u nichž byla vysoká spotřebitelská přijatelnost. Vyrobeny byly také nápoje připravené smícháním syrovátky se zeleninovou nebo ovocnou šťávou. Jejich konečná povaha ale byla spíše považována jako léčivý přípravek než za produktu pro běžnou spotřebu. [32]

V jednom z dalších výzkumů zkombinovali 25–40 % syrovátky s grapefruitovou šťávou a 7–20 % dalších ovocných šťáv. Kombinace broskve-grapefruit-syrovátka získala průměrné hodnocení 5,9 na hédonické stupnici od 1 do 7. Druhá řada nápojů obsahující hroznovou šťávu, syrovátku a 3 % obsah marakuji obdržela také kladné ohodnocení. Nápoj s pomerančovou příchutí obsahující 33 % syrovátky ohodnotilo 51 hodnotitelů dle předchozí hédonické stupnice hodnocením 6,3. [32]

Spotřebitelskou přijatelnost získal nápoj z kyselá syrovátky s pomerančovou příchutí, který byl dále obohacen kyselinou citrónovou. Přestože byl obsah bílkovin nižší než u odstředěného mléka, obsah vitamínu C dosahoval vyšších hodnot v závislosti na druhu a množství použitého pomerančového koncentrátu. [32]

K fermentaci syrovátky se velmi často využívají kultury schopné metabolizovat laktózu. Zde řadíme například *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Lactobacillus reuteri* nebo *Lactobacillus acidophilus*. [31]

## 2.5 Acidofilní mléko

Výroba acidofilního mléka spočívá v použití specifické probiotické kultury *Lactobacillus acidophilus* způsobující silné okyselení nápoje. Kyselost acidofilního mléka se redukuje přidáním plnotučného mléka, které bylo předkysáno smetanovým zákysem. [33]

## 2.6 Kefír

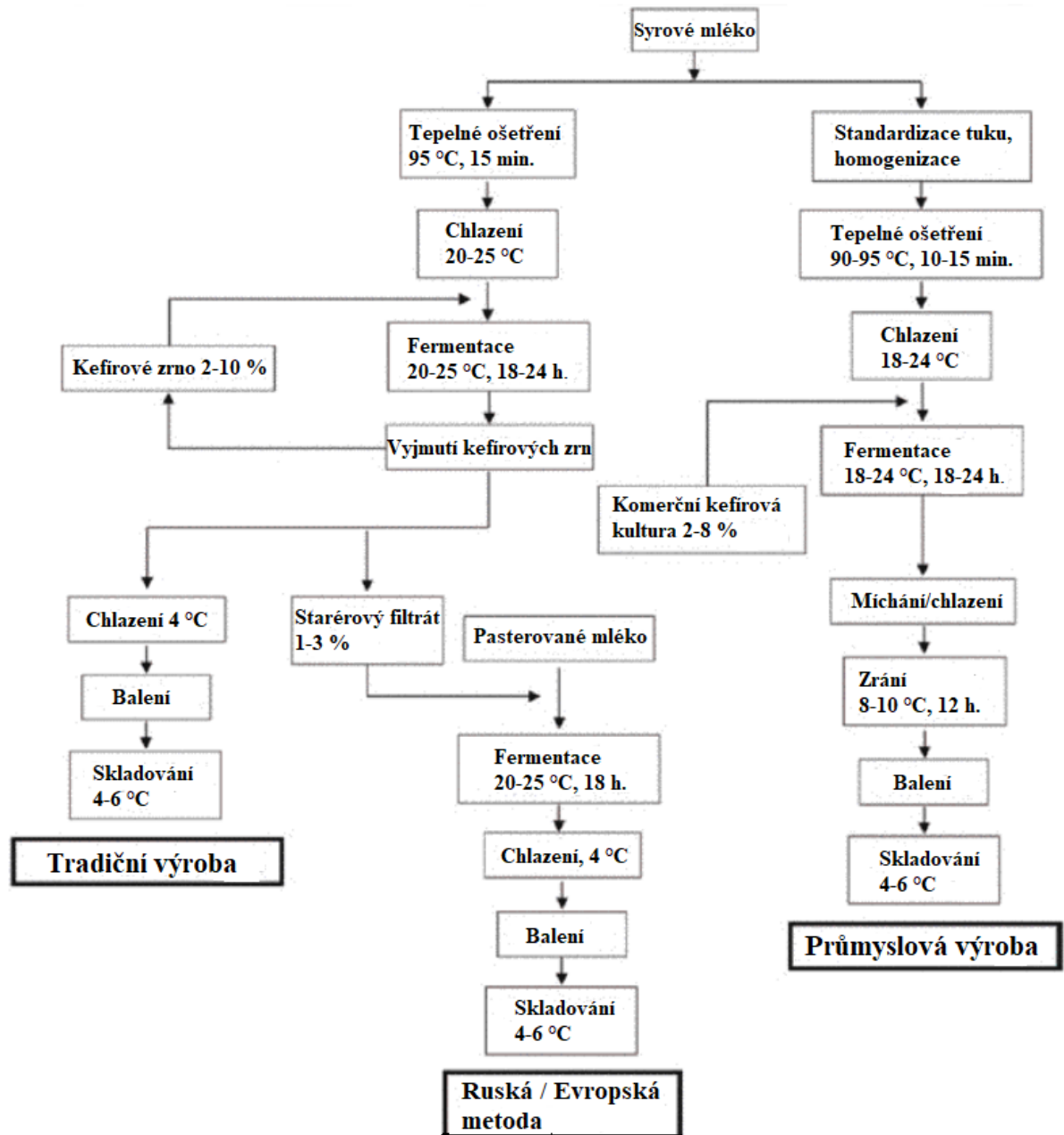
Kefír je fermentovaný mléčný výrobek konzumovaný tisíce let. Jeho původ pochází z Kavkazu, kde nápoj kvasil přirozenou cestou v pytlích vyrobených ze zvířecích kůží. V druhé polovině devatenáctého století se výroba rozšířila do východní a střední Evropy a odtud do dalších částí světa. Kefír se dnes vyrábí ve velkém množství v zemích bývalého Sovětského svazu a ve značném množství v Polsku, Německu, Švédsku, Rumunsku a dalších zemích. [34]

Pro výrobu kefiru se obvykle upřednostňuje kravské a kozí mléko s variantou plnotučného nebo odstředěného mléka, popřípadě jejich směsi. Složení produktu je určováno především surovinou a mikroflórou kefirových zrn a zároveň podléhá regionálním odchylkám. [34]

Kefír je perlivý fermentovaný nápoj obsahující 0,8–1 % kyseliny mléčné a 1–2 % alkoholu. Během fermentace kvasinky fermentující laktózu produkují alkohol a oxid uhličitý a bakterie mléčného kvašení přeměňují laktózu na kyselinu mléčnou. V mléce se vyskytuje určitá proteolýza a rozvíjí se kvasinkové aroma. Chuť kefiru je mírně alkoholická, kvasnicová a kyselá. [34]

Typické složení kefiru má 89–90 % vlhkosti, 0,2 % tuku, 3 % bílkovin, 6 % cukru a 0,7 % popelovin. Kromě hlavních chemických složek kefir obsahuje další složky, jako je acetaldehyd, acetoin, diacetyl a další fermentační metabolity, kde spadá kyselina octová, kyselina pyrohroznová, kyselina hippurová, kyselina propionová a kyselina máselná. Kefír také obsahuje několik vitaminů, makroelementů včetně draslíku, vápníku, hořčíku, fosforu a mikroelementů, kde řadíme měď, zinek, železo, kobalt a mangan. [35]

Startérová kultura se skládá z malých, bílých kefirových zrn o průměru asi 2–10 mm. Tato zrna obsahují složitou, poměrně variabilní mikrobiální komunitu. Zrna obvykle obsahují bakterie mléčného kvašení (laktobacily a laktokoky), bakterie kyseliny octové (*Acetobacter aceti* a *Acetobacter rasens*) a množství druhů kvasinek jako *Saccharomyces* a *Kluyveromyces*, ale hlavním přítomným druhem je *Candida kefir*. [19]



Obrázek č. 4: Schéma výroby kefiru [35]

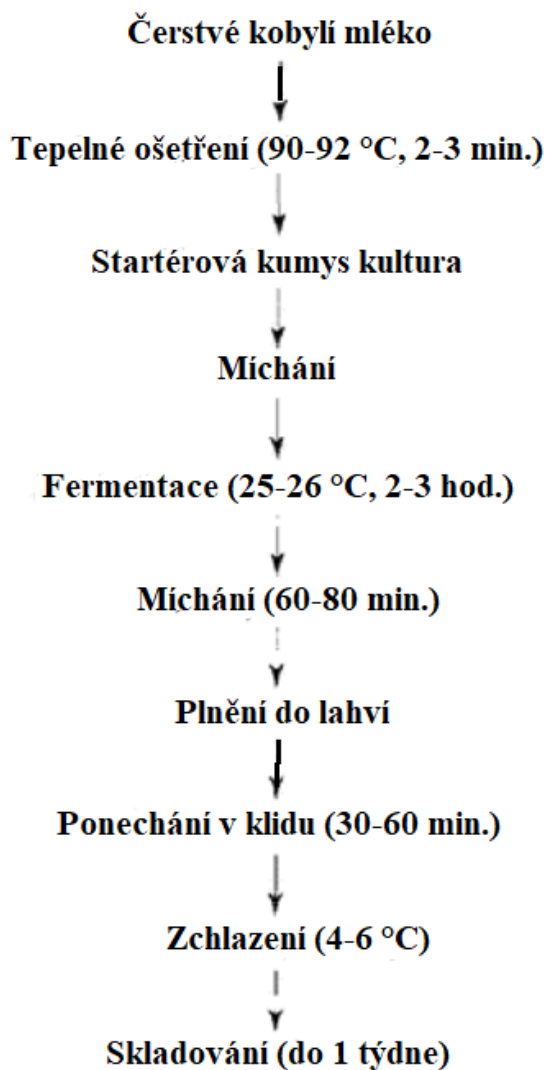
## 2.7 Kumys

Kumys je nápoj starobylého původu a je běžný ve východní Evropě a střední Asii. Tradičně se vyrábí z kobyliho mléka kombinovaným kvašením s kyselinou mléčnou a alkoholem. Je znám pro jeho vysoce výživné a léčivé vlastnosti. [34]

Startérová kultura využívající se pro výrobu nápoje kumys se skládá z baterií mléčného kvašení, mezi které lze zařadit laktobacily (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a *Lactobacillus acidophilus*), dále kmeny kvasinek fermentujících laktózu (*Saccharomyces* spp., *Torula koumiss*) a kvasinky nefermentující laktózu (*Mycoderma* spp., *Saccharomyces*

*cartilagosu*). Konečný produkt obsahuje kyselinu mléčnou, alkohol a oxid uhličitý, čímž vzniká mírně šumivý nápoj. Streptokoky nehrají významnou roli při tvorbě charakteristického aroma nebo chuti, jelikož jsou inhibovány kyselinou mléčnou. *Acetobacter* spp. má také jen velmi malý význam. [19], [34]

Kobylí mléko má nižší obsah tuku, bílkovin, popelovin a celkově nižší obsah pevných látek než mléka kravské, kozí nebo ovčí. Kumys vyrobený z kobyliho mléka je sladší než z kravského mléka. Má mléčně zelenou barvu a jeho stravitelnost je na vysoké úrovni díky velkému obsahu syrovátkových bílkovin. Kumys má okolo 90 % vlhkosti, 2,1 % bílkovin (1,2 % kaseinu a 0,9 % syrovátkových bílkovin), 6,4 % laktózy, 1,8 % tuku a 0,3 % popelovin. Z pohledu hlavních metabolitů fermentace obsahuje 0,7–1,8 % kyseliny mléčné, 0,6–2,5% alkoholu a 0,5–0,9 % oxidu uhličitého. [34]



Obrázek č. 5: Schéma průmyslové výroby pro kumys [34]

## 2.8 Zakysané podmáslí

Zakysané podmáslí se vyrábí z vedlejšího produktu při výrobě másla za použití směsi startérové kultury *Lactococcus* spp. (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis* a *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*), která je hlavním producentem kyseliny mléčné a *Lactococcus lactis* biovar *diacetylactis* dodávající podmáslí chuť. [19]

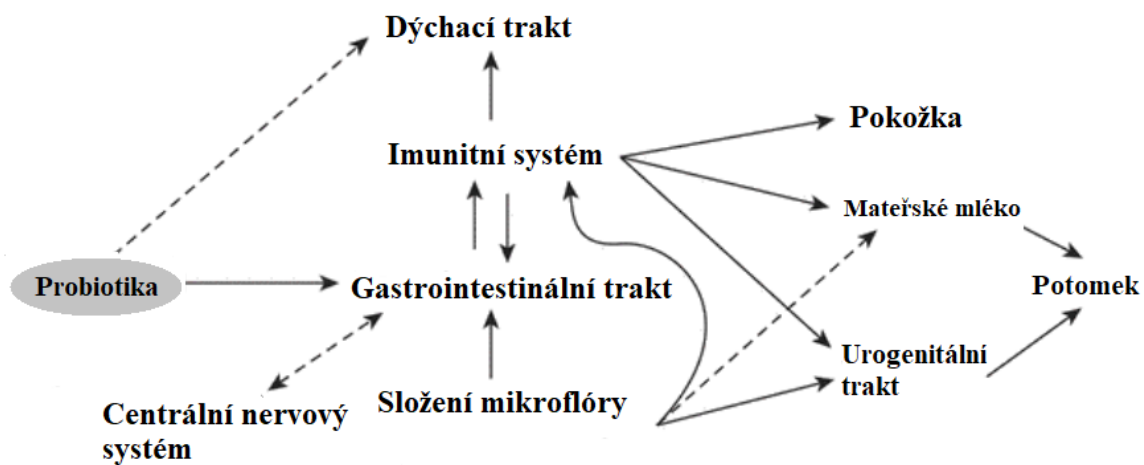
## 2.9 Benefity

Zařazení určitých mikrobiálních kultur způsobujících fermentaci během zpracování potravin může mít za následek zdravotní přínos produktu, a tudíž může vést k funkčním atributům. Klíčové funkce organismu mohou být příznivě ovlivněny dodáním probiotik nebo změnou biotransformačních reakcí během fermentace, včetně eliminace nežádoucích látek, tvorby zdraví prospěšných molekul nebo zvýšení její biologické dostupnosti. [36]

Všechny fermentované mléčné výrobky obsahují živé bakterie mléčného kvašení, pokud nejsou po fermentaci pasterovány. V roce 2000 činila celková spotřeba fermentovaného mléka a jogurtů v EU přibližně 6,35 milionu tun. Spotřeba se podle země značně liší, nejvyšší je v severských zemích a Nizozemsku. Již dříve lidé zjistili zdravotní benefity fermentovaného mléka. Přidání vybraných, dobře zdokumentovaných zdraví účinných kmenů (probiotik) do procesu fermentace je snadným a přirozeným způsobem, jak zlepšit funkčnost těchto produktů. Hlavní část funkčních potravin tvoří právě mléčné výrobky. [20]

Účinky syrovátky podporující zdraví se uplatňují již po staletí. Historické záznamy ukazují, že syrovátka se v Evropě používala k léčebným účelům již v sedmnáctém a osmnáctém století. Bylo zaznamenáno, že syrovátkové bílkoviny a peptidy mají mnoho bioaktivních vlastností, jako je zvýšení fyzické výkonnosti, lepší rekonvalescence po cvičení, úprava tělesné hmotnosti, protinádorový účinek, hojení ran a léčba infekcí. [29]

Mnoho studií bylo provedeno s probiotiky jako doplňky stravy, kde je zároveň i jejich logistika jednodušší než produkovat běžný čerstvý fermentovaný mléčný výrobek. Konzumace probiotik může mít zdravotní přínos i mimo trávicí trakt. Potenciální mechanismy pro tyto střevní i mimo střevní účinky jsou znázorněny na obrázku č. 6. [37]



Obrázek č. 6: Schématické znázornění uplatnění probiotik ve střevech i mimo ně [37]

### 3 ČISTÉ MLÉKÁRENSKÉ KULTURY

Čisté mlékárenské kultury, známé jako startéry, jsou mikroorganismy schopné množení používané při výrobě fermentovaných mléčných výrobků a sýrů. [38]

Startérová kultura je přidána do výrobku, kde následně probíhá růst a množení za kontrolovaných podmínek. V průběhu fermentace produkují bakterie látky, které kultivovanému produktu dodávají charakteristické vlastnosti, jako je kyselost (snížení pH), chuť, aroma a změnu konzistence. Pokles pH, k němuž dochází při fermentaci laktózy na kyselinu mléčnou má na výrobek konzervační účinek a zároveň se jeho nutriční hodnota a stravitelnost zvyšuje. [8]

Fermentované mléčné výrobky mají různé vlastnosti, a proto se při jejich výrobě používají různé startérové kultury, které lze klasifikovat podle jimi preferovaných růstových teplot:

1. Mezofilní bakterie – optimální teplota růstu 20 až 30 °C
2. Termofilní bakterie – optimální teplota růstu 40 až 45 °C

Kultury mohou být:

1. Jednokmenové – obsahují pouze jeden kmen bakterie
2. Složené / směsné – směs několika kmenů, každý s vlastním specifickým účinkem [8]

V dnešní době lze kultury získat v relativně čisté formě. Tyto komerční kultury jsou mnohem spolehlivější a je udržována jejich konzistentnost než kultury využívané v minulosti. Bezpečný proces výroby čistých startérových kultur zamezí výrobním ztrátám způsobeným špatnou fermentací. Směsné kultury jsou však obvykle odolnější než jednokmenové vůči kontaminaci nežádoucími mikroorganismy. [34]

První komerční startérové kultury obsahovaly pouze jeden mikroorganismus. V dnešní době však výrobci potravin často používají dva nebo více mikroorganismů současně. Například při výrobě jogurtu se jedná o symbiotickou aktivitu *Streptococcus thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Kombinace mikroorganismů může ovšem také způsobit i komplikace. Příkladem je současné použití *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis* a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* při výrobě sýru parmezán, při němž je tento poddruh silně inhibován. [34]



### 3.1 Bakterie mléčného kvašení

Bakterie mléčného kvašení (BMK) se všeobecně vyskytují v prostředí bohatém na živiny. U živočišných potravin zde můžeme zařadit maso a mléko, naopak u rostlinných zdrojů to jsou například traviny, zelí nebo olivy. Tyto bakterie vyžadují ke svému růstu fermentovatelné sacharidy, nukleotidy, vitaminy, peptidy a aminokyseliny. Vybrané druhy se nachází v podobě přirozené mikroflóry zažívacího traktu. [39]

BMK se již tradičně využívají pro fermentaci potravin a krmiv obsahujících prospěšné mikroorganismy. Především u rodu *Lactobacillus* byly vědeckými studiemi prokázány probiotické vlastnosti, které mají zdravotní přínos pro konzumenta. [39]

Základní funkce BMK, které slouží pro výrobu potravin a krmiv jsou funkce protektivní, technologická a probiotická. Dříve byl kladen důraz hlavně na technologickou funkci související s přeměnou substrátu (bílkoviny, sacharidy, lipidy) na metabolity ovlivňující vůni, chuť a konzistenci potravin. Protektivní funkce zvyšuje bezpečnost potravin a prodlužuje jejich trvanlivost za současné produkce antimikrobiálních metabolitů (organické kyseliny, acetaldehyd, diacetyl, oxid uhličitý, deriváty aminokyselin, bakteriociny). Z probiotické funkce vyplývá pozitivní vliv na zdravotní stav a kvalitu života lidí a zvířat způsobené kombinací aktivit BMK (chemické, mikrobiologické, biochemické). [39]

### 3.2 Kefírová kultura

Kefírová kultura je určena k výrobě kefiru a kefirového mléka. Produkt je připravený z kefirových zrn obsahujících definované kmeny bakterií mléčného kvašení (*Leuconostoc*, *Aerobacter*, *Lactococcus*) a kvasinek (*Kluyveromyces* a *Sacharomyces*). [33]

Kefírová zrna jsou želatinové granule o průměru přibližně 2–15 mm, skládající se ze směsi mikroorganismů seskupených velmi organizovaně. Kefírová zrna z chemického hlediska obsahují 89–90 % vody, 0,2 % tuku, 3 % bílkovin, 6 % cukru (především polysacharidu) a 0,7 % popelovin. Měly by se skladovat ve vlhkém prostředí při teplotě 4 °C nebo se sušit při pokojové teplotě po dobu 36–48 hodin. Vysušená kefirová zrna si uchovávají svoji aktivitu po dobu 12–18 měsíců, zatímco zrna uchovávaná ve vlhkém prostředí udržují svoji aktivitu pouze po dobu 8–10 dní. Jednou z účinných metod konzervace kefirových zrn je skladování při teplotě -20 °C. [34]

Pro výrobu kefíru z čistých kultur izolovaných z keřirových zrn existují dva základní postupy. Prvním způsobem se do tepelně ošetřeného mléka přidávají bakterie mléčného kvašení a zároveň i kvasinky. Druhý postup spočívá nejprve v přidání bakterií mléčného kvašení do tepelně ošetřeného mléka a kvasinky se přidávají až před druhou fermentací. [34]

Hlavním problémem při používání čistých kultur je nalezení vhodné rovnováhy mezi BMK a kmeny kvasinek, které vytvářejí produkt s charakteristickými vlastnostmi tradičního kefíru. V praxi je to poměrně obtížný proces, jelikož proporce mikroorganismů v keřirových zrnech jsou samy o sobě ovlivňovány mnoha faktory. [34]

Následující postupy by měly zajistit výrobek vysoké kvality:

1. Mléko by se mělo měnit vždy ve stejnou dobu každý den
2. Poměr zrn k mléku by měl být v rozmezí 1:30–1:50
3. Mléko by mělo být tepelně ošetřeno (90–95 °C po dobu 15 minut)
4. Mléko by mělo být fermentováno při teplotě 18–20 °C
5. Během inkubace by se mělo fermentující mléko dvakrát až třikrát promíchat [34]

Tabulka č. 6: Druhy mikroorganismů izolovaných z různých keřirových zrn [34]

<i>Lactococcus</i>	<i>Lactobacillus</i>	Kvasinky
<i>L. lactis subsp. lactis</i>	<i>L. caucasicus</i>	<i>Kluyveromyces lacti</i>
<i>biovar diacetylactis</i>	<i>L. brevis</i>	<i>Kluyveromyces marxianus var. Marxianu</i>
<i>L. lactis subsp. cremoris</i>	<i>L. keřir</i>	<i>Kluyveromyces fragil</i>
<i>L. filant</i>	<i>L. casei</i>	<i>Torula (Candida) keřir</i>
	<i>L. plantarum</i>	<i>Candida holmii</i>
	<i>L. acidophilus</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
	<i>L. keřiranofaciens</i>	<i>Zygosaccharomyces florentinus</i>
	<i>L. ceVobiosus</i>	<i>Torulaspora delbrueckii</i>
<i>Leuconostoc</i>	<i>L. helveticus subsp. jugurti</i>	<i>Saccharomyces exiguus</i>
<i>L. dextranicum</i>	<i>L. lactis subsp. lactis</i>	<i>Candida pseudotropicalis</i>
<i>L. mesenteroides</i>	<i>L. rhamnosus</i>	<i>Saccharomyces globus</i>
<i>L. keřir</i>	<i>L. fermentum</i>	<i>Saccharomyces dairensis</i>
	<i>L. paracasei subsp. paracasei</i>	<i>Saccharomyces unispores</i>
	<i>L. paracasei subsp. tolerans</i>	<i>Mycotorula keřyr</i>
	<i>L. parakeřir</i>	<i>Mycotorula lactis</i>
	<i>L. viridescens</i>	<i>Candida friedrichii</i>
	<i>L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i>	<i>Candida valida</i>

## **CÍL PRÁCE**

Cílem této práce bylo vyrobit fermentované syrovátkové nápoje s použitím třech různých keřirových kultur a rozdílných médií za účelem vyhodnocení nejlepší keřirové kultury a její varianty média dle fyzikálně-chemických, reologických a organoleptických vlastností.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 VÝROBA FERMENTOVANÝCH SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ

Připravené fermentované syrovátkové nápoje byly vyrobeny pomocí různých kombinací syrovátky a mléka s použitím rozdílných keřirových kultur.

### 4.1 Keřirové kultury

K výrobě fermentovaných syrovátkových nápojů byly použity tři typy keřirových kultur od různých výrobců dostupných na českém trhu.

Použité keřirové kultury, jejichž složení je uvedeno v tabulce č. 7:

1. Genesis Laboratories - Bulgaricus.eu
2. Laktoflora - MILCOM a.s.
3. Wugi - UNIBIOM s.r.o.

Tabulka č. 7: Složení použitých keřirových kultur

Kultura	Složení
Genesis	<i>Lactococcus lactis sp. lactis</i> , <i>Lactococcus lactis sp. diacetylactis</i> , <i>Lactococcus lactis sp. cremoris</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides sp. cremoris</i> , <i>Candida keřyr</i> , <i>Saccharomyces unisporus</i>
Laktoflora	<i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. cremoris</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. diacetylactis</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> , <i>Lactobacillus keřyr</i> , <i>Kluyveromyces marxianus</i> , <i>Candida keřyr</i>
Wugi	<i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. cremoris</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. diacetylactis</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris</i> , <i>Lactobacillus keřyr</i> , <i>Saccharomyces unisporus</i> , <i>Kluyveromyces marxianus</i> a další

Z výše uvedených keřirových kultur byly připraveny nejprve zákysy o objemu 500 ml, pomocí kterých se následně inokulovaly připravené vzorky. Množství použitých kultur k přípravě zákysu se nachází v tabulce č. 8.

Tabulka č. 8: Použité množství keřirových kultur k přípravě zákysu

Kultura	Množství na 1 litr
Genesis	1 kapsle
Laktoflora	3 g
Wugi	1 sáček (5 g)

## 4.2 Syrovátka a mléko

Syrovátka byla připravena ze sušené varianty od společnosti Mogador s.r.o. ve formě 5% roztoku připraveného z destilované vody, výživové hodnoty sušené syrovátky jsou uvedeny v tabulce č. 9. Mléko použité v kombinaci se syrovátkou bylo zakoupeno od společnosti OLMA a.s. v podobě čerstvého pasterovaného polotučného mléka s obsahem tuku 1,5 %.

Tabulka č. 9: Výživové hodnoty pro 100 g sušené syrovátky

Výživové hodnoty	Ve 100 g výrobku
Energetická hodnota	1532 kJ / 361 kcal
Tuky	0,5 g
z toho nasycené mastné kyseliny	0,3 g
Sacharidy	76 g
z toho cukry	68 g
Vláknina	0 g
Bílkoviny	13 g
Sůl	2,8 g

## 4.3 Příprava jednotlivých typů médií

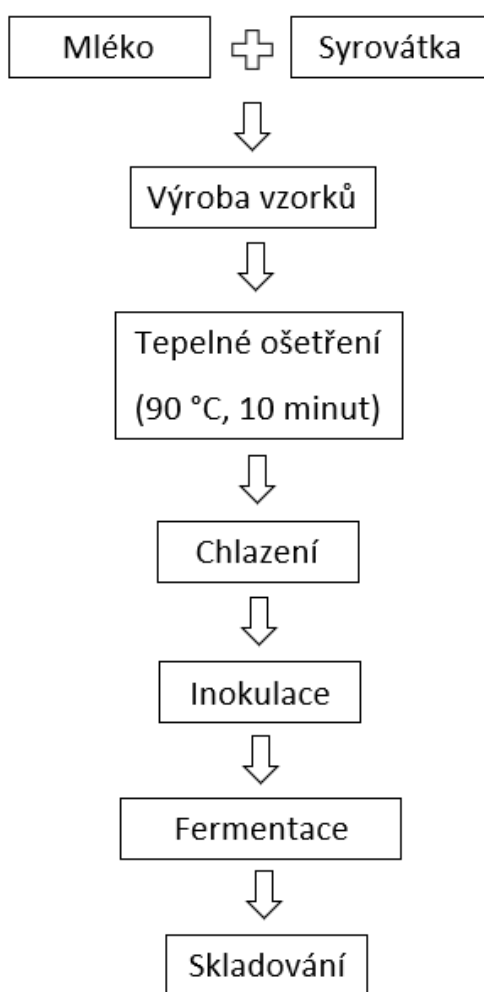
Z obnovené syrovátky a mléka byly vytvořeny celkem 4 sady vzorků určených pro každou kefirovou kulturu. Všechny vyrobené varianty vzorků jsou znázorněny v tabulce č. 10, včetně jejich označení.

Tabulka č. 10: Připravené vzorky a jejich označení

Médium	Kultura	Označení vzorku
Syrovátka	Laktoflora	S_Laktoflora
	Wugi	S_Wugi
	Genesis	S_Genesis
Syrovátka + mléko (1:1)	Laktoflora	SM_Laktoflora
	Wugi	SM_Wugi
	Genesis	SM_Genesis
Syrovátka + mléko (1:1) + WPC 35 (10 g/l)	Laktoflora	SM+WPC_Laktoflora
	Wugi	SM+WPC_Wugi
	Genesis	SM+WPC_Genesis
Mléko	Laktoflora	M_Laktoflora
	Wugi	M_Wugi
	Genesis	M_Genesis

Vzorky byly tepelně ošetřeny vysokou pasterací při teplotě 90 °C po dobu 10 minut. Po zchlazení na teplotu inokulace byly vzorky zaočkovány jednotlivými kefirovými kulturami a ponechány fermentovat při pokojové teplotě 22 °C přibližně 24 hodin, dokud se pH nepřiblížilo hodnotě 4,8. Po fermentaci následovalo skladování vzorků v chladicím boxu při teplotě  $5 \pm 0,5$  °C. Schéma výroby se nachází na obrázku č. 7.

Vzorky, které obsahovaly jako médium samotné mléko či kombinaci syrovátky s mlékem, byly zaočkovány zákysem připraveným z mléka. Vzorky, které obsahovaly jako médium samotnou syrovátku, byly zaočkovány zákysem připraveným ze syrovátky.



Obrázek č. 7: Schéma výroby fermentovaných syrovátkových nápojů

#### 4.4 Fermentace syrovátky a sledování průběhu fermentace

Syrovátkové nápoje byly fermentovány v rozmezí 23–25 hodin v závislosti na rychlosti dosažení hodnoty pH 4,8. Průběh fermentace vyrobených nápojů byl první den sledován pomocí pH metru ve dvou-hodinových intervalech 0, 2, 4, 6, 8, 23 a 25 hodin.

Hlavním senzorickým znakem fermentovaných produktů je jejich kyselost způsobená vznikem kyseliny mléčné z laktózy pomocí bakterií mléčného kvašení. Tím vzniká velká funkční komplikace ve srovnání s nefermentovaným mléčným nápojem, neboť hlavní mléčný protein kasein se stává nerozpustným a tvoří koagulum při hodnotě pH přibližně 4,8 a nižším. Proto fermentované mléčné nápoje na bázi mléka obvykle obsahují nemléčné složky (pektin, karagenan, hydrokoloidy), které zajišťují, že koagulovaný kasein je vhodně stabilizován a netvoří sediment. V tomto ohledu by mléčné fermentované syrovátkové nápoje s přídavkem WPC mohly nabídnout významnou příležitost pro výrobu nesesedimentujících fermentovaných mléčných výrobků. [40]



## 5 VLIV POUŽITÝCH KULTUR NA VLASTNOSTI SYROVÁTKOVÉHO NÁPOJE

Vliv použitých keřirových kultur na výsledný fermentovaný syrovátkový nápoj byl pozorován 0., 1., 2., 7., 14., 21., 28. a 42. den sledováním fyzikálně-chemických změn, reologických vlastností a také sensorickým hodnocením vyrobených vzorků v určitých intervalech po dobu fermentace a posléze po dobu 42 dnů skladování.

### 5.1 Chemická a sensorická analýza vyrobených fermentovaných syrovátkových nápojů

#### 5.1.1 Stanovení aktivní kyselosti

Kyseliny jsou látky schopné uvolňovat kladně nabitě vodíkové ionty ve vodném prostředí. Hodnotu pH lze tedy definovat jako záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů. Měření se provádí pH metrem kalibrovaným příslušnými roztoky na pH 7 a pH 4. [41]

Měření aktivní kyselosti bylo provedeno pH metrem typu HI 99161 na obrázku č. 8. Elektroda přístroje byla vložena do příslušného vzorku nápoje a ponechána do doby ustálení hodnoty pH. Každý vzorek byl změřen celkem třikrát, konečná hodnota pH byla průměrem těchto tří hodnot.



Obrázek č. 8: pH metr HI 99161

### 5.1.2 Stanovení obsahu rozpustné sušiny

Obsah rozpustné sušiny se stanovuje refraktometricky. V případě mléčných nápojů se udává v procentech mléčného cukru (laktózy) v přítomném roztoku. Konečný obsah rozpustné sušiny se vyjadřuje v gramech na 100 g. [42]

Stanovení obsahu rozpustné sušiny bylo měřeno pomocí digitálního refraktometru na obrázku č. 9. Před každým měřením se provedla kalibrace přístroje pomocí destilované vody. Vzorek byl nanesen v množství 2–3 kapek do měřicí jamky. Po stisknutí tlačítka READ byla zjištěna hodnota obsahu rozpustné sušiny v daném vzorku. Měření se provedlo celkem třikrát pro každý vzorek, výsledná hodnota byla jejich průměrem.



Obrázek č. 9: Digitální refraktometr

### 5.1.3 Stanovení celkového obsahu rozpuštěných pevných látek (TDS)

Celkový obsah rozpuštěných pevných látek udává množství minerálů, solí, železa a dalších látek. Výsledná hodnota je nejčastěji udávána jako PPM (parts per million), popřípadě PPT (parts per thousand). [43]

Vzorky byly změřeny pomocí digitálního TDS metru CYBER SCAN 110, znázorněný na obrázku č. 10. Elektroda byla vložena do vzorku do doby ustálení hodnoty. Následně byla hodnota z displeje odečtena a měření se opakovalo pro každý vzorek celkem třikrát, z čehož byla výsledná hodnota průměrem těchto hodnot.



Obrázek č. 10: Digitální TDS metr CYBER SCAN 110

#### 5.1.4 Stanovení aktivity vody

Vodní aktivita udává míru energetického stavu vody v systému. Vodní aktivita se měří uvedením kapalně fáze vody ve vzorku potraviny do rovnováhy s plynnou fází vody v měřicím prostoru a měření relativní vlhkosti měřicího prostoru. Nejčastěji se k měření aktivity vody používají přístroje zvané AquaLab. [44]

Stanovení aktivity vody se provádělo pomocí digitálního přístroje AquaLab 4TE, který můžete vidět na obrázku č. 11. Přístroj byl nejprve nakalibrován pomocí přiložených kalibračních kapalin. Měřený vzorek se naněs do přiložené nádobky a opatrně byl vložen do přístroje. Hodnota aktivity vody byla zaznamenána celkem třikrát pro každý měřený vzorek. Výsledná hodnota byla jejich průměrem.



Obrázek č. 11: AquaLab 4TE

### 5.1.5 Senzorická analýza

V průběhu celého experimentu byly sledovány senzorické vlastnosti připravených vzorků. Sledovanými znaky byly barva, chuť, vůně, příchutě a pachy, chuť syrovátky, sladká chuť a kyselá chuť, z nichž byly dle celkového dojmu vyhodnoceny nejlépe senzoricky přijatelné vzorky.

## 5.2 Reologické vlastnosti vyrobených fermentovaných syrovátkových nápojů

Reologická analýza měřených vzorků byla vyhodnocena pomocí Power Law modelu, který slouží především k charakterizaci reologického chování zejména látek dilatantních a pseudoplastických. [45]

Rovnice sloužící k výpočtu Power Law modelu: [45]

$$\tau = K * \dot{\gamma}^n$$

Kde:

$\tau$  ....smykové napětí [Pa]

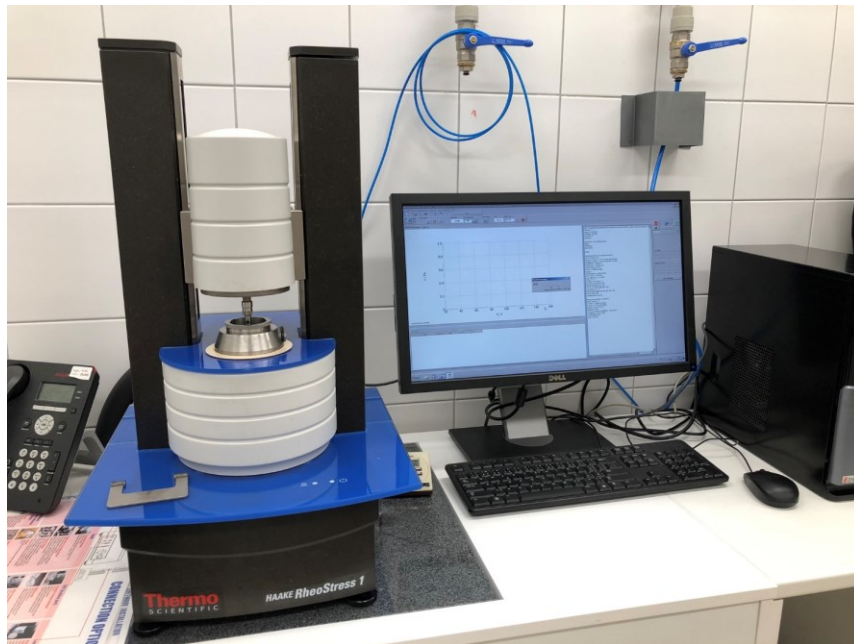
K....koeficient konzistence [Pa·s<sup>n</sup>]

$\dot{\gamma}$ ....smyková rychlost [s<sup>-1</sup>]

n.....index tokového napětí

Další provedenou analýzou bylo vyhodnocení oral shear rate dle viskozity vzorku při gradientu rychlosti  $50 \text{ s}^{-1}$ . Oral shear rate analýza souvisí s průchodem tekutiny dutinou ústní dále do hltanu. Během procesu polykání jsou tekuté látky nejprve v kontaktu s horním povrchem jazyka a následně při jeho pohybu je tekutina dále mísená v ústech a postupuje směrem k hltanu do jícnu. Mezi vnímané texturní atributy se řadí vnímaná viskozita, snadnost polykání a kluzkost. [46]

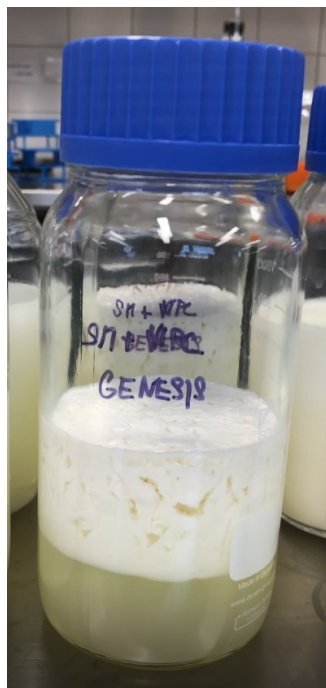
Reologické vlastnosti vyrobených vzorků byly sledovány reometrem typu HAAKE RheoStress 1 za použití geometrie válec-válec, který lze vidět na obrázku č. 12. Pro každé měření se použil 1 ml vzorku při teplotě měření  $19,3 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ . Měření bylo provedeno pro každý vzorek celkem dvakrát.



Obrázek č. 12: Reometr HAAKE RheoStress 1

## 6 VÝSLEDKY A DISKUSE

Provedení analýz fermentovaných syrovátkových nápojů bylo uskutečněno u 11 vzorků z celkového počtu 12 připravených vzorků. Důvodem snížení počtu vzorků bylo vysrážení vzorku obsahujícího syrovátku s mlékem v poměru 1:1 s přídavkem WPC, znázorněný na obrázku č. 13, který byl zaočkován kulturou Genesis. Analýza tohoto vzorku již neměla dále smysl.

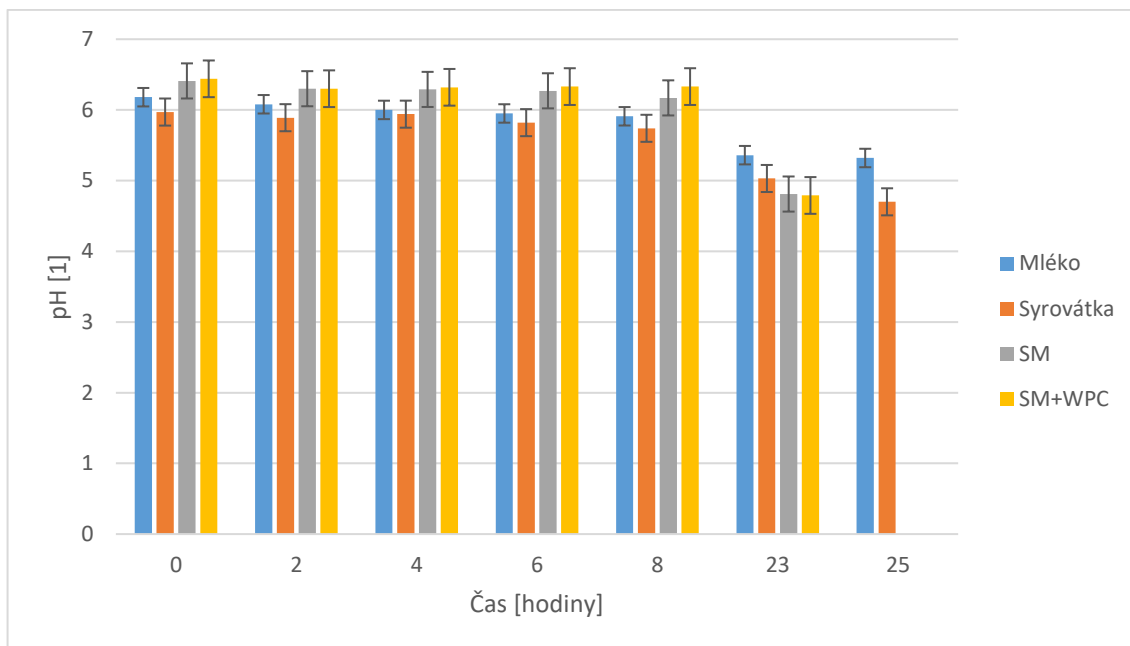


Obrázek č. 13: Vysrážení vzorku SM+WPC\_Genesis po době fermentace

### 6.1 Výsledky chemické a senzorické analýzy vyrobených fermentovaných syrovátkových nápojů

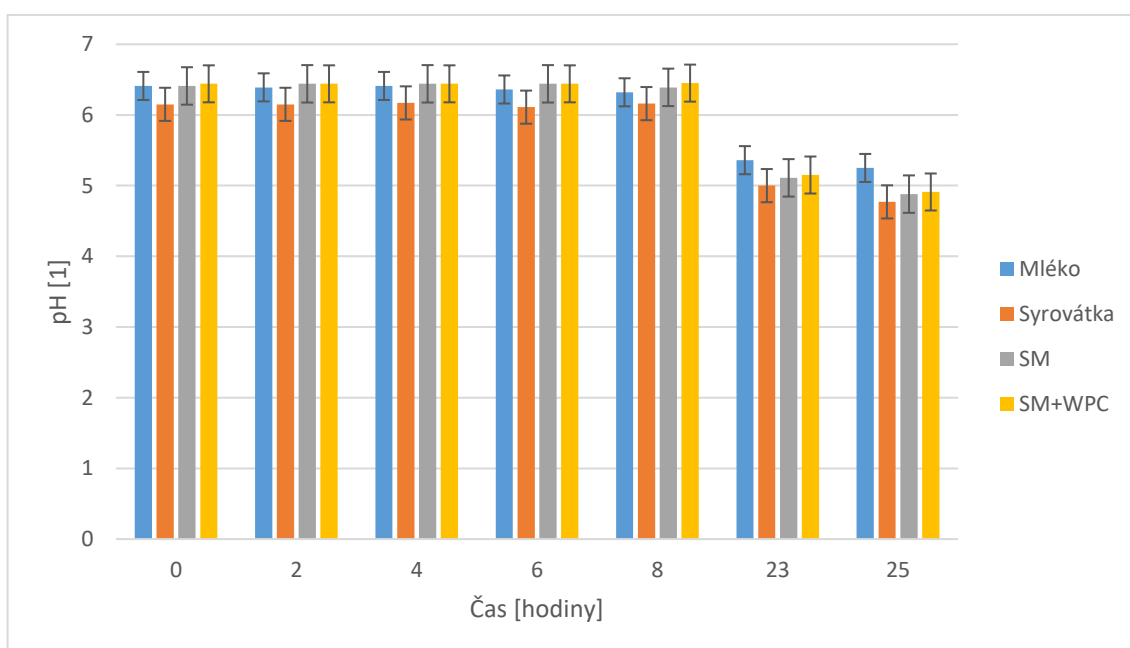
#### 6.1.1 Výsledky měření aktivní kyselosti po dobu fermentace

První chemickou analýzou bylo sledování aktivní kyselosti připravených vzorků po dobu jejich fermentace znázorněných na obrázku č. 14-16. Aktivní kyselost každého vzorku byla sledována téměř každé dvě hodiny od samotného zaočkování vzorku až do doby poklesu pH k hodnotě 4,8, zajišťující předcházení případné tvorby sedimentu nebo vzniku sraženiny. [40] Fermentace probíhala z důvodu rozdílných variant vzorků v rozmezí 23-25 hodin. Jakmile byla hodnota aktivní kyselosti blízká se hodnotě 4,8 byly vzorky přesunuty do chladírenského boxu, kde byly skladovány a dále sledovány po dobu 42 dní.



Obrázek č. 14: Graf závislosti doby fermentace na pH pro kulturu Laktoflora

Hodnota pH mléka, což je pro keřřivou kulturu přirozenější prostředí než syrovátka, klesla po dobu 25 hodin u vzorku inokulovaného kulturou Laktoflora na pH 5,32. Kombinace syrovátky a mléka obsahující kulturu Laktoflora dosáhla nižších a velice podobných hodnot pH u obou variant v čase 23 hodin fermentace oproti mléku. Vzorek syrovátky u kultury Laktoflora vykazoval nejnižší hodnotu pH odpovídající poklesu na hodnotu 4,7 během 25 hodin fermentace.

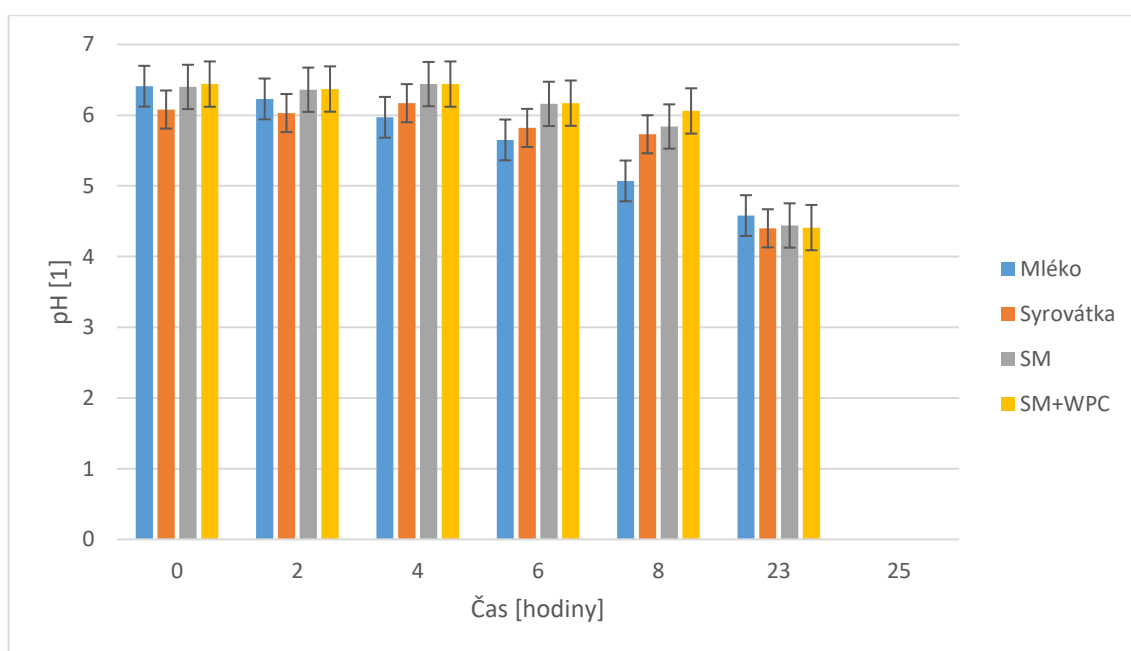


Obrázek č. 15: Graf závislosti doby fermentace na pH pro kulturu Genesis



Vzorek mléka inokulovaný kulturou Genesis poklesl po dobu 25 hodin fermentace na hodnotu pH 5,25. Kombinace syrovátky a mléka obsahující kulturu Genesis dosáhla u obou variant po 25 hodinách fermentace nižších, skoro totožných hodnot pH. Syrovátka zaočkovaná kulturou Genesis prokazovala nejnižší hodnotu pH 4,77 v době 25 hodin fermentace.

Průběh fermentace vzorků zaočkovaných kulturami Laktoflora a Genesis probíhal velice obdobně. Po dobu osmihodinového měření se u žádného ze vzorků zásadně nezměnila hodnota aktivní kyselosti. Výrazná změna nastala s přechodem do dalšího dne, kde hodnota pH výrazně poklesla z původního pH v rozmezí 6,44-5,97 u kultury Laktoflora a 6,44-6,15 u kultury Genesis na pH pohybující se v rozmezí 5,32-4,70 u kultury Laktoflora a 5,25-4,77 u kultury Genesis. Vzorky mléka měly nejmenší tendenci poklesu pH, což značí nutnost prodloužení doby fermentace, ovšem z důvodu srovnatelných výsledků s ostatními variantami byly tyto vzorky ponechány po dobu maximální doby fermentace 25 hodin. Naopak nejrychlejší pokles byl zaznamenán u vzorků syrovátky, jejichž hodnota pH byla u obou typů kultur na konci fermentace vždy nejnižší.



Obrázek č. 16: Graf závislosti doby fermentace na pH pro kulturu Wugi

Hodnota pH mléka klesla za 23 hodin u vzorků s kulturou Wugi na hodnotu 4,58. Hodnota pH syrovátky a kombinace syrovátky a mléka u vzorků inokulovaných kulturou Wugi klesla za 23 hodin na přibližně stejné hodnoty, které byly nižší než u samotného mléka. Díky tomu



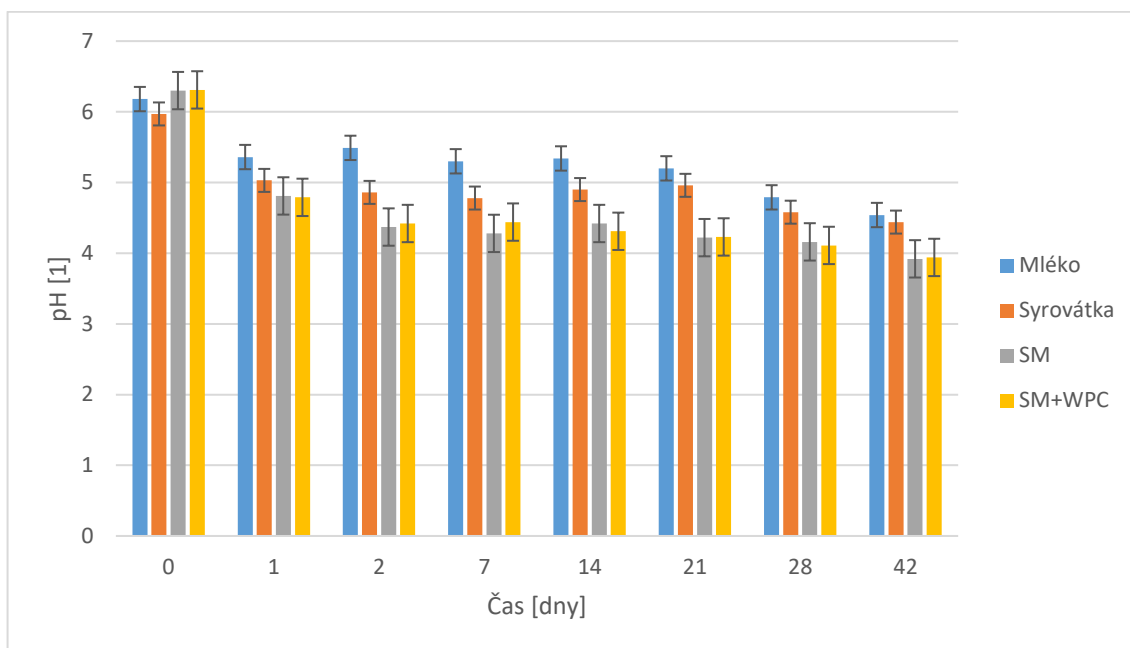
lze potvrdit, že samotná syrovátka nebo syrovátka v kombinaci s mlékem je vhodnější médium pro danou kulturu než samotné mléko.

Kultura Wugi měla poněkud jiný fermentační spád připravených fermentovaných syrovátkových nápojů. Z původních naměřených hodnot na počátku fermentace se pH pohybovalo v rozmezí od 6,44-6,08. Avšak už po 23 hodinách fermentace, tedy s přechodem na další den, se vzorky nacházely v rozmezí 4,58-4,4 a byly v tomto čase všechny přemístěny do chladicího boxu. Rychlejší pokles pH u vzorků s kulturou Wugi, na rozdíl od vzorků s kulturami Laktoflora a Genesis, byl viditelný již od šesté hodiny fermentace a i dále probíhala fermentace u vzorků s kulturou Wugi intenzivněji než u vzorků s dalšími dvěmi kulturami, kdy docházelo k rychlejšímu snižování hodnot pH. Tedy z dosažených výsledků lze tvrdit, že kultura Wugi byla v prostředí syrovátky, mléka a jejich kombinace nejvíce aktivní.

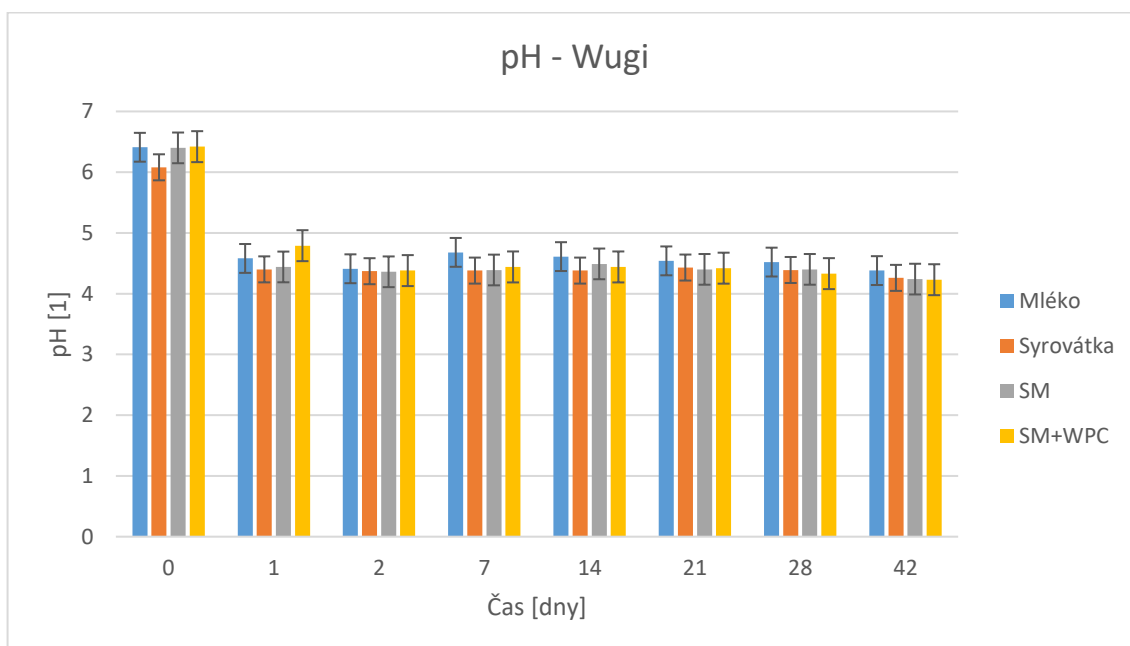
Vzorky mléka vykazovaly u všech analyzovaných kultur nejvyšší hodnoty aktivní kyselosti na konci doby fermentace. Naopak nejnižší pokles hodnot pH nastal u vzorků samotné syrovátky, tudíž lze vyhodnotit toto médium jako nejvhodnější pro použité kultury. Obě připravené kombinace syrovátky a mléka dosahovaly hodnot pH blízkých spíše vzorkům syrovátky než mléka, proto lze vyhodnotit jako druhé nejvhodnější médium právě kombinaci syrovátky a mléka.

### 6.1.2 Výsledky měření aktivní kyselosti v průběhu skladování

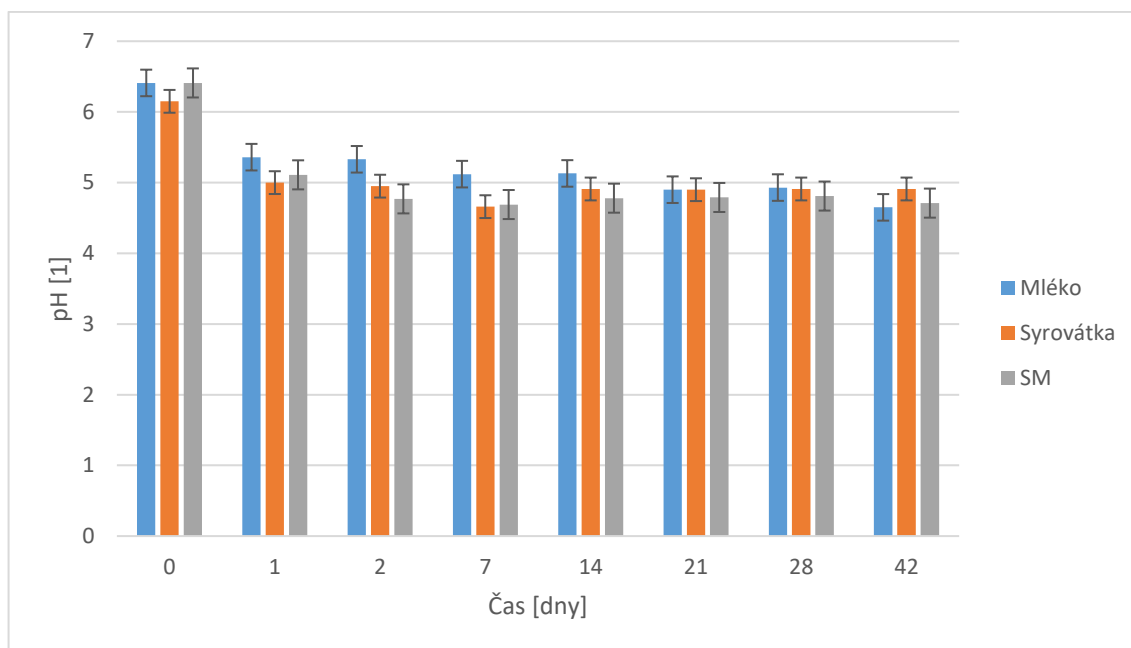
Měření aktivní kyselosti dále pokračovalo po dobu skladování nápojů. Aktivní kyselost i následující analýzy byly měřeny vždy 0., 1., 2., 7., 14., 21., 28. a 42. den skladování.



Obrázek č. 17: Graf závislosti doby skladování na pH pro kulturu Laktoflora



Obrázek č. 18: Graf závislosti skladování na pH pro kulturu Wugi



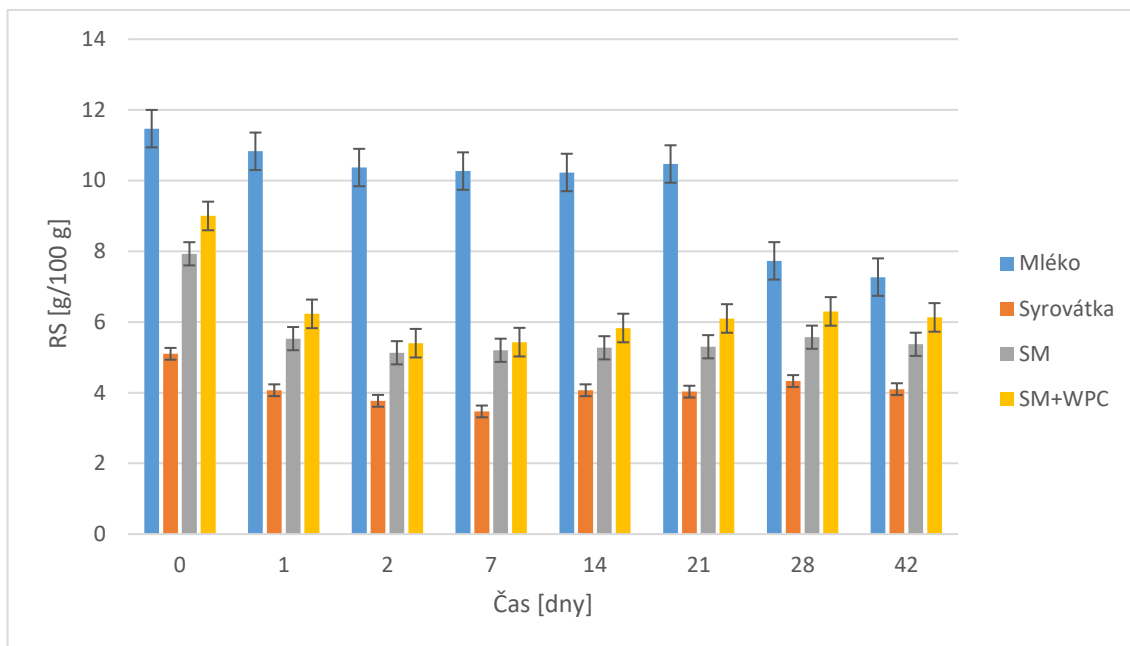
Obrázek č. 19: Graf závislosti skladování na pH pro kulturu Genesis

Z následujících grafů, znázorněných na obrázcích č. 17-19, je u všech zkoumaných vzorků nápojů jasně viditelný největší pokles pH z nultého na první den, tedy v průběhu fermentace, kdy velmi záleží také na době tohoto procesu, neboť každá kultura má své specifické složení jednotlivých kmenů mikroorganismů a proto může být každá kultura jinak aktivní v různém prostředí zkoumaných vzorků. Během skladování pak došlo pouze k nepatrným změnám hodnot pH u vzorků zaočkovaných kulturami Wugi a Genesis.

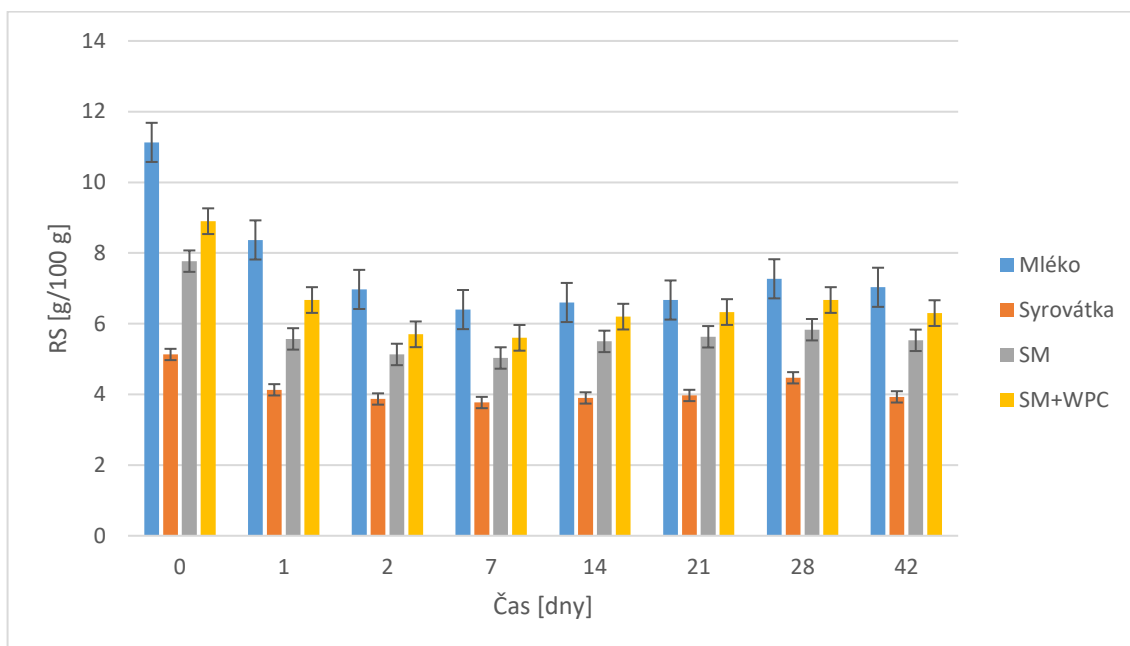
Vzorky zaočkované kulturou Laktoflora procházely i během skladování mírnými změnami pH, kdy i po druhém dnu měření došlo u určitých vzorků k další změně pH. U vzorků SM a SM+WPC po fermentaci následoval pomalý pravidelný pokles pH po celou dobu skladování až do 42. dne. Naopak u vzorků syrovátky a mléka byly výsledky po zbytek měření mírně kolísavé, z důvodu možné produkce specifických aromatických látek, které by mohly ovlivnit hodnotu pH.

### 6.1.3 Výsledky měření obsahu rozpustné sušiny

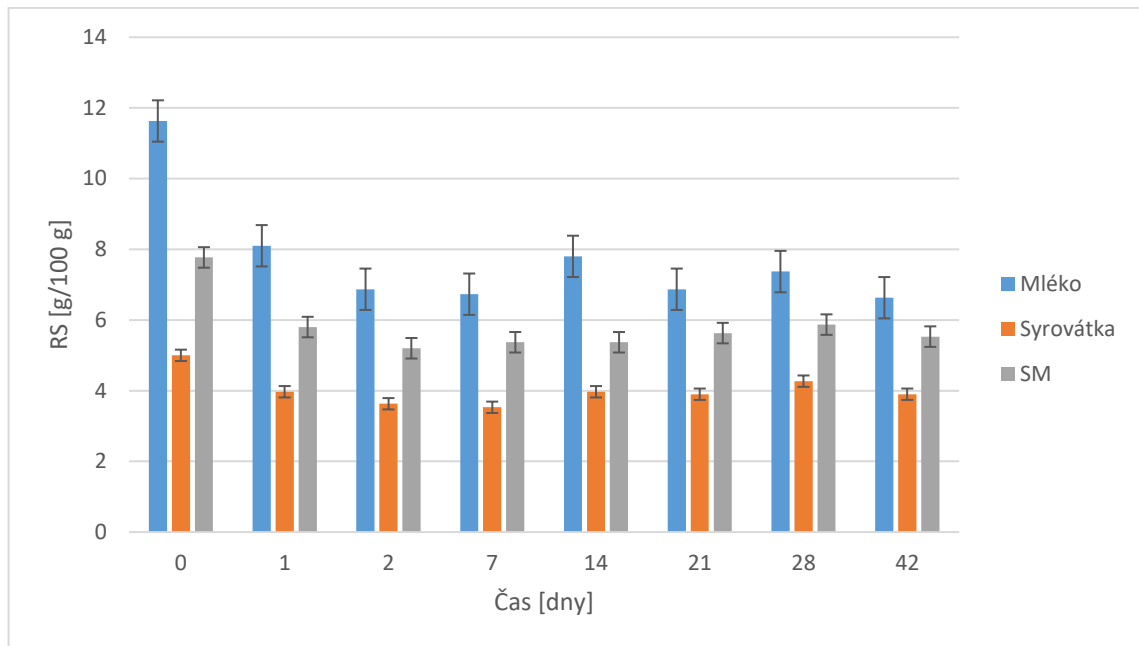
Hodnota refraktometrické sušiny byla další z pozorovaných měření znázorňujících pokles přítomného obsahu laktózy, která je bakteriemi mléčného kvašení využívána na konečný produkt, kyselinu mléčnou, případně další metabolity. [38] Výsledky obsahu rozpustné sušiny se nachází v grafickém znázornění na obrázku č. 20-22.



Obrázek č. 20: Graf závislosti doby skladování na RS pro kulturu Laktoflora



Obrázek č. 21: Graf závislosti doby skladování na RS pro kulturu Wugi



Obrázek č. 22: Graf závislosti doby skladování na RS pro kulturu Genesis

U většiny zaočkovaných vzorků byl sledován největší pokles refraktometrické sušiny z nultého na první den, tedy v průběhu fermentace, kdy byly mikroorganismy přítomné v použitých kulturách nejvíce aktivní, čemuž odpovídají i výsledky měření aktivní kyselosti. Od prvního do sedmého dne docházelo již jen k mírnému snižování obsahu refraktometrické sušiny způsobené především tvorbou sensoricky aktivních látek [39], kdy 7. den bylo u všech použitých kultur dosaženo minima. Dále byly hodnoty refraktometrické sušiny v podstatě neměnné až do konce doby skladování.

U vzorku mléka zaočkovaného kulturou Laktoflora byl sledován mírný pokles refraktometrické sušiny, jak v průběhu fermentace, tak v průběhu skladování až do 21. dne. Hodnoty refraktometrické sušiny měřené 28. den skladování jsou podstatně nižší než 21. den. Tyto výsledky lze srovnat se získanými hodnotami pH, kdy bylo zjištěno, že kultura Laktoflora je v prostředí mléka nejméně aktivní, a tedy by potřebovala delší dobu fermentace. Vzhledem k tomu, že bylo potřeba nastavit u všech vzorků stejné podmínky pro porovnatelnost výsledků, byla doba fermentace pro tuto kulturu nedostatečná, čemuž odpovídá i dosažené pH po 24 hodinách fermentace, konkrétně 5,32. Tedy nedošlo k utilizaci přítomné laktózy v takové míře jako u ostatních vzorků. Zvýšené množství laktózy a současné snížení aktivity kultury nízkou skladovací teplotou mohlo mít za následek pozorovatelnou změnu pH a obsahu refraktometrické sušiny 28. den skladování, kdy

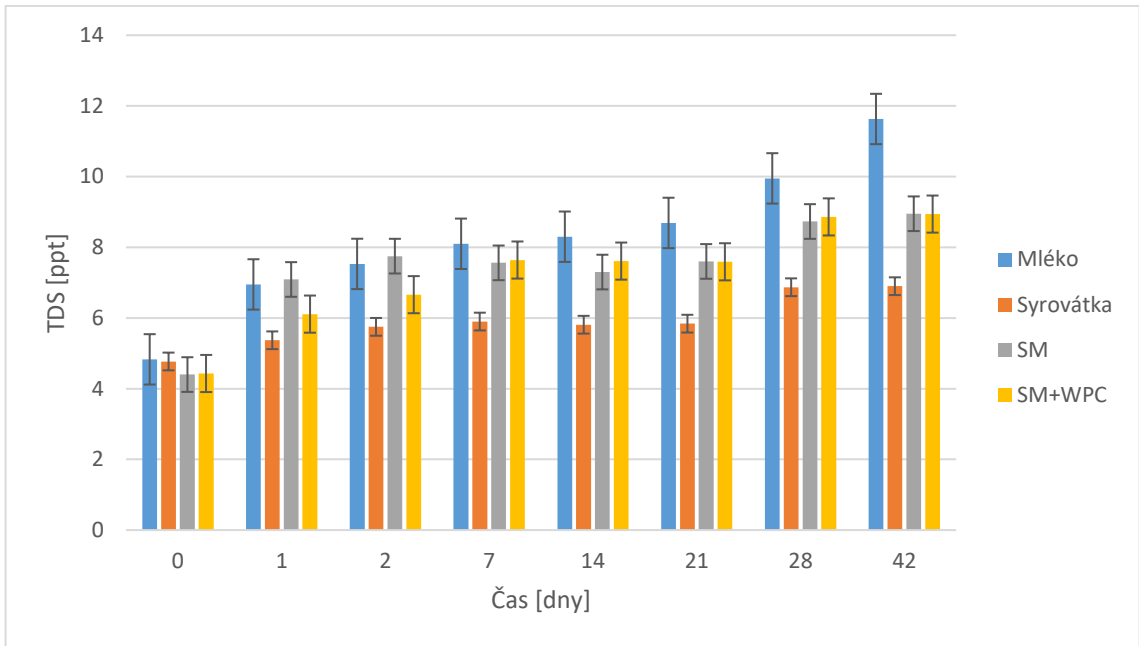
v období mezi 21. a 28. dnem skladování zřejmě došlo k přeměně přítomné laktózy na kyselinu mléčnou a další metabolity.

Hodnota refraktometrické sušiny se u kultury Wugi pohybovala v rozmezí 11,13-5,13 g/100 g na počátku výroby a 42. den skladování dosahovala nejnižších hodnot 6,40-3,77 g/100 g. Obsah refraktometrické sušiny získaný u vzorků s kulturou Genesis spadl do rozmezí 11,63-5,00 g/100 g na začátku měření a největší pokles nastal 7. den, kde vzorky spadaly do rozmezí refraktometrické sušiny 6,73-3,53g/100 g. V poslední kultuře Laktoflora se obsah refraktometrické sušiny pohyboval v rozmezí 11,47-5,10 g/100 g na počátku měření a nejnižších hodnot sušiny tato kultura dosáhla taktéž 7. den skladování v rozmezí od 10,27-3,47 g/100 g s ohledem na vyšší hodnoty refraktometrické sušiny u vzorku M\_Laktoflora.

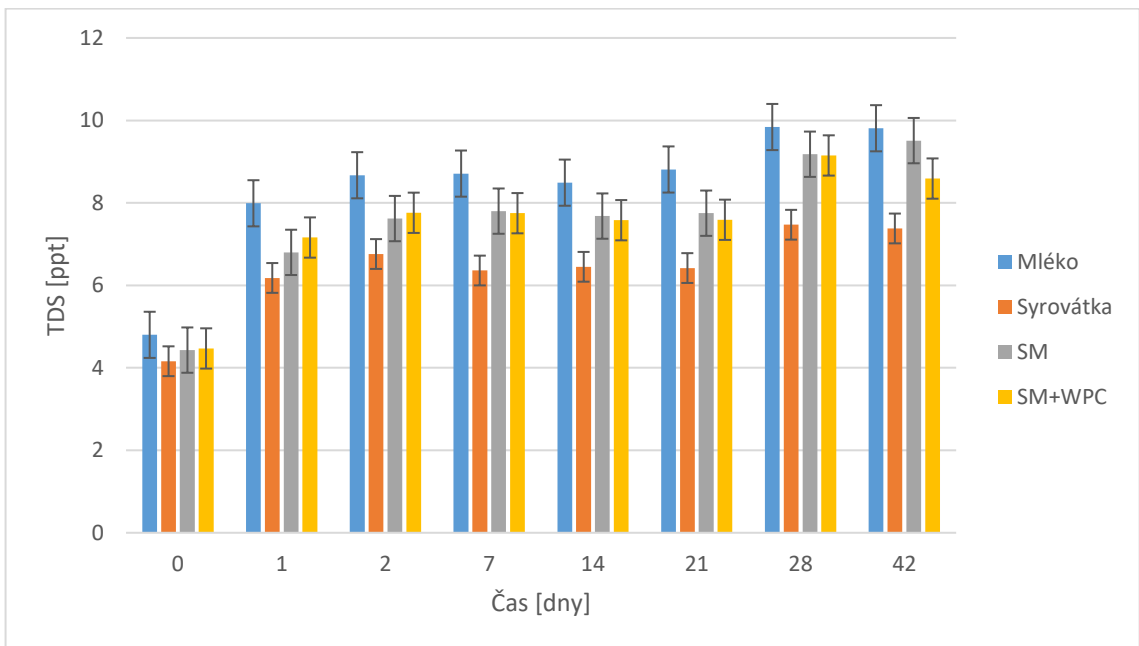
Vzorky mléka vykazovaly nejvyšší hodnoty refraktometrické sušiny, s čímž souvisí i dosažené nejvyšší hodnoty pH v průběhu fermentace i po zbylou dobu skladování. Vzorky mléka, jak již bylo zmíněno, vyžadují v tomto případě delší dobu fermentace. Kombinace mléka a syrovátky nabývají jako druhé nejnižších hodnot refraktometrické sušiny, kde lze zaznamenat mírně vyšší hodnoty refraktometrické sušiny u vzorků mléka a syrovátky s obsahem WPC. V tomto případě lze definovat mírně vyšší hodnoty refraktometrické sušiny u vzorků s WPC z důvodu právě přídavku WPC obsahující laktózu, která je v této analýze sledována. Nejnižší hodnoty refraktometrické sušiny byly naměřeny v médiu samotné syrovátky, které lze srovnat s výsledky aktivní kyselosti na konci doby fermentace. Vzorky syrovátky v tomto případě jeví nejlepší vlastnosti z pohledu obsahu refraktometrické sušiny a průběhu poklesu pH.

#### **6.1.4 Výsledky měření celkového obsahu rozpuštěných pevných látek (TDS)**

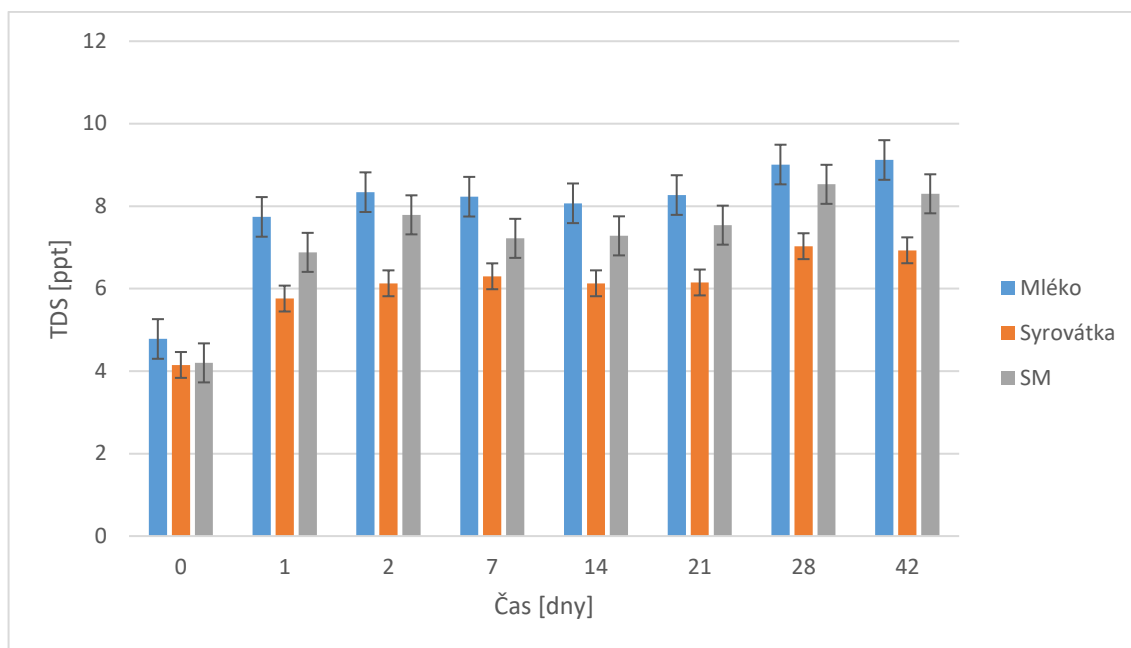
Další z provedených analýz bylo sledování celkového obsahu rozpustných látek ve vodě, které je znázorněno na obrázku č. 23-25. Hodnota TDS znázorňuje změny v množství minerálních látek a elektrolytů spojené s vodivostí roztoku. [43]



Obrázek č. 23: Graf závislosti doby skladování na TDS pro kulturu Laktoflora



Obrázek č. 24: Graf závislosti doby skladování na TDS pro kulturu Wugi



Obrázek 25: Graf závislosti doby skladování na TDS pro kulturu Genesis

U všech variant vyrobených nápojů je viditelné navýšení množství minerálních látek a elektrolytů. Vzorky inokulované kulturou Laktoflora se z původní rozmezí hodnot TDS 4,83-4,43 ppt navýšilo na hodnoty TDS v rozmezí 11,63-6,9 ppt. Vzorky inokulované kulturou Wugi měly počáteční rozmezí hodnot TDS 4,8-4,16 ppt a její konečné hodnoty dosahovaly rozmezí 42. den 9,81-9,38 ppt. Poslední z použitých kultur, tedy u kultury Genesis, se hodnoty TDS z počátečního rozmezí 4,78-4,15 ppt zvýšily na hodnoty 9,12-6,93 ppt. Ačkoli se jedná o navýšení celkového obsahu rozpustných látek, respektive těch minerálních a dále také elektrolytů, se nedá zcela potvrdit zásadní vliv na vyrobené nápoje z důvodu pouze malého rozsahu hodnot TDS v jednotkách ppt (parts per thousand = počet částic na jednu tisícinu).

### 6.1.5 Výsledky měření aktivity vody

Výsledky aktivity vody sledované po dobu experimentu byly naměřeny v úzkém rozmezí hodnot, konkrétně 0,997-0,988. Nejvyšší hodnota byla naměřena vždy 7. den u každého vzorku a naopak nejnižší hodnota byla zaznamenána 42. den měření. Avšak rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší naměřenou hodnotou v průběhu fermentace i následného skladování u všech zkoumaných vzorků byl zanedbatelný. Proto lze konstatovat, že u všech vzorků po celou dobu experimentu byla aktivita vody v podstatě neměnná a tedy z hlediska aktivity vody byly všechny vyrobené vzorky stabilní po celou dobu skladování.



### 6.1.6 Výsledky sensorické analýzy

Senzorické hodnocení vzorků bylo sledováno společně ve stejných intervalech s ostatními analýzami po celou dobu skladování, tedy 0., 1., 2., 7., 14., 21., 28. a 42. den. Sledovanými znaky byla barva, chuť, vůně, chuť syrovátky, sladká chuť, kyselá chuť, příchutě a pachy. Kategorie byly ohodnoceny pomocí 5-ti bodové hédonické a intenzitní stupnice. U každého vzorku byl taktéž hodnocen celkový dojem. Ačkoli byly vzorky samotného mléka a syrovátky považovány pouze za kontrolní, byla provedená sensorická analýza zaměřena především na vzorky obsahující kombinaci těchto dvou složek sloužící k vyhodnocení nejlepšího fermentovaného syrovátkového nápoje v dané kombinaci surovin a použitých keřirových kultur.

Vzorky mléka, tedy média určeného primárně pro keřirovou kulturu, projevovaly vlastnosti srovnatelné s keřirovými nápoji na našem trhu. Nejlépe hodnocený vzorek byl v tomto případě mléko inokulované keřirovou kulturou Laktoflora.

Hodnocení vzorků syrovátky bylo od prvního dne vyřazeno ze sensorické analýzy. Důvodem byl jejich celkový chuťový dojem, který vykazoval jejich příliš nasládlou chuť a zároveň přítomnou kyselost. Tato kombinace chuťových vlastností vzorků syrovátky byla v konečném chuťovém dojmu vyhodnocena jako nevhodná, a to pro všechny varianty keřirových kultur.

Barva pozorovaných vzorků byla mléčně bílá odpovídající danému druhu nápoje a po celou dobu experimentu byla stabilní.

Po celou dobu skladování byl neměnný i další sledovaný parametr, a to vůně zkoumaných vzorků, která byla jemně kyselá a mléčná.

Co se týče chuti, nultý den nebyl pozorován výrazný rozdíl mezi jednotlivými připravenými vzorky. U všech vzorků byla pozorována jemná, mírně nasládlá mléčná chuť bez cizích pachů a příchutí. Ani přídavek WPC neměl vliv na výslednou chuť daných vzorků, v porovnání se vzorky bez přídavku WPC.

Zásadní změna v chuti byla zaznamenána již první den, tedy po procesu fermentace. Ve všech vyrobených vzorcích byla pozorována různě intenzivní kyselá chuť, způsobená přeměnou laktózy na kyselinu mléčnou bakteriemi mléčného kvašení. Za nejvíce kyselý vzorek byl považován vzorek SM+WPC\_Wugi, u kterého byla také sladkost vyhodnocena jako nejmenší ze všech hodnocených vzorků. Tato skutečnost odpovídá i výsledkům měření pH, kdy právě vzorek SM+WPC\_Wugi vykazoval jednu z nejnižších hodnot pH po proběhlé

fermentaci. Ostatní hodnocené vzorky byly středně kyselé s mírně se projevující chutí syrovátky. Popsaná chuť byla srovnatelná s chutí kefirového mléka na trhu. Výjimku představoval vzorek SM\_Genesis vykazující poněkud zvláštní a netypickou chuť. Jeho kyselost byla podobná ostatním vzorkům, ovšem chuť syrovátky se v tomto případě neprojevovala ve srovnání s ostatními vzorky.

Druhý den byl ovšem vzorek SM\_Genesis zcela vyřazen ze sensorického hodnocení. Chuť byla již zcela nepřijatelná, nakyslá. Ve vzorku byla navíc zřetelná mírná sraženina. Naopak vzorek SM+WPC\_Wugi byl druhý den více chuťově vyvážený a předchozí příliš silná kyselost se zmírnila. Ovšem chuťový vjem byl nejlépe hodnocený u vzorků inokulovaných kulturou Laktoflora.

Po zbylou dobu skladování, tedy 7., 14., 21., 28. a 42. den nebyly pozorovány další zásadní změny v chuťových vlastnostech nápojů.

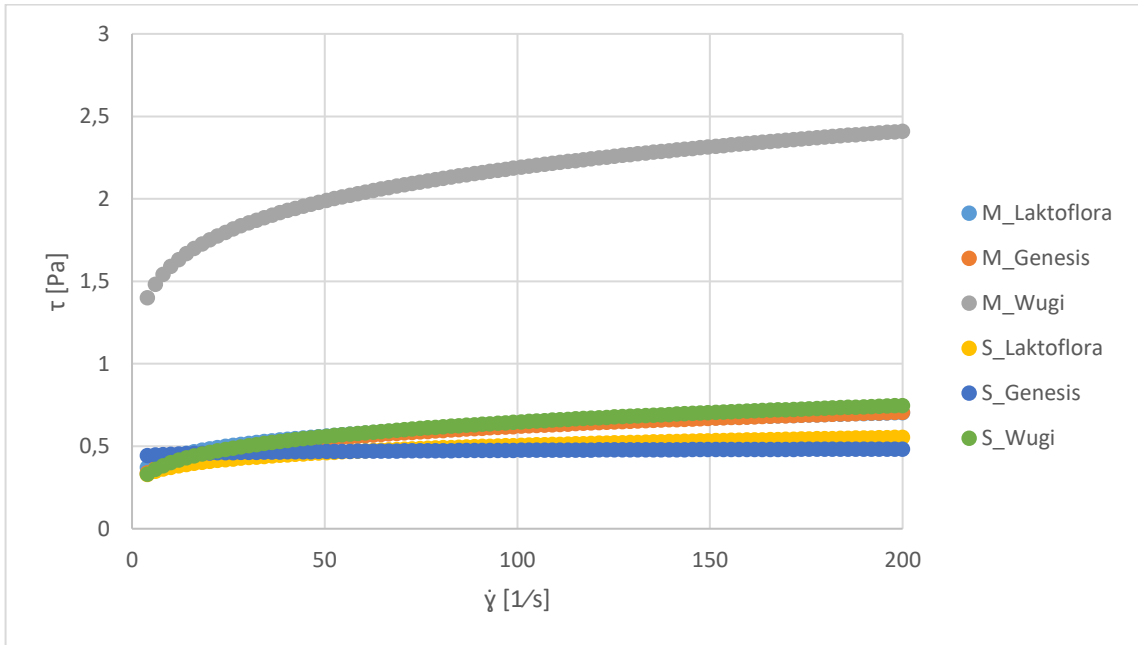
Dále byl u vyrobených vzorků nápojů sledován celkový dojem, který napomohl k vyhodnocení vzorků, jež by mohly nejvíce vyhovovat spotřebitelům. Nejlepší vlastnosti v rámci celého experimentu vykazovaly vzorky s kefirovou kulturou Laktoflora, konkrétně SM+WPC\_Laktoflora a SM\_Laktoflora. U vzorků s kefirovou kulturou Wugi se vzorek SM+WPC\_Wugi jevil jako další vhodný výrobek. Ovšem vzorek SM\_Wugi se již od druhého dne projevoval jako nevhodný. Vzorky s kulturou Genesis byly vyhodnoceny jako nevhodné k výrobě fermentovaných syrovátkových nápojů, jelikož vykazovaly příliš kyselý chuťový vjem s již přítomnou viditelnou sraženinou od druhého dne skladování.

## **6.2 Výsledky měření reologických vlastností vyrobených fermentovaných syrovátkových nápojů**

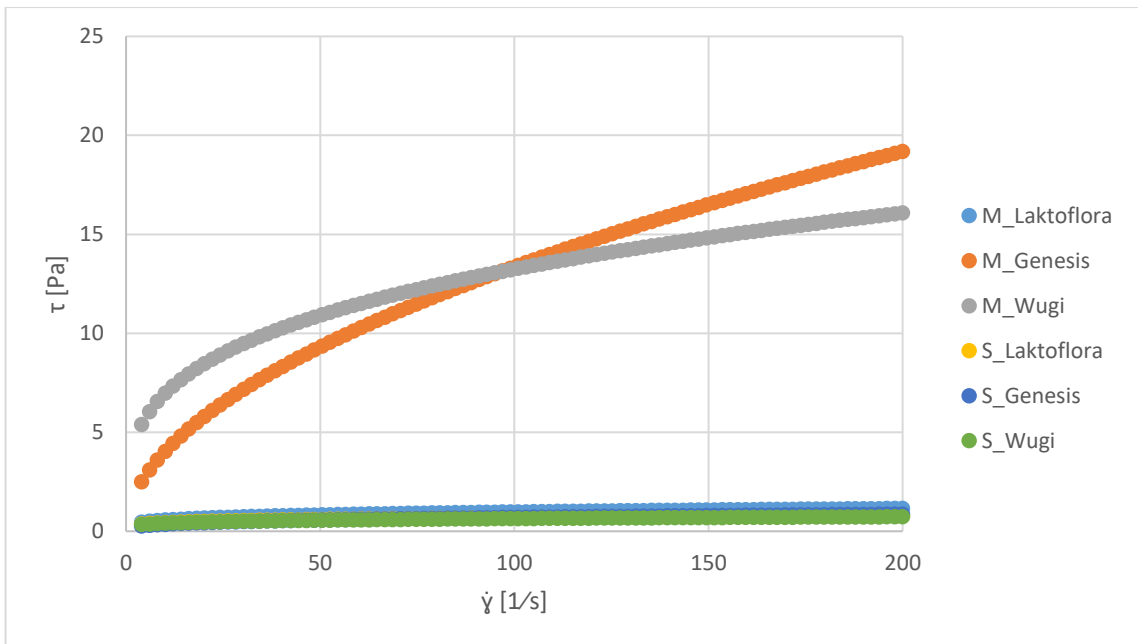
Reologickou analýzou byla sledována závislost gradientu rychlosti na smykovém napětí zvláště u vzorků kontrolních (mléko, syrovátka) a vzorků určených k přípravě fermentovaných syrovátkových nápojů (SM, SM+WPC) znázorněných na obrázku č. 26-33. Reologické vlastnosti byly sledovány ve stejných intervalech jako přechodí analýzy, jednalo se tedy o 0., 1., 2., 7., 14., 21., 28. a 42. den skladování. Z hlediska lepší přehlednosti byly vybrány pouze 4 dny měření v rozestupu po 14 dnech znázorňující změnu smykového napětí.

V tabulkách č. 11-14 jsou zaznamenány hodnoty koeficientu konzistence „K“ a indexu tokového napětí „n“ pro každý vzorek ve všech stanovených dnech měření. Dle hodnoty n

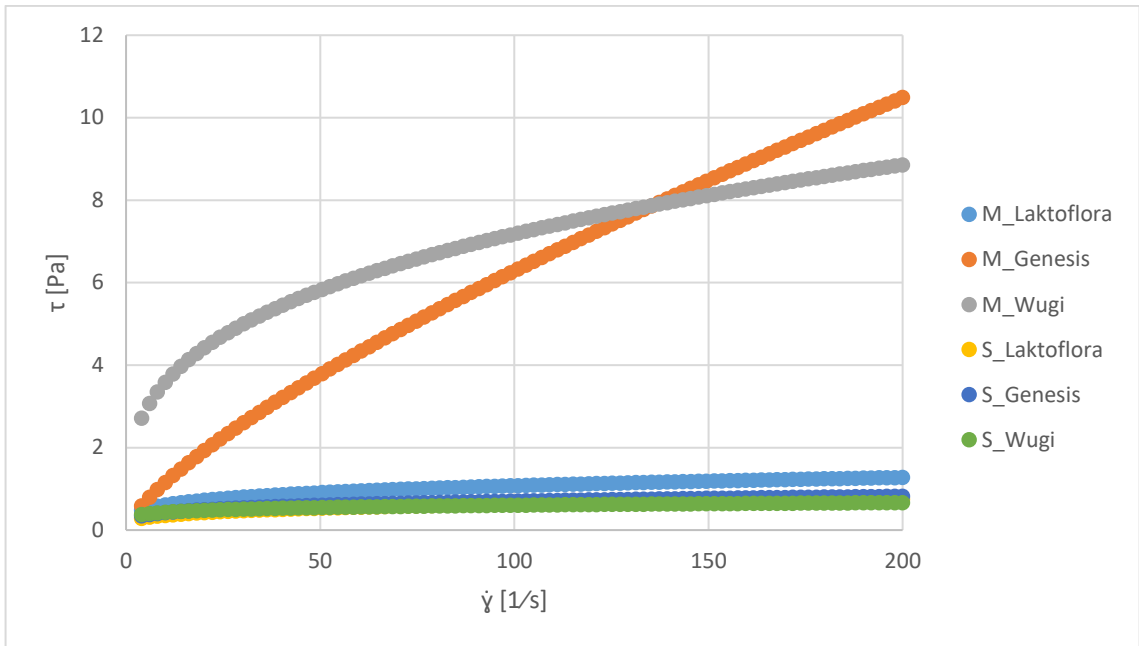
lze stanovit charakter kapaliny, která vykazuje buď pseudoplastické chování, v případě, že se hodnota  $n$  nachází v rozmezí 0-1 nebo se jedná o látky diletantní, kde hodnota  $n$  nabývá hodnot vyšších jak 1. [47]



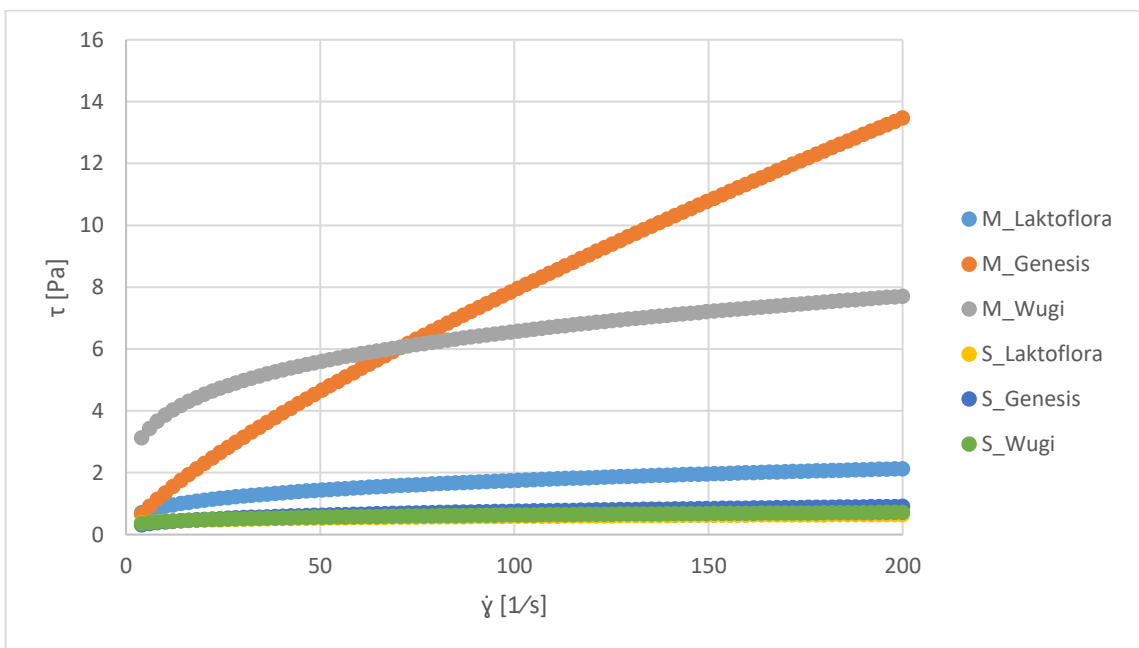
Obrázek 26: Graf závislosti gradientu rychlosti na smykovém napětí 0. den měření (mléko a syrovátka)



Obrázek č. 27: Graf závislosti gradientu rychlosti na smykovém napětí 14. den měření (mléko a syrovátka)

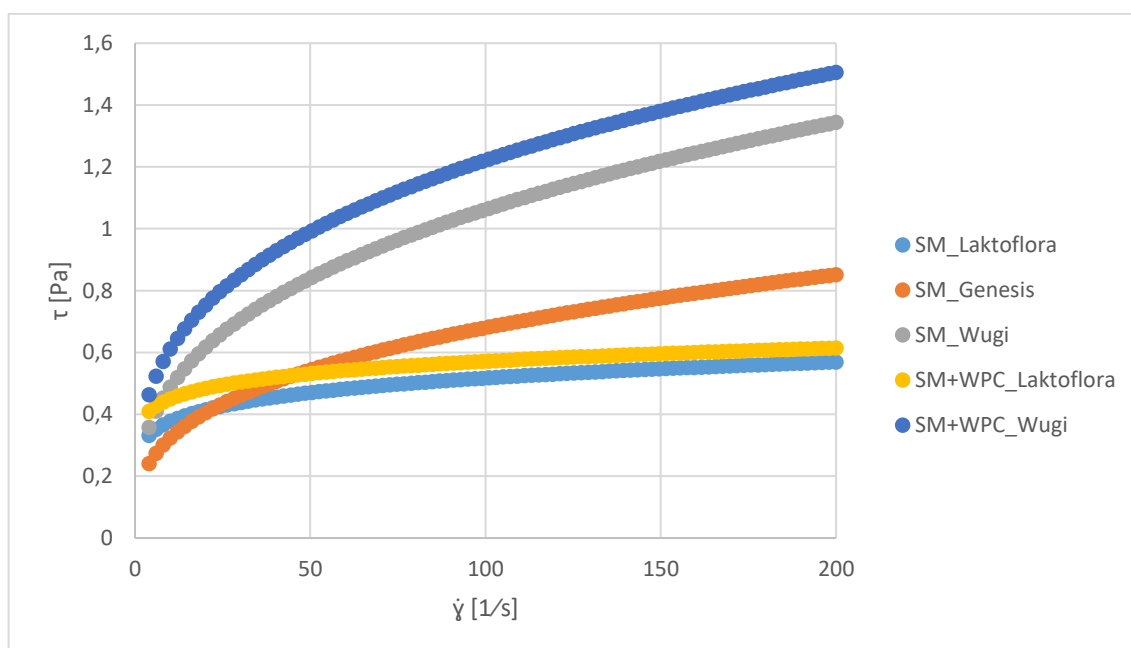


Obrázek č. 28: Graf závislosti gradientu rychlosti na smykovém napětí 28. den měření (mléko a syrovátka)

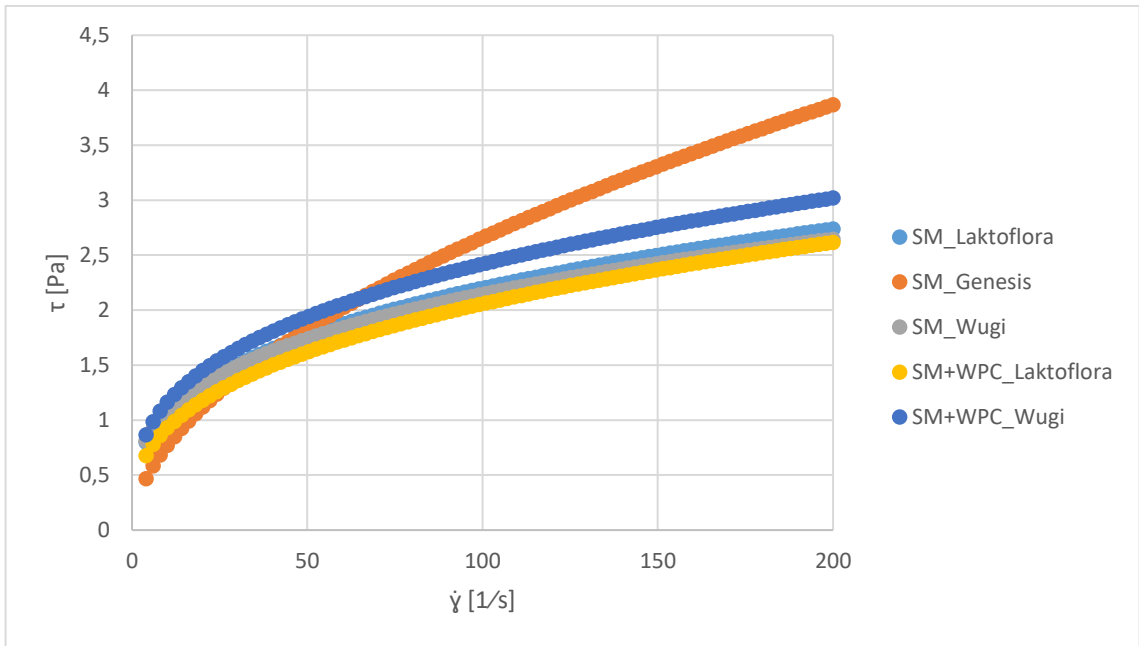


Obrázek 29: Graf závislosti gradientu rychlosti na smykovém napětí 42. den měření (mléko a syrovátka)

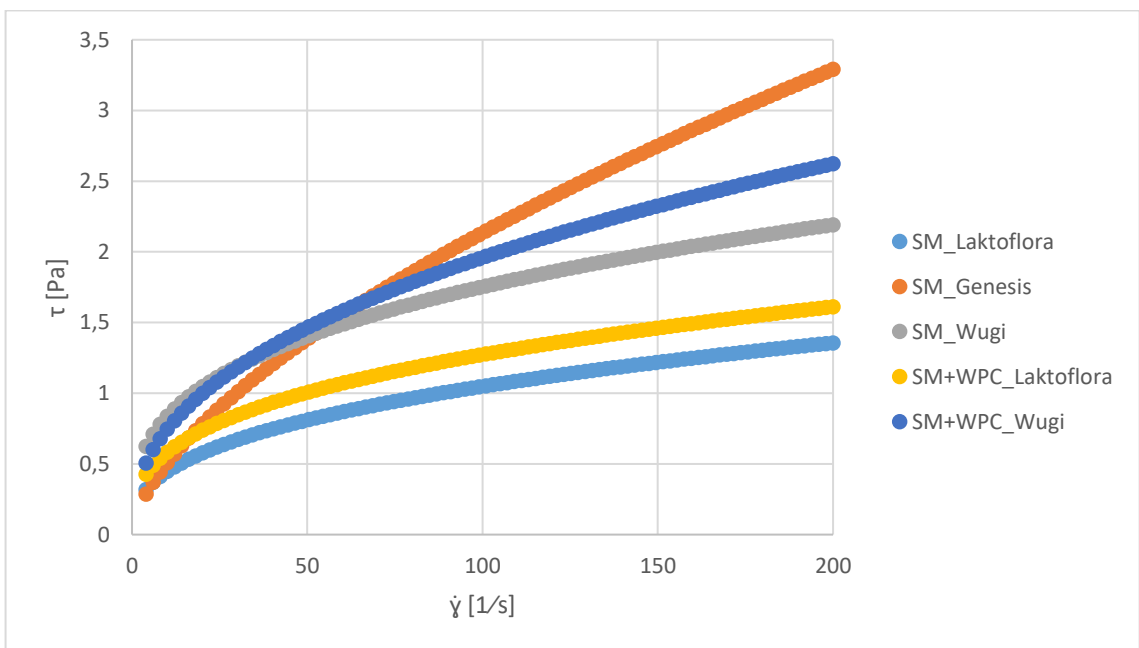
Závislost gradientu rychlosti na smykovém napětí u vzorků mléka a syrovátky vykazoval jistý rozdíl již nultý den, kde se znatelným rozdílem nabýval vzorek M\_Wugi nejvyšších hodnot smykového napětí. Ostatní vzorky v tento den měření byly srovnatelné. S dobou skladování docházelo k navýšení hodnoty smykového napětí i u vzorku M\_Genesis, která byla posléze nejvyšší, a společně se vzorkem M\_Wugi vykazoval vzorek M\_Genesis nejvyšší hodnoty smykového napětí od 14. dne skladování (obrázek č. 27). U ostatních vzorků vyrobených nápojů nebyly pozorovány výrazné změny, avšak mírný vzestup smykového napětí byl zaznamenán u vzorku M\_Laktoflora od 28. dne měření.



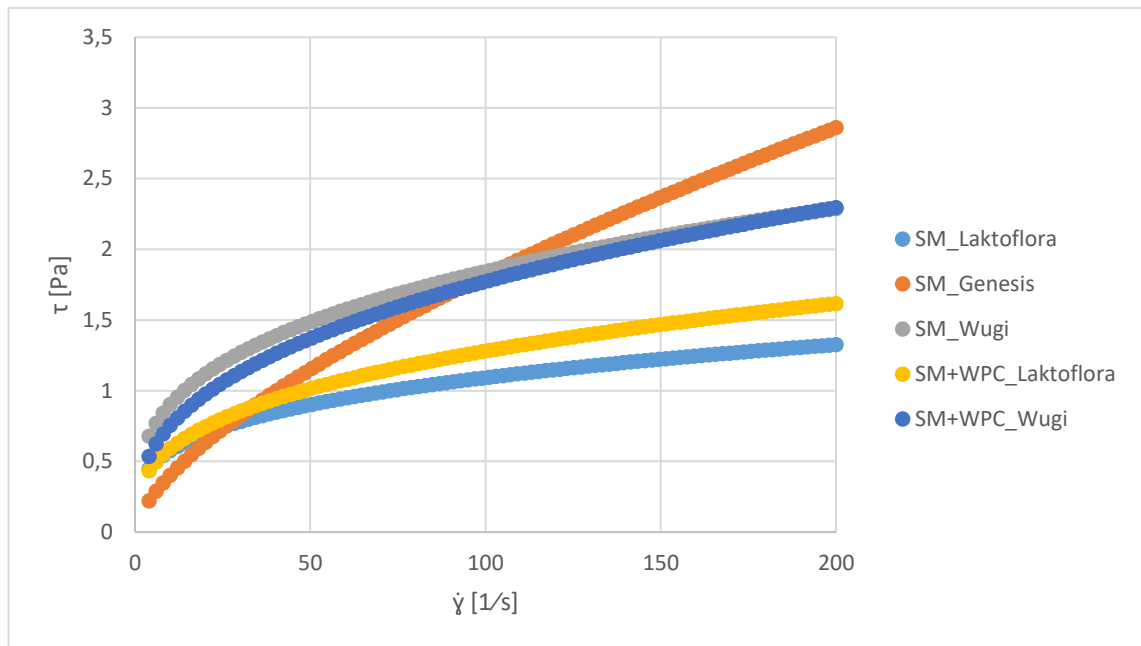
Obrázek č. 30: Graf závislosti gradientu rychlosti na smykovém napětí 0. den měření (SM a SM+WPC)



Obrázek č. 31: Graf závislosti gradientu rychlosti na smykovém napětí 14. den měření (SM a SM+WPC)



Obrázek č. 32: Graf závislosti gradientu rychlosti na smykovém napětí 28. den měření (SM a SM+WPC)

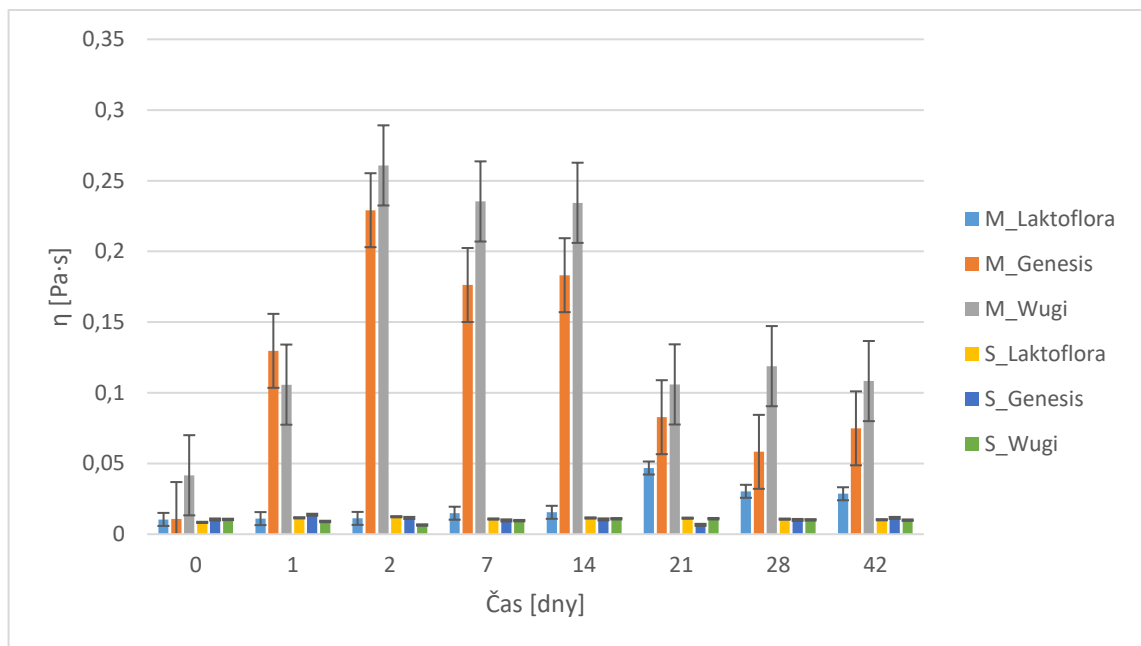


Obrázek č. 33: Graf závislosti gradientu rychlosti na smykovém napětí 42. den měření (SM a SM+WPC)

Výsledky reologického vyhodnocení závislosti gradientu rychlosti na smykovém napětí pro vzorky SM a SM+WPC byly znázorněny zvlášť pro lepší přehlednost. Na začátku měření, konkrétně nultý den, vzorky SM+WPC\_Wugi a SM\_Wugi vykazovaly nejvyšší hodnoty smykového napětí. K třetí nejvyšší hodnotě smykového napětí lze zařadit vzorek SM\_Genesis. Zbylé dva vzorky (SM+WPC\_Laktoflora a SM\_Laktoflora) v tento den měření nabývaly nejnižších, ovšem již velmi podobných hodnot. V průběhu následující doby skladování, a tedy i po procesu fermentace, vzorek SM\_Genesis dosahoval nevyšších hodnot smykového napětí až do konce celého experimentu. Kromě toho, ve 14 denním měřeném intervalu dosahovaly zbylé vzorky obdobných hodnot smykového napětí s mírným rozdílem vzorku SM+WPC\_Wugi, který dosahoval těchto hodnot o něco vyšších. V průběhu zbylých znázorněných intervalů reologické závislosti gradientu rychlosti na smykovém napětí jasně vykazovala nejvyšší hodnoty smykového napětí vzorky s kulturou Genesis, dále vzorky s kulturou Wugi a nejnižšími hodnotami smykového napětí převládaly vzorky s kulturou Laktoflora.

Výsledky reologické analýzy závislosti gradientu rychlosti na smykovém napětí lze vyhodnotit jako zdánlivou viskozitu vzorků. Vzorek inokulovaný kulturou Genesis vykazoval nejvyšší hodnoty zdánlivé viskozity, tudíž jevil nejtužší charakter, což je pro nápoj méně žádoucí. Dalšími vzorky zastupující druhé nejvyšší hodnoty zdánlivé viskozity

bylo u vzorků zaočkované kulturou Wugi. Naopak nejnižší hodnoty smykového napětí a tedy nejmenší vývoj zdánlivé viskozity vykazovaly vzorky obsahující kultury Laktoflora, kde konkrétně vzorek SM\_Laktoflora vykazoval nejideálnější reologické vlastnosti pro syrovátkový nápoj.

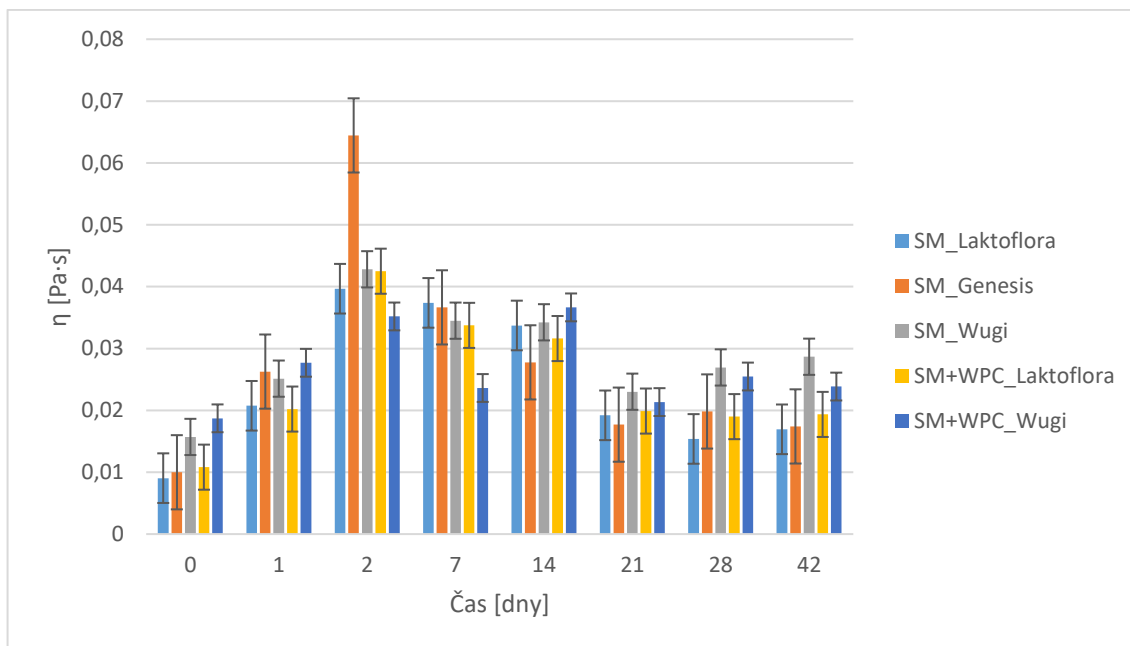


Obrázek č. 34: Graf závislosti doby skladování na viskozitě pro vyhodnocení oral shear rate (mléko a syrovátka)

Další analýzou získanou z reologických dat bylo vyhodnocení oral shear rate analýzy, kde byla sledována viskozita vzorků při gradientu rychlosti  $50 \text{ s}^{-1}$ . Jedná se o snadnost polykání vzorku a jeho vjemu v ústech. [46]

U kontrolních vzorků dosahovaly varianty M\_Genesis a M\_Wugi nejvyšších hodnot viskozity a zároveň bylo zřejmé, že vzniká v ústech delší pocit chuťového vjemu v závislosti na pomalejším průchodu z důvodu vyšší viskozity ústy směrem k hltanu a jícnu. U ostatních kontrolních vzorků byly změny pouze nepatrné. Hodnoty viskozity byly nejvyšší 2. den měření a nejnižší hodnoty se nacházely 0. den, tedy před samotnou fermentací.





Obrázek č. 35: Graf závislosti doby skladování na viskozitě pro vyhodnocení oral shear rate (SM a SM+WPC)

Kombinace vzorků syrovátky a mléka vykazovala stejnou tendenci jak růstu, tak i poklesu viskozity. Zcela nejvyšší hodnoty viskozity vychylující se z trendu dosahoval vzorek SM\_Genesis druhý den měření. Ostatní vzorky v této kombinaci nabývaly podobných hodnot viskozit po celou dobu skladování, kdy po dobu 2-14 dní měření hodnoty viskozity byly nejvyšší, tudíž jejich vjem v ústech byl po tuto dobu skladování nejdelší a jejich postupnost dále do trávicího traktu trvala déle.

Tabulka č. 11: Hodnoty koeficientu konzistence a indexu toku pro vzorky mléka

Vzorek	Čas [dny]	K [Pa.s]*	n [-]*	R <sup>2</sup>
M_Laktoflora	0	0,297	0,163	0,9945
M_Laktoflora	1	0,242	0,223	0,9951
M_Laktoflora	2	0,186	0,297	0,9932
M_Laktoflora	7	0,436	0,170	0,9942
M_Laktoflora	14	0,322	0,240	0,9975
M_Laktoflora	21	0,572	0,390	0,9936
M_Laktoflora	28	0,344	0,247	0,9943
M_Laktoflora	42	0,476	0,283	0,9982
M_Genesis	0	0,261	0,188	0,9914
M_Genesis	1	0,707	0,554	0,9931
M_Genesis	2	1,520	0,532	0,9941
M_Genesis	7	1,235	0,529	0,9953
M_Genesis	14	1,207	0,522	0,9984
M_Genesis	21	0,763	0,491	0,9967
M_Genesis	28	0,209	0,739	0,9933
M_Genesis	42	0,229	0,769	0,9954
M_Wugi	0	1,154	0,139	0,9947
M_Wugi	1	1,675	0,293	0,9971
M_Wugi	2	4,416	0,250	0,9964
M_Wugi	7	4,018	0,263	0,9911
M_Wugi	14	3,646	0,280	0,9949
M_Wugi	21	1,523	0,317	0,9994
M_Wugi	28	1,778	0,303	0,9975
M_Wugi	42	2,267	0,231	0,9964

\*K - koeficient konzistence; n - index toku

Tabulka č. 12: Hodnoty koeficientu konzistence a indexu toku pro vzorky syrovátky

Vzorek	Čas [dny]	K [Pa.s]*	n [-]*	R <sup>2</sup>
S_Laktoflora	0	0,274	0,133	0,9971
S_Laktoflora	1	0,298	0,180	0,9944
S_Laktoflora	2	0,298	0,190	0,9958
S_Laktoflora	7	0,244	0,224	0,9931
S_Laktoflora	14	0,270	0,199	0,9967
S_Laktoflora	21	0,329	0,158	0,9925
S_Laktoflora	28	0,198	0,251	0,9963
S_Laktoflora	42	0,314	0,138	0,9971
S_Genesis	0	0,430	0,022	0,9928
S_Genesis	1	0,246	0,276	0,9949
S_Genesis	2	0,144	0,383	0,9955
S_Genesis	7	0,193	0,261	0,9965
S_Genesis	14	0,172	0,304	0,9971
S_Genesis	21	0,158	0,282	0,9964
S_Genesis	28	0,251	0,223	0,9972
S_Genesis	42	0,221	0,268	0,9903
S_Wugi	0	0,247	0,209	0,9956
S_Wugi	1	0,156	0,275	0,9922
S_Wugi	2	0,109	0,370	0,9982
S_Wugi	7	0,253	0,198	0,9951
S_Wugi	14	0,253	0,199	0,9961
S_Wugi	21	0,212	0,232	0,9948
S_Wugi	28	0,308	0,145	0,9966
S_Wugi	42	0,285	0,175	0,9927

\*K - koeficient konzistence; n - index toku

Tabulka č. 13: Hodnoty koeficientu konzistence a indexu toku pro vzorky SM

Vzorek	Čas [dny]	K [Pa.s]*	n [-]*	R <sup>2</sup>
SM_Laktoflora	0	0,274	0,138	0,9922
SM_Laktoflora	1	0,251	0,357	0,9945
SM_Laktoflora	2	0,655	0,293	0,9934
SM_Laktoflora	7	0,542	0,322	0,9987
SM_Laktoflora	14	0,513	0,316	0,9912
SM_Laktoflora	21	0,259	0,352	0,9961
SM_Laktoflora	28	0,190	0,371	0,9939
SM_Laktoflora	42	0,302	0,279	0,9916
SM_Genesis	0	0,153	0,324	0,9982
SM_Genesis	1	0,130	0,655	0,9952
SM_Genesis	2	0,221	0,654	0,9927
SM_Genesis	7	0,166	0,645	0,9938
SM_Genesis	14	0,220	0,541	0,9963
SM_Genesis	21	0,230	0,363	0,9988
SM_Genesis	28	0,120	0,625	0,9967
SM_Genesis	42	0,088	0,657	0,9903
SM_Wugi	0	0,223	0,339	0,9922
SM_Wugi	1	0,332	0,351	0,9991
SM_Wugi	2	0,381	0,467	0,9977
SM_Wugi	7	0,542	0,305	0,9933
SM_Wugi	14	0,531	0,303	0,9995
SM_Wugi	21	0,328	0,336	0,9992
SM_Wugi	28	0,398	0,322	0,9963
SM_Wugi	42	0,438	0,312	0,9927

\*K - koeficient konzistence; n - index toku

Tabulka č. 14: Hodnoty koeficientu konzistence a indexu toku pro vzorky SM+WPC

Vzorek	Čas [dny]	K [Pa.s]*	n [-]*	R <sup>2</sup>
SM+WPC_Laktoflora	0	0,354	0,104	0,9952
SM+WPC_Laktoflora	1	0,291	0,355	0,9915
SM+WPC_Laktoflora	2	0,698	0,300	0,9985
SM+WPC_Laktoflora	7	0,573	0,295	0,9976
SM+WPC_Laktoflora	14	0,416	0,347	0,9966
SM+WPC_Laktoflora	21	0,280	0,341	0,9992
SM+WPC_Laktoflora	28	0,266	0,340	0,9997
SM+WPC_Laktoflora	42	0,271	0,337	0,9905
SM+WPC_Wugi	0	0,304	0,302	0,9988
SM+WPC_Wugi	1	0,317	0,408	0,9958
SM+WPC_Wugi	2	0,428	0,385	0,9987
SM+WPC_Wugi	7	0,351	0,340	0,9958
SM+WPC_Wugi	14	0,554	0,320	0,9974
SM+WPC_Wugi	21	0,291	0,355	0,9927
SM+WPC_Wugi	28	0,282	0,421	0,9956
SM+WPC_Wugi	42	0,318	0,373	0,9949

\*K - koeficient konzistence; n - index toku

Pomocí Power Law modelu využitého k vyhodnocení reologických dat byly zjištěny hodnoty „K“ a „n“. Hodnoty „K“, udávající viskozitu vzorku [47], u většiny vzorků v průběhu skladování rostou, avšak u některých variant se viskozita snižuje, což může být způsobeno chybou měření. Hodnota „n“ nám udává charakter kapaliny v závislosti na jeho rozmezí hodnot. V tomto případě se hodnoty této veličiny pohybují v rozmezí 0-1, což udává charakter pseudoplastických látek, u kterých viskozita s rostoucím gradientem rychlosti klesá.

Celkovým reologickým vyhodnocením bylo zjištěno, že vzorky mléka vykazují nejvyšší hodnoty viskozity. Naopak vzorky obsahující pouze samotnou syrovátku se projevují nejnižšími hodnotami viskozity. Z kombinace syrovátky a mléka byl nejlépe vyhodnocen vzorek SM\_Laktoflora, složený ze syrovátky a mléka bez přídavku WPC zaočkovaný kulturou Laktoflora, což odpovídá i vhodnosti senzorického hodnocení.

## ZÁVĚR

Teoretická část se zabývá charakteristikou surovin mléka a syrovátky využitých při výrobě fermentovaných syrovátkových nápojů. Dále se pozornost věnuje charakterizaci fermentovaných mléčných výrobků. Poslední kapitola, čisté mlékárenské kultury, definuje mikroorganismy využívající se k výrobě kefirových nápojů.

Praktická část byla zaměřena na výrobu a sledování vlastností fermentovaných syrovátkových nápojů připravených z mléka a syrovátky, jejich kombinace, popřípadě s přidavkem WPC a zaočkovaných třemi různými kefirovými kulturami za stejných fermentačních a skladovacích podmínek. U těchto vzorků byly hodnoceny fyzikálně-chemické, reologické a také organoleptické vlastnosti, a to 0., 1., 2., 7., 14., 21., 28., a 42. den skladování. Skladovací podmínky byly po celou dobu experimentu konstantní, skladovací teplota byla  $5 \pm 0,5$  °C.

Z výsledků změn hodnot aktivní kyselosti byly vyhodnoceny jako nejlepší média samotná syrovátka a kombinace syrovátky a mléka, které především na konci doby fermentace vykazovaly nejnižší hodnoty pH, tudíž aktivita jednotlivých kefirových kultur byla v přítomnosti těchto médií nejaktivnější, na rozdíl od mléka, které naopak vyžaduje delší dobu fermentace. Vzorky kombinace syrovátky a mléka projevovaly o něco vyšší hodnoty refraktometrické sušiny v průběhu skladování ve srovnání se syrovátkou. Vyhodnocením sensorické analýzy byla zjištěna nevhodnost média syrovátky z důvodu jejího nežádoucího chuťového dojmu. Kombinace syrovátky a mléka obsahující kulturu *Laktoflora* byla určena jako nejlépe sensoricky přijatelná, naopak vzorky kultury *Genesis* byly zcela vyřazeny ze sensorického hodnocení již od druhého dne skladování z důvodu celkové chuťové nepřijatelnosti. Kefirová kultura *Wugi* jevila přibližně od druhého dne mírné vady v chuti ve vzorcích kombinace syrovátky a mléka. Reologická analýza prokázala pseudoplastické chování u všech měřených vzorků a prokázala nejlepší viskoelastické vlastnosti pro nápoj u vzorku kombinace syrovátky a mléka zaočkované kulturou *Laktoflora* bez přidavku WPC. Hodnoty změn aktivity vody a celkového množství rozpuštěných látek (TDS) byly v průběhu celého experimentu zanedbatelné.

Nejlépe dosažené fyzikálně-chemické, reologické a organoleptické vlastnosti prokázalo médium syrovátky s mlékem (SM) zaočkované kefirovou kulturou *Laktoflora*., a bylo tedy vyhodnoceno jako nejvhodnější k výrobě fermentovaného syrovátkového nápoje. Přídavek WPC nejevil zásadní vliv na vlastnosti fermentovaných syrovátkových nápojů.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MAGALHÃES, Karina T., Giuliano DRAGONE, Gilberto V. DE MELO PEREIRA, José M. OLIVEIRA, Lucília DOMINGUES, José A. TEIXEIRA, João B. Almeida E SILVA a Rosane F. SCHWAN. Comparative study of the biochemical changes and volatile compound formations during the production of novel whey-based kefir beverages and traditional milk kefir. *Food Chemistry*, 2011, 126(1), 249-253. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://www.sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814610014196>
- [2] PAREDES, Jorge Luís, María Luisa ESCUDERO-GILETE a Isabel María VICARIO. A new functional kefir fermented beverage obtained from fruit and vegetable juice: Development and characterization. *LWT*, 2022, 154. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://www.sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0023643821018818>
- [3] KRUNIĆ, Tanja Ž. a Marica B. RAKIN. Enriching alginate matrix used for probiotic encapsulation with whey protein concentrate or its trypsin-derived hydrolysate: Impact on antioxidant capacity and stability of fermented whey-based beverages. *Food Chemistry*, 2022, 370. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814621019373>
- [4] SKRYPLONEK, Katarzyna, Izabela DMYTRÓW a Anna MITUNIEWICZ-MAŁEK. Probiotic fermented beverages based on acid whey. *Journal of Dairy Science*, 2019. ISSN 00220302. Dostupné z: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(19\)30599-5/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(19)30599-5/fulltext)
- [5] RIBEIRO, Kenny C.S., Nathalia M. COUTINHO, Marcello R. SILVEIRA, et al. Impact of cold plasma on the techno-functional and sensory properties of whey dairy beverage added with xylooligosaccharide. *Food Research International*, 2021, 142. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://www.sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0963996921001319>
- [6] Thompson, Abby Boland, Mike Singh, Harjinder. Milk Proteins - from Expression to Food. *Elsevier*, 2009. ISBN 978-0-12-374039-7. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpMPEF0001/milk-proteins-from-expression/milk-proteins-from-expression>

- [7] Chandan, Ramesh C. Kilara, Arun Shah, Nagendra P. Dairy Processing and Quality Assurance (2nd Edition). *John Wiley & Sons*, 2016. ISBN 978-1-118-81031-6. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpDPQAE003/dairy-processing-quality/dairy-processing-quality>
- [8] BYLUND, G. Dairy processing handbook. *Lund: Tetra Pak Processing Systems AB*, 1995. Dostupné z: [https://diaspereira.weebly.com/uploads/5/6/3/9/5639534/dairy\\_handbook.pdf](https://diaspereira.weebly.com/uploads/5/6/3/9/5639534/dairy_handbook.pdf)
- [9] Griffiths, Mansel W. Improving the Safety and Quality of Milk, Volume 1 - Milk Production and Processing - 1.1 Milk Biochemistry. *Woodhead Publishing*, 2010. ISBN 978-1-84569-438-8. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0094CD31/improving-safety-quality/milk-biochemistry-introduction>
- [10] BUŇKA, František. Mlékárenská technologie I. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-254-1.
- [11] Jensen, Robert G. Handbook of Milk Composition. *Elsevier*, 1995. ISBN 978-0-12-384430-9. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpHMC00006/handbook-milk-composition/handbook-milk-composition>
- [12] Abbas, Hayam & Hassan, Fatma & A. M. Abd El-Gawad, Mona & Enab, A. Physicochemical Characteristics of Goat's Milk. *Life Science Journal*. Egypt, 2014, s. 307-317. ISSN 1097-8135. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/274509606\\_Physicochemical\\_Characteristics\\_of\\_Goat's\\_Milk](https://www.researchgate.net/publication/274509606_Physicochemical_Characteristics_of_Goat's_Milk)
- [13] Boer, Ruud de. From Milk By-Products to Milk Ingredients - Upgrading the Cycle. *John Wiley & Sons*, 2014. ISBN 978-0-470-67222-8. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpFMBPMIU2/from-milk-by-products/from-milk-by-products>
- [14] Cassano, Alfredo Drioli, Enrico. Integrated Membrane Operations in the Food Production - 15.3.1 Whey. *De Gruyter*, 2014. ISBN 978-3-11-028467-6. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt010R8731/integrated-membrane-operations/whey>



- [15] Cassano, Alfredo Drioli, Enrico. Integrated Membrane Operations in the Food Production - 6.2 Whey Types and Composition. *De Gruyter*, 2014. ISBN 978-3-11-028467-6. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt010R8362/integrated-membrane-operations/whey-types-composition>
- [16] PESCUA, Micaela et al. Functional fermented whey-based beverage using lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 2010. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.04.011. ISSN 01681605. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168160510002217>
- [17] Tsai, Sang-Bing Yuan, Zhengxi Yu, Jian Liu, Xuexin. Waste Management Techniques for Improved Environmental and Public Health - Emerging Research and Opportunities - 7.4.2 Whey Utilization. *IGI Global*, 2020. ISBN 978-1-79981-966-0. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0125YZ27/waste-management-techniques/whey-utilization>
- [18] Galanakis, Charis M. Innovations in Traditional Foods - 10.1.3 Fermented Products. *Elsevier*, 2019. ISBN 9780128148877. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0122DV46/innovations-in-traditional/fermented-products>
- [19] Fernandes, Rhea. Microbiology Handbook - Dairy Products (3rd Edition). *Royal Society of Chemistry (RSC)*, 2009. ISBN 978-1-905224-62-3. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00AC6SCE/microbiology-handbook-3/hard-low-moisture-cheese>
- [20] Mattila-Sandholm, Tiina Saarela, Maria. Functional Dairy Products - 1.3 Fermented Milk Products. *Woodhead Publishing*, 2003. ISBN 978-1-85573-584-2. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt003BI9E1/functional-dairy-products/fermented-milk-products>
- [21] Tamime, A.Y. Robinson, R.K. Tamime and Robinson's. Yoghurt - Science and Technology (3rd Edition). *Woodhead Publishing*, 2007. ISBN 978-1-84569-213-1. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt007DDE4P/tamime-robinsons-yoghurt/introduction>
- [22] KOPÁČEK, J. Fermentované mléčné výrobky a vývoj jejich spotřeby v Evropě, v ČR a ve světě. *Mlékařské listy - Zpravodaj*. 2018, č. 170, s. 8-14.

- [23] LUKÁŠOVÁ, Jindra. *Hygiena a technologie mléčných výrobků*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 2001. ISBN 8073054159.
- [24] Vyhláška č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. In: *Sbírka zákonů České republiky* [online]. [cit. 2022-04-30]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397>
- [25] ICHIMURA, T., T. OSADA, K. YONEKURA a H. HORIUCHI. A new method for producing superior set yogurt, focusing on heat treatment and homogenization. *Journal of Dairy Science*, 2022. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0022030222000340>
- [26] ŠUSTOVÁ, Květoslava a Vladimír SÝKORA. *Mlékárenské technologie*. V Brně: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 9788073757045.
- [27] Tamime, A.Y. Robinson, R.K. *Yoghurt Science and Technology* (2nd Edition). *Woodhead Publishing*, 1999. ISBN 978-1-85573-399-2. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0017T621/yoghurt-science-technology/processing-aspects>
- [28] Knoerzer, Kai Muthukumarappan, Kasiviswanathan. *Innovative Food Processing Technologies - A Comprehensive Review, Volume 1-3 - 1.26.2.5.5 Gelation*. *Elsevier*, 2021. ISBN 978-0-12-815781-7. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt012RYS31/innovative-food-processing/gelation>
- [29] PESCUA, Micaela, Graciela Font DE VALDEZ a Fernanda MOZZI, 2015. Whey-derived valuable products obtained by microbial fermentation. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 99(15), 6183-6196. DOI: 10.1007/s00253-015-6766-z. ISSN 0175-7598. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s00253-015-6766-z>
- [30] DESNILASARI, D a R KUMALASARI. Characteristic of Fermented Drink from Whey Cheese with Addition of Mango ( *Mangifera x odorata* ) Juice. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2017. ISSN 1755-1307. Dostupné z: <http://stacks.iop.org/1755-1315/101/i=1/a=012024?key=crossref.8cae3addae73bdbc6e88bd90a690478>

- [31] BARUKČIĆ, Irena, Katarina LISAK JAKOPOVIĆ a Rajka BOŽANIĆ. Valorisation of Whey and Buttermilk for Production of Functional Beverages – An Overview of Current Possibilities. *Food technology and biotechnology*, 2019. ISSN 13342606. Dostupné z: <https://www.ftb.com.hr/176-volume-57-issue-no-4/1638-valorisation-of-whey-and-buttermilk-for-production-of-functional-beverages-an-overview-of-current-possibilities>
- [32] HOLSINGER, V.H., L.P. POSATI a E.D. DEVILBISS, 1974. Whey Beverages: A Review. *Journal of Dairy Science*. 57(8), 849-859. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(74)84976-3. ISSN 00220302. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030274849763>
- [33] Kysané mléčné výrobky [online]. UNIBIOM s.r.o. Smetanovo nábřeží 956/6, 690 02 Břeclav: [cit. 2022-03-20]. Dostupné z: <https://www.wugi.cz/a/kysane-mlecne-vyroby-od-a-po-z-zazraky-pro-zdravi-strev>
- [34] Robinson, Richard K. *Encyclopedia of Food Microbiology, Volumes 1-3 - Production*. Elsevier, 2000. ISBN 978-0-12-227070-3. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0051KI71/encyclopedia-food-microbiology/tarhana-production>
- [35] Frias, Juana Martinez-Villaluenga, Cristina Peñas, Elena. Fermented Foods in Health and Disease Prevention - 14.3 Kefir Production. *Elsevier*, 2017. ISBN 978-0-12-802309-9. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0112TW61/fermented-foods-in-health/kefir-production>
- [36] Holzapfel, Wilhelm. *Advances in Fermented Foods and Beverages - Improving Quality, Technologies and Health Benefits - 4.5.2 Dairy-Based Functional Foods*. Elsevier, 2015. ISBN 978-1-78242-015-6. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00U9IUQ3/advances-in-fermented/dairy-based-functional>
- [37] Holzapfel, Wilhelm. *Advances in Fermented Foods and Beverages - Improving Quality, Technologies and Health Benefits - 1.4.1 Modulating Microbiota Composition*. Elsevier, 2015. ISBN 978-1-78242-015-6. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00U9IT34/advances-in-fermented/modulating-microbiota>

- [38] MAHDALOVÁ, Pavlína a Bohumíra JANŠTOVÁ. Čisté mlékařské kultury [online]. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno [cit. 2022-03-28]. Dostupné z: [https://www.vfu.cz/files/2340\\_56\\_postercmk.pdf](https://www.vfu.cz/files/2340_56_postercmk.pdf)
- [39] Bakterie mléčného kvašení, probiotika a fermentované mléčné výrobky. 2. vydání. Praha: Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, 2019. ISBN 978-80-88019-37-4.
- [40] RATTRAY, W a P JELEN. Thermal stability of skim milk/whey protein solution blends. *Food Research International*, 1997, 30(5), 327-334. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996997000562>
- [41] Kyselost [online]. Biochemický ústav, Lékařská fakulta, Masarykova univerzita [cit. 2022-04-11]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/el/med/podzim2011/BSBC011p/30547295/kyseliny.html>
- [42] Stanovení refraktometrické sušiny [online]. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav konzervace potravin [cit. 2022-04-11]. Dostupné z: <https://ukp.vscht.cz/home/41949/41953>
- [43] TDS [online]. Filtry Vodní s.r.o. [cit. 2022-04-11]. Dostupné z: [https://www.filtry-vodni.cz/site/site-files/navody/TDS\\_meter\\_navod.pdf](https://www.filtry-vodni.cz/site/site-files/navody/TDS_meter_navod.pdf)
- [44] Aktivita vody v potravinách [online]. GASTRONOX s.r.o. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.gastronox.cz/Co-je-aktivita-vody-a-jak-a-proc-ji-v-potravinach-merit->
- [45] Rheology Applications [online]. [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: <https://rheologyapplications.com/online-rheology-model-fitting.php>
- [46] ONG, Jane Jun-Xin, Catriona M. STEELE a Lisa M. DUIZER. Challenges to assumptions regarding oral shear rate during oral processing and swallowing based on sensory testing with thickened liquids. *Food Hydrocolloids*, 2018, 84, 173-180. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0268005X17319380>

- [47] Making Use Of Models: The Power Law (or Ostwald) Model [online]. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <http://www.rheologyschool.com/advice/rheology-tips/35-making-use-of-models-the-power-law-or-ostwald-model?fbclid=IwAR2zLf9B7N4w4p-1Tx7BXY1Z2SHtkhz65ahspbwIBKf2HH64Vk3JOXGUmd8>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

WPC Syrovátkový bílkovinný koncentrát

WPI Syrovátkový bílkovinný izolát

BMK Bakterie mléčného kvašení

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek č. 1: Kaseinová micela [6].....	16
Obrázek č. 2: Zjednodušené schéma fází výroby rozdílných jogurtů [21].....	23
Obrázek č. 3: Znázornění zpracovatelských postupů k výrobě jogurtového mléka [27] ....	24
Obrázek č. 4: Schéma výroby kefiru [35].....	28
Obrázek č. 5: Schéma průmyslové výroby pro kumys [34] .....	29
Obrázek č. 6: Schématické znázornění uplatnění probiotik ve střevech i mimo ně [37] ....	31
Obrázek č. 7: Schéma výroby fermentovaných syrovátkových nápojů.....	39
Obrázek č. 8: pH metr HI 99161.....	41
Obrázek č. 9: Digitální refraktometr .....	42
Obrázek č. 10: Digitální TDS metr CYBER SCAN 110 .....	43
Obrázek č. 11: AquaLab 4TE .....	44
Obrázek č. 12: Reometr HAAKE RheoStress 1 .....	45
Obrázek č. 13: Vysrážení vzorku SM+WPC_Genesis po době fermentace.....	46
Obrázek č. 14: Graf závislosti doby fermentace na pH pro kulturu Laktoflora .....	47
Obrázek č. 15: Graf závislosti doby fermentace na pH pro kulturu Genesis.....	47
Obrázek č. 16: Graf závislosti doby fermentace na pH pro kulturu Wugi .....	48
Obrázek č. 17: Graf závislosti doby skladování na pH pro kulturu Laktoflora.....	50
Obrázek č. 18: Graf závislosti skladování na pH pro kulturu Wugi.....	50
Obrázek č. 19: Graf závislosti skladování na pH pro kulturu Genesis .....	51
Obrázek č. 20: Graf závislosti doby skladování na RS pro kulturu Laktoflora.....	52
Obrázek č. 21: Graf závislosti doby skladování na RS pro kulturu Wugi.....	52
Obrázek č. 22: Graf závislosti doby skladování na RS pro kulturu Genesis .....	53
Obrázek č. 23: Graf závislosti doby skladování na TDS pro kulturu Laktoflora .....	55
Obrázek č. 24: Graf závislosti doby skladování na TDS pro kulturu Wugi .....	55
Obrázek 25: Graf závislosti doby skladování na TDS pro kulturu Genesis .....	56
Obrázek 26: Graf závislosti gradientu rychlosti na smykovém napětí 0. den měření .....	59
Obrázek č. 27: Graf závislosti gradientu rychlosti na smykovém napětí 14. den měření ...	59
Obrázek č. 28: Graf závislosti gradientu rychlosti na smykovém napětí 28. den měření ...	60
Obrázek 29: Graf závislosti gradientu rychlosti na smykovém napětí 42. den měření .....	60
Obrázek č. 30: Graf závislosti gradientu rychlosti na smykovém napětí 0. den měření ....	61
Obrázek č. 31: Graf závislosti gradientu rychlosti na smykovém napětí 14. den měření ...	62
Obrázek č. 32: Graf závislosti gradientu rychlosti na smykovém napětí 28. den měření ...	62
Obrázek č. 33: Graf závislosti gradientu rychlosti na smykovém napětí 42. den měření ...	63

---

Obrázek č. 34: Graf závislosti doby skladování na viskozitě pro vyhodnocení oral shear rate (mléko a syrovátka) .....	64
Obrázek č. 35: Graf závislosti doby skladování na viskozitě pro vyhodnocení oral shear rate (SM a SM+WPC).....	65



**SEZNAM TABULEK**

Tabulka č. 1: Složení mléka různých druhů zvířat a člověka [8] .....	13
Tabulka č. 2: Procentuální zastoupení mastných kyselin v kravském a kozím mléce [12].	15
Tabulka č. 3: Složení odstředěného mléka a ultrafiltrovaného mléčného permeátu (g/100 g) [13].....	17
Tabulka č. 4: Přibližné složení sladké a kyselé syrovátky [15] .....	19
Tabulka č. 5: Rody mikroorganismů izolované ze základních fermentovaných mléčných výrobků [15] .....	20
Tabulka č. 6: Druhy mikroorganismů izolovaných z různých keřirových zrn [34] .....	34
Tabulka č. 7: Složení použitých keřirových kultur .....	37
Tabulka č. 8: Použité množství keřirových kultur k přípravě zákysu .....	37
Tabulka č. 9: Výživové hodnoty pro 100 g sušené syrovátky .....	38
Tabulka č. 10: Připravené vzorky a jejich označení .....	38
Tabulka č. 11: Hodnoty koeficientu konzistence a indexu toku pro vzorky mléka.....	66
Tabulka č. 12: Hodnoty koeficientu konzistence a indexu toku pro vzorky syrovátky.....	67
Tabulka č. 13: Hodnoty koeficientu konzistence a indexu toku pro vzorky SM.....	68
Tabulka č. 14: Hodnoty koeficientu konzistence a indexu toku pro vzorky SM+WPC.....	69

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Senzorický dotazník pro hodnocení fermentovaných syrovátkových nápojů...83



### **Barva**

- 1 - zcela nevyhovující, nepřijatelná
- 2 - neuspokojivá, nedostatečná, téměř nevyhovující
- 3 - dobrá, ještě vyhovující
- 4 - velmi dobrá, vyhovující
- 5 - výborná

### **Chuť a vůně**

- 1 - nepříjemná, neharmonická, zcela nevyhovující
- 2 - téměř nepříjemná, téměř nevyhovující
- 3 - dobrá, příjemná, ještě vyhovující
- 4 - dosti příjemná, harmonická, vyhovující
- 5 - velmi příjemná, výborná, harmonická, velmi vyhovující

### **Chuť syrovátky**

- 1 - příliš výrazná, zcela nevyhovující
- 2 - více výrazná, téměř nevyhovující
- 3 - středně výrazná, ještě vyhovující
- 4 - mírně výrazná, vyhovující
- 5 – nevýrazná

### **Sladká chuť**

- 1 - nesladká
- 2 - málo sladká
- 3 - středně sladká
- 4 - více sladká
- 5 - přeslazená

### **Kyselá chuť**

- 1 - nekyselá
- 2 - jemně kyselá
- 3 - středně kyselá
- 4 - více kyselá
- 5 - kyselá

### **Cizí příchutě a pachy**

- 1 - vysoká intenzita, zcela nevyhovující
- 2 - vyšší intenzita, téměř nevyhovující
- 3 - střední intenzita, stále vyhovující
- 4 - slabá intenzita, vyhovující
- 5 - bez přítomnosti

### **Celkový dojem**

- 1 - špatný, nevyhovující
- 2 - uspokojivý
- 3 - dobrý
- 4 - velmi dobrý
- 5 - vynikající