

# **Faktory ovlivňující průběh fermentace syrovátky**

Lucie Drcmánková

---

Bakalářská práce  
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2020/2021

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE** (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Lucie Drcmánková**  
Osobní číslo: **T18097**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Faktory ovlivňující průběh fermentace syrovátky**

### **Zásady pro vypracování**

- I. Teoretická část:
1. Surovátka a její vlastnosti.
  2. Fermentované mléčné výrobky.
  3. Kultury využívané při výrobě fermentovaných mléčných výrobků.
  4. Surovátkové nápoje a jejich výroba.
  5. Způsoby fermentace syrovátky.

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

**Seznam doporučené literatury:**

- [1] ŠNIRC, J., GOLIAN, J., HERIAN, K., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L. a ČANIGOVÁ, M. *Mlieko a mliečne výrobky*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2016. ISBN 978-80-552-1451-1
- [2] SAEED, M., MUHAMMAD ANJUM, F., RAFIQ KHAN, M., ISSA KHAN, M., NADEEM, M. *Isolation, characterization and utilization of starter cultures for the development of wheyghurt drink*. *British Food Journal*. 2013, vol. 115, no. 8, p. 1169-1186. DOI: 10.1108/BFJ-10-2011-0274. ISSN 0007-070X
- [3] GALLARDO-ESCAMILLA, F.J., KELLY, A. L., DELAHUNTY, C.M. Influence of starter culture on flavor and headspace volatile profiles of fermented whey and whey produced from fermented milk. *Journal of dairy Science*. 2005, vol. 88, no. 11, p. 3745-3753

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

Datum zadání bakalářské práce: **31. prosince 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2021**

L.S.

---

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

---

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

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

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

### **Prohlašuji,**

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

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## ABSTRAKT

Práce je zaměřena na syrovátku, která vzniká jako vedlejší produkt při výrobě sýrů. Vzhledem k množství, které mléčný průmysl vyprodukuje, je důležité najít pro syrovátku dostatečné uplatnění. Část práce je zaměřena na fermentované mléčné výrobky a důležité bakterie mléčného kvašení, které jsou při výrobě fermentovaných mléčných výrobků podstatné. Bakterie mléčného kvašení se využívají ve formě čistých mlékařských kultur a slouží především k přeměně laktózy na kyselinu mléčnou, konkrétní volba čisté mlékařské kultury pak záleží na druhu výrobku, který chceme vyrobit. Příkladem je jogurtová kultura, která se využívá při výrobě jogurtů a jogurtových mlék. Tato kultura obsahuje kmeny *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* a *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus*. Dále se práce věnuje fermentaci syrovátky, syrovátkovým nápojům a jejich výrobě. Při fermentaci syrovátky se nejčastěji využívají startérové, probiotické a jogurtové kultury, které poskytují intenzivnější aroma výrobků, což většina spotřebitelů hodnotí velice kladně. Výroba fermentovaných syrovátkových nápojů z čerstvé syrovátky, by umožnila vytvořit produkt podobný tradičním fermentovaným mléčným výrobkům, čímž by se využil tento vedlejší produkt z výroby přírodních sýrů a zároveň by se snížilo plýtvání syrovátkou a náklady na její sušení.

Klíčová slova: syrovátka, syrovátkové nápoje, fermentace, fermentované mléčné výrobky, bakterie mléčného kvašení, sérové bílkoviny

## **ABSTRACT**

The work is focused on whey, which arises as a by-product in the production of cheese. Due to the amount that the dairy industry produces, it is important to find sufficient use for whey. Part of the work is focused on fermented dairy products and important lactic acid bacteria, which are essential in the production of fermented dairy products. Lactic acid bacteria are used in the form of pure dairy cultures and serve primarily to convert lactose to lactic acid, the specific choice of pure dairy culture then depends on the type of product we want to produce. An example is the yogurt culture, which is used in the production of yogurt and yogurt milk. This culture contains strains of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus*. Furthermore, the work deals with the fermentation of whey, whey drinks and their production. Whey fermentation most often uses starter, probiotic and yogurt cultures, which provide a more intense aroma of the products, which most consumers rate very positively. The production of fermented whey beverages from fresh whey would make it possible to create a product similar to traditional fermented dairy products, thus exploiting this by-product from the production of natural cheeses and at the same time reducing whey waste and drying costs.

Keywords: whey, whey drinks, fermentation, fermented dairy products, lactic acid bacteria, serum proteins

Chtěla bych tímto moc poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Ing. Zuzaně Míškové, Ph.D., za odborné rady, skvělé připomínky a za velkou trpělivost, kterou s mou prací v této nelehké době měla.

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

## OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>1 SYROVÁTKA A JEJÍ VLASTNOSTI.....</b>	<b>10</b>
1.1 VLASTNOSTI A SLOŽENÍ SYROVÁTKY .....	10
1.1.1 Laktóza.....	11
1.1.2 Sérové bílkoviny .....	11
1.1.3 Minerální látky, vitaminy.....	13
<b>2 FERMENTOVANÉ MLÉČNÉ VÝROBKY.....</b>	<b>15</b>
2.1 PRINCIP VÝROBY FERMENTOVANÝCH MLÉČNÝCH VÝROBKŮ.....	15
2.2 FERMENTACE A PLNĚNÍ .....	17
<b>3 KULTURY VYUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ FERMENTOVANÝCH MLÉČNÝCH VÝROBKŮ.....</b>	<b>19</b>
3.1 BAKTERIE MLÉČNÉHO KVAŠENÍ.....	19
3.1.1 Zástupci bakterií mléčného kvašení .....	20
3.2 ČISTÉ MLÉKAŘSKÉ KULTURY .....	22
3.2.1 Druhy čistých mlékařských kultur .....	23
<b>4 SYROVÁTKOVÉ NÁPOJE A JEJICH VÝROBA .....</b>	<b>27</b>
4.1 DRUHY SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ.....	28
4.2 VÝROBA SYROVÁTKOVÝCH NÁPOJŮ.....	30
<b>5 ZPŮSOBY FERMENTACE SYROVÁTKY .....</b>	<b>32</b>
5.1 NEFERMENTOVANÉ SYROVÁTKOVÉ NÁPOJE .....	32
5.2 FERMENTOVANÉ SYROVÁTKOVÉ NÁPOJE .....	33
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>34</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>35</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>39</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>40</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>41</b>



## ÚVOD

Syrovátka, jakožto vedlejší produkt při výrobě sýra byla dříve likvidována jako odpad. I přesto, že má vysokou hodnotu obsahu organických látek, odcházela přímo do kanalizace a maximálně se uplatnila jako krmivo. Vzhledem k tomu, že syrovátka byla vylévána přímo do kanalizace bez jakékoliv úpravy, začala představovat problém nejen pro životní prostředí, ale hlavně pro ekonomiku. Ani dnešní doba nedokáže využít veškerou vyprodukovanou syrovátku v mléčném průmyslu, a tak dochází k jejímu plýtvání.

Mezi významné složky syrovátky patří laktóza, tedy mléčný cukr, minerální látky (vápník, fosfor) a vitaminy. Z vitaminů především vitaminy skupiny B, konkrétně riboflavin, na který je syrovátka velice bohatá. Obsah riboflavinu se v syrovátce pohybuje v rozmezí 0,2–3,0 mg/kg. Další důležitou složkou syrovátky jsou sérové bílkoviny, mezi které patří  $\beta$ -laktoglobulin,  $\alpha$ -laktoalbumin, imunoglobulin a sérum albumin. Sérové bílkoviny se vyznačují svou termolabilitou, které se pak využívá při výrobě fermentovaných mléčných výrobků. Pozitivní vlastností sérových bílkovin je i jejich snadná stravitelnost.

Výrobky ze syrovátky využívají zejména sportovci. Ze syrovátky se získávají syrovátkové proteiny, ze kterých jsou nejprve odděleny kaseinové bílkoviny a následně se syrovátkové proteiny upraví na požadované vlastnosti. Například z  $\beta$ -laktoglobulinu se vyrábí BCAA (Branched Chain Amino Acids), což jsou aminokyseliny s rozvětvenými řetězci, nejčastěji valin, leucin, isoleucin, které zpomalují nástupy projevů únavy a ovlivňují látkovou výměnu ve svalech. U širší populace jsou známé a oblíbené syrovátkové nápoje, které mohou být nealkoholické, alkoholické a sycené. Dle vyhlášky č. 397/2016 Sb. musí syrovátkové nápoje obsahovat minimálně 51 % syrovátky. Alkoholické syrovátkové nápoje se pak vyznačují spíše nižším obsahem alkoholu, většinou do 1,5 %. Přestože se u výroby syrovátkových nápojů výrobci potýkají s problémy, jako je vysoký obsah vody v čerstvé syrovátce, a tedy daleko vyšší náchylností této suroviny k mikrobiální kontaminaci, ukázala se výroba syrovátkových nápojů jako dobré řešení pro zpracování syrovátky.

## 1 SYROVÁTKA A JEJÍ VLASTNOSTI

Syrovátka, též nazývána jako mléčné sérum, je tekutý zbytek po výrobě sýra a tvarohů, kdy dochází k odstranění kaseinů z mléka. Typická žlutozelená barva syrovátky je způsobena vysokým obsahem vitaminů skupiny B, a to především riboflavinu. Syrovátka dále obsahuje laktózu, minerální látky, vitamíny a syrovátkové bílkoviny, ty zaujmají asi 20 % čistých bílkovin z celkového obsahu dusíku v mléce. Syrovátkové bílkoviny jsou rozpustné při pH 4,6, a jejich obsah v mléce je 0,5–0,7 %. Dříve byla syrovátka likvidována jako odpad, v letech 1989–1990 to dokonce bylo 50 % z celkové produkce syrovátky. Likvidace syrovátky představuje problém pro životní prostředí. Zatěžuje odpadní vody a dostane-li se syrovátka do půdy, ovlivní její fyzikální a chemickou strukturu, čímž se může snížit její úrodnost. Proto je důležité syrovátku buď kvalitně likvidovat, nebo jí najít více uplatnění v naší stravě. Jelikož má syrovátka dobré nutriční vlastnosti, neustále se hledá její nejlepší uplatnění na trhu. Vhodnou variantou se ukázal být syrovátkový nápoj. Syrovátkové nápoje mají různá uplatnění, např. jako nápoje na hubnutí nebo nápoje pro sportovce, kteří ocení vysoký obsah bílkovin. Přesto, že se syrovátkové nápoje těší své oblibě, je důležité vzhledem k velké produkci syrovátky mlékárenským průmyslem najít její další využití. [1, 2]

### 1.1 Vlastnosti a složení syrovátky

Syrovátka se dělí na sladkou a kyselou, a to podle způsobu srážení bílkovin mléka. Do sladké syrovátky přechází rozpustný  $\kappa$ -kaseinomakropeptid odštěpený syřidlem. Ke koagulaci syřidlem dochází přibližně při pH 6,5. Kyselá syrovátka vzniká fermentací mléka bakteriemi mléčného kvašení nebo přidáním organické či minerální kyseliny. Většinou při výrobě kyselých sýrů a průmyslových kaseinátů, a to vše při pH < 5. V kyselé syrovátce je podstatně více popelovin, a to především vápníku. Přesné procentuální zastoupení jednotlivých složek je uvedeno v tabulce 1. Při kyselém srážení vytváří kasein síťovitou strukturu, schopnou uzavírat do dutinek tukové kuličky nebo tepelně denaturované sérové bílkoviny. [2, 3]

Tabulka 1 Složení sladké a kyselé syrovátky [2]

Složka (%)	Sladká syrovátka	Kyselé syrovátka
Sušina	6,0–6,5	5,0–6,0
Laktóza	4,5–5,0	3,8–4,3
Kyselina mléčná	stopy	až 0,8
Tuk	0,05–0,2	0,05–0,2
Čistá bílkovina	0,55	0,55
Nebílkovinný dusík (NPN)	0,18	0,18
Popeloviny	0,5	0,8

### 1.1.1 Laktóza

Laktóza je disacharid tvořený D-glukózou a D-galaktózou, které jsou spojeny  $\beta$ -1,4-glykozidickou vazbou. Laktóza je substrátem pro řadu bakterií, ovšem rozvoji nežádoucích mikroorganismů je v případě fermentovaných mléčných výrobků a sýrů potřeba zabránit. Základními technologickými procesy je tepelné ošetření mléka a fermentace laktózy čistými mlékařskými kulturami. Jedná se o redukující cukr, při tepelném ošetření reaguje s volnými amino – skupinami bílkovin, nejčastěji lyzinu, za vzniku Maillardových reakcí, jejichž produkty způsobují změnu chuti a hnědnutí sterilovaného mléka. Laktóza má omezenou rozpustnost a ve výrobcích jako je slazené kondenzované mléko nebo mražené smetanové krémy dochází k její krystalizaci, je potřeba tedy zabránit pomalé tvorbě velkých krystalů, které způsobují písčitosť výrobku. Při rychlém sušení nebo zmrazování vzniká bezvodá amorfní laktóza, která je hygrokopická, přijímá postupně vodu za tvorby  $\alpha$ -hydrátu, což negativně ovlivňuje vlastnosti sušeného mléka a syrovátky, dochází k tvorbě slepenců. [2]

### 1.1.2 Sérové bílkoviny

Mezi syrovátkové bílkoviny patří  $\beta$ -laktoglobulin,  $\alpha$ -laktalbumin, imunoglobulin a sérum albumin. Vyskytují se v mléce ve formě koloidního roztoku. Z technologického hlediska jsou významné především tím, že jsou termolabilní, při teplotách 60–70 °C denaturují, na rozdíl od kaseinu. V mléce často dochází k vysrážení sérových bílkovin a následnému spojení s  $\kappa$ -kaseinem, čímž se mohou změnit vlastnosti kaseinových micel. To tak, že kaseinové micely zvětšují objem a protože vážou velké množství vody, zvětšují i svůj hydratační obal. Při srážení kaseinu se vytváří měkčí sraženina s menším sklonem

k synerezi a uvolňování syrovátky, což je pozitivně hodnoceno při výrobě fermentovaných mléčných výrobků. Naopak negativně je to hodnoceno při výrobě sýrů, kde nízká tuhost sýřeniny a zhoršená schopnost synereze způsobuje technologické problémy. Zhoršují přístup proteolytických enzymů ke kaseinu, tedy zpomalují sladké srážení mléka a zrání sýrů. Sérové bílkoviny jsou snadno stravitelné a účinnost sérových bílkovin je 3,4 oproti kaseinovým. Ty mají účinnost 2,8 a jsou vysoce kvalitní, proto mají své uplatnění u sportovců v syrovátkových proteinech. Syrovátkové proteiny se vyrábí ze syrovátky, kterou je nutné nejprve oddělit od kaseinových bílkovin a následně upravit. Další výhodou je, že obsahují všechny esenciální aminokyseliny ve vyváženém poměru. Oproti jiným zdrojům bílkovin obsahují i více aminokyselin s rozvětveným řetězcem, tedy valin, izoleucin a leucin, které jsou označovány jako BCAA (Branched Chain Amino Acids). BCAA jsou často využívány sportovci, protože zpomalují nástup projevů únavy a ovlivňují látkovou výměnu ve svalch. Nejvíce bohatý na tyto aminokyseliny je pak  $\beta$ -laktoglobulin. [2,7]

- $\beta$ -laktoglobulin

$\beta$ -laktoglobulin patří do skupiny lipokalinových proteinů, to znamená, že může vázat malé hydrofobní molekuly do hydrofobní kalichové dutiny. Kvartérní struktura se pohybuje mezi monomery, dimery a oligomery. Uspořádání záleží na pH, teplotě a iontové síle. V kravském mléce pak nejvíce převládá dimer.  $\beta$ -laktoglobulin zaujímá 50 % sérových bílkovin a monomer tvoří řetězec 162 aminokyselin, který obsahuje jednu volnou thiolovou skupinu a dva disulfidové můstky. Při záhřevu  $\beta$ -laktoglobulin nevratně denaturuje, dochází k rozbalení globulární struktury, kde se odkryjí funkční skupiny aminokyselin, především thiolové, a tím se zpřístupní chemickým reakcím. Významné jsou reakce – SH skupin, které vyvolávají vařivou příchut' mléka po vysokém tepelném ošetření. Ke kovalentním disulfidovým interakcím může dojít jak intramolekulárně, tak intermolekulárně. Komplexy vytvořené pomocí disulfidových interakcí dodávají dobrou konzistenci kyselým mléčným výrobkům, jako je jogurt, ale narušují sýřitelnost mléka. [9]

- $\alpha$ -laktalbumin

Kompaktní kulovitý protein, kdy jeho struktura je velice podobná svou homologií se slepičím bílkovým lysozymem. Představuje 25 % všech sérových bílkovin. Řetězec obsahuje 123 aminokyselin, relativní molekulová hmotnost je 14 kDa. Obsah laktózy v mléce úzce souvisí právě s obsahem  $\alpha$ -laktalbuminu, jelikož syntéza laktózy v sekreční

buňce začíná syntézou  $\alpha$ -laktalbuminu, a to konkrétně v hrubém endoplazmatickém retikulu. Pak dochází k transportu do Golgiho aparátu, kde se setká s  $\beta$ -1,4-galaktosyltransferázou, která umožňuje navázání  $\alpha$ -laktalbuminu. Tím se změní specifita  $\beta$ -1,4-galaktosyltransferázy tak, aby se glukóza mohla stát akceptorovým cukrem pro přenos galaktózy, což vede k syntéze laktózy. Struktura  $\alpha$ -laktalbuminu je stabilizována obsahem disulfidických můstků, to znamená, že při zahřátí se rozvine a vrátí do podoby identické původní podobě. [8]

- Bovinní sérový albumin, imunoglobuliny

Kravné mléko obsahuje 0,1–0,4 g/l krevního séra albumin. Obsah séra albuminu v mléce je způsobeno únikem z krve a tvoří asi 5 % obsahu syrovátkových bílkovin. Biologická funkce sérového albuminu není známá, má ale vysoký obsah disulfidických můstků. Může sloužit k transportu mastných kyselin, jeho zvýšená hladina může ukazovat na zánět mléčné žlázy. Imunoglobuliny jsou různorodá skupina protilátek pocházející taktéž z krevního séra dojnice. Zajišťují přenos imunity z matky na mládě, vysoký obsah imunoglobulinů je v kolostru, až 1, 2 %. U zdravých dojnic, tedy v normálním mléce je koncentrace velmi nízká. Dále také dokážou zpomalovat růst kontaminující mikroflóry v čerstvě nadojeném mléce. Jejich část, označována jako aglutininy, vyvolává při teplotách pod 15 °C shlukování tukových kuliček, které vede k rychlému vyvstávání mléčného tuku do smetanové snadno rozmíchatelné vrstvy. [2,8]

### 1.1.3 Minerální látky, vitaminy

V syrovátce můžeme najít téměř všechny rozpustné soli, které do syrovátky přecházejí z mléka. Z technologického hlediska je nejvýznamnější obsah a formy vápníku v mléce. Celkový obsah vápníku v mléce je průměrně 1200 mg/l, kde 30 % je přítomno v rozpustné formě v mléčném séru především jako hydrogenfosforečnan a citrát. Při záhřevu nad 80 °C přechází rozpustné formy  $\text{Ca}^{++}$  na nerozpustné komplexy. Mezi stopové prvky zastoupeny v syrovátce pak můžeme zařadit železo nebo zinek, který je vázaný na imunoglobuliny. [4]

V mléce jsou přítomny prakticky všechny vitaminy. Existuje však podstatný rozdíl v obsazích jednotlivých vitaminů, na čemž se podílí roční období a výživa dojnice. Mezi největší zástupce vitaminů rozpustných ve vodě patří vitamin C, obsah v mléce 5–20 mg/kg. Dále riboflavin (0,2–3,0 mg/kg), pyridoxin (0,2–2,0 mg/kg), niacin (0,8–5 mg/kg), pantotenová kyselina (0,4–4,0 mg/kg). Významní zástupci vitaminů rozpustných v tucích jsou vitamin A (0,3–1,0 mg/kg) a vitamin E (0,2–1,2 mg/kg). [2,4,5,10]

V syrovátce jsou přítomny hlavně vitaminy rozpustné ve vodě. Nejvíce se vyskytují zástupci vitaminů skupiny B, jako je thiamin, riboflavin, pyridoxin a dále pak kyselina listová, kyselina pantotenová, biotin a kobalamin. Přičemž vitamin riboflavin se v syrovátce běžně vyskytuje ve větším množství než v mléce, ze kterého byla syrovátka vyrobena. To je způsobeno metabolickou aktivitou bakterií mléčného kvašení používaných při výrobě sýrů. Konkrétní obsah vitaminů (tabulka č. 2) v syrovátce pak záleží na skladovacích podmínkách syrovátky. Kobalamin je vázaný v syrovátkových bílkovinách a po výrobě sýrů pak zůstává v syrovátce. [2,4,5,10]

Tabulka 2 Obsah vitaminu v sušené syrovátce [10]

Vitamin	Sladká syrovátka	Kyselá syrovátka
Vitamin A [MJ/100 g]	69–240	47–165
Vitamin C [mg/100 g]	0–9,08	0–0,99
Vitamin B6 [mg/100 g]	0,36–0,77	0,46–0,96
Vitamin B12 [μg/100 g]	0,9–3,7	0,15–3,7
Vitamin B1 [μg/100 g]	0,38–0,59	0,35–0,58
Vitamin B2 [mg/100 g]	1,70–2,92	1,57–2,35
Vitamin E [μg/100 g]	14–249	19–169
Kyselina pantotenová [mg/100 g]	8,2–15,0	7,0–14,2
Biotin [μg/100 g]	8,2–15,0	7,0–14,2
Niacin [μg/100 g]	0,76–2,03	0,61–2,15
Kyselina listová [μg/100 g]	4,2–30,0	14,6–59,4
Cholin [mg/100 g]	62–173	60–171

## 2 FERMENTOVANÉ MLÉČNÉ VÝROBKY

Fermentované mléčné výrobky jsou produkty, kde základem výroby jsou řízené mikrobiologické procesy mléčného kvašení, případně i alkoholového kvašení za použití vybraných čistých mlékařských kultur. Vyhláška č. 397/2016 Sb. definuje kysané mléčné výrobky, jako výrobky, kterými se rozumí kysaný nebo zakysaný mléčný výrobek, mléčný výrobek získaný kysáním mléka, smetany, podmásí, syrovátky nebo jejich směsi za použití mikroorganismů uvedených v příloze č. 1 k této vyhlášce, tepelně neošetřeným po kysacím procesu. Jogurtem se pak dle stejné vyhlášky rozumí kysaný mléčný výrobek získaný kysáním mléka, smetany, podmásí nebo jejich směsi pomocí mikroorganismů uvedených v příloze č. 1 k této vyhlášce, u kterého lze zvýšit obsah sušiny pouze přidáním mléčné bílkoviny, sušeného nebo zahuštěného mléka, nebo odebráním syrovátky, tepelně neošetřeným po kysacím procesu. [11]

Dříve se fermentované mléčné výrobky, které mají velmi pestrý sortiment, vyráběly přirozeným kvašením mléka, tedy působením mikroorganismů přirozeně přítomných v syrovém mléce, které byly typické pro danou zeměpisnou oblast. V současné době se k výrobě používají čisté mlékařské kultury. Mléko musí svými vlastnostmi a složením tvořit vhodné podmínky pro rozvoj a aktivitu přidaných čistých mlékařských kultur. Syrové mléko nesmí obsahovat cizorodé inhibiční látky, mezi něž patří rezidua čistících a dezinfekčních prostředků, rezidua chemických přípravků z krmiv, rezidua ochranných prostředků rostlin a rezidua veterinárních léčiv, tedy antibiotika. Při fermentaci mléka pomocí čistých mlékařských kultur probíhá tzv. kyselé srážení, kdy je laktóza přeměněna na kyselinu mléčnou a tím je sníženo pH. Jakmile je v mléce dosaženo hodnoty pH 4,6, dochází ke srážení bílkovin mléka, což usnadňuje jejich stravitelnost. Během kyselého srážení fermentovaných mléčných výrobků se vytváří řada látek, které dávají těmto výrobkům charakteristickou chuť a vůni. [6]

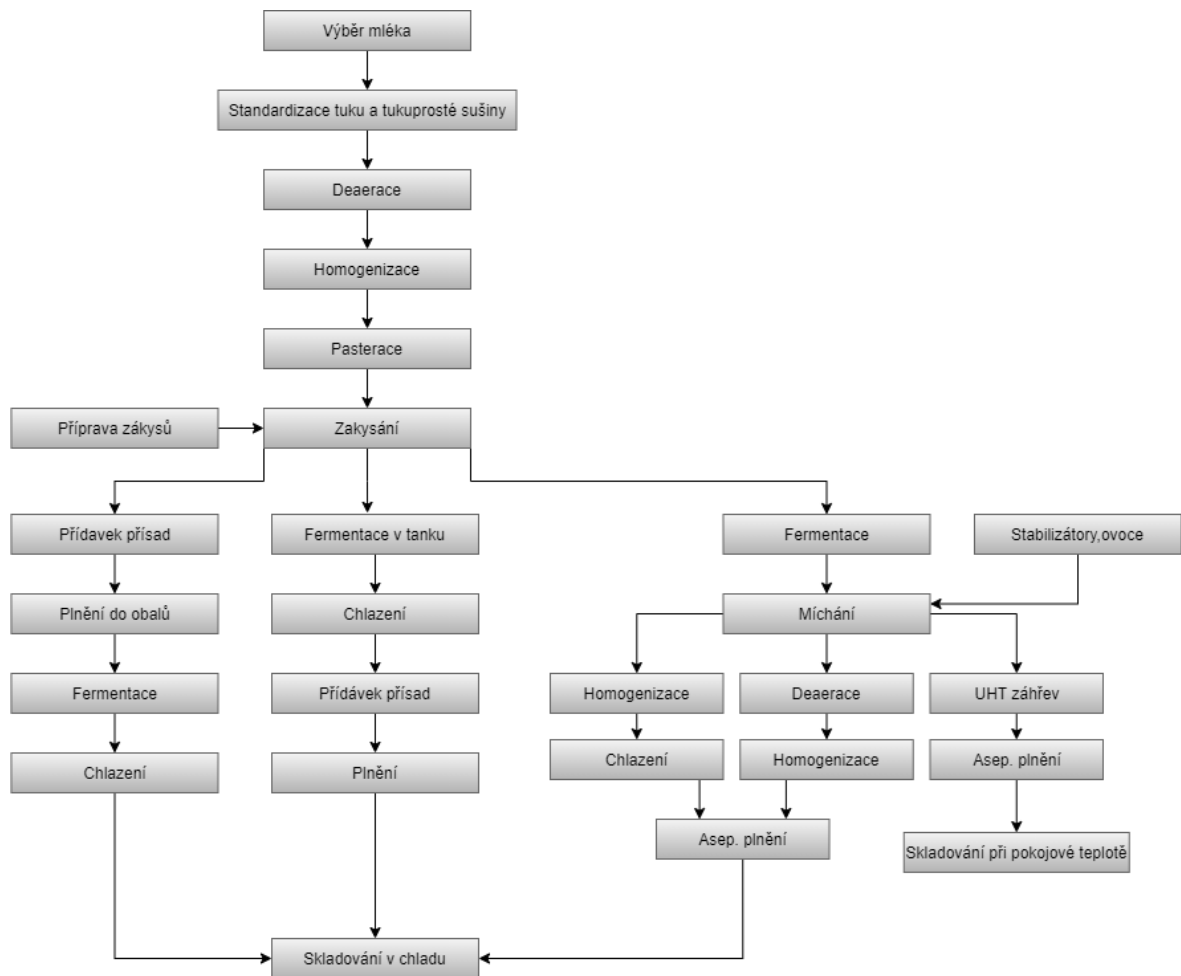
### 2.1 Princip výroby fermentovaných mléčných výrobků

Na výrobu kysaných mléčných výrobků se používá tepelně ošetřené mléko plnotučné, částečně nebo zcela odtučněné, zahuštěné, rekonstituované ze sušeného mléka. Důležité je také použít mléko obsahující nízký počet mikroorganismů. Z hlediska chemických parametrů mléka je důležitý vysoký obsah tukoprosté sušiny (vyšší než 8,5 %) s dostatečně vysokým obsahem bílkovin. [2, 4]

Po výběru mléka dojde k odstředování mléka a standardizaci obsahu tuku a tukuprosté sušiny. Ke standardizaci tuku a tukuprosté sušiny se používá zahušťování neboli odpařování, kdy dojde k odpaření asi 10–20 % mléka. Dále se využívá přídavek sušeného mléka o různé tučnosti, přídavek podmásli či sušené syrovátky. Zvýšení obsahu tukuprosté sušiny vede ke zvýšení pevnosti koagulátu a ke snížení rizika oddělení syrovátky. Obsah sušiny lze ovlivnit i přidavkem stabilizátorů, kde jejich přídavek je obvyklý zejména u výrobků s ovocnou složkou a u výrobků ošetřených tepelným záhřevem po fermentaci. Mezi nejpoužívanější stabilizátory patří hydrokoloidy – modifikované škroby, želatina, pektin, karagenany, agary a různé rostlinné gummy. Následuje deaerace, která je důležitá pro průběh homogenizace, může ji zlepšit, snižuje riziko napalování při teplem ošetření, zvyšuje viskozitu a odstraňuje nežádoucí těkavé látky. Deaerace je zařazována při výrobě fermentovaných mléčných výrobků hlavně z důvodu odvzdušňování. Některé přidávané suroviny (např. sušené mléko) mohou zvyšovat obsah vzduchu, což je nežádoucí pokud bychom chtěli použít na inokulaci zástupce rodu *Bifidobacterium*, kteří vyžadují anaerobní prostředí. Homogenizace je dalším krokem při výrobě fermentovaných mléčných výrobků, ovlivňuje reologické i sensorické vlastnosti. Nejčastěji se používá vysokotlaková homogenizace (20–25 MPa), která poruší i kaseinové micely a díky tomu pak mají vyšší schopnost vázat vodu a tukové kuličky. Narušené kaseinové micely se lépe sráží a může se tak urychlit doba srážení. Částečně pak dochází i k denaturaci sérových bílkovin. Dochází k pasteraci mléka, kdy se inaktivují enzymy a zdenaturují sérové bílkoviny, které mají vliv na konzistenci gelu. Díky zdenaturovaným sérovým bílkovinám dojde ke zvýšení schopnosti vazby vody a tím se snižuje vylučování syrovátky a zvýší se viskozita gelu. Celé schéma výroby fermentovaných mléčných výrobků zobrazeno na obrázku číslo 1.

[2, 4]





Obrázek 1 Schéma výroby fermentovaných mléčných výrobků [2]

## 2.2 Fermentace a plnění

Mléčné směsi a následující operace při výrobě fermentovaných mléčných výrobků probíhají různým způsobem pro tři základní typy, a to stirred type – inokulace do fermentu, set type – inokulace do spotřebitelského balení a drink type. Základním principem je, že se směs po inokulaci dobře promíchá k dobrému rozptýlení mikroorganismů. [2]

**Set type** – fermentovaný výrobek s nerozmíchaným koagulátem – do mléka, zaočkovaného kyselinotvornou kulturou se přidávají přísady jako ovocný podíl nebo aroma. Takto upravená směs se plní do drobných spotřebitelských obalů (plastové kelímky, skleněné láhve). Následně se přesunou do zracích skříní, zracích tunelů nebo zracích místností. Fermentace těchto výrobků probíhá přímo v obalech. [2]

**Stirred type** – výrobek s rozmíchaným koagulátem – koagulát vzniká ve fermentačním tanku a struktura vzniklého gelu je rozrušena před nebo během procesu chlazení a balení. Před ukončením fermentace je směs rychle zchlazena. Chlazení probíhá buď přímo ve

víceúčelovém tanku nebo ve výměnících tepla (deskové, trubkové), kam se koagulát přečerpává nejčastěji pomocí šnekového čerpadla. [2]

**Drink type** – výrobek s nízkou viskozitou určený k pití – fermentace probíhá ve fermentačním tanku. Při následujících operacích, které zahrnují tepelné ošetření podle typu výrobku (pasterace, UHT, příp. homogenizace) je zcela rozrušena struktura vzniklého koagulátu. Výrobky ošetřené tepelně po fermentaci se zásadně liší od výrobků tepelně neošetřených, neboť neobsahují živé mikroorganismy kyslíkových kultur a konzument by měl být o tom informován údaji na obalu výrobku. Výrobky ošetřené po fermentaci UHT záhřevem a asepticky zabalené se mohou skladovat, na rozdíl od všech ostatních typů výrobků, při pokojové teplotě. [2]

Po fermentaci má výrobek obvykle pH 3,8–4,6. Je taky možný přídavek ovocné složky. Může být přidána do tanku a následně čerpána do plničky nebo je dávkována až během procesu plnění do spotřebitelských obalů. Pokud se ovocná složka přidává při výrobě výrobku stirred type až po vychlazení koagulátu, jsou ovocné podíly a aroma přidávány do proudu koagulátu při čerpání ze zásobního tanku do plnicího zařízení. Přídavek ochucující složky může činit přibližně 15 %, přičemž asi 50 % může tvořit sacharóza. Pro plnění se používají různé typy plnicích zařízení. Pro výrobu s požadovanou prodlouženou trvanlivostí se používají plničky pracující v aseptickém režimu, kde plastové kelímky i krycí fólie jsou sterilovány roztokem peroxidu vodíku nebo UV lampami. Plnění probíhá v oddílu, kde je přetlak sterilního vzduchu. Po naplnění se výrobky skladují při teplotách 4–8 °C. V některých případech se pro prodloužení trvanlivosti využívá termizace před plněním, a to při asi 60–80 °C po dobu 30 minut. Termizované fermentované mléčné výrobky však ztrácí řadu svých nutričních vlastností a vyhláškou č. 397/2016 Sb. se termizací rozumí tepelné ošetření mléčných výrobků po ukončení kysacího procesu a před balením k potlačení nebo zastavení aktivity přítomné mléčné mikroflóry až do teploty 80 °C. [2, 4, 11]

### 3 KULTURY VYUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ FERMENTOVANÝCH MLÉČNÝCH VÝROBKŮ

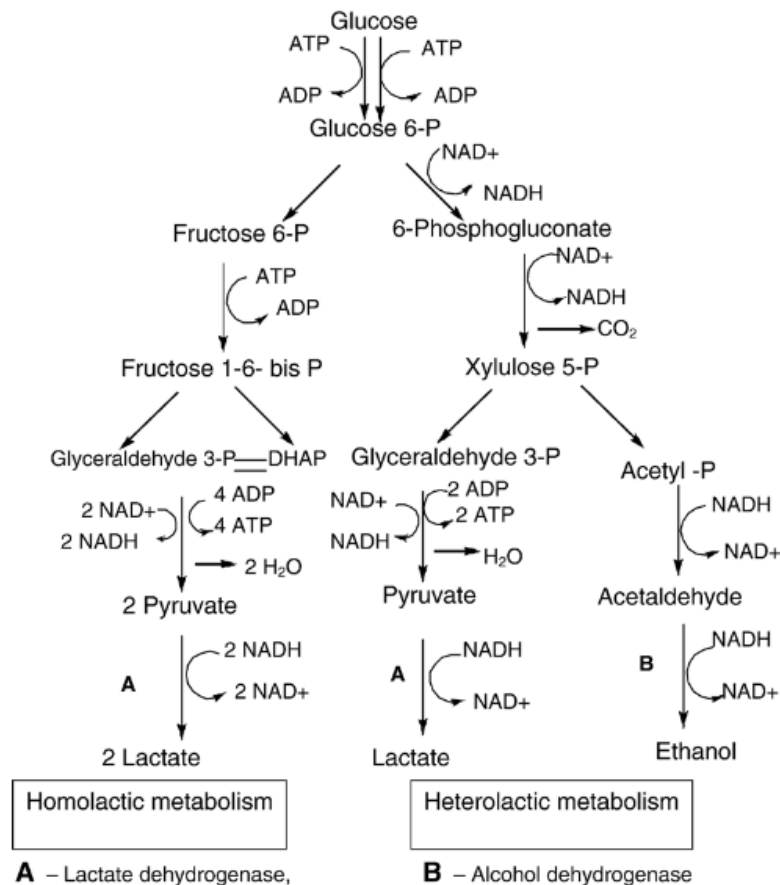
#### 3.1 Bakterie mléčného kvašení

Tuto skupinu bakterií poprvé popsal prof. Orla-Jensen na počátku 20 století. Kritéria, které Orla-Jensen popsal, jsou doposud považována za důležité při popisu bakterií mléčného kvašení. Orla-Jensen původně popsal jen 4 rody bakterií mléčného kvašení, a to rody *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* a *Streptococcus*. Postupně na základě rozšiřování znalostí o vlastnostech těchto bakterií se počet rodů výrazně rozšířil. Pokud bychom chtěli nějaké bakterie mléčného kvašení popsat, je vhodné použít jejich typických vlastností jako grampozitivní, nesporulující, kataláza-negativní koky nebo tyčinky postrádající cytochromy, pocházející z neaerobního prostředí, avšak aerotolerantní, náročné na živiny, acidotolerantní, striktně fermentativní. [12]

Bakterie mléčného kvašení jsou nejčastěji využívány na zkvašování, tedy fermentaci potravin a krmiv. Aby byly plně využity bakterie mléčného kvašení a eliminovaly se zdravotní rizika potravin, je třeba znát taxonomické, metabolické a případně molekulárně biologické charakteristiky zmíněných bakterií. V současnosti patří k bakteriím mléčného kvašení šest čeledí obsahujících rody *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus*, *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Weissella*, *Lactococcus* a *Streptococcus*. Technologický význam těchto bakterií je především spojený s metabolismem sacharidů, který je spojen s fosforylací na úrovni substrátu, čímž je buňkám poskytována tolik potřebná energie ve formě ATP. Bakterie mléčného kvašení vytváří i řadu sensoricky aktivních látek jako acetaldehyd, který vytváří charakteristické aroma jogurtu. Dále pak diacetyl, který vytváří typickou „smetanovou“ chuť u fermentovaných mlék a v neposlední řadě pak etanol. Bakterie mléčného kvašení dále zvyšují bezpečnost potravin a prodlužují jejich trvanlivost, protože produkují antimikrobiálně aktivní metabolity, jako organické kyseliny, diacetyl, peroxid vodíku, oxid uhličitý. [12]

Základním rozdělením bakterií mléčného kvašení jsou homofermentativní mléčné bakterie a heterofermentativní mléčné bakterie. Homofermentativní mléčné bakterie dokážou přeměnit více než 85 % kyseliny mléčné z glukózy, zkvasí 1 mol glukózy na 2 moly kyseliny mléčné. Hlavním produktem homofermentativního kvašení je pak kyselina mléčná (obrázek č. 2). Heterofermentativní mléčné bakterie pak vyprodukují pouze 50%

kyseliny mléčné. Zkvasí 1 mol glukózy na 1 mol laktátu, 1 mol etanolu a 1 mol CO<sub>2</sub> (obrázek č. 2). [13]



Obrázek 2 Heterofermentativní a homofermentativní mléčné kvašení [13]

### 3.1.1 Zástupci bakterií mléčného kvašení

#### rod *Lactococcus*

Zástupci tohoto rodu se řadí mezi nepohyblivé, anaerobní, grampozitivní mléčné koky, kteří rostou v párech nebo krátkých řetězcích. Dokážou vyprodukovat velké množství kyseliny mléčné, proto se řadí mezi homofermentativní mléčné bakterie. Jejich optimální růst je při 30 °C, řadíme je tedy mezi mezofilní bakterie. Původně se tento rod řadil mezi zástupce rodu *Streptococcus* a *Lactobacillus*. Nejvyužívanějšími zástupci toho rodu jsou *Lactococcus lactis* subs. *lactis* nebo subs. *cremoris*, kteří bývají nejčastěji součástí tzv. smetanové neboli startérové kultury používané k zakysání smetany. [14]

**rod *Streptococcus***

Tento rod se řadí mezi grampozitivní, kulovito-ovoidní nebo kokobaciální buňky, které tvoří řetězky nebo páry. Jsou to nepohyblivé, fakultativně anaerobní, nesporeující bakterie, jejichž optimální růstová teplota se pohybuje v rozmezí 25 až 45 °C. Stejně jako rod *Lactococcus* se řadí mezi homofermentativní bakterie, jejich jediným produktem je kyselina mléčná. Mezi nejpoužívanější patří *Streptococcus thermophilus*, který se využívá pro výrobu jogurtů, ale taky pro výrobu sýrů. Právě díky *Streptococcus thermophilus* si získá jogurt svou typickou chuť. V sýrech se *Streptococcus thermophilus* podílí na kyselosti mléka a vytváří tak během zrání sýrů jejich chuť. Ostatní rody řadíme mezi patogeny, které jsou příčinami mastitidy a indikátory mikrobiologické kvality. [14, 15]

**rod *Lactobacillus***

*Lactobacillus* je rod grampozitivních, nesporeujících, fakultativně anaerobních, pravidelných tyčinek s optimální teplotou růstu 30–40 °C, řadí se mezi termofilní bakterie. Jsou nejvýznamnějším rodem z potravinářského i biotechnologického hlediska. Jsou taktéž přirozenou součástí ústní dutiny a trávicího traktu savců. Tento rod můžeme rozdělit na homofermentativní mléčné bakterie, mezi které se řadí zástupci například *Lactobacillus delburecki* a na heterofermentativní, kde se řadí například *Lactobacillus brevis*. Heterofermentativní laktobacily produkují vedle kyseliny mléčné i značné množství ethanolu a CO<sub>2</sub>. *Lactobacillus delbruecki* subs. *bulgaricus* spolu se *Streptococcus thermophilus* tvoří jogurtovou kulturu, která se využívá k výrobě jogurtu. Důležitý je poměr mezi těmito kulturami, protože udává výslednou kvalitu produktu. Hojně využívaný je i kmen *Lactobacillus acidophilus* např. pro výrobu acidofilního mléka. Dalšími zástupci jsou *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus delbrueckii* subs. *lactis*, *Lactobacillus casei*, kteří se objevují v sýrařské kultuře. [15]

**rod *Leuconostoc***

Rod grampozitivních bakterií kokovitého tvaru spojených do řetězků nebo v páru. Někteří zástupci tohoto rodu vytváří kolem buněk slizovitý obal, kdy se může vytvořit takové množství slizu, že veškerá živná půda se přemění v rosolovitou hmotu. *Leuconostoc* se řadí mezi heterofermentativní bakterie. Zástupce *Leuconostoc mesenteroides* subs. *cremoris* se uplatňuje v máselařské kultuře z důvodu významné tvorby diacetylu. Diacetyl je látka, která dodává máslu jeho velmi ceněné typické a příjemné aroma. [15]

**rod *Pediococcus***

Grampozitivní, anaerobní bakterie, které vytváří pravidelné shluky obsahující osm až několika set buněk, které také jinak můžeme nazývat sarciny. Růst rodu *Pediococcus* na tuhých substrátech je velmi slabý a nejčastěji roste v tetrádách. Řadí se mezi homofermentativní mléčné bakterie. Zástupcem tohoto rodu je *Pediococcus damnosus*, který kvůli své produkci diacetylu kontaminuje pivo, víno i mošt, což negativně ovlivní výslednou chuť a vůni výrobku. Pro fermentaci masa se nejčastěji využívají kmeny *Pediococcus acidilactici* a *Pediococcus pentosaceus*. [15]

**rod *Propionibacterium***

Řadí se mezi nepravidelné, nesporulující, grampozitivní tyčinky. Jsou anaerobní až aerotolerantní, ale nejrychleji se rozmnožují za přísně anaerobních podmínek. Řadí se mezi heterofermentativní mléčné bakterie, protože cukry zkvašují vždy na propionovou kyselinu spolu s kyselinou octovou. Nejčastěji se používají pro kvasnou přípravu propionátu, který se ve formě vápenatých solí používá jako protiplísňové činidlo. Zástupci toho rodu jsou *Propionibacterium freudenreichii* subs. *freudenreichii* a *Propionibacterium freudenreichii* subs. *shermanii*, tvořící propionovou kulturu. Tito zástupci pak při výrobě sýru, uvolňují během fermentace laktózy CO<sub>2</sub>, a tím se tvoří tzv. „sýry s očima“. [15]

**3.2 Čisté mlékařské kultury**

Jedná se o specifické bakterie mléčného kvašení přidávané do mléka, které byly zbaveny všech patogenních, ale i nežádoucích kmenů. Zahajují proces fermentace, který má významný vliv na konečný vzhled, chuť, vůni a trvanlivost daného výrobku. Většina názvů zmíněných kultur vychází z typu výrobku, které se díky nim vyrábí. U čistých mlékařských kultur je vždy přesně definované složení, přesto však mohou obsahovat více jak jednu kulturu. Čisté mlékařské kultury pak můžeme rozdělit podle složení na monokultury, které mají pouze jeden kmen jednoho druhu a složené kultury, které už mají více definovaných kmenů a druhů. Poslední skupinou jsou směsné kultury, které mají nedefinované množství kmenů jednoho či více druhů mikroorganismů. Dalším kritériem pro určení čistých mlékařských kultur je mikrobiologické hledisko, dle kterého je můžeme rozdělit na bakteriální, kvasinkové, plísňové a smíšené. Mezi bakteriální čisté mlékařské kultury se pak řadí mezofilní mikroorganismy jako např. *Lactococcus* sp. a termofilní, jako *Streptococcus* sp. K zástupcům kvasinkových čistých mlékařských kultur řadíme např. rod *Candida* sp. Plísňové čisté mlékařské kultury se pak nejvíce uplatňují při výrobě sýrů.

Jejich zástupcem je např. *Penicillium* sp. Smíšené čisté mlékařské kultury pak většinou tvoří několik zástupců z výše zmíněných skupin. [4, 16, 17]

Důležitá je samotná příprava čistých mlékařských kultur, protože může významně ovlivnit konečný produkt. Čisté mlékařské kultury se dodávají v několika formách, a to především v tekutém stavu, lyofilizovaném stavu, koncentrované lyofilizované kultury a koncentrované hlubokozamražené kultury. Dříve byly čisté mlékařské kultury nejčastěji dodávány v tekutém stavu, tedy jako tzv. matečná kultura. Ta se musí udržovat do teploty pod 5 °C, a co nejdříve musí být převedena do mléka, ze kterého pak vznikne tzv. matečný zákys. Celý tento postup se provádí v laboratorních podmínkách. V běžném provozu je potřeba velkého množství zákysu, proto se matečným zákysem zaočkuje další množství mléka větší než původní množství, čímž vznikne tzv. mezioperační zákys, ze kterého už se pak připravuje tzv. provozní zákys. Z provozního zákysu se pak připraví zralý zákys, který se sensoricky hodnotí, ochladí a uchovává se při teplotách pod 5 °C. Provozní zákys se pak používá při samotné výrobě fermentovaných mléčných výrobků. V dnešní době patří tekuté čisté mlékařské kultury k tradičním postupům. Je u nich větší riziko snížení aktivity při expedici, riziko kontaminace při vytváření zákysů, riziko kontaminace bakteriofágy a v neposlední řadě aktivita náročná na kvalifikovanost personálu, i na vybavení. Čisté mlékařské kultury se proto spíše dodávají v lyofilizované podobě, které mohou být využity jak pro přípravu matečných zákysů, tak zrovna pro přípravu provozních zákysů, či dokonce pro přímou inokulaci mléka při výrobě fermentovaných mléčných výrobků. [4, 16, 17]

### 3.2.1 Druhy čistých mlékařských kultur

#### Smetanová kultura

Základem smetanové kultury jsou kyselinotvorné a aromatvorné bakterie mléčného kvašení. V praxi se využívá více typů smetanových kultur, protože každý typ je vhodný pro jiný druh výrobku. Mezi kyselinotvorné složky smetanové kultury patří *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* a *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* var. *diacetylactis*. Zástupci patřící mezi aromatvorné bakterie jsou *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* a *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*. Poměr mezi kyselinotvornými a aromatvornými bakteriemi by měl být ideálně 9:1, neměl by však přesáhnout 8:2. Smetanová kultura patří mezi mezofilní, tedy její optimální teplota růstu je 16–23 °C a inkubační doba 16–20 hodin. Kultura se vyznačuje tvorbou CO<sub>2</sub> a diacetylu,

zdrojem pro tvorbu těchto látek jsou pak citrany, které jsou obsaženy v mléce ve formě kyseliny citronové. Smetanová kultura se nejčastěji využívá při výrobě zakysaných mlék a smetan, másel, tvarohů a zakysaného podmáslí. [4, 17, 18]

### **Jogurtová kultura**

Mezi jogurtovou kulturu patří kmeny *Streptococcus thermophilus* a *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus*. U jogurtů se zvýšenou odolností proti inhibičním látkám se můžeme ještě setkat s tím, že bude obsahovat kmeny *Lactobacillus acidophilus*. Tyto mikroorganismy se vyznačují tím, že jsou spolu v naprosté symbióze. Laktobacily uvolňují proteolýzou bílkovin aminokyseliny, čímž stimulují růst streptokoků. Streptokoky vytváří kyselinu mravenčí, která podporuje růst a metabolismus laktobacilů. Jedná se o termofilní kulturu, takže optimální teplota růstu a množení je kolem 40–45 °C, po dobu 3–4 hodiny. Jako hlavní aromatická látka vzniká acetaldehyd. Jak už z názvu této kultury vyplývá, používá se na výrobu jogurtů a jogurtových mlék. Jediná nevýhoda této kultury je citlivost kmenů *Streptococcus thermophilus* vůči inhibičním látkám. [16, 17]

### **Kefírová kultura**

Složení kefírových kultur nebývá vždy jednotné, ale typické jsou pro ni tyto zástupci: *Lactobacillus delbruecki*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Kluyveromyces fragilis*, *Candida kefyr*. Řadí se mezi smíšené kultury obsahující kvasinky a bakterie. Nejčastěji je kefírová kultura připravovaná buď z originálních kefírových zrn nebo z čistých mlékařských kultur. Kefírovou kulturu je pak možné obohatit o další kmeny, které vedou k vylepšení chuti a dieteticko-léčebných účinků kefiru a kefírových mlék vyráběných použitím této kultury. [4, 16]

### **Sýrařské kultury**

Základ pro všechny sýrařské kultury tvoří základní smetanová (mezofilní) kultura, do které je přidáváno odlišné procentuální zastoupení různých bakterií mléčného kvašení, podle druhu vyráběného sýra.

- Termofilní sýrařské kultury

Nejčastěji tvořena těmito kulturami *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus delbruecki* subsp. *lactis*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus casei*. Optimální teplotou růstu je 40–45 °C, proto se tento druh kultury využívá při výrobě sýrů s vysokodohřívanou sýřeninou, např.



ementál, parmazán. Taktéž se ale může uplatnit při výrobě kyselého mléka, měkkých sýrů a tvarohů. Hlavním účelem kultury je fermentace laktózy, přesto však má i mírně proteolytickou činnost a proto spolu se syřidlovým enzymem ovlivňují chuť, vůni a reologické vlastnosti sýra. [17]

- Kultury propionového kvašení

Opět se jedná o termofilní kulturu, která je tvořena bakteriemi rodu *Propionibacterium*, kdy nejvyužívanějšími jsou *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *freudenreichii* a *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii*. Jsou významné tím, že kyselinu mléčnou rozkládají na kyselinu propionovou, dále na kyselinu octovou a oxid uhličitý, díky kterému jsou tvořena oka. Vzhledem k tomu, že propionová kultura je velmi náročná na zdroj živných látek, očkuje se rovnou do mléka. Optimální růst vykazuje při teplotách 30–32 °C, ale je schopná zvládnout teploty až do 55 °C působící 1 hodinu. Dokáže přežít i vyšší obsah soli až do 20 %. Typická je u sýrů s vysokodohříváním sýřeninou s tvorbou ok, typu ementál. Propionibakterie produkují i vitamin B<sub>12</sub> a v sýrech žijí ve vzájemné symbióze s bakteriemi termofilního zákysu. [16, 17]

- Mazová kultura

Typická a hojně využívaná u sýrů zrajících pod mazem, např. Romadúr. Nejčastěji obsahuje kmeny *Brevibacterium linens*, *Kocuria rosea*, *Geotrichum candidum* a zástupce rodu *Micrococcus*. Jedná se o kvasinkovou kulturu, kdy právě kvasinky v aerobních podmínkách oxidují organické kyseliny, které vznikly u prokysávání sýrů, čímž se snížila kyselost sýra k neutrálnímu pH. Neutrální pH na povrchu sýra je nezbytné pro rozvoj důležitého mikroorganismu *Brevibacterium linens*, který vytváří typickou barvu a aroma sýrů zrajících pod mazem. Aroma a chuť těchto sýrů je samozřejmě ovlivněna i s ostatními kmeny obsaženými v mazové kultuře. Jedná se o kulturu, která je přísně aerobní, mezofilní s optimální teplotou růstu 20–30 °C, navíc je i halotolerantní, kdy snese obsah soli až do 4 %. [4, 17]

- Plísňové kultury

Hlavním znakem u plísňových kultur je to že, způsobují zvýšení obsahu tuku a bílkovin při zrání sýrů, kde právě tyto metabolity přispívají k tvorbě charakteristických vlastností sýrů, jako „houbová“ a tučná chuť sýra. **Rokfórská kultura** obsahuje kmen *Penicillium roqueforti*, nejčastěji se pak z této kultury vyrábí sýry typu rokfór. Jako pravý rokfór, může být označen pouze sýr, který je vyrobený z ovčího mléka a zrající ve sklepech

v Roquefortu. Tato plíseň se pak vyznačuje modrozelenou barvou rostoucí přímo v těstě, u nás typické pro sýr Niva a Gorgonzola. Plíseň je méně náročná na přístup kyslíku, přesto však nesmí klesnout pod 5 % a snese i obsah soli kolem 4–5 %. **Camembertská kultura** obvykle obsahuje kmeny *Penicillium camemberti* a *Penicillium caseicolum*. Tato kultura zajistí svoji lypolytickou a proteolytickou činností správný průběh zrání sýrů typu camembert, tedy sýrů s bílou plísní na povrchu. Samotná kultura má výraznou žampionovou, částečně zatuchlou vůni. U nás nejvyužívanější pro výrobu sýru hermelín. Další kmeny, které jsou využívány při výrobě plísňových sýrů jsou *Penicillium nalgiovensis* a *Scopulariopsis brevicaulis*. [4, 16]

## 4 SYROVÁTKOVÉ NÁPOJE A JEJICH VÝROBA

Dle vyhlášky č. 397/2016 Sb. se syrovátkou rozumí mléčný výrobek vznikající jako vedlejší produkt při výrobě sýrů, včetně tvarohů a potravinářských kaseinů; syrovátkou může být i mléčná složka uvolňovaná po fermentaci při výrobě jiných mléčných výrobků, zejména u jogurtů či mléčných dezertů. Potom podle stejné vyhlášky, lze syrovátkový nápoj zařadit mezi mléčné výrobky ostatní a je to takový výrobek, který obsahuje více než 51 % syrovátky. Prvním syrovátkovým nápojem byl nápoj Rivella, vyrobený v 70. letech ve Švýcarsku. V dnešní době už existuje více syrovátkových nápojů, dokonce i alkoholické syrovátkové nápoje jako pivo nebo víno, které se vyznačují nízkým obsahem alkoholu, obsah alkoholu v těchto nápojích je menší než 1,5 %. [11, 19]

Nejčastěji se syrovátkové nápoje vyrábí ze sladké nebo kyselé syrovátky, denaturované nebo zředěné syrovátky, kysané syrovátky nebo sušené syrovátky. Nejvíce je pak využívána sladká sušená syrovátka, která vznikla při výrobě sýrů. Využívaná je v pekárenství, konzervárenství, mlékárenství a farmacii. Pro samotnou výrobu nápojů se využívá syrovátka nebo její deriváty, jako je permeát z ultrafiltrace. Největším problémem při výrobě syrovátkových nápojů je to, že syrovátka obsahuje vysoký podíl vody. Voda tak činí syrovátku náchylnou na mikrobiální kontaminaci, proto je daleko nákladnější doprava a skladování. Z tohoto důvodu se při výrobě začala využívat sušená syrovátka. Dalším problémem je i to, že syrovátkové bílkoviny denaturují při teplotách nad 60 °C. Docházelo by tak k vysrážení určitého množství bílkovin. Proto se novodobé studie zabývají a snaží se používat pro ošetření syrovátky ultrazvuk nebo membránové filtrace jako náhradu za tepelné ošetření. Dokonce se ukázalo, že ultrazvuk může zlepšovat rozpustnost syrovátkových proteinů, takže by se snížilo množství sedimentu vzniklého při skladování syrovátkových nápojů. Možnou překážku mohou představovat i v syrovátce hojně zastoupené minerální látky, které mohou vytvářet nežádoucí slanokyselou chuť a snižovat rozpustnost syrovátky, proto je využívanější sladká syrovátka. [19, 20]

I přes všechny výše zmíněné nedokonalosti čerstvé syrovátky se její využití ukázalo jako nejvíce hospodárné. Proto se nejčastěji setkáme se syrovátkovými nápoji, do kterých byla přidána ovocná složka, aby se vylepšila chuť a smyslové vlastnosti konečného výrobku. Syrovátkové nápoje jsou vhodné pro každého spotřebitele, a to od těch nejmenších až po ty nejstarší. Jsou totiž bohaté na sérové bílkoviny, esenciální aminokyseliny, vitaminy a minerální látky. Díky obsahu laktoferinu dokáže syrovátkový nápoj ochránit slizniční stěny střev a zlepšuje vstřebávání železa z potravin, což je důležité hlavně pro ženy, které

trpí právě na nedostatek železa. Pomáhá vstřebávat i vápník, který je zase důležitý pro starší populaci kvůli osteoporóze. Syrovátkové nápoje jsou dobře známé mezi sportovci, protože mají izotonický charakter a pomáhají tedy vstřebávat tekutiny, dodávat potřebné sacharidy a regenerovat a ulevovat při velké fyzické námaze. [19, 20]

## 4.1 Druhy syrovátkových nápojů

### Nealkoholické syrovátkové nápoje

Nejčastěji se můžeme setkat s ochucenými syrovátkovými nápoji, kdy ochucující složka zakrývá nežádoucí zápach a slaně-kyselou chuť syrovátky. Tyto syrovátkové nápoje se připravují z ovocných koncentrátů s proměnlivým množstvím ovocné sušiny (5–20 %). Nejvyužívanější jsou citrusové plody, nebo přídavky tropických ovocných aromat v podobě např. banánu, papáji, manga, nejlépe se totiž hodí k zakrytí chuťových nedostatků syrovátky. Často se řeší také přídavek dalších složek pro vylepšení nutričních vlastností syrovátkových nápojů, jako je bobulovité ovoce, které je známé pro svůj obsah železa a antioxidantů. Dále se mohou přidávat i další složky jako jsou třeba obiloviny, které se uplatňují pro vylepšení hodnot vlákniny a esenciálních mastných kyselin ve výsledném nápoji. Zejména se pak přidávají ovesné otruby, u kterých je ale třeba dbát na zdroj ze kterého byly otruby vyrobeny. Jako nejlepší se ukázalo používat rýžové otruby, protože mají dobrou rovnováhu rozpustných a nerozpustných dietních vláken. Možné je vyrobit i hypoalergenní nápoj, který je pak vhodný pro alergickou populaci a děti. K přípravě hypoalergenního nápoje se pak používají rostlinné zdroje bílkovin jako jsou izoláty bramborových, sójových bílkovin nebo právě rýžových bílkovin, které neobsahují alergenní zdroje bílkoviny. Jako prospěšné se prokázalo používání medu místo jiných sladidel. Med dokáže vyráběný nápoj obohatit o živiny jako jsou vitaminy a minerály. [20]

Přesto se však ukazuje nedostatek při výrobě ve všech receptech a nejvíce u receptů s přídavkem ovocné složky a to takový, že dochází při skladování k tvorbě sedimentu. Není-li množství ovocné složky dostatečně vysoké, nevznikne nám požadovaný produkt, který by měl dobré smyslové a vzhledové vlastnosti. Vznikají tedy různé návrhy, jak zabránit vzniku sedimentu, někteří udávají přídavek kyseliny citronové nebo přídavek různých sladidel jako fruktózy či sacharózy. Další možností je výroba fermentovaných syrovátkových nápojů za použití bakterií mléčného kvašení. Při použití bakterií mléčného kvašení se ukázalo, že může vzniknout nápoj, který bude mít dobré sensorické a výživové

údaje bez použití drahých technologií jako je ultrafiltrace nebo odpařování. Nejlépe se osvědčilo použití jogurtové kultury, kdy vznikl nápoj s intenzivní jogurtovou příchutí. Pozornost si získaly i probiotické syrovátkové nápoje, jelikož mají příznivé účinky na střevní mikroflóru a imunitní systém. V této kategorii se nejvíce na výrobu využívá kmen *Bifidobacterium bifidum*. [20]

### **Sycené syrovátkové nápoje**

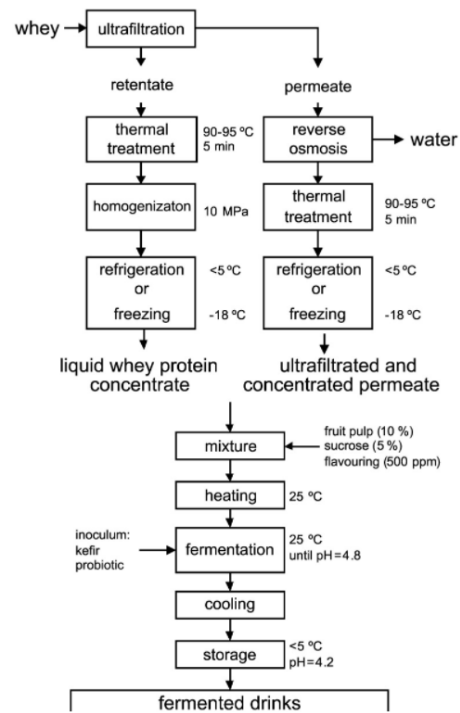
Další možností, jak vyrábět syrovátkové nápoje je přidavek CO<sub>2</sub> v kombinaci s ovocnou složkou, čímž se opět zamezí nežádoucí chuti a pachu. Tento typ nápojů je možné vyrobit nejen z kravské syrovátky, ale je možné využít např. syrovátky ovčí a kozí. Sycené syrovátkové nápoje nejsou náročné na výrobu ani na technické vybavení, proto mohou posloužit jako zpestření nabídky farmářů. Jejich výhodou je, že po přidavku probiotických látek jako je inulin se navýší zdravotní benefity, a vznikne tak lahodný nápoj, který je schopen uspokojit i náročnější spotřebitele, jako jsou děti. [19, 20]

### **Alkoholické syrovátkové nápoje**

U výroby alkoholických syrovátkových nápojů je uplatněna kyselá syrovátka, protože je vhodnějším médiem pro fermentaci kvasinkami, jelikož dochází k úplnému prokvašení a odbourání laktózy. Obecně je syrovátka dobrá surovina pro výrobu alkoholických nápojů, protože obsahuje velké množství laktózy. Alkoholické syrovátkové nápoje můžeme rozdělit na nápoje s nízkým obsahem alkoholu (> 1,5 %), syrovátkové pivo a syrovátkové víno. U výroby nápojů s nízkým obsahem alkoholu se osvědčilo použití kmene kvasinek *Saccharomyces lactis* pro fermentaci laktózy nebo přidávání sacharózy až do dosažení požadovaného obsahu alkoholu. Určité množství laktózy se přemění na kyselinu mléčnou a zbytek kvasí na alkohol, konečný produkt má pak příjemně osvěžující kyselou chuť. Syrovátkové pivo se může vyrábět buď za přidavku sladu či bez něj. U výroby tohoto druhu alkoholického syrovátkového nápoje zapříčiňuje přítomnost mléčného tuku malou či úplnou ztrátu pivní pěny a i nežádoucí chuť a zápach, kdy pivní kvasinky nejsou schopny fermentovat laktózu. Syrovátkové víno se vyrábí spíše ochucené ovocnými aromaty s obsahem alkoholu 10–11 %, kdy opět dochází k fermentaci za pomoci kvasinek. [20]

## 4.2 Výroba syrovátkových nápojů

Syrovátkové nápoje se vyrábí ze syrovátky, která byla ošetřena ultrafiltrací a následně prošla pasterací při teplotách 90–95 °C po dobu 5 minut, aby došlo k denuraci syrovátkových proteinů. Dalším krokem je homogenizace směsi při 10 MPa, kdy je důležité dosáhnout velikosti částic menších než 10 µm, čímž se zabrání zrnitosti a zvýší se hladkost výsledného produktu. V této fázi výroby se přidávají ochucující složky, obiloviny a aroma. Takto připravený permeát se následně využívá na výrobu fermentovaných nebo nefermentovaných nápojů. V případě přípravy fermentovaných nápojů se do syrovátkové směsi přidávají potřebné mikroorganismy, které zahájí potřebné fermentační procesy. Hotové výrobky jsou pak baleny do spotřebitelských obalů a skladovány. Přesná výroba je na obrázku č. 3. Na trhu se začaly objevovat i ovocné nápoje na bázi syrovátky, které by měly rozvinout povědomost o těchto nápojích. Tyto nápoje se vyrábějí zahuštěním syrovátky v podtlakových nádobách nebo ve výparnicích, kdy by měly zlepšovat obsah bílkovin v konečném produktu a měly by mít i menší náklady na dopravu a balení. Na konec výroby se do nápoje přidává ovocná složka, cukr, popřípadě další potřebné přísady. Byly prokázány i výhody přidavku sérových bílkovin do syrovátkových nápojů, a to, že sérové bílkoviny jsou nosiči aromatických sloučenin. To pomáhá rozvinout plnou chuť. Navíc, dokážou sérové bílkoviny zvyšovat viskozitu nápoje a taktéž mají dobrou pufrací schopnost, která je důležitá při výrobě probiotických syrovátkových nápojů, kde pomáhají přežít důležitým bakteriím nepříznivé prostředí žaludku. [21, 22]



Obrázek 3 Výroba syrovátkových nápojů [21]

## 5 ZPŮSOBY FERMENTACE SYROVÁTKY

Fermentace je biochemickým procesem, který zahrnuje alkoholové, máselné, mléčné či propionové kvašení, při kterém dochází k přeměně organických látek na látky jednodušší za využití mikrobiálních enzymů. Fermentace probíhá bez přístupu kyslíku, kdy ze substrátu vzniká  $\text{CO}_2$  a  $\text{NADH} + \text{H}^+$ . Syrovátka, či permeát z ní a v ní přítomná laktóza, popřípadě glukóza a galaktóza, která vznikla rozštěpením laktózy, je vhodným substrátem pro kvasinky, plísně a bakterie. Taktéž se ukázalo, že přestože je syrovátka dobrým zdrojem pro kvašení, dodání dalších živin pro bakterie mléčného kvašení výrazně zkrátí dobu fermentace. Hlavní výhodou fermentace je, že je nenáročná na spotřebu energie, teplotu i pH, proto jsou provozní náklady nízké a výhodné. [23, 24, 25]

Pro fermentaci syrovátky se využívají probiotické a startérové kultury bakterií mléčného kvašení. Je taky možné využít jogurtovou kulturu, kdy pak vzniká intenzivnější jogurtové aroma ve srovnání s fermentovaným tučným mlékem. Díky tomu by bylo možné ze syrovátky vyrábět produkt se stejnou chutí jako fermentované mléčné výrobky typu pitné jogurty. U vzorků u kterých byla použita probiotická kultura obsahující kmeny *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus thermophilus* byly prokázány lepší senzorycké vlastnosti a větší ovocné aroma. Důvodem tohoto jevu je zvýšená produkce acetaldehydu a diacetylu, což může spotřebitel vnímat jako vůni ovocné složky, navíc diacetyl zvyšuje vnímání mléčné chuti. [26]

### 5.1 Nefermentované syrovátkové nápoje

V poslední době se ukázalo jako nejvýhodnější, na přípravu těchto nápojů, použití deproteinové a demineralizované syrovátky. Je to syrovátka bez obsahu bílkovin a bez minerálních látek, a to z toho důvodu, aby se zabránilo tvorbě sedimentu v nápoji. Směsi ovocných šťáv a takto upravené syrovátky pak tvoří nejběžnější druhy syrovátkových nápojů. Tyto produkty obvykle zastávají podobnou roli jako ovocné šťávy, kde hlavní dvě složky jsou tekutá syrovátka a tekutá ovocná šťáva nebo koncentrát ovocné šťávy. Použití koncentrátu ovocné šťávy je běžnější. [23, 29]

Mezi oblíbené ochucující složky patří citrusové plody, jako pomeranč a citron. Nejlepší smyslové vlastnosti má směs koncentrované pomerančové šťávy a koncentrované syrovátky v poměru 3:2. Trvanlivost toho výrobku při pokojové teplotě byla 11 dní, při skladování v chladu se trvanlivost prodloužila až na 3 měsíce. Výhoda těchto



syrovátkových ovocných šťáv s porovnáním s pomerančovým džusem, je vyšší obsah bílkovin, popela, laktózy a vitamínu B. [29]

## 5.2 Fermentované syrovátkové nápoje

Nejlepší volbou pro výrobu fermentovaných syrovátkových nápojů je použití sladké syrovátky. Důvodem je snižování pH při přeměně laktózy na kyselinu mléčnou při fermentaci syrovátky. Studie zabývající se výrobou fermentovaných syrovátkových nápojů srovnaly stejný nefermentovaný nápoj. Zjistili, přestože chemické složení těchto nápojů bylo totožné, že vyšší sensorické hodnocení měl nápoj vyrobený fermentací. Zkoumány bývají i probiotické syrovátkové nápoje, u kterých je zásadní výběr probiotické kultury, která určuje výslednou chuť a strukturu nápoje. Často se používá pro výrobu *Lactobacillus rhamnosus*, ale protože mu chybí enzym  $\beta$ -galaktozidáza, je nutné hydrolyzovat laktózu před samotnou fermentací. [29]

Pro výrobu fermentovaných syrovátkových nápojů se dle studií jeví použití ředěné syrovátky, která byla ošetřena teplotou 72 °C s výdrží 1 sekundy, jako nejvýhodnější. Jedná se tedy o použití šetrné pasterace, která do jisté míry zachovává sensorické a technologické vlastnosti syrovátky a je i ekonomicky výhodná. [30] Při využití teploty 85 °C s výdrží 10 minut, byl proveden mikrobiologický rozbor na *E. coli* a plísně. Mikrobiologický rozbor po 30denním skladování neprokázal žádný náznak kontaminace fermentovaného syrovátkového nápoje. [19] Pro výrobu syrovátkových nápojů za pomoci jogurtové kultury se jako nejvhodnější kultivační teplota ukázala 42 °C. Ta odpovídá optimální teplotě používané kultury. [30] Při použití kvasinek *Kluyveromyces marxianus* se ukázal negativní dopad na sensorické vlastnosti konečného výrobku. Kvasinky nechaly ve fermentovaných mléčných výrobcích nepříjemné aroma a při použití vinařských kvasinek (*Saccharomyces cerevisiae*) zastírá příjemnou vinnou příchut' a vůni. Z dalších sensorických hodnocení pak vyšlo jako nejlepší konzumovat fermentované mléčné výrobky v čerstvém stavu, tedy ihned po výrobě. [19]

## ZÁVĚR

Cílem práce bylo vypracovat literární rešerši zabývající se syrovátkou, fermentací syrovátky a výrobky ze syrovátky. Pozornost byla věnována chemickému složení a vlastnostem syrovátky. V práci také byly charakterizovány fermentované mléčné výrobky a jejich výroba, ke které se používají bakterie mléčného kvašení, které jsou taktéž v práci popsány.

Bylo zjištěno, že syrovátka, která vzniká především při výrobě sýrů, tvoří velkou část mlékárenského průmyslu, přesto však pro ni zatím nebylo nalezeno dostatečné uplatnění. Což je škoda, vzhledem k tomu, že je syrovátka dobrým zdrojem kvalitních bílkovin s nízkým energetickým příjmem. Uplatnění si syrovátka nachází především u sportovců.

Další uplatnění syrovátky pak přišlo v podobě syrovátkových nápojů. Sirovátkové nápoje jsou vhodné jak pro ty nejmenší spotřebitele, tak pro ty nejstarší, díky obsahu laktoferinu totiž dokážou ochránit slizniční stěnu střev a pomáhají zlepšovat vstřebávání železa, což je vhodné zejména pro ženy. Nejčastěji se můžeme setkat se syrovátkovými nápoji, které jsou ochuceny ovocnou složkou, protože při samotné výrobě vzniká u nápojů nepříznivá vůně a chuť. Dnes už jsou vyráběny různé druhy syrovátkových nápojů od nealkoholických, přes sycené až po alkoholické.

Dalším možným způsobem zpracování se v poslední době ukázala fermentace syrovátky. Za použití vhodných bakterií mléčného kvašení je možno vyrobit produkt se stejnou chutí jako jsou fermentované mléčné výrobky typu pitné jogurty. U fermentovaných syrovátkových nápojů byly prokázány lepší sensorické vlastnosti než u nápojů, které fermentací neprošly. Do nefermentovaných syrovátkových nápojů se nejčastěji přidávají ochucující citrusové složky, aby se zlepšila jejich sensorická jakost. Jogurtová kultura se ukázala jako nejvhodnější kultura pro výrobu fermentovaných syrovátkových nápojů. Optimální teplota růstu jogurtové kultury byla 42 °C, která se použila pro zaočkování, šetrnou pasterací ošetřené syrovátky. Pro nejlepší sensorické vlastnosti je dobré fermentovaný syrovátkový nápoj konzumovat čerstvý.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] 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\\_handbook.pdf](https://diaspereira.weebly.com/uploads/5/6/3/9/5639534/dairy_handbook.pdf)
- [2] KADLEC, Pavel. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2009. ISBN 978-80-7418-051-4.
- [3] DRBOHLAV, J., A. ŠALAKOVÁ, V. SEDLAŘÍK, A. NEHYBA a J. CICVÁREK. Využití kyseliny mléčné ze syrovátky pro přípravu poly-laktátu a tvorbu biodegradovatelných plastů. *Mlékařské listy*. 2009, (115), 13- 18.
- [4] BUŇKA, František. *Mlékárenská technologie I*. Zlín, 2013. ISBN 9788074542541.
- [5] DE WIT, J.N. *Lecturer's Handbook on whey and whey products*. Brussel: Lecturer's Handbook on whey and whey products., 2001.
- [6] Zpracování mléka. *Uživatelský server Mendelovy univerzity v Brně* [online]. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2020 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=1699&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=1699&typ=html)
- [7] Syrovátka ve výživě. *Bezpečnost potravin A-Z* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství [cit. 2021-03-22]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92085.aspx>
- [8] DAMODARAN, Srinivasan a Kirk L PARKIN. *Fennema's Food Chemistry* [online]. 5th Edition. CRC Press, 2017 [cit. 2021-03-22]. ISBN 978-1-4822-4361-1. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011MF921/fennemas-food-chemistry/milk-lipids>
- [9] Whey proteins. PHILLIPS, G. O. a P. A. WILLIAMS. *Handbook of Food Proteins* [online]. Woodhead Publishing, 2011 [cit. 2021-3-22]. ISBN 978-1-84569-758-7. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt009YAJY2/handbook-food-proteins/chemistry-serum-albumin>
- [10] SUKOVÁ, Irena. *Syrovátka v potravinářství*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2006. Potravinářské informace, č. 1/2006. ISBN 80-7271-173-3.

- [11] Vyhláška č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje.
- [12] HORÁČKOVÁ, Šárka, Kristina BIALASOVÁ a Milada PLOCKOVÁ. Metabolismus a význam bakterií mléčného kvašení ve fermentovaných mléčných výrobcích. *Mlékařské listy* [online]. 2018, 10-10.2018, (170), 22-24 [cit. 2021-3-27]. Dostupné z: [http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2018/170-171/veda\\_170-s.22-24.pdf](http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2018/170-171/veda_170-s.22-24.pdf)
- [13] REDDY, Gopal, Md. ALTAF, B.J. NAVEENA, M. VENKATESHWAR a E. Vijay KUMAR. Amylolytic bacterial lactic acid fermentation — A review. *Biotechnology Advances* [online]. 2008, s. 22-34 [cit. 2021-3-27]. ISBN 0734-9750. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975007000961#!>
- [14] ROBINSON, Richard K. *Encyclopedia of Food Microbiology, Volumes 1-3* [online]. Elsevier, 2000 [cit. 2021-3-30]. ISBN 978-0-12-227070-3. Dostupné z: [https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpEFMV0004/viewerType:toc//root\\_slug:encyclopedia-food-microbiology/url\\_slug:encyclopedia-food-microbiology?b-q=Encyclopedia%20of%20Food%20Microbiology%2C&sort\\_on=default&b-group-by=true&b-sort-on=default&b-content-type=all\\_references&include\\_synonyms=no](https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpEFMV0004/viewerType:toc//root_slug:encyclopedia-food-microbiology/url_slug:encyclopedia-food-microbiology?b-q=Encyclopedia%20of%20Food%20Microbiology%2C&sort_on=default&b-group-by=true&b-sort-on=default&b-content-type=all_references&include_synonyms=no)
- [15] ŠILHÁNKOVÁ, Ludmila. *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnologii*. Praha: Academia, 2008. s. 30. ISBN 978-80-200-1703-1. Dostupné také z: <https://dnnt.mzk.cz/uuid/uuid:e77487c0-d937-11e4-9c07-5ef3fc9bb22f>
- [16] TEPLÝ, Miloš. Čisté mlékařské kultury: výroba, kontrola, použití. Praha: SNTL, 1984. s. 18. Dostupné také z: <https://dnnt.mzk.cz/uuid/uuid:1aa5fc10-5054-11e7-9ad3-5ef3fc9ae867>
- [17] JANŠTOVÁ, Bohumíra. *Technologie mléka a mléčných výrobků*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012. ISBN 978-80-7305-635-3.
- [18] TEPLÝ, Miloš. Kefír, jogurt, acidofilní a jiné kyselky. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1968. s. 18. Dostupné také z: <https://dnnt.mzk.cz/uuid/uuid:f7bdfd60-5847-11e9-ba39-005056825209>
- [19] ZIKÁN, V., A. ŠALAKOVÁ a M. PECHAČOVÁ. *Využití různých druhů syrovátky pro výrobu fermentovaných nápojů s obsahem alkoholu a sycených*

- syrovátkových nápojů*. Mlékařské listy [online]. 2015 [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: <http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2015/152-vii-xii.pdf>
- [20] JELIČIĆ, R., BOŽANIĆ, R., TRATNIK, L. *Whey-based beverages – a new generation of diary products*. Mljekarstvo. 2008, 58: 257-274
- [21] PEREIRA, Carlos, Marta HENRIQUES, David GOMES, Andrea GOMEZ-ZAVAGLIA a Graciela DE ANTONI. Novel Functional Whey-Based Drinks with Great Potential in the Dairy Industry. *Food Technology and Biotechnology*. 2015, 53. ISSN 13309862. Dostupné z: doi:10.17113/ftb.53.03.15.4043
- [22] OJHA, Pravin. *Development of Whey Protein Beverage from Mozzarella Cheese Whey* [online]. August 2012, , 123-130 [cit. 2021-3-31]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/263011492\\_Development\\_of\\_Whey\\_Protein\\_Beverage\\_from\\_Mozzarella\\_Cheese\\_Whey](https://www.researchgate.net/publication/263011492_Development_of_Whey_Protein_Beverage_from_Mozzarella_Cheese_Whey)
- [23] PAQUIN, Paul. *Functional and Speciality Beverage Technology* [online]. Woodhead Publishing, 2009 [cit. 2021-3-31]. ISBN 978-1-84569-342-8. Dostupné z: [https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpFSBT000T/viewerType:toc//root\\_slug:functional-speciality/url\\_slug:functional-speciality](https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpFSBT000T/viewerType:toc//root_slug:functional-speciality/url_slug:functional-speciality)
- [24] MOULIN, G. a P. GALZY. Whey, a Potential Substrate for Biotechnology. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*. 1984, 1(1), 347-374. ISSN 0264-8725. Dostupné z: doi:10.1080/02648725.1984.10647790
- [25] BUŇKOVÁ Leona, Magda DOLEŤALOVÁ. *Obecná mikrobiologie*. Vyd. 2. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010. ISBN 978-80-7318-973-0.
- [26] GALLARDO-ESCAMILLA, F.J., KELLY, A. L., DELAHUNTY, C.M. Influence of starter culture on flavor and headspace volatile profiles of fermented whey and whey produced from fermented milk. *Journal of dairy Science*. 2005, vol. 88, no. 11, p. 3745-3753, DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73060-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73060-5)
- [27] PESCUA, M., Hebert, E. M., Mozzi, F., Font de Valdez, G., 2008. Whey fermentation by thermophilic acid bacteria: Evolution of carbohydrates and protein content. *Food Microbiology* 25: 442-451.
- [28] FERNANDES, Rhea. *Microbiology Handbook - Dairy Products* [online]. 3rd Edition. Royal Society of Chemistry, 2009 [cit. 2021-4-14]. ISBN 978-1-905224-

62-3. Dostupné z:  
[https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpMHDPE001/viewerType:toc//root\\_slug:microbiology-handbook-3/url\\_slug:microbiology-handbook-3](https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpMHDPE001/viewerType:toc//root_slug:microbiology-handbook-3/url_slug:microbiology-handbook-3)

- [29] 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* [online]. 2019, **57**(4), 448-460 [cit. 2021-5-19]. ISSN 13342606. Dostupné z: doi:10.17113/ftb.57.04.19.6460
- [30] FITZIANIOVÁ, Tereza. *Vliv kultivačních podmínek na výrobu fermentovaných syrovátkových nápojů*. Zlín, 2020. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati. Vedoucí práce Ing. Zuzana Míšková, Ph.D.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

pH Záporný dekadický logaritmus vodíkových iontů

°C Stupeň Celsia

SH Thioly

kDa Kilodalton

mg/l Miligram na litr

mg/kg Miligram na kilogram

MPa Megapascal

UHT Ultra-high temperature

UV Ultrafialové záření

μm Mikrometr

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Schéma výroby fermentovaných mléčných výrobků [2] .....	17
Obrázek 2 Heterofermentavíní a homofermentativní mléčné kvašení [13].....	20
Obrázek 3 Výroba syrovátkových nápojů [21].....	31



**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Složení sladké a kyselé syrovátky [2].....	11
Tabulka 2 Obsah vitamínu v sušené syrovátce [10] .....	14