

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality zemědělských produktů



Možnosti využití syrovátkových bílkovin v potravinářství

Bakalářská práce

Autor práce: Stanislava Malá

Vedoucí práce: Ing. Veronika Legarová, Ph. D.

© 2013 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Možnosti využití syrovátkových bílkovin v potravinářství" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Veronice Legarové, Ph. D. za odborné vedení, podnětné rady a cenné konzultace při zpracování bakalářské práce.

Také bych tímto chtěla poděkovat za pomoc svému příteli Ondřeji Červinkovi a svým rodičům za podporu a trpělivost, kterou se mnou měli během zpracování mé bakalářské práce.

Možnosti využití syrovátkových bílkovin v potravinářství

Souhrn

Ve své práci "Možnosti využití syrovátkových bílkovin v potravinářství", jsem se věnovala funkčním a výživově – fyziologickým vlastnostem syrovátky a syrovátkových bílkovin. V první části popisuji složení a význam syrovátky. Dále se věnuji syrovátkovým bílkovinám a jejich povrchově aktivním a funkčním vlastnostem. Druhá část mé bakalářské práce je věnována technologickým operacím při zpracování syrovátky, komerčně dostupným syrovátkovým produktům a konečně využití syrovátkových bílkovin v potravinářství. Syrovátka vzniká jako vedlejší produkt při výrobě tvarohu, kaseinu a sýrů. Obsahuje laktosu, bílkoviny, vitaminy, minerální látky, stopové prvky, tuk a nebílkovinné dusíkaté látky. V nízkém množství obsahuje enzymy, hormony a růstové faktory. K významným komponentům syrovátkových bílkovin patří β -laktoglobulin, α -laktalbumin, bovinní sérový albumin, proteoso-peptony, imunoglobuliny, glykomakropeptidy a laktoferin. Syrovátkové bílkoviny mají velmi vhodné a dobré složení aminokyselin, proto jsou považovány za velmi hodnotné. Vyznačují se velmi dobrou schopností pěnit, tvořit gely a schopností emulgace. Tyto významné schopnosti je předurčují k jejich využití v potravinářství.

Při zpracování syrovátky se využívají technologické operace, jako je předběžná úprava syrovátky, demineralizace, tepelná denaturace, elektrodialýza, iontoměničová chromatografie, gelová chromatografie a membránové procesy. Membránové procesy zahrnují mikrofiltraci, nanofiltraci, ultrafiltraci a reverzní osmózu.

Sušená syrovátka, demineralizovaná syrovátka, syrovátkový proteinový koncentrát, syrovátkový proteinový izolát, hydrolyzát a permeát, ale i laktosa patří ke komerčně dostupným syrovátkovým produktům.

Syrovátkové bílkoviny nacházejí své využití nejen v mlékárenském průmyslu, ale i v pekárenském, masném průmyslu a farmaceutickém průmyslu. Své uplatnění nadále nacházejí i ve výživě pro sportovce.

Klíčová slova: funkční potraviny, laktosa, syrovátka, syrovátkové bílkoviny, technologické operace

Whey proteins utilization in food processing

Summary

In my study entitled "Whey proteins utilization in food processing" I address functional, nutritional and physiological properties of whey and whey proteins. In the first section I describe the composition and significance of whey and I pay attention to the surfactant and physiological properties of whey proteins. The second part of my bachelor thesis deals with technological operations during whey processing, commercially accessible whey products, and finally the use of whey proteins in the food industry. Whey is a by-product of the manufacturing of curd, cheeses and casein. It contains lactose, proteins, vitamins and trace elements, fat and non-protein nitrogen compounds. There are also enzymes, hormones and growth factors at very low levels. Other significant components of whey proteins are β -lactoglobulin, α -lactoglobulin, bovine serum albumin, proteose-peptones, immunoglobulins, glycomacropeptides and lactoferrin. Whey proteins are considered nutritionally very valuable for their specific composition of amino acids. They also stand out for their property to foam and gel, and as emulgents. These considerable capacities predispose whey for use in the food industry.

Whey processing includes a variety of technologies like pre-treating, demineralization, heat denaturation, electrodialysis, ion exchange chromatography, gel chromatography and membrane filtration processes. The latter include microfiltration, nanofiltration, ultrafiltration and reverse osmosis.

Commercially available products of whey processing include whey powder, whey protein concentrate, whey protein isolate, hydrolysate and permeate, as well as lactose.

Besides their use in the dairy industries, whey proteins have also been employed in the baking industry, and in meat processing and pharmaceutical industries. Furthermore, whey proteins have been an important part of nutritional supplements for athletes.

Keywords: functional foods, lactosa, whey, whey proteins, technological operations

Obsah

1	Úvod	8
2	Cíl práce	9
3	Literární rešerše	10
3.1	Syrovátka, složení syrovátky a její význam	10
3.1.1	Hlavní složky a minoritní složky syrovátky	10
3.1.2	Výživově – fyziologický význam syrovátky	14
3.2	Syrovátkové bílkoviny	15
3.2.1	β -laktoglobulin	16
3.2.2	α -laktalbumin	16
3.2.3	Bovinní sérový albumin	17
3.2.4	Imunoglobuliny	18
3.2.5	Laktoferin	19
3.2.6	Laktoperoxidasa	19
3.2.7	Glykomakropeptidy	19
3.2.8	Proteoso-peptony	20
3.2.9	Syrovátková versus sójová bílkovina	20
3.3	Povrchově aktivní a funkční vlastnosti bílkovin	23
3.3.1	Povrchově aktivní vlastnosti	23
3.3.2	Funkční vlastnosti	23
3.3.3	Schopnost pění	23
3.3.4	Schopnost tvořit gely	24
3.3.5	Schopnost emulgace	24
3.4	Technologické operace při zpracování syrovátky	25
3.4.1	Předběžná úprava syrovátky	25
3.4.2	Demineralizace	25
3.4.3	Separace jednotlivých složek syrovátky	26
3.4.3.1	Tepelná denaturace bílkovin	26
3.4.3.2	Elektrodialýza	26
3.4.3.3	Iontoměničová chromatografie	27
3.4.3.4	Gelová chromatografie	27
3.4.3.5	Membránové procesy	28
3.4.3.5.1	Mikrofiltrace	29

3.4.3.5.2	Nanofiltrace	29
3.4.3.5.3	Ultrafiltrace	30
3.4.3.5.4	Reverzní osmóza	30
3.5	Komerčně dostupné syrovátkové produkty	31
3.5.1	Sušená syrovátka	31
3.5.2	Demineralizovaná syrovátka	32
3.5.3	WPC	32
3.5.4	WPI	33
3.5.5	WPH	34
3.5.6	Syrovátkový permeát – deproteinizovaná syrovátka	34
3.5.7	Laktosa	36
3.5.7.1	Krystalizace laktosy	37
3.5.7.2	Hydrolyza laktosy	37
3.6	Mléčné výrobky	38
3.6.1	Zmrzlina, mražené krémy	38
3.6.2	Jogurt	40
3.6.3	Syrovátkové nápoje	41
3.6.3.1	Syrovátkové nápoje – nealkoholické	43
3.6.3.2	Dietetické nápoje	44
3.6.3.3	Fermentované syrovátkové nápoje	45
3.6.3.4	Nápoje ze sušené syrovátky	46
3.6.3.5	Alkoholické nápoje	46
3.6.3.6	Syrovátkový sýr	47
3.7	Extruze	49
3.7.1	Pekařské výrobky	50
3.7.2	Analogy masa	51
4	Závěr	53
5	Seznam použité literatury	54
6	Seznam použitých zkratek a symbolů	65
7	Seznam tabulek	66
8	Seznam obrázků	67

1 Úvod

S výrobou sýrů, tvarohu a kaseinu souvisí produkce syrovátky. Ještě před několika lety byl tento vedlejší produkt spíše chápán jako odpad mlékárenského průmyslu. Její likvidace měla vliv na značné ekologické zatížení. Díky tomuto problému byla vyvinuta obrovská snaha najít možnosti, jak syrovátku využít. Ze začátku byla spíše součástí krmiv pro hospodářská zvířata, zejména pro prasata. Kvůli vysokému obsahu solí a minerálních látek se na výrobu krmiv spíše používala a používá demineralizovaná syrovátka. Schingoethe (1975) uvádí, že telata, která byla krmena mléčnou krmnou směsí, která obsahovala až 89 % sušené syrovátky, vykazovala příznivá tempa růstu. Syrovátka jako součástí krmiva, měla často pozitivní vliv na absorpci minerálních látek, stravitelnost bílkovin a tuku. Tyto poznatky vedly k zamyšlení, jestli by se syrovátka, díky svým výživově – fyziologickým vlastnostem dala využít i v potravinářském průmyslu. Jejím přidavkem by se zvýšila nutriční hodnota potravin. Dále by se zabránilo její neekologické likvidaci, což by mělo pozitivní vliv na životní prostředí.

Na začátku 60. let 19. století docházelo k vývoji membránových procesů a separačních metod. V průběhu let se technologické operace a procesy, jak získat syrovátkové produkty, zdokonalovaly. Výrobou syrovátkových produktů (sušené a demineralizované syrovátky, syrovátkového proteinového koncentrátu, izolátu, permeátu a laktosu), to ale nekončilo. Hydrolýzou, krystalizací, fermentací, sušením, koncentrací a frakcionací se získaly vysoce hodnotné produkty, které přispěly k výrobě funkčních potravin.

Syrovátkové bílkoviny se postupně začaly aplikovat do potravin. Dnes existuje široká škála potravin, které syrovátku a syrovátkové bílkoviny obsahují. Používají se jako náhrada sušeného mléka a vajec. Jsou součástí různých typů syrovátkových nápojů, jogurtů, zmrzlin, pekařských výrobků a cukrovinek. Nejen sójové, ale teď už i syrovátkové bílkoviny se technologicky upravují tak, aby vznikl výrobek podobný masu, tzv. analog masa. Zásadní roli hrají ve výživě pro sportovce. Na trhu jsou dnes k dostání různé výživové doplňky pro sportovce ve formě tyčinek, sušených produktů a proteinových nápojů.

Syrovátka pro svůj zdroj vysoce kvalitních bílkovin s jejich vysokou biologickou hodnotou, pro svůj významný zdroj minerálních látek, vitaminů a laktosu, se stala častým námětem a tématem pro vědu, výzkum a vědecké práce mnoha vědců.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce bylo zpracování přehledné literární rešerše zaměřené na možnosti použití syrovátkových bílkovin v různých oblastech potravinářského průmyslu. Posoudit složení a vhodnost a využití syrovátkových bílkovin v potravinářství s ohledem na jejich funkční vlastnosti a vliv na zdraví spotřebitele.

3 Literární rešerše

3.1 Syrovátka, složení syrovátky a její význam

Syrovátka je kapalina získaná po vysrážení kaseinu v mléce za pomoci přídavku kyseliny nebo prostřednictvím působení proteasy například chymosinu (Zadow, 2003a). Syrovátka, jako vedlejší produkt, vzniká během výroby sýrů, tvarohu a kaseinu. Dříve byla tato žlutozelená tekutina považována za pouhý odpad mlékárenského průmyslu. Jediné využití měla jako součást hnojiva nebo byla jednoduše likvidována. Unikala do spodních vod, což vedlo ke znečištění životního prostředí. Likvidace syrovátky, která se vypouštěla do řek, byla často využívána ve Spojených státech amerických, dříve než nad tím ochránci životního prostředí převzali kontrolu (Cryan, 2001). Dostane-li se syrovátka do půdy, představuje závažný problém, protože ovlivňuje její chemickou a fyzikální strukturu. To vede ke snížení úrodnosti půdy. Pokud se dostane syrovátka do vody má negativní dopad na vodní život, protože z vody vyčerpává rozpuštěný kyslík (Drbohlav et al., 2009). Později se stala součástí krmiv a růst počítačových systémů umožnil přesnější zkrmování syrovátky a ostatních tekutých krmiv pro odstavená prasata a prasnice v laktaci (Tunick, 2008). Předpokládá se, že její význam v budoucnosti razantně poroste. Stala se vyhledávaným produktem, protože obsahuje laktosu, minerály a bílkoviny, které propůjčují potravinám velmi dobré funkční vlastnosti (Onwulata a Tomasula, 2004). Byla poznána její výživová hodnota. Rozvoj a vývoj separačních technologií je spjat se snahou chránit životního prostředí a se snahou zvyšovat a maximalizovat ekonomiku výroby. Dále Suková (2006) uvádí, že bylo v roce 1970 využito pro lidskou výživu jen 5 % a ke krmení 95 % vyrobené syrovátky. K vyrovnání došlo v roce 2000 na poměr 50 : 50. Předpokládá se, že se v budoucnu využije pro lidskou výživu až 70 % vyrobené syrovátky. S rostoucí produkcí mlékárenského průmyslu, roste produkce syrovátky a její využití pro vývoj nových potravinářských a farmaceutických výrobků. Syrovátka a syrovátkové bílkoviny jsou součástí kojenecké výživy, potravinových doplňků a nápojů. Také se uplatňuje ve výživě sportovců, v pekařském, mlékárenském a masném průmyslu.

3.1.1 Hlavní a minoritní složky syrovátky

Složení syrovátky je závislé především na složení mléka a na technologiích, které jsou použity při výrobních procesech.

Suková (2006) uvádí, že je v syrovátce obsaženo přibližně 50 % sušiny mléka. Sušina je kolem 5,5 – 6,5 %. Typické složení sladké a kyselé syrovátky uvádí Tabulka 1. Laktosu tvoří

největší podíl (asi 70 – 80 % sušiny). Bílkoviny tvoří přibližně 10 % sušiny. Zbytek podílu je tvořen nebilkovinnými dusíkatými látkami (celkem 11 % sušiny), tuky (asi 1 % sušiny), kyselinami (kyselina citronová 150 mg/100 g, kyselina mléčná 40 - 120 mg/100 g), vitaminy skupiny B (B₁, B₂, B₅, B₆, B₁₂), vitamin A, vitamin C (Tabulka 2), minerálními látkami (Tabulka 3) a stopovými prvky (Tabulka 4). Jeličić et al. (2008) uvádí, že díky vitamínu B₂ (riboflavinu) má syrovátka charakteristickou žluto-zelenou barvu. Dále jsou ve velmi nízkém množství obsaženy enzymy, hormony a růstové faktory (de Wit, 2001). Tabulka 5 uvádí průměrný obsah aminokyselin v syrovátce.

Laktosa neboli mléčný cukr je disacharid složen z D – glukosy a D – galaktosy vázaných β - glykosidickou vazbou. Obsah a množství laktosy v syrovátce téměř odpovídá množství tohoto mléčného cukru v mléce. V kyselé syrovátce je obsah mléčného cukru nižší, protože dochází k přeměně laktosy na kyselinu mléčnou (Suková, 2006). Zadow (2003a) uvádí, že se laktosa využívá nejen do omáček, instantních nápojů, ale i do masných výrobků, všude tam, kde je výhodou její nízká sladivost a schopnost zvyšovat chuť výrobku. Laktosa je také značně používána do cukrovinek, pekařských výrobků. Vysoce čištěná laktosa je velmi využívána ve farmaceutickém průmyslu na výrobu tablet a také jako vhodný substrát pro výrobu penicillinu a dalších fermentovaných výrobků.

Tabulka 1: Typické složení (g/l) sladké a kyselé syrovátky

Komponenta	Sladká syrovátka (g/l)	Kyselé syrovátka (g/l)
Celková sušina	63,0 – 70,0	63,0 – 70,0
Laktosa	46,0 – 52,0	44,0 – 46,0
Bílkoviny	6,0 – 10,0	6,0 – 8,0
Laktáty	2,0	6,4
Vápník	0,4 – 0,6	1,2 – 1,6
Fosfáty	1,0 – 3,0	2,0 – 4,5
Chloridy	1,1	1,1

(Jelen, 2003)

Tabulka 2: Vitaminové složení sušené syrovátky

Vitamin	Sladká syrovátka	Kyselá syrovátka
Vitamin A [$\mu\text{g}/100\text{ g}$]	69 - 240	47 - 165
Vitamin C [$\text{mg}/100\text{ g}$]	0 - 9,08	0 - 0,99
Vitamin B ₆ [$\text{mg}/100\text{ g}$]	0,36 - 0,77	0,46 - 0,96
Vitamin B ₁₂ [$\mu\text{g}/100\text{ g}$]	0,9 - 3,7	0,15 - 3,7
Vitamin E- tokoferol [$\mu\text{g}/100\text{ g}$]	14 - 249	19 - 169
Vitamin B ₁ - thiamin [$\text{mg}/100\text{ g}$]	0,38 - 0,59	0,35 - 0,58
Vitamin B ₂ - riboflavin [$\text{mg}/100\text{ g}$]	1,70 - 2,92	1,57 - 2,35
Kyselina pantotenová [$\text{mg}/100\text{ g}$]	8,2 - 15,0	7,0 - 14,2
Biotin [$\mu\text{g}/100\text{ g}$]	8,2 - 15,0	7,0 - 14,2
Niacin [$\text{mg}/100\text{ g}$]	0,76 - 2,03	0,61 - 2,51
Kyselina listová [$\mu\text{g}/100\text{ g}$]	4,2 - 30,0	14,6 - 59,4
Cholin [$\text{mg}/100\text{ g}$]	62 - 173	60 - 171

(Suková, 2006)

Tabulka 3: Obsah minerálních látek v sladké a kyselé syrovátce

Minerální látka	Koncentrace (g/l)	
	Sladká syrovátka (pH 5,9 – 6,4)	Kyselá syrovátka (pH 4,6 – 4,8)
Vápník	0,04 – 0,06	1,2 – 1,6
Hořčík	0,08	0,11
Fosfát	1,0 – 3,0	2,0 – 4,5
Laktát	1,2 – 1,7	0,2 – 1,0
Citráty	2,0	6,0
Sodík	0,4 – 0,5	0,4 – 0,5
Draslík	1,4 – 1,6	1,4 – 1,6
Chlór	1,0 – 1,2	1,0 – 1,2

(Kilara, 2008)

Tabulka 4: Obsah stopových prvků v syrovátce

Stopové prvky	mg/l
Železo	0,6
Jód	0,5
Měď	0,2
Zinek	1,5

(de Wit, 2001)

Tabulka 5: Průměrný obsah aminokyselin (mg/l) v syrovátce

Syravátka	Volné aminokyseliny		Aminokyseliny v bílkovinách	
	Esenciálních	Celkem	Esenciálních	Celkem
Sladká	51,0	132,7	3,3	6,5
Kyselá	356,0	450,0	2,8	5,6

(Jeličić et al., 2008)

Syravátku je vhodné zařadit do tří hlavních typů: sladká, středně kyselá a kyselá syrovátka. Sladká syrovátka má kyselost 0,10 - 0,2 % kyseliny mléčné, její pH se pohybuje okolo 5,8 - 6,6 (Zadow, 2003a). Vzniká při výrobě sýrů, kdy dochází k vysrážení bílkovin pomocí enzymového syřidla chymosinu při pH 5 – 6 (Suková, 2006).

Zadow (2003a) popisuje, že kyselost středně kyselé syrovátky se pohybuje okolo 0,20 - 0,40 % kyseliny mléčné a její pH je kolem 5,0 - 5,8. Tato třída by měla zahrnovat syrovátku z výroby čerstvého sýra jako je „Ricotta“ nebo „Cottage“ sýr.

Kyselá syrovátka má kyselost větší než 0,40 % kyseliny mléčné a pH nižší než 5,0 (Zadow, 2003a). Kyselá syrovátka vzniká při výrobě tvarohu po okyselení kyselinou, kdy dochází ke srážení, a kde je pH nižší než 5,1 (Suková, 2006).

3.1.2 Výživově-fyziologický význam syrovátky

Syrovátka je nabízena jako funkční potravina s řadou zdravotních výhod. Vědecké důkazy ukazují, že proteiny s vysokým obsahem esenciálních aminokyselin, rozvětvených (BCAA) aminokyselin, a to zejména leucin, jsou spojeny se zvýšenou syntézou svalové bílkoviny, ztrátou hmotnosti při redukční dietě, ztrátou tělesného tuku, a snížení plasmatického insulinu triglyceridového profilu (Etzel, 2004). Syrovátka má výrazný antioxidační účinek, protože je bohatá na bílkoviny obsahující cystin (disulfidová forma cysteinu), který napomáhá syntéze glutathionu, což je silný intracelulární antioxidant (Marshall, 2004). Suková (2006) též uvádí, že syrovátkové bílkoviny mohou stimulovat produkci glutathionu ve tkáních, a tak vytvářet zásoby svalového glutaminu, který hraje velkou roli v imunitním systému. Klinické výzkumy uvádějí, že by syrovátkové bílkoviny mohly inhibovat růst rakovinných buněk. Vědečtí pracovníci provádějící klinické výzkumy v Arkansaském výzkumném institutu jsou toho názoru, že by syrovátka mohla být v prevenci rakoviny prsu účinnější než sója. Předpokládá se, že by syrovátkové bílkoviny mohly po dobu chemoterapeutické léčby rakoviny chránit zdravé buňky. Pacienti, kteří podstupují léčbu ozařováním a chemoterapii, často trpí nechutenstvím a nauseou. Tito pacienti mají mnohdy značně velké problémy s dosažením doporučené denní dávky živin, a tak mohou trpět silným deficitem proteinů. Společnosti NEXTProteins, výrobce syrovátkových proteinových koncentrátů, uvádí, že je syrovátka pro tyto pacienty dobrým zdrojem bílkovin. Je lehce stravitelná a má pozitivní vliv na zažívací trakt, protože ho zbytečně tolik nezatěžuje (Kopáčová, 2001). U laktoferinu, laktoperoxidasy, lysozymu, imunoglobulinů a glykomakropeptidu byly popsány antimikrobiální účinky. Laktoferin je schopen silné interakce s povrchem buněčných stěn gramnegativních bakterií. Díky této interakci může dojít k rozpuštění lipopolysacharidů. V důsledku osmotické nerovnováhy, která se v zápětí projeví, jsou bakterie zničeny. Laktoferin je také schopen zabraňovat intracelulární invazi patogenů, a tím ochraňovat buňky epitelu před infekcí způsobenou mikroorganismy. V kombinaci s lysozymem by mohl být účinek laktoferinu ještě zesílen. Vědci se domnívají, že by mohl chránit i před virovými infekcemi jako je herpes, chřipka, hepatitida a rotavirová gastroenteritida (Suková, 2011). Mimo jiné by mohla mít syrovátka kladný vliv na činnost ledvin, střev a střevní mikroflóru. Dále by mohla mít příznivý vliv na metabolismus, na snížení hladiny cholesterolu v krvi a díky tomu pozitivně regulovat hypertenzi (Suková, 2006).

3.2 Syrovátkové bílkoviny

Syrovátková bílkovina je jednou z hlavních bílkovin v kravském mléce (Hoffman a Falvo, 2004). Mezi syrovátkové proteiny patří β -laktoglobulin (β -LG), α -laktalbumin (α -LA), imunoglobuliny (IgG, IgA, IgM, IgE), bovinní sérový albumin (BSA), laktoferin, laktoperoxidasa, glykomakropeptidy. Jejich průměrný obsah v kravském mléce představuje Tabulka 6. Syrovátkové bílkoviny jsou termolabilní a svojí strukturou se řadí ke globulárním bílkovinám. Tyto bílkoviny se nacházejí v mléčném séru po oddělení kaseinu, izoelektrický bod (IEB) je při pH 4,6; teplota 20 °C (Zadrazil, 2002). Svě využití by mohl zde najít chymosin nebo jiná syřidla. Během doby jejich působení dojde k rozštěpení kappa-kaseinu, který chránil před vznikem sýřeniny a před koagulací hydrofobní typy kaseinů. Chymosin takto na syrovátkové bílkoviny nepůsobí, proto u nich vzhledem k jejich hydrofilní povaze nedojde k vysrážení (Hanušová a Němečková, 2011). Syrovátkové proteiny denaturují při záhřevu nad 60 - 70 °C. „Nerozpustná“ laktoglobulinová a laktalbuminová frakce se získá srážením při použití 50% roztoku nasyceného síranu amonného $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (Zadrazil, 2002). Pokroky v technologii zpracování vedly k vývoji několika komerčně dostupných syrovátkových výrobků jako je sušená syrovátka, syrovátkový bílkovinný koncentrát (WPC), syrovátkový izolát (WPI), demineralizovaná syrovátka, hydrolyzovaná syrovátková bílkovina (WPH) a syrovátkový permeát (WP). Každý jednotlivý syrovátkový produkt se liší v obsahu bílkovin, sacharidů, imunoglobulinů, minerálních látek, ale i v obsahu tuku (Marshall, 2004).

Tabulka 6: Průměrný obsah syrovátkových bílkovin v kravském mléce

Komponenta	Koncentrace (g/l)
Syrovátkové bílkoviny z toho:	6,0
β -laktoglobulin	3,2
α -laktalbumin	1,2
Bovinní sérový albumin	0,4
Imunoglobuliny	0,8
Laktoferin	0,2
Laktoperoxidasa	0,03
Enzymy	0,03

(Tunick, 2008)

3.2.1 β -laktoglobulin

V syrovátkové bílkovině je přibližně 50 – 60 % β -laktoglobulinu (Suková, 2006). Zdražil (2002) uvádí, že je jeho primární struktura tvořena ze 162 aminokyselin. Molekulová hmotnost této globulární bílkoviny je 18,227 kDa. Není rozpustný v čisté vodě. Je rozpustný ve zředěných roztocích neutrálně reagujících solí. Jeho IEB je při pH 5,12. V mléce je rozpuštěn ve formě koloidního roztoku. Má menší kyselost než α -laktalbumin. Neobsahuje fosfor a chybí mu aminokyselina hydroxyprolin. Mateřské mléko a mléko hlodavců na rozdíl od kravského β -laktoglobulin neobsahuje (Onwulata a Huth, 2008). Ve vysokém obsahu se nachází v nezralém mléce (kolostru), dosahuje až 8 % z celkových bílkovin. Dále jeho vysoký obsah vykazuje mléko masožravců (Zdražil, 2002). β -laktoglobulin je protein vázající retinol. Hraje významnou roli při vstřebávání a dostupnosti vitamínu A (Solak a Akin, 2012). Obsahuje tři jednotky esenciální aminokyseliny cysteinu. Právě tyto jednotky cysteinu mají vliv na tepelnou stabilitu mléka. Dále mají vliv na schopnost srážení mléka a nesou odpovědnost za tzv. vařivou příchut' mléka při jeho zpracování. Z hlediska výživy je cystein pro člověka velmi důležitý, protože patří mezi esenciální aminokyseliny (Madureira et. al., 2007). Jednou z významných vlastností β -laktoglobulinu je schopnost vázat molekuly, respektive hydrofobní molekuly. To znamená, že je schopen na sebe vázat retinol a poskytovat mu tak patřičnou ochranu před oxidací. Retinol má tak díky β -laktoglobulinu zajištěn transport přes žaludek do tenkého střeva. Dále se může β -laktoglobulin navázat na vitamin β -tokoferol. Tato vazba chrání vitamin proti rozkladu a zvyšuje jeho rozpustnost. Tyto významné schopnosti by se daly využít při vývoji funkčních potravin (Hanušová a Němečková, 2011).

β -laktorfíny, mohou vznikat během enzymového štěpení β -laktoglobulinu. β -laktorfíny jsou řazeny do kategorie takzvaných bioaktivních peptidů. Tyto bioaktivní peptidy by mohly být účinné v boji proti vysokému krevnímu tlaku. Stejně jako endorfíny by mohly příznivě působit na biochemické pochody v mozku (Hanušová a Němečková, 2011).

3.2.2 α -laktalbumin

α -laktalbumin (α -LA) je jednou z hlavních bílkovin vyskytující se v mateřském a kravském mléce. Ten představuje asi 25 % z celkové syrovátkové bílkoviny (Solak a Akin, 2012). Byl prvně izolován před více než 60 lety (Zhang a Brew, 2002). Mléka všežravců, masožravců

a býložravců s jednoduchým žaludkem jsou označována jako mléka albuminová. Obsahují mnohem větší množství α -LA než kravské mléko (Zadrazil, 2002). Například kravský α -laktalbumin je z 94 % identický s kozí bílkovinou a ze 76 % identický s lidskou bílkovinou (Zhang a Brew, 2002). Pokud je zjištěna vysoká hladina α -LA v kravském mléce, jedná se o příznak onemocnění dojnice (Zadrazil, 2002). α -LA je plně syntetizován v mléčné žláze. Zde α -laktalbumin působí jako koenzym pro biosyntézu laktosy (Madureira et al., 2007). Vyčištěný α -LA se komerčně používá do kojenecké výživy, protože zvyšuje podobnost kravského mléka s mateřským mlékem (Solak a Akin, 2012). Obsahuje 123 aminokyselin a jeho molekulová hmotnost je 14,175 kDa (Madureira et al., 2007). Bovinní α -laktalbumin má vysoký obsah aminokyselin lysinu, tryptofanu a cysteinu. Vzhledem k vyššímu obsahu daných aminokyselin vykazuje velmi vysokou biologickou hodnotu. α -LA neobsahuje fosfor. Jeho citlivost vůči syřidlovému enzymu zcela chybí. Reakci vykazuje kyselou. Je rozpustný v čisté vodě (Zadrazil, 2002). Významnou biologickou vlastností α -laktalbuminu je schopnost vázat jeden iont vápníku. Ve chvíli, kdy je iont vápníku navázán, jedná se o velmi termostabilní bílkovinu. V této chvíli může být jeho termostabilita nejvyšší ze všech syrovátkových bílkovin. V případě, že dojde k náhlému snížení pH na hodnotu menší než 5,0, následuje ztráta vápenatého iontu. Tímto se stává α -laktalbumin velmi náchylným k tepelnému srážení (Hanušová a Němečková, 2011). α -LA je složen z několika frakcí, jeho IEB je dán rozmezím hodnot pH 4,5 - 5,2. Při srážení α -LA je zapotřebí nejen zahřátí nad 65 °C, ale i současné snížení pH na IEB. K úplnému vysrážení dojde až při teplotě 85 °C (95 °C) – hydrofilní koloid (Zadrazil, 2002). V poslední době bývá α -LA spojován se snižováním stresu, nádorového onemocnění, antimikrobiální a antivirovou činností a imunomodulací (Solak a Akin, 2012).

3.2.3 Bovinní sérový albumin

Bovinní sérový albumin (BSA) se do mléka dostává z krevního séra, protože není syntetizován v mléčné žláze (Madureira et al., 2007). BSA je z 80 % zodpovědný za koloidní osmotický tlak krve krávy a je odpovědný za udržování krevního pH (Haggarty, 2002). Jeho strukturu tvoří 582 aminokyselin a jeho molekulová hmotnost činí 66,267 kDa (Madureira et al., 2007). Izoelektrický bod je při pH 4,8 (Onwulata a Huth, 2008). Bovinní sérový albumin tvoří asi 8 % syrovátkových a 1,5 % celkových mléčných bílkovin (Hanušová a Němečková, 2011). BSA se vzhledem ke své struktuře a velikosti může vázat na volné mastné kyseliny, lipidy, a další jiné sloučeniny. Pro sérový albumin je tato vlastnost velice významná, protože

napomáhá syntéze lipidů, které jsou součástí buněčných membrán. Ukázalo se, že bovinní sérový albumin je schopen, in vitro, chránit tuky před nežádoucí oxidací. Při pH 6,5 a po záhřevu dochází ke změně struktury albuminu, která vede k tvorbě gelu (Madureira et al., 2007, Hanušová a Němečková, 2011). Jako u předešlých syrovátkových bílkovin se předpokládá, že je BSA schopen inhibovat růst rakovinných buněk (Madureira et al., 2007).

3.2.4 Imunoglobuliny

Asi 2 % celkových mléčných bílkovin představují právě imunoglobuliny. Jsou to globulární, kulovité molekuly, které se skládají ze dvou lehkých řetězců s molekulovou hmotností 20,000 - 25,000 kDa a ze dvou těžkých řetězců s molekulovou hmotností 50,000 - 70,000 kDa (Kilara, 2008). Tyto molekuly nejsou syntetizovány v mléčné žláze, přecházejí z krve do mléka (Kilara, 2008). Izoelektrický bod imunoglobulinů se pohybuje v rozmezí hodnot pH 4,6 – 6,0 (Onwulata a Huth, 2008). Existuje celkem pět tříd (Solak a Akin, 2012), ale v mléce jsou nalezeny pouze čtyři třídy imunoglobulinů: IgG1, IgG2, IgA a IgM (Kilara, 2008). IgG představuje přibližně 75 % protilátek u dospělých jedinců. Imunoglobuliny jsou vylučovány do mateřského mléka, čímž teleti, poskytují ochranu před infekcemi, tzv. pasivní imunitu (Marshall, 2004). Tato ochrana trvá do té chvíle, než je zvíře schopno samo vytvářet protilátky (Kilara, 2008). Mlezivo obsahuje výrazně vyšší koncentrace imunoglobulinů než zralé mléko. Maximální koncentrace je dosaženo během prvních 24 - 48 hodin po porodu. Bylo zjištěno, že imunoglobuliny tvoří 10 – 15 % celkových syrovátkových bílkovin získaných z kravského mléka v koncentracích 0,6 - 0,9 mg/ml (Marshall, 2004). Předpokládá se, že imunoglobuliny mléčného původu by mohly být účinné během terapie při dětských infekcích, které jsou způsobeny rotaviry a to 1., 2., a 3. typu (Hanušová a Němečková, 2011). Další studie ukázaly, že syrové mléko od neočkovaných krav obsahuje další specifické protilátky proti bakteriím, jako jsou například: *E. Coli*, *Salmonella enteritidis*, *S. typhimurium* a *Shigella flexneri* (Marshall, 2004). Hanušová a Němečková (2011) ve své práci uvádí, že konzumace mléka, které je obohacené o imunoglobuliny, by mohlo sloužit jako prevence proti zvýšené hladině cholesterolu v krvi. Takto obohacené mléko by tak mohlo být velmi účinným doplňkem stravy.

3.2.5 Laktoferin

Laktoferin se přirozeně vyskytuje v mateřském mléce (Solak a Akin, 2012). Je významnou složkou syrovátky, skládá se přibližně z 689 aminokyselinových zbytků, zatímco lidský laktoferin je složen z 691 aminokyselinových zbytků (Marshall, 2004). Laktoferin je železo vázající glykoprotein o molekulové hmotnosti 80,000 kDa (Madureira et al., 2007) je tvořen jedním polypeptidickým řetězcem se dvěma vazebnými místy pro železité ionty (Marshall, 2004). Uplatňuje se jako bioaktivní složka syrovátky v biologických funkcích. Transportuje železo (Suková, 2006), působí antivirově, antibakteriálně, má imunomodulační a antioxidační účinky, podporuje růst střevních bakterií. Dále jsou mu připisovány protinádorové účinky (Solak a Akin, 2012). V žaludku probíhá štěpení laktoferinu za vzniku peptidu laktofericinu B. Tento peptid se vyznačuje schopností potlačovat plísně, kvasinky a celkově patogenní bakterie, naproti tomu má jen velmi zanedbatelný vliv na bifidobakterie (Hanušová a Němečková, 2011) Existují státy, které přidávají laktoferin do mléčné kojenecké výživy. Přidává se z důvodu zvýšení podobnosti bílkovin kravského mléka s mateřským. Má schopnost zvyšovat vstřebávání železa, aniž by způsoboval obstipaci - zácpu (Suková, 2006). Například Japonsko je právě tím státem, který přidává laktoferin do kojenecké výživy, jogurtů a nápojů (Hanušová a Němečková, 2011).

3.2.6 Laktoperoxidasa

Laktoperoxidasa je enzym, který představuje 0,25 - 0,50 % z celkových bílkovin nalezených v syrovátce (Solak a Akin, 2012). Marshall (2004) uvádí, že jeho účinky jsou spojeny se schopností katalyzovat redukci peroxidu vodíku a katalyzovat peroxidaci thiokyanatanu a některých halogenidů (jód a brom). Používá se jako přísada do výrobku pro zubní hygienu, má antimikrobiální vlastnosti (Solak a Akin, 2012).

3.2.7 Glykomakropeptid

Glykomakropeptid je obecně glykopeptid, který někdy bývá označován pod názvem kaseinomakropeptid. Tento peptid obsahuje pouze sladká syrovátka. Vznik glykomakropeptidu je podmíněn specifickým štěpením za výrazné pomoci chymosinu z kappa-kaseinu (Hanušová a Němečková, 2011). Protože ve své struktuře neobsahuje fenylyalanin je vhodný pro pacienty s onemocněním zvaným fenylketonurie (Solak a Akin, 2012). Je výborným prebiotikem pro střevní bifidobakterie vzhledem k obsahu kyseliny

N- acetylneuraminové. Některé studie uvádějí, že by kaseinomakropeptid mohl být schopen se navázat na cholera-toxin, který je produkován *Vibrio cholera*, čímž by došlo k zabránění působení tohoto toxinu na organismus (Hanušová a Němečková, 2011).

3.2.8 Proteoso-peptony

Proteoso-peptony představují asi 10 % z celkových bílkovin nalezených v syrovátce (Buccioni et al., 2013). Jsou to obecně tepelně stabilní bílkoviny, rozpustné v kyselině (Innocente et al., 2002). Jejich izoelektrický bod je při pH 3,7 (Onwulata a Huth, 2008). Jsou to bílkoviny, které zůstávají v roztoku mléka po zahřátí na 95 °C po dobu 20 minut, které se pak okyselí na pH 4,7 12% kyselinou trichloroctovou. Během této frakce mohou vznikat minoritní a 3 hlavní proteoso-peptonové komponenty (komponenta 3, 5, 8). Proteoso-peptony komponenta 3 obsahuje více než 17 % sacharidů a její molekulová hmotnost je 20,000 kDa. Vyskytuje se pouze v syrovátce a není vázaná na kasein. Proteoso-peptony komponenta 5 má molekulovou hmotnost 13,000 kDa a ve své molekule obsahuje fosfor. Je vázaná jak na syrovátkovou bílkovinu, tak i na kasein. Proteoso-peptony komponenta 8 má molekulovou hmotnost 3,900 kDa (Kilara, 2008).

3.2.9 Syrovátková versus sójová bílkovina

Sója je ve světě nejrozšířenější rostlinnou bílkovinou. První záznam pochází z Číny z roku 2838 př. n. l. Vedle Číny je sója populární i v mnoha dalších zemích na rozdíl od americké populace, kde je relativně nízký příjem sójové bílkoviny (5 g/den). Sója je velmi atraktivní alternativou pro ty, kteří hledají bílkoviny ve stravě z neživočišných zdrojů. Je to kompletní protein obsahující vysokou koncentraci aminokyselin s rozvětveným řetězcem. Existují tři kategorie sójové bílkoviny a to sójová mouka, koncentrát a izolát. Sójový koncentrát se začal vyrábět z odtučněných sójových bobů na začátku roku 1960 a na konci roku 1970. Tento koncentrát neobsahuje sacharidy jako tomu je u sójové mouky, je chutnější a má vyšší stravitelnost. Izolát vznikl ve Spojených státech amerických kolem roku 1950. Izolát obsahuje největší koncentraci bílkovin na rozdíl od mouky a koncentrátu. Neobsahuje vlákninu. Syrovátka je také kompletní protein obsahující vysokou koncentraci aminokyselin s rozvětveným řetězcem. Navíc je bohatá na vitaminy a minerály. Syrovátková bílkovina má vyšší biologickou hodnotu (104) než sójová bílkovina, která má 74. Je tedy tělem lépe využitelná. Existují tři hlavní formy syrovátkových bílkovin sušená syrovátka, syrovátkový

koncentrát a izolát (Hoffman a Falvo, 2004). Obsahy bílkovin u jednotlivých forem sójové a syrovátkové bílkoviny jsou uvedeny v Tabulce 7.

Tabulka 7: Obsah bílkovin v jednotlivých formách sójové a syrovátkové bílkoviny

Forma	Obsah bílkovin %
Sušená syrovátka	11 - 14,5
Syrovátkový koncentrát	25 – 89
Syrovátkový izolát	> 90
Sójová mouka	50
Sójový koncentrát	70
Sójový izolát	90

(Hoffman et Falvo, 2004)

Ve srovnání syrovátkový izolát obsahuje vyšší množství esenciálních aminokyselin než sójový izolát, který má vyšší zastoupení neesenciálních aminokyselin. Syrovátkové aminokyseliny mají vyšší stravitelnost a vyšší sytívnost než aminokyseliny sójového albuminu, kaseinu a vaječného albuminu. Syrovátkové bílkoviny mají až o 93 % vyšší stimulaci syntézy svalů než vykazuje kasein a o 18 % vyšší než vykazuje sójová bílkovina (Suková, 2011). Například BCAA leucin působí jako signální molekula pro zahájení proteosyntézy (Marshall, 2004). Aminokyseliny s rozvětveným řetězcem (BCAA) například valin, ale i isoleucin mají pozitivní vliv na látkovou výměnu ve svalech. Během vytrvalostního tréninku jsou svaly schopny přijímat rozvětvené aminokyseliny z krve a přeměňovat je na glukosu za syntézy energie (Suková, 2006, Beránková, 2012). Z Tabulky 8 vyplývá, že syrovátkové bílkoviny mají nižší obsah aminokyseliny fenylalaninu, který je nevhodný pro osoby trpící fenylketonurií a značně vyšší obsah tryptofanu. Tryptofan je především obsažen v syrovátkové bílkovině α -laktalbuminu. Hydroxylací a dekarboxylací vznikne neurotransmitter serotonin (Suková, 2011). Serotonin má vliv na kognitivní výkon, náladu (úzkost, deprese), spánek, ale i na chuť k jídlu. Byly provedeny pokusy na potkaních, kterým byl podáván tryptofan ve dvou dávkách (50 mg/kg a 100 mg/kg) po dobu 6 týdnů. Následné výsledky ukázaly, že v případě obou dávek došlo ke zvýšení hladiny tryptofanu v plasmě, což mělo významný vliv na zlepšení funkce paměti u potkanů (Khaliq et al., 2006).

Tabulka 8: Porovnání syrovátkového a sójového izolátu z hlediska obsahu aminokyselin

Aminokyselina *Esenciální	Syrovátkový izolát g/100 g	Sójový izolát g/100 g
Alanin	4,00	3,80
Arginin	1,43	6,70
Kyselina asparagová	8,78	10,20
Cystein	1,83	1,10
Kyselina glutamová	13,57	16,80
Glycin	1,43	3,70
Histidin	1,30	2,30
Isoleucin (*BCAA)	4,70	4,30
Leucin (*BCAA)	8,09	7,20
Lysin *	6,87	5,60
Methionin *	1,74	1,10
Fenylalanin *	2,30	4,60
Prolin	4,26	4,50
Serin	3,52	4,60
Threonin *	5,35	3,30
Tryptofan *	1,43	1,20
Tyrosin	2,35	3,30
Valin (*BCAA)	4,48	4,40

(Bayford, 2010)

3.3 Povrchově aktivní a funkční vlastnosti bílkovin

3.3.1 Povrchově aktivní vlastnosti

Významnou vlastností syrovátkových proteinů je schopnost vázat jak hydrofobní, tak i hydrofilní látky a hromadit se na fázovém rozhraní, jako je například voda/olej, čímž se sníží povrchové napětí. Účinnosti klesá v následujícím pořadí: hovězí sérový albumin > α -laktalbumin > β -laktoglobulin. Díky těmto vlastnostem, lze syrovátkové bílkoviny využívat ke stabilizaci emulzí nebo pěn či jako emulgátory do některých potravinářských výrobků (Hanušová a Němečková, 2011).

3.3.2 Funkční vlastnosti bílkovin

Mezi funkční vlastnosti těchto bílkovin patří schopnost pěnít, tvořit gely a emulgovat. Vyznačují se dobrou rozpustností a viskozitou. Rozpustnost syrovátkových bílkovin je ovlivňována teplotou, pH a přítomností jiných iontů. Bílkoviny jsou nejméně rozpustné ve svém izoelektrickém bodu, ale syrovátkové bílkoviny jsou rozpustné v širokém rozmezí pH (Kilara, 2008). Rostoucí teplota u bílkovin vede k denaturaci, proto rozpustnost syrovátkových bílkovin klesá s teplotou nad 70 °C. Naopak se u bílkovin při denaturaci zvyšuje schopnost vázat vodu (Onwulata a Huth, 2008). Jejich rozpustnost dále klesá při vysokých koncentracích solí (O'Regan et al., 2009). Další vlastností je interakce proteinů s vodou. Tato vlastnost vede k zahušťování a ke zvýšení viskozity. Denaturovaná syrovátková bílkovina váže více vody než nedenaturovaná, nativní. Viskozita syrovátkové bílkoviny se zvyšuje se zvyšující teplotou nad 65 °C a ještě větší zvýšení nastává při teplotách okolo 85 °C (Kilara, 2008). Schopnost vázat až osminásobek hmotnosti vody je přičítána některým syrovátkovým derivátům. Přídavek 10 % přípravku tohoto typu napomůže ke zvýšení viskozity až o dva řády (Suková, 2006).

3.3.3 Schopnost pěnít

Pěnicí vlastnosti jsou využívány v masném a mlékárenském průmyslu, při výrobě majonéz, šlehaček, pomazánek, mražených dezertů a dalších (Corzo-Martínez et al., 2012). Pěny jsou výsledkem chování bílkovin na rozhraní voda-vzduch. Předpokladem pro napěnění je zahřívání nebo zvýšená teplota, kterou působíme na syrovátkové bílkoviny.

Teplota 55 – 60 °C vedla ke zlepšení pěnicích vlastností syrovátkových proteinových koncentrátů. Naopak chlazení pod 4 °C vedlo ke snížení pěnicích vlastností. Pasterací se též snižují pěnotvorné schopnosti syrovátky (Kilara, 2008).

3.3.4 Schopnost tvořit gely

Pokud bílkoviny zahříváme, dochází k jejich denaturaci a k následnému rozvinutí jejich řetězce. V případě těchto změn nebo v důsledku rozvinutí bílkovinného řetězce dochází k tvorbě gelů ze syrovátkových bílkovin. Následně jsou tak proteiny schopné účastnit se určitých, specifických interakcí bílkovina-bílkovina nebo bílkovina-voda, což vede k vytvoření trojrozměrné sítě. Tato trojrozměrná síť má schopnost zadržet velké množství vody. „Heat-set“ gely, které byly už dříve popsány, jsou gely, které jsou vytvořené za horka. K druhému typu gelu ze syrovátkových bílkovin se řadí tak zvané „cold-set“ gely. Jsou to gely, které jsou vytvořené za studena. Výrobní proces zahrnuje prvotní zahřátí suroviny na určitou teplotu. Poté následuje ochlazení a přidavek glukonodeltalaktonu (O'Regan et al., 2009, Hanušová a Němečková, 2011). Též přidavkem sodných iontů lze navodit tvorbu těchto gelů (Hanušová a Němečková, 2011). Suková (2006) uvádí, že tlaková denaturace β -laktoglobulinu je schopna vyvolat mezimolekulární výměnu disulfidických skupin a volných thiolových skupin β -laktoglobulinu za vzniku formy oligomerů. Nejen pomoc určitého tlaku pro agregaci a vytváření β -LG oligomerů je důležitá. Významné mohou být také fyzikální interakce, jako je vaznost vodíku, hydrofobnost a elektrostatické vlastnosti. Během testování vlivu vysokotlakého ošetření na mléko, které bylo obohacené o WPI, vznikaly gely o rozdílné elasticitě v závislosti na množství přidaného syrovátkového proteinového izolátu a na výši tlaku. Při přidavku 15 % syrovátkového proteinového izolátu a tlaku 400 MPa, vzrostl modul elasticity.

3.3.5 Schopnost emulgace

Emulgování je chování bílkoviny v rozhraní olej-voda. Emulze jsou tvořeny za aplikace energie, která je použita na rozptýlení jedné fáze do druhé. Emulze vzniká, pokud dispergovaná fáze je olej a kontinuální fáze je voda tzv. olej ve vodě, nebo když je kontinuální fáze olej a dispergovaná fáze voda tzv. voda v oleji. Emulze mohou být tekuté, polotuhé nebo pevné. Emulze patří mezi nestabilní systémy. Mezi faktory ovlivňující emulze syrovátkových bílkovin patří pH a iontová pevnost. Kolem jejich izoelektrického bodu se

tvoří chudé nestabilní emulze. Také pasterace má nepříznivý vliv na tvorbu emulzí (Kilara, 2008).

3.4 Technologické operace při zpracování syrovátky

3.4.1 Předběžná úprava syrovátky

Předběžná úprava syrovátky zahrnuje čištění, odstranění tuků a pasteraci. Čištění se provádí z důvodů odstranění nežádoucích zbytků sraženiny - sýrašského prachu, který by měl negativní vliv na průběh dalších procesů. Většinou se používají kombinace scezování, usazování a odstředování. Syrovátka, která pochází z výroby sýra, většinou obsahuje určité množství tuku, který je vhodné odstranit za pomoci odstředivky, při které se dosáhne odstranění tuku pod 0,5 %. Pro zachování mikrobiologické a chemické jakosti syrovátky je důležitá pasterace. Obvykle probíhá při teplotě 72 – 78 °C po dobu 15 - 20 s. Při některých pasteračních postupech se využívají teploty v rozmezí 62 – 85 °C. Tím se inaktivuje chymosin a fosfatasa a sníží se počet živých mikroorganismů (Suková, 2006).

3.4.2 Demineralizace

Demineralizace je proces, při kterém dochází k odstranění solí ze syrovátky. Typická syrovátka obsahuje 8 – 10 % minerálů (Burling, 2002). Tento proces je zásadním a velmi důležitým krokem pro efektivní zpracování syrovátky a její následnou využitelnost k potravinářským a krmivářským účelům. Nepříznivý dopad na fyzikální a sensorické vlastnosti potravin, výrobků a krmiv může mít právě ta syrovátka, která obsahuje zvýšené množství solí a minerálních látek (Chandan, 2008). Odstranění minerálů lze provádět iontovou výměnou, nanofiltrací nebo i elektrodiálýzou (Kilara, 2008). Suková (2006) uvádí, že demineralizovaná syrovátka představuje až 90 – 95 % původní suroviny a koncentrát solí tvoří celkem 5 – 10 %. Dále popisuje, že je vždy nutné, hlavně u kyselé syrovátky, před zahuštěním, snížit obsah minerálních látek a kyselin. Z důvodu snížení termoplasticity a hygroskopicity, která by mohla překážet v procesu sušení, ale i kvůli nutnosti zmírnit hořkoslanou chuť prášku.

3.4.3 Separace jednotlivých složek syrovátky

Pomocí moderních technologických procesů lze oddělovat jednotlivé složky syrovátky, kterými jsou například bílkoviny, tuk, sůl, laktosa a další.

3.4.3.1 Tepelná denaturace bílkovin

V průběhu technologických procesů jsou syrovátkové bílkoviny velmi citlivé na fyzikální namáhání mléka. Jejich tzv. citlivost je spojena hlavně s určitou teplotou, tedy s tepelným ošetřením mléka (Tabulka 9), které způsobuje denaturaci syrovátkové bílkoviny (Snášelová a kol., 2002). Tepelná denaturace způsobuje změnu v jejich struktuře, tato změna je již nevratná (Oldřichová, 2002). Tepelná koagulace v kyselém prostředí nebo srážení za pomoci kyselin se provádí za účelem srážení a oddělení bílkovin. Tímto způsobem lze ze syrovátky získat separát, který obsahuje až 80 % proteinů o sušině 15 – 25 % (Suková, 2006).

Tabulka 9: Teploty způsobující denaturaci syrovátkových bílkovin

Bílkovina	Denaturační teplota
β -laktoglobulin	61 °C
α -laktalbumin	82 °C
Bovinní sérový albumin	66 °C
Imunoglobulin	72 °C

(Kilara, 2008)

3.4.3.2 Elektrodialýza

Elektrodialýza nebo také oddělování solí. Tento proces probíhá přenosem iontů přes neselektivní semipermeabilní membrány, ve kterých je hnací silou stejnosměrný proud. Používané membrány jsou dvojího typu – aniontové a kationové se střídavou propustností (Burling, 2002). Při tomto procesu vznikají dva typy prostorů. V jednom prostoru dochází k naředění solí a ve druhém prostoru k jejich koncentraci. Z druhého prostoru, kde dochází ke koncentraci solí, jak už bylo zmíněno, musí být sůl kontinuálně vymývána vodou (Suková, 2006). Stupeň demineralizace je závislý na obsahu popela v syrovátce, proudové hustotě, viskozitě a na době zdržení v zařízení (Kilara, 2008).

3.4.3.3 Iontoměničová chromatografie

Iontoměničové procesy zahrnují 3 důležité kroky, kterými jsou adsorpce, desorpce a regenerace (Kilara, 2008). Tento proces nám umožňuje od sebe oddělit biologicky aktivní vysokomolekulární a nízkomolekulární látky (Melzoch, 2012a). Ionex tvoří stacionární fázi. Na ionex se naváží ionty opačného náboje pocházející ze zpracovaného kapalného materiálu. Aby se postupně uvolňovaly složky dělené směsi, musí se potom provést promývání. Během procesu separace bílkovin při iontoměničové chromatografii se syrovátka okyselí, a tak bílkoviny získají pozitivní náboj. Poté dojde ke smíchání syrovátky s umělou pryskyřicí s negativním nábojem. Proteiny se navážou na pryskyřici. Složky, které se nenavázaly, což je hlavně tuk a laktosa, se následně vymyjí. Aby se mohly volné bílkoviny uvolnit, musí se dále zvýšit hodnota pH. Takto uvolněné bílkoviny se pomocí membránového procesu ultrafiltrace zahustí a následně se suší - sprejově. Tímto postupem se získá syrovátkový proteinový izolát, který obsahuje β – laktoglobulin. Na druhou stranu, může dojít ke ztrátě imunoglobulinů a α - laktalbuminu (Suková, 2006).

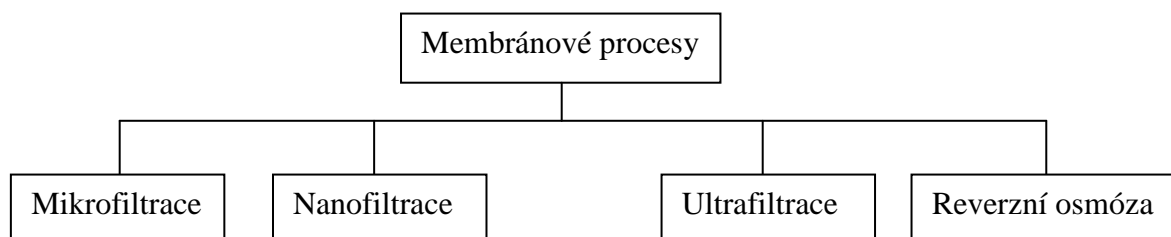
3.4.3.4 Gelová chromatografie

Gelová chromatografie je proces, při kterém dochází k oddělení molekul na základě jejich rozdílné velikosti (Stanton, 2004). Nejprve kolonou procházejí velké molekuly, zatímco nízkomolekulární látky jsou v koloně zadržovány nejdéle, protože pronikají hlouběji do pórů stacionární fáze (Melzoch, 2012a). Principem tohoto procesu je rozdílná difuzní rychlost molekul o různé velikosti přes sloupec naplněný porézními, pryskyřičnými, kulovitými částicemi (de Wit, 2001). Porézní kulovité částice mají v suchém stavu průměr asi 4 – 12 mm. Během bobtnání se průměr těchto kulovitých porézních částic několikrát zvětší. V koloně s mikroporézním dnem, probíhá dělení na zbobtnalých částicích gelu. Během dělení syrovátky se získá nejprve frakce bílkovinného koncentrátu. Potom se získá roztok minerálních látek a roztok laktosy. Molekuly o menší velikosti pronikají do struktury gelu, ze kterého se později uvolňují. Naproti tomu molekuly s větší molární hmotností, například bílkoviny, procházejí prostorem mezi částicemi (Suková, 2006).

3.4.3.5 Membránové procesy

Membránová filtrace byla poprvé vyvinuta v roce 1950 a v roce 1965 byla poprvé aplikována v potravinářském průmyslu. Membránové procesy (Obrázek 1) zahrnují technologie mikrofiltrace, nanofiltrace, ultrafiltrace a reverzní osmózu viz Tabulka 10 (Tunick, 2008). Tyto technologie jsou většinou využívány k výrobě bílkovinných koncentrátů a izolátů. Koncentrát proudí nad membránou, permeát membránou prochází. Během membránových procesů proudí médium podél membrány. Rozdíl tlaků na obou stranách, který je hnací silou, je způsoben vnějším tlakem nebo osmotickým tlakem (Suková, 2006). Transmembránový tlak je větší, čím „hustší“ je použitá membrána (Melzoch 2012b). Běžná filtrace pomáhá oddělovat z roztoku částice o velikosti 10^{-5} až 10^{-3} m. Zatímco ultrafiltrace odděluje částice o velikosti 10^{-5} až 10^{-8} m (Suková, 2006).

Obrázek 1: Schéma membránových procesů



Tabulka 10: Typy membránových separací

Typ	Velikost pórů (nm)	Zadržené komponenty	Molekulární hmotnost komponentů (kDa)
Mikrofiltrace	20 – 4,000	Bakterie, kaseinové micely, tukové kuličky	100 - 500
Ultrafiltrace	20 – 200	Syrovátkové bílkoviny	1 - 100
Nanofiltrace	< 2	Laktosa	0,1 - 1
Reverzní osmóza	< 2	Ionty	< 0,1

(Tunick, 2008)

3.4.3.5.1 Mikrofiltrace

Proces mikrofiltrace (MF) je podobný procesu ultrafiltrace. Velikost membránových pórů se pohybuje v rozmezí od 0,05 – 10 μm (Tunick, 2008). Během mikrofiltračního procesu dojde k odstranění tuku ze syrovátky. Tento proces proběhne za pomoci speciální membrány. Tukové kuličky zůstávají před membránou, zatímco bílkoviny a ostatní rozpustné složky jsou touto membránou propuštěny (Suková, 2006). Mikrofiltrací lze také separovat bakterie, tedy bakteriální flóru (Tunick, 2008).

3.4.3.5.2 Nanofiltrace

Nanofiltrace (NF) je membránový separační proces. Separační vlastnosti nanofiltrace jsou přechodné mezi reverzní osmózou a ultrafiltrací (Kilara, 2008). Také se jí někdy říká „děravá“ nebo „volná“ reverzní osmóza (Burling, 2002). Separační mechanismy se sestávají ze sterických a elektrických účinků. Nanofiltrační membrány nemají viditelné póry. Póry v membráně jsou z polymerního materiálu, jsou to volné prostory, přes které jsou kapaliny přepravovány pomocí hnací síly, tlakem. V tomto procesu jsou zachycovány polyvalentní ionty, monovalentní ionty (některé soli) a voda, které jsou následně odstraněny. Tlaky v nanofiltračním procesu se pohybují v rozmezí 0.6 – 4 MPa (Kilara, 2008). Tunick (2008) uvádí, že použité tlaky při nanofiltraci dosahují hodnot 1,5 – 3, 0 MPa.

3.4.3.5.3 Ultrafiltrace

Ultrafiltrace (UF) začala v roce 1971 (Tunick, 2008). UF je proces membránové filtrace, při které dochází k oddělení jednotlivých komponentů na základě rozdílné molekulární hmotnosti. Makromolekuly, jako jsou například bílkoviny, se vrací zpět do roztoku, zatímco molekuly s nižší molekulární hmotností, jako je například laktosa a minerály, pronikají membránou (Kelly, 2002). Během ultrafiltrace se používá tlak okolo 300 kPa při teplotě 55 °C. Velikost membránových pórů je asi 250 nm (Tunick, 2008). Kelly (2002) ve své práci uvádí, že se používá tlak okolo 70 – 170 kPa. Suková (2006) též uvádí, že membránou prochází aminokyseliny, voda, cukry a soli. A dále dochází k oddělení pevných a koloidních částic, bílkovin, polysacharidů a bakterií. Zahuštěný substrát neboli retentát, bílkovinný koncentrát – WPC, zůstává na straně polopropustné membrány. Bílkovinný koncentrát obsahuje hlavně bílkoviny a jen velmi malý podíl minerálních látek. Zatímco permeát obsahuje hlavní podíl minerálních látek, laktosy a nebílkovinných dusíkatých látek.

Diafiltrace je proces, při kterém se přidává voda do retentátu s následnou druhou ultrafiltrací. Tato technologie byla vyvinuta za účelem odstranění solí a laktosy (Tunick, 2008).

3.4.3.5.4 Reverzní osmóza

Reverzní osmóza (RO) je moderní membránový proces. Syrovátka musí být nejprve předehřata na teplotu 50 – 55 °C a přečerpána za vysokého tlaku obvykle 2,7 – 10 MPa přes membránu, kde dojde k odstranění minerálů. Až 2/3 vody v syrovátce mohou být odstraněny pomocí reverzní osmózy (Tunick, 2008). K oddělení vody se používají tlaky okolo 3 – 4 MPa teplota 25 – 33 °C (Suková, 2006). Touto technologií se dosahuje zahuštění syrovátky až 25 % (Kelly, 2002).

3.5 Komerčně dostupné syrovátkové produkty

3.5.1 Sušená syrovátka

Produkce sušené syrovátky je vyspělou technologií, která byla vyvinuta v roce 1860 a aplikována v roce 1937 (Tunick, 2008). Ovšem hlavní problém této technologie spočívá v dodržení požadované doby před sušením při výrobě nehygroskopické sušené syrovátky. V tomto období by měla být umožněna krystalizace laktosy do neamorfní, nehygroskopické formy, před sušením. Sušení pomocí rozprašování syrovátky je poměrně přímočará operace s podmínkami podobnými těm, které se používají při sušení mléka. Syrovátka je zahuštěna na 40 – 70 % celkových pevných látek a vysušena rozprašováním na požadovanou vlhkost méně než 5 %. Sušení syrovátky je komplikovaný proces z důvodu vysokého obsahu laktosy. Laktosa existuje ve dvou izomerních formách, α -laktosa a β -laktosa. Hydratovaná α -laktosa krystalizuje. Zatímco pevná β -laktosa krystalizuje, pokud neobsahuje vodu. Když je roztok syrovátky sušen rychle, může být nedostatek času k vytvoření formy α -laktosy jako monohydrátu, a tím naopak dojde k vytvoření amorfnní α -laktosy. Suchá forma laktosy v syrovátkovém produktu je stejně tak důležitá jako její tekutá forma. Amorfnní α -laktosa je vysoce hygroskopická a má vůli absorbovat vlhkost ze vzduchu (Zadow, 2003a). Konečný produkt, sušená syrovátka, obsahuje 52 – 58 % laktosy, 18 – 24 % bílkovin, 11 – 22 % popela, 1 – 4 % tuku a její vlhkost dosahuje hodnoty 3 – 4 % (Kilara, 2008). Zadow (2003a) ve svém článku popisuje, že vlhkost sušené sladké syrovátky se pohybuje okolo 3,2 % a vlhkost kyselé sušené syrovátky je 3,5 %. Suková (2006) uvádí, že tento tradiční postup sušení slouží k prodloužení trvanlivosti syrovátky a k výraznému snížení nákladů na přepravu. Pokud bude syrovátka před sušením co nejméně upravena, tím obtížnější bude proces sušení. Tím, že neproběhne úplná předběžná úprava syrovátky, jako je pasterace, odstranění sýrašského prachu a krystalizace laktosy, tím se získává méně kvalitní produkt. V Evropské unii a v USA bylo v roce 2000 vyrobeno kolem 1.8 milionů tun sušené syrovátky a demineralizované syrovátky 400 000 tun (Foegeding a Juck, 2002). Resortní statistika ministerstva zemědělství uvádí, že v České republice v roce 2012 za období leden – prosinec bylo vyrobeno 33 342,9 tun sušené syrovátky a 35 768,2 zahuštěné syrovátky (Veselá a Saksún, 2013). Sušená syrovátka se může využívat jako částečná náhrada sušeného mléka při výrobě sýrů a jiných mléčných výrobků (Suková, 2006). Sušená syrovátka se vyznačuje velmi dobrou sypkostí, má krémově béžovou barvu a má lehce nasládlou chuť a vůni. Velkou nevýhodou je, že ve vlhkém prostředí absorbuje vodu a dochází k vytváření hrudek. Sušená syrovátka se suší sprejově nebo na bubnech. Ale nejprve se musí podrobit filtraci přes

molekulární filtr a potom pomocí částečného vakua a působením tepla se koncentruje. Díky tomuto postupu je možné zvýšit její sušinu až o 50 % (Kopáčová, 2005).

3.5.2 Demineralizovaná syrovátka

Demineralizovaná syrovátka je obecně označována jako syrovátka se sníženým obsahem minerálů. Minerály jsou ze syrovátky odstraněny pomocí technologií nanofiltrace, iontoměničové chromatografie a pomocí elektrodialýzy. Existují různé stupně demineralizace (Kilara, 2008). Jelikož typická syrovátka obsahuje 8 – 10 % minerálů v sušině, je nevhodná pro zkrmování zvířatům a lidskou výživu (Burling, 2002). Za použití již zmíněných technologií může být odstraněno 25, 50 až 90 % minerálů (Kilara, 2008). Nadměrný obsah minerálních látek je v syrovátce na závadu, protože mohou mít nepříznivý účinek na fyzikální vlastnosti potravin (Chandan, 2008). Demineralizovaná syrovátka obsahuje kolem 2,2 % tuku, 13,0 % bílkovin, 76,8 % laktosy a 4 % popelovin. Vlhkost tohoto výrobku je přibližně 4 % (Chandan, 2008). Syrovátka se sníženým obsahem minerálů se využívá pro výrobu dětské kojenecké výživy. Kritickými ionty pro přípravu kojenecké výživy jsou sodík, draslík, chlór a fosfor (Burling, 2002). Naproti tomu takto upravená syrovátka našla své uplatnění i ve výrobě sušeného mléka určeného lidem nad 55 let. Toto mléko je neochucené, vyznačuje se vysokým obsahem aminokyseliny taurinu, vápníku a nízkým obsahem cukru. Sušené mléko s přídavkem demineralizované syrovátky vyvinula čínská firma Wandashan Dairy Drink (Suková, 2006).

3.5.3 WPC

Koncentrát syrovátkových bílkovin (WPC, whey protein concentrate) je získáván v procesu ultrafiltrace syrovátky. WPC 50 % a WPC 80 % je vyráběn pomocí procesu ultrafiltrace a mikrofiltrace (Kilara, 2008). Syrovátkový koncentrát obsahující 35, 50, nebo 75 % bílkovin je běžně komerčně dostupný. WPC 35 % je často považován za analog prášku odstředěného mléka. Syrovátkový koncentrát s nižším obsahem bílkovin má více omezené funkční vlastnosti než syrovátkový koncentrát s vyšším obsahem bílkovin. Též minerální složení je velmi významný faktor určující funkčnost syrovátkových bílkovin. Mnoho funkčních vlastností WPC je výrazně ovlivněno demineralizací nebo přídavkem vápenatých solí (Zadow, 2003b). Marshall (2004) ve své práci uvádí, že obsah bílkovin ve WPC produktu se pohybuje od 25 % do 89 %. Čím je vyšší obsah bílkovin, tím se snižuje obsah tuku, laktosy

a minerálních látek. WPC obsahující 35 % bílkovin je upraven jako mléčná náhražka s nízkým obsahem tuku a je využíván při výrobě jogurtů, tavených sýrů, kojenecké výživy, v pekařském a v masném průmyslu (Foegeding a Juck, 2002). Tunick (2008) též uvádí, že WPC s nízkým obsahem bílkovin bývá více využíván do mléčných a pekařských výrobků. Naopak WPC s vysokou koncentrací proteinů je obvykle používán při zpracování masných výrobků. Zadow (2003a) v Tabulce 11 uvádí chemické složení syrovátkového proteinového koncentráту.

Tabulka 11: Typické složení syrovátkového proteinového koncentráту

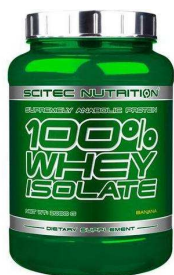
	Vlhkost	Přibližný obsah bílkovin	Skutečný obsah bílkovin	Laktosa	Tuk	Popeloviny
35% WPC	4,6 %	36,2 %	29,7 %	46,5 %	2,1 %	7,8 %
50% WPC	4,3 %	52,1 %	40,9 %	30,9 %	3,7 %	6,4 %
65% WPC	4,2 %	63,0 %	59,4 %	21,1 %	5,6 %	3,9 %
80% WPC	4,0 %	81,0 %	75,0 %	3,5 %	7,2 %	3,1 %

(Zadow, 2003a)

3.5.4 WPI

Izolát syrovátkových bílkovin (WPI, whey protein isolate) získaný ze syrovátky je nejčistším zdrojem bílkovin, který je na trhu k dispozici. Izoláty syrovátkových bílkovin obsahují 90 % a více bílkovin. Iontoměničová chromatografie je jednou z metod používaných při výrobě syrovátkového proteinového izolátu (Foegeding a Juck, 2002). Při výrobě WPI dochází ke snížení podstatného množství tuku a laktosy. Proto je tento produkt vhodný pro osoby trpící laktosovou intolerancí (Geiser, 2003). WPI obsahuje 4,0 - 5,5 % vody, 4,5 - 6 % popelovin a 0,4 - 1,0 % tuku. Obsah laktosy je v průměru 0,6 - 2,0 %. Hodnota pH je v rozmezí 6,0 - 7,1. Vzhledem k vysoké čistotě bílkovin se WPI ve velké míře využívá jako doplněk stravy, ale i do nápojů určených pro sportovce (Obrázek 2) a do nápojů obohacenými proteiny (Foegeding a Juck, 2002). WPC a WPI jsou produkty s typicky mléčnou a lehce nasládlou příchutí (Carunchia et al., 2005). Ve srovnávací studii Lorenzen a Schrader (2006), se uvádí, že WPI gely byly silnější a pružnější než WPC gely, kvůli vysokému obsahu β -laktoglobulinu a nízkému množství tuku, fosfolipidů a laktosy.

Obrázek 2: Syrovátkový proteinový izolát (WPI)



<<http://supplementsindia.edublogs.org/files/2012/05/scitec-nutrition-100-whey-protein-isolate-2i9uagg.jpg>>

3.5.5 WPH

Hydrolyzát syrovátkových bílkovin (WPH, hydrolyzed whey protein) obsahuje přibližně 90 % bílkovin, ale koncentrace bílkovin může být proměnlivá. V procesu hydrolyzy se rozdělují peptidické vazby a vznikají tak menší peptidické frakce (Solak a Akin, 2012). Proces hydrolyzy může být prováděn prostřednictvím chemických látek (v kyselém nebo alkalickém prostředí) nebo za pomoci proteolytických enzymů, které tuto reakci katalyzují. U hydrolyzovaných bílkovin se zvyšuje schopnost šlehatelnosti a produkce stabilní pěny v produktech, kterými jsou například marshmallows, čokoládové pěny, čokoládové, ovocné krémy, různé cukrovinky a bonbóny. Hydrolyzované proteiny dále zlepšují strukturu výrobku a mají vysokou schopnost stabilizace, proto se například používají jako stabilizátory jogurtů (Kailasapathy, 2008). Foegeding a Juck (2002) ve své práci též uvádějí, že funkční vlastnosti syrovátkových bílkovin lze změnit enzymatickou hydrolyzou. Alergické a funkční vlastnosti těchto proteinů závisí na stupni nebo rozsahu hydrolyzy. Rozsah hydrolyzy se pohybuje od 4 % do 20 %. Obecně platí, že čím vyšší stupeň hydrolyzy, tím vzniká produkt, který je více tepelně stabilní a vyvolává menší alergické vlastnosti než produkt s nižším stupněm hydrolyzy. Enzymatická hydrolyza syrovátkových bílkovin ještě navíc přispívá ke zvýšení jejich rozpustnosti ve vodě (Spělätelu, 2012).

3.5.6 Syrovátkový permeát – deproteinizovaná syrovátka

Syrovátkový permeát (WP, whey permeate) je vedlejší produkt získaný ze syrovátky. Obsahuje především vodu (93 %), laktosu (5 %), minerální látky (0,53 %), velmi malé množství tuku (0,36 %) a bílkovin (0,85 %). Ve Spojených státech amerických je využíván

jako hlavní složka krmiva, ale bývá také využit při výrobě nápojů (Beucler et al., 2005). Beucler et al. (2005) se zabývali využitím syrovátkového permeátu pro výrobu nápojů. Uvádějí, že nápoj z WP, patřící do kategorie osvěžujících nápojů, je vhodným nápojem pro sportovce.

V posledních letech byl WP použit na výrobu kyseliny mléčné pomocí fermentace bakteriemi mléčného kvašení (Talabardon et al., 2000, Fitzpatrick a O'Keeffe, 2001, Macedo et al., 2002). Pomocí bakterií mléčného kvašení (například *Lactobacillus delbrüeckii* sbsp. *bulgaricus*) se laktosa přemění na kyselinu mléčnou. Laktosa působí jako zdroj energie pro růst prospěšných bakterií. Má relativně nízký glykemický index 40 - 45 (Suková, 2006, Solak a Akin, 2012). Optimální teplota během fermentace je 43 °C, pH se pohybuje v rozmezí 5,5 - 6,5. Laktosa je neutralizována uhličitánem vápenatým nebo hydroxidem vápenatým (Mawson, 2003). Po prokvašení se médium zahřeje, přefiltruje a zahustí. Pomocí kyseliny sírové se mléčnan vápenatý převede na kyselinu mléčnou a síran vápenatý, který je nerozpustný se oddělí. Produkce kyseliny mléčné fermentačním způsobem je výhodnější a efektivnější než chemická syntéza, protože se může tvořit opticky čistá kyselina mléčná. Opticky čistá kyselina mléčná může být použita na výrobu biodegradovatelného polymeru (Panesar et al., 2007). Výtěžnost kyseliny mléčné může být až 50% pokud se přemění asi 90 % laktosy (Suková, 2006).

Syrovátkový permeát je bohatý na oligosacharidy. Tyto oligosacharidy jsou podobné oligosacharidům v mateřském mléce a mohly by být potenciálně použity jako aditivum do kojenecké výživy (Barile et al., 2009). Permeát má celkem vysoký obsah laktosy. Beucler et al. (2005) uvádí, že je schopen nahradit až 50 % sacharosy a tudíž ho je možno využít na výrobu sirupů či jiných sladidel. Permeát je získáván pomocí technologie ultrafiltrace a mikrofiltrace.

Deproteinizovaný syrovátkový permeát byl zkoumán jako substrát pro zvolený kmen *Phaffia rhodozyma* pro výrobu barviva β -karotenu a astaxanthinu pro zbarvení vaječného žloutku na farmách a ke zbarvení lososovitých ryb v akvakulturách (Spälätelu, 2012). Permeát lze také využít jako růstový substrát pro ekonomicky cenný produkt, kterým je například houba *Ganoderma lucidum*. Tato houba je cennou složkou některých léků nebo využívána jako potravina (Smith et al., 2002). *Ganoderma lucidum* produkuje polysacharid 1,3- β -D-glukan. Tato houba je v Severní Asii velice populární pro svoje pozitivní účinky na lidské zdraví. Slouží jako přípravek k léčbě různých onemocnění, protože pozitivně ovlivňuje imunitu

spotřebitele. Optimální podmínky pro pěstování *Ganoderma lucidum* je pH 4,4 při teplotě 29,4 °C (Song et al., 2007).

3.5.7 Laktosa

Kravné mléko obsahuje přibližně 4,6 - 4,9 % laktosy. Laktosa tedy představuje hlavní složku syrovátky (70 – 80 % sušiny). Mezi hlavní deriváty laktosy patří laktulosa, galaktooligosacharidy a tagatosa. Velmi důležité je u laktosy její rozpustnost, jak uvádí Tabulka číslo 12, tedy rozpustnost α a β formy laktosy. Při 20 °C je rozpustnost α -laktosy asi 7,5 g/100 g vody, zatímco rozpustnost β -laktosy je přibližně 48 g/100 g vody (Muir, 2002). Laktosa má 16 – 25 % sladivosti sacharosy (Kailasapathy, 2008, McSweeney a Fox, 2009), laktulosa má trochu vyšší sladivost než laktosa a tagatosa má až 92% sladivost sacharosy (Suková, 2006).

Laktosa podporuje a stimuluje střevní peristaltiku a tím podporuje absorpci vápníku a fosforu, zajišťuje optimální množství hořčíku a přispívá k lepšímu trávení tuků a dalších živin v těle. Je vhodná pro diabetiky, protože se nehromadí v játrech a má nízký glykemický index. Nepodílí se na rozvoji zubního plaku a ve střevech vytváří mírně kyselou reakci, která zabraňuje růstu a množení škodlivých bakterií. Tepelné úpravy a ošetření syrovátky způsobují přeměnu jistého množství laktosy na laktulosu, která je žádoucí pro spotřebitele (Tratnik, 2003). Laktulosa má schopnost aktivovat životaschopné bifidobakterie a potlačovat škodlivé bakterie a tedy příznivě ovlivňovat střevní mikroflóru. Má mírné laxativní, projímavé účinky a díky tomu působí proti zácpě (Vlková, 2001).

Galaktooligosacharidy mají probiotické vlastnosti a bifidogenní účinek. Jsou aplikovány do kojenecké výživy, mléčných výrobků, zmrzlin, cukrovinek, žvýkaček a do pekařských výrobků (Schaafsma, 2002). Také laktosa nachází své uplatnění v mléčných výrobcích, kojenecké výživě a ve farmaceutickém průmyslu. V pekařském průmyslu se laktosy využívá díky schopnostem, jako jsou například Maillardovy reakce, které propůjčují výrobku typické hnědé zbarvení (Muir, 2002). Pro osoby trpící laktosovou intolerancí je vysoký obsah laktosy ve výrobku nežádoucí, pro tyto osoby jsou vhodné fermentované mléčné výrobky a mléčné výrobky se sníženým obsahem laktosy (Vesa et al., 2000).

Tabulka 12: Rozpustnost sacharidů v g/100 g vody při uvedených teplotách

Sacharid	Rozpustnost g/100 g vody		
	10 °C	30 °C	50 °C
Laktosa	13	20	30
Sacharosa	66	69	73
D-Galaktosa	28	36	47
D-Fruktosa	77	82	87
D-Glukosa	42	55	70

(Muir, 2002)

3.5.7.1 Krystalizace laktosy

Laktosa krystalizuje ve dvou formách. Krystaly α -laktosy jsou tvrdé, lehce hygroskopické a pozvolna rozpustné. Krystaly β -laktosy nemají tendenci vázat vodu a jsou snadněji rozpustné (Muir, 2002). Laktosa je krystalizována z koncentrované syrovátky a syrovátkového permeátu o 50 - 60% sušiny (Chandan, 2008). Koncentrovaná syrovátka (obvykle při 50 °C) je převedena do krystalizačního tanku a poté následuje prudké ochlazení na 10 °C. V důsledku toho dojde ke snížení rozpustnosti a ke krystalizaci (Muir, 2002). Krystalizace probíhá od 2 - 24 hodin při teplotě 20 – 35 °C. Při následném rozprašovací sušení se vytvoří asi ze 70 % laktosy malé krystaly a tím se sníží podíl bezvodé amorfni laktosy. Bezvodá amorfni laktosa se vytváří při rychlém sušení a následně způsobuje značnou lepidlost, hygroskopičnost, tvrdnutí a nesnadné rozpouštění výsledného prášku (Suková, 2006).

3.5.7.2 Hydrolýza laktosy

Hydrolýza laktosy je katalyzována enzymem β -galaktosidasou, která je také často označována jako laktasa (Muir, 2002). Působením enzymu β -galaktosidasy je laktosa rozštěpena na glukosu a galaktosu. Mezi optimální podmínky, které ovlivňují aktivitu tohoto enzymu, patří pH v rozmezí hodnot 6 - 7, teplota okolo 35 – 45 °C a přítomnost silných aktivátorů, kterými jsou Mn^{2+} a Mg^{2+} (Mawson, 2003). β -galaktosidasa, která se využívá pro výroby s nízkým obsahem laktosy je získávána z kvasinek například z *Kluyveromyces lactis* nebo z plísní *Aspergillus oryzae* a *Aspergillus niger*. Tyto výrobky jsou vhodné pro osoby trpící laktosovou

intolerancí. Pomocí hydrolýzy laktosy vznikají monosacharidy, které jsou 3 krát rozpustnější než samotná laktosa. Díky enzymové hydrolýze zůstává v mléce nebo mléčném výrobku méně než 20 % původního množství laktosy, to je méně než 1 g na 100 g (Čurda, 2006). Hydrolýza laktosy přispívá ke zvýšení její sladivosti a zabránění její rekrytalizaci, která hrozí u zmrazených krému při změně podmínek, které nastávají při přeskladňování (Kailasapathy, 2008). Pomocí hydrolýzy laktosy ze syrovátkového permeátu lze vyrobit glukoso-galaktosové sirupy, které nacházejí své uplatnění při výrobě cukrářských výrobků a zmrzlin (Kailasapathy, 2008).

3.6 Mléčné výrobky

3.6.1 Zmrzlina, mražené krémy

Mražený krém, zmrzlina je oblíbený mléčný výrobek, který se konzumuje po celém světě. Ročně Evropané spotřebují více než tři miliardy litru zmrzlin, mražených krémů v hodnotě více než 20 miliard euro (Perlín, 2007). Zmrzlina je potravina vyrobená zmrazením za stálého míchání z pasterizované směsi, která je tradičně složena z mléčného tuku, vody, mléka, smetany, bílkovin, cukru, stabilizátorů, emulgátorů, z aromatických látek, které dodávají výrobku aroma a z ochucených nehomogenních přísad, kterými jsou například ořechy, kousky ovoce a čokolády (Chandan, 2008).

Smetanový nebo mléčný mražený krém obsahuje okolo 5 – 16 % mléčného tuku. Naopak, jestli výrobek obsahuje rostlinný tuk, jedná se o mražený krém s rostlinným tukem. Mléčný tuk obsahuje asi 62 % nasycených mastných kyselin. Kokosový tuk, který obsahuje přibližně 90 % nasycených mastných kyselin je z rostlinných tuků nejvíce používán při výrobě zmrzlin (Perlín, 2007).

Výrobu zmrzliny zahajuje pasterizace mléka o teplotě 85 °C po dobu jedné minuty. Následně se mléko zahušťuje a suší. Recept na mléčný mražený krém může obsahovat přibližně 100 kg zmrzlinové směsi, 11 kg sušeného odtučněného mléka, z toho 25 – 50 % syrovátkového bílkovinného koncentrátu WPC nebo demineralizované sušené syrovátky zbavené laktosy. Po určité době hydratace se disperzní roztok zahřeje na 40 °C a míchá s 12,5 kg másla. Potom se do směsi přidává 13,6 kg cukru a 0,5 kg stabilizátoru a emulgátoru. Tato směs je následně zahřívána, pasterována na 82 °C a homogenizována ve dvou krocích za použití tlaku: prvním tlakem je 15 MPa, který slouží k rozptýlení máselného tuku do menších tukových kuliček a další tlak o 3 MPa napomáhá ke snížení viskozity. Potom se tento disperzní roztok vrací

do pastéru, kde je pasterován o teplotě 82 °C a poté se ochladí na teplotu 2 – 4 °C. Při této teplotě jsou přidány do zmrzlinové směsi barviva a ochucující látky, které dodávají zmrzlině atraktivní vzhled a chuť. Následně se pro krystalizaci tuku nechá směs zrát 12 hodin a pak se zmrazí. V roztoku jsou dispergovány krystalky laktosy, ledu, tukové kuličky a vzduchové bubliny. Dále následuje formování, ztužování a balení. Zmrzlina je skladována při -18 °C (de Wit, 2001).

Hydrolýza laktosy je velmi dobrou alternativou u syrovátkových výrobků respektive u mražených mléčných výrobků obsahující syrovátkovou bílkovinu. Společnost Lactoprot, která se nachází v Německu, se zabývá vývojem a úpravami přísad do mražených krémů. Jejich úpravy spočívají v částečné demineralizaci a v částečné hydrolýze laktosy. Ve spolupráci s vídeňskou univerzitou byla vyvinuta membrána z dutých vláken, která upravuje syrovátku nebo mléko. Laktosa prochází přes semipermeabilní membránu a poté je enzymově štěpena na glukosu a galaktosu, které zpět procházejí přes membránu a dostávají se do původního roztoku. Tento postup napomáhá k regulaci stupně hydrolýzy a k výrobě syrovátkových přípravků se sníženým obsahem laktosy například „Combistab 333“, „Combistab 270“ a „Combistab 540“ (Suková, 2006).

Prindiville et al. (2000) se zabývají vlivem mléčného tuku, kakaového másla a syrovátkových bílkovin, jako náhražek tuku, na sensorické vlastnosti nízkotučné a odtučněné čokoládové zmrzliny. Syrovátkové bílkoviny co by náhražky tuku označované „Simplese“ mohou napodobovat mléčný tuk, pokud jde o strukturu, texturu a napomáhají uchovávat chuť. „Simplese“ je vyrobeno z globulární syrovátkové bílkoviny, z částic o velikosti 0,1 - 3,0 µm. Jejich velikost a tvar propůjčují v ústech této náhražce krémovou konzistenci. Bylo zjištěno, že „Simplese“ ve zmrzlině bylo více podobné mléčnému tuku než maltodextrin, který se využívá také jako náhražka tuku ve zmrzlině. Přítomnost mléčného tuku ve zmrzlině snižuje intenzitu kakaové chuti a zpomaluje vývoj ledové struktury během skladování. „Simplese“ se choval podobně jako mléčný tuk, zachoval hnědou barvu kakaa, ale nesnižoval intenzitu chuti a charakter kakaa. Během 12 týdnů byl „Simplese“ schopen lépe zpomalovat vývoj ledové struktury. Syrovátka a syrovátkové bílkoviny jsou úspěšně využívány pro výrobu zmrzlin a mražených krémů. Syrovátkový bílkovinný koncentrát (WPC) zvyšuje obsah bílkovin ve výrobku. Je bohatý na esenciální aminokyseliny, jako jsou lysin, tryptofan a methionin. Má vynikající nutriční a funkční vlastnosti. Dodává výrobku krémovitost, hladkost a chuť. Snižuje ledový pocit v ústech při konzumaci zmrzliny, protože syrovátkové bílkoviny jsou schopny vázat vodu a tak velmi malé množství volné vody slouží

k vytvoření menších ledových krystalků, které jsou ve mrazeném krému žádoucí (Patel et al., 2006, Pandiyan et al., 2010). Syrovátkové proteiny mají emulgační schopnosti, vliv na šlehatelnost, viskozitu výrobku a strukturu výrobku. Syrovátkový proteinový koncentrát se používá jako náhrada sušeného odstředěného mléka v mrazeném mléčném výrobku. WPC poskytuje lepší sensorické vlastnosti v produktu, než může poskytnout sušené odstředěné mléko (Pandiyan et al., 2010).

3.6.2 Jogurt

Jogurty mohou být vyráběné z kravského, kozího nebo ovčího mléka. Jogurty vyrobené z ovčího mléka jsou považovány za velmi dobré a oblíbené pro svoje organoleptické vlastnosti jako jsou příjemná chuť, vůně a krémová textura (Ruprichová et al., 2012). Jogurty jsou připraveny fermentací mléka s bakteriálními kulturami sestávající ze směsi *Streptococcus thermophilus* a *Lactobacillus delbrüeckii* subsp. *bulgaricus*. Existují dva hlavní typy jogurtu a to jogurt s nerozmíchaným koagulátem (Set Yoghurt) a jogurt s rozmíchaným koagulátem (Stirred Yoghurt). K dalším typům jogurtu patří tzv. pitné jogurty (Drink Yoghurt). Dále jogurty dělíme na přírodní a ochucené. Prvním krokem při výrobě je výběr mléka bez inhibičních látek a s nízkým množstvím mikroorganismů. Druhým krokem je standardizace mléka neboli úprava tuku na požadovanou úroveň. Obsah tuku se nejčastěji pohybuje v rozmezí 0,5 – 3,5 % a obsah tukuprosté sušiny je u jogurtů minimálně 8,2 %. Obsah mléčné sušiny je kolem 14 – 15 %. Minimální obsah mléčných bílkovin je přibližně 2,7 %. Sušené mléko, sušené odtučněné mléko, syrovátkový proteinový koncentrát nebo koncentráty mléčných bílkovin mohou být smíchány s mlékem za použití práškové disperzní jednotky. Do mléka jsou často přidávány stabilizátory, jako je například pektin nebo želatina (Lee a Lucey, 2010).

Stabilizátory se přidávají z důvodu zlepšení a zachování struktury, textury, konzistence a viskozity. Zlepšují vzhled jogurtu a slouží jako prevence proti oddělení syrovátky, protože mnoho spotřebitelů vnímá u jogurtu oddělení syrovátky velmi negativně. Například Nizozemí a Francie neumožňují použití stabilizátorů pro běžný neslazený jogurt (Lee a Lucey, 2010).

Dalším důležitým výrobním krokem u jogurtů obsahující tuk je homogenizace. Před homogenizací se provádí deareace. Použitím homogenizace se zabraňuje vyvstávání mléčného tuku během fermentace, inkubace v obalu a skladování. Homogenizace zlepšuje konzistenci jogurtu, protože je mléčný tuk ve výrobku rovnoměrně rozptýlen (Lee a Lucey,

2010). Po homogenizaci následuje tepelné ošetření mléka před zaočkováním. Běžně používané teploty jsou 85 °C po dobu 30 minut nebo 90 – 95 °C po dobu 5 minut (Tamime a Robinson, 1999). Lze také při výrobě jogurtů použít UHT mléko, které bylo ošetřeno při teplotě 135 – 150 °C po dobu několika sekund (Sodini et al., 2004). Při tepelném ošetření dochází ke zničení patogenů, které by mohly ohrožovat lidské zdraví, a ke zničení nežádoucích mikroorganismů, které by se mohly stát konkurencí startovací kultury. Dále dochází ke zlepšení vlastností mléka jakožto substrátu pro kyselé kultury. Pokud je mléko zahříváno na teplotu, která dosahuje až 70 °C a více, dochází k denuraci syrovátkových bílkovin. Po tepelném ošetření následuje ochlazení na teplotu (42 °C) vhodnou k zakysání a provede se inokulace. Potom následuje zakysání, fermentace a chlazení. Během fermentace bakterie mléčného kvašení převádějí laktosu na kyselinu mléčnou, která snižuje pH mléka z 6,7 na 4,6 (Lee a Lucey, 2010). Hlavní roli při výrobě jogurtů hrají syrovátkové bílkoviny. Ke zlepšení textury jogurtu a navýšení sušiny dochází při používání speciálních polymerů syrovátkových bílkovin jako náhrada sušeného mléka při výrobě jogurtu. Tyto výrobky vykazují mnohem lepší schopnost vázat vodu a vyšší tvrdost. Syrovátkové bílkoviny mohou být přidávány do jogurtů také jako stabilizátory (Hanušová a Němečková, 2011).

V posledních letech roste poptávka po výrobcích z kozího mléka, pro jejich nutriční a zdravotní výhody. Mezi tyto výhody patří vyšší a lepší stravitelnost a nižší alergenní vlastnosti než má mléko kravské. Zpracovatelé kozího mléka při výrobě fermentovaných výrobků „set“ jogurtů neboli jogurtů s nerozmíchaným koagulátem, se potýkají s výrobním problémem. Tímto výrobním problémem je myšlen vznik polotekutého koagulátu. Tento problém lze řešit přidáním 30 g syrovátkového proteinového koncentrátu na litr kozího mléka. WPC zvýší texturní vlastnosti jogurtu, zlepší pevnost, tvrdost a přilnavost. „Set“ jogurty z kozího mléka jsou po přidání WPC podobnější „Set“ jogurtům vyrobených z mléka kravského (Herrero a Requena, 2006).

3.6.3 Syrovátkové nápoje

Výroba syrovátkových nápojů začala už v roce 1970 a jedním z nejstarších nápojů je „Rivella“ ze Švýcarska. Dnes je na trhu široká škála různých syrovátkových nápojů. Syrovátkové nápoje mohou být vyrobeny z nativní sladké nebo kyselé syrovátky, z WPC, WPI, deproteinizované a demineralizované syrovátky (forma prášku), sušené syrovátky nebo z nativní syrovátky, která je zředěna vodou. Tyto nápoje mohou být také vyrobeny pomocí

fermentace syrovátky (Jeličić et al., 2008). Beucler et al. (2005) ve své studii uvádí, že by se mohly syrovátkové nápoje vyrábět i ze syrovátkového permeátu, ale jen v případě, že by tyto nápoje obsahovaly pouze 25 – 50 %, protože vyšší množství permeátu v nápoji způsobuje nežádoucí slanou chuť. Nevýhodou čerstvé kapalné syrovátky při výrobě nápojů je její vysoký obsah vody, díky tomu se snižuje její údržnost a hrozí kontaminace nežádoucí mikroflórou, proto musí být syrovátka tepelně ošetřena (Jeličić et al., 2008). Ovšem syrovátkové bílkoviny jsou termolabilní a jejich denaturace začíná při teplotě nad 60 °C, kdy dochází k vysrážení určitého množství bílkovin po obvyklém tepelném ošetření syrovátky při teplotě 72 °C po dobu 15 – 20 sekund. Mnohé studie se zabývají ošetřením syrovátky pomocí ultrazvuku nebo pomocí mikrofiltrace, tedy pomocí membránového procesu. Ultrazvuk může přispět k lepší rozpustnosti syrovátkových proteinů (Jeličić et al., 2008, Režek–Jambrak et al., 2008). V tomto případě by mohlo být sníženo určité množství sedimentu, který vzniká v syrovátkovém nápoji během skladování. Syrovátkové bílkoviny se stávají termorezistentními v případě okyselení syrovátky, kdy pH je pod hodnotu 3,9 a nedochází ani ke srážení během UHT ošetření (Jelen, 2003). Další nevýhodou může být vysoký obsah minerálů v sušině syrovátky, protože jsou tyto minerály zodpovědné za její hořko-slano chuť. Vzhledem k vysokému obsahu minerálů, ale i kyseliny mléčné je tento problém zvláště výrazný u kyselé syrovátky. To může mít za následek nadbytečnou kyselost, vznik velkého množství sedimentů během tepelného opracování a může docházet k vytváření sraženin v konečném produktu (Tratnik, 2003). Při výrobě čirých nápojů je značnou nevýhodou v čerstvé syrovátce vysoký obsah bílkovin, který se musí hlídat, aby se nevytvořil zákal (Suková, 2006). A však i přes tyto nevýhody čerstvé tekuté syrovátky se ukázalo, že její zpracování je ekonomicky i technologicky výhodné (Koffi et al., 2005). Beecher et al. (2008) ve své studii uvádějí, že pocit trpkosti syrovátkových nápojů v ústech je přičítána vysoké koncentraci bílkovin většinou nad 3 % a nízkému pH (3,5) v interakci se slinnými bílkoviny bohaté na prolin. Nízké pH vykazují nápoje s ovocnými příchutěmi a neutrální pH je spojeno s příchutěmi jako je čokoláda a vanilka. Do nealkoholických syrovátkových nápojů se mohou přidávat různé přísady, jako jsou například hrušky, jablka, broskve, meruňky, třešně, jahody nebo brusinky, ale i tropické ovoce. Dále mohou být do nápoje přidávány otruby, rýžové otruby, med, čokoláda, kakao, rostlinné bílkoviny, vanilka a jiné aromatizující látky. Někteří autoři navrhují při výrobě nápojů, pro úpravu jejich vůně a chutě, použití kyseliny citronové, která upravuje kyselost. Dále využití fruktosy, sacharosy a hydrolyzátů laktosy a nebo CO₂ v kombinaci s ovocem (Jeličić et al., 2008).

Nápoje vyrobené ze syrovátky jsou vhodné jak pro dospělé, pro seniory, děti, ale taky i pro osoby trpící fenylketonurií (nápoje s přídavkem glykomakropeptidového izolátu). Surovátkové nápoje se pyšní svojí vysokou nutriční hodnotou a pravděpodobně i svými příznivými terapeutickými účinky (Jeličić et al., 2008, Beránková, 2012). Tyto nápoje mohou u starší populace trpící osteoporózou zvýšit a zlepšit absorpci vápníku. U dětí a kojenců díky obsahu laktoferinu zvyšují ochranu střevní sliznice před patogeny a zlepšují vstřebávání železa z potravy (Beránková, 2012).

Na trhu je možno zakoupit přímo sušenou syrovátku, surovátkové nápoje v kapalném stavu nebo práškové směsi, zabalené v PET láhvích nebo kartonech (Suková, 2006, Jeličić et al., 2008).

3.6.3.1 Surovátkové nápoje – nealkoholické

K nealkoholickým surovátkovým nápojům patří surovátkové nápoje s přídavkem ovocných koncentrátů a ovocného aroma. Využívání ovoce při výrobě se ukázalo jako velmi efektivní, protože je schopno překrýt vůni vařeného mléka, ale i hořko-slanou chuť čerstvé syrovátky. Obsah ovocné sušiny se v nápoji pohybuje od 5 % do 20 % (Durić et al., 2004). Ovoce výrobku dodává další vitaminy a minerály (Sakhale, 2012). Například aplikace lesních plodů a bobulí je dobrým zdrojem železa a antioxidantů. Brazílská skupina vědců zjistila, že dlouhodobá spotřeba nápojů s jahodovým koncentrátem obohaceným bisglycinátem železnatým mělo vliv na snížení prevalence anémie u dětí a dospělých (Miglioranza et al., 2003). Velmi atraktivní vůni, lahodnou chuť a vysoké nutriční hodnoty má ovoce mango, které pochází z tropických a subtropických oblastí. Mango je vynikajícím zdrojem vitamínu A, vitamínu C, má vysoký obsah β -karotenu, draslíku a vlákniny. Nízká kalorická hodnota činí toto ovoce přitažlivým a atraktivním pro mnohé výrobce (Sakhale, 2012). Surovátkový nápoj se šťávou z aceroly představuje výrobek s vysokou nutriční hodnotou. Tato tropická třešeň obsahuje ve svých plodech vysoké množství vitamínu C a to od 800 až 4000 mg na 100 g plodů. Dále obsahuje vitamin B₁, B₂ a B₃ (Cruz et al., 2009). Nevýhodou aplikace ovoce je, že v nápoji postupem času co je skladován, vzniká sediment. Vznik sedimentu je způsoben interakcemi sušiny ovoce s bílkovinami syrovátky. Na druhé straně pokud je při výrobě nápoje použito menší množství ovoce, výrobek nemá dobré sensorické vlastnosti, kterými jsou chuť a vůně (Durić et al., 2004, Koffi et al., 2005). Při výrobě čokoládových surovátkových nápojů je odtučněné mléko nahrazeno surovátkovým koncentrátem WPC –

35 %. Tyto čokoládové nápoje vykazují stejně dobrou viskozitu, chutnost a stabilitu během skladování jako odtučněné čokoládové mléko (de Wit, 2001). Kakaový prášek z kakaových bobů obsahuje užitečné minerály, vitaminy a látku stimulující nervový systém, jako je theobromin (Jayeola a Omueti, 2011).

3.6.3.2 Dietetické nápoje

Tyto nápoje mají velmi nízkou energetickou hodnotu (104 – 113 kJ/100 ml), což je dělá vhodnými pro velkou skupinu spotřebitelů. Součástí těchto nápojů bývá ovocný základ, stabilizátor a sladidla například sacharin nebo cyklamáty. Problém těchto nápojů nastává právě u umělých sladidel, protože jsou některým připisovány toxické účinky (Jeličić et al., 2008). A však umělá sladidla v syrovátkových nápojích jsou vhodná pro lidi s onemocněním *Diabetes mellitus* a pro osoby bojující s obezitou (Meena et al., 2012). Velmi dobrou alternativou se ukazuje používání přírodních sladidel, laktosových hydrolyzátů (glukosa a galaktosa). Mají mnohem vyšší sladivost, rozpustnost a absorpční schopnosti než samotná laktosa. Nevyvolávají alergické reakce u osob s intolerancí laktosy a nejsou jim zatím připisovány toxické účinky (Jeličić et al., 2008). Nápoje s hydrolyzovanou laktosou jsou výborným zdrojem energie, jsou výživné a na minerály bohaté. Tyto nápoje byly podávány pro osoby s namáhavým povoláním s cílem dodat energii a kompenzovat elektrolytické ztráty (Singh a Singh, 2012).

Společnost Madeta se sídlem v Českých Budějovicích přišla na trh v roce 2012 s novinkou (Obrázek 3). „Fitness, syrovátkový nápoj“, pasterovaný, s příchutí manga, brusinky a citrusů. Obsahuje 0 % tuku. Základ tvoří kyselá syrovátka. Obsahuje lehce stravitelné syrovátkové bílkoviny, laktosu, minerální látky, vitaminy a mléčné kyseliny. Díky minimálnímu obsahu tuku, je dobrým pomocníkem pro osoby, které se snaží zhubnout, ale i pro sportovce. Obsažené bílkoviny mají pozitivní vliv na nasycení člověka a potlačení pocitu hladu (Madeta, 2012).

Společnost Madeta ovšem nezůstala jen u již zmíněných příchutí. Od července 2012 je možné na trhu objevit Fitness syrovátkový nápoj s příchutí bílého čaje s broskví a Fitness syrovátkový nápoj Energy obsahující kofein a taurin (Madeta, 2012).

Obrázek 3: Fitness syrovátkové nápoje



<http://www.madeta-velkoobchod.cz/bmz_cache/6/6fce91a4f8c5d4db81a07836ac634741.image.180x180.jpg>,
<<http://www.znasehoregionu.cz/photos/fs1fitness-syrovatka-brusinka.jpg>>

3.6.3.3 Fermentované syrovátkové nápoje

Fermentací syrovátky nebo deproteinizované syrovátky lze vyrobit nápoj s vysokou nutriční hodnotou. Výroba nealkoholického syrovátkového nápoje probíhá za pomoci bakterií mléčného kvašení, jako jsou například *Lactobacillus delbrüeckii* sbsp. *bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus*). Bakterie mléčného kvašení dávají výrobku intenzivní jogurtové aroma a jsou i sensoricky podobné fermentovaným mléčným nápojům (Gallardo-Escamill et al., 2005). Probiotické syrovátkové nápoje pozitivně ovlivňují a působí na lidské zdraví. Stimulují imunitní systém, zlepšují metabolismus laktosy, mohou snižovat krevní tlak a mít pozitivní vliv na hladinu cholesterolu v krvi (Shah, 2007). Důležitým faktorem pro výrobu probiotických syrovátkových nápojů je správný výběr probiotického kmene. Právě probiotický kmen poskytuje výrobku výslednou chuť a texturu. Autoři Jeličić et al. (2008) uvádějí, že se podařilo vyrobit sensoricky přijatelný probiotický syrovátkový nápoj s přísadkou pektinu a cukru za pomoci probiotických kmenů: *Lactobacillus reuteri* a *Bifidobacterium bifidum*. Jogurtová kultura (*Lactobacillus delbrüeckii* subsp. *bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus*) se ukázala být velmi úspěšnou a vhodnou pro fermentaci syrovátky (Pescuma et al., 2008).

„Gefilus“ je syrovátkový nápoj, ochucený přísadkou ovocné šťávy, ovocným aroma a fruktosy. Tento nápoj pocházející z Finska se vyrábí fermentací demineralizované syrovátky nebo syrovátkových bílkovinných koncentrátů za pomoci kmene *Lactobacillus rhamnosus*.

Před samotným procesem fermentace se musí nejprve hydrolyzovat laktosa, protože *Lactobacillus rhamnosus* má nedostatek enzymu β -galaktosidasy, a proto je tedy velmi nevhodným kmenem pro fermentaci syrovátky (Jeličić et al., 2008).

Přeměna syrovátky na fermentované nebo nefermentované nápoje je jednou z nejvíce atraktivních cest, jak využít tuto žluto-zelenou tekutinu k lidské spotřebě (Sakhale, 2012).

3.6.3.4 Nápoje ze sušené syrovátky

Nápoje ze sušené syrovátky jsou instantní, mají dobrou rozpustnost ve vodě a dobrou životnost (Obrázek 4). Tyto instantní nápoje mohou být obohacené o vitaminy, minerály a jsou zdrojem proteinů. Ve srovnání s kapalnými nápoji jsou tyto produkty jednodušší na přepravu a uskladnění. Sušená syrovátka může být míchána se sójou a se sušeným ovocem. Může obsahovat i syrovátkový proteinový koncentrát (Jeličić et al., 2008).

Obrázek 4: Sušená syrovátka



<http://www.sedlakcz.cz/img/4/susena-syrovatka-400-g-2.jpg>

3.6.3.5 Alkoholické nápoje

Syrovátka je velmi vhodnou surovinou pro výrobu syrovátkového piva, vína a nápojů s nízkým obsahem alkoholu (méně než 1,5 % obj). Deproteinizace syrovátky, zahuštění syrovátky a fermentace laktosy jsou hlavními procesy právě při výrobě syrovátkových nápojů s nízkým obsahem alkoholu. Laktosa je fermentována pomocí kvasinek *Kluyveromyces fragilis* a *Saccharomyces lactis*. Také se může dát přídavek určitého množství sacharosy až do dosažení 0,5 – 1 % obsahu alkoholu. Potom následuje doslazení a ochucení. Finální

produkt se stáčí do láhví. Určitá část laktosy je přeměněna na kyselinu mléčnou, která propůjčuje konečnému výrobku lehce kyselou a osvěžující chuť. Mezitím dochází k fermentaci zbylého množství laktosy na alkohol. Syrovátkové šumivé neboli perlivé víno „Serwovit“ a nápoj „Milone“ jsou hlavními představiteli syrovátkových nápojů, které byly získány fermentací keřirovou kulturou. Během výroby je syrovátkové víno čištěno. Mezi další výrobní procesy patří deproteinizace, hydrolýza laktosy za pomoci β -galaktosidasy, odkalování, chlazení a pro fermentaci se přidává v určitém množství kvasinky. Potom následuje další odkalení, zrání, filtrování a stáčení vína do láhví. Syrovátkové pivo může a nemusí obsahovat slad. Můžou v něm být obsaženy škrobové hydrolyzáty, vitaminy a minerální látky. Při výrobě syrovátkového piva mohou nastat problémy jako je například neschopnost pivních kvasinek zkvašovat laktosu. Dalším technologickým problémem může být nízká rozpustnost syrovátkových bílkovin. Tyto problémy s sebou přináší nežádoucí chuť a vůni. Také přítomnost mléčného tuku v pivě může způsobovat ztrátu pивní pěny (Jeličić et al., 2008).

Bylo zjištěno, že dalším velmi účinným kvasinkovým kmenem pro výrobu ethanolu je *Kluyveromyces lactis* (Toyoda a Ohtaguchi, 2008). *Kluyveromyces fragilis*, které jsou zodpovědné za alkoholové kvašení, se uplatňují i při výrobě octa ze syrovátky. Laktosa je nejprve přeměněna pomocí kvasinek *Kluyveromyces fragilis* na ethanol. Tento alkoholický produkt potom slouží jako substrát pro výrobu octa za pomoci bakterií octového kvašení (*Acetobacter pasteurianus*). Během octového kvašení je ethanol přeměněn na kyselinu octovou, která je hlavní složkou octa. Takto získaný ocet měl 5,3 % koncentrace kyseliny octové. Účinnost octového kvašení byla 84 %. Výsledný produkt splnil požadavky FAO (Organizace spojených národů pro výživu a zemědělství) a byl uznán za vhodný k lidské spotřebě (Parrondo et al., 2003).

3.6.3.6 Syrovátkový sýr

K výrobě syrovátkových sýrů se používají syrovátkové bílkovinné separáty, syrovátka nebo syrovátkové denaturované bílkoviny, například pro výrobu sýrových tavených pomazánek (Kaminarides a Stachtiaris, 2000, Suková, 2006). Sýr „Ricotta“, „Mysost“ a sýr „Prim“ patří do skupiny syrovátkových sýrů. „Ricotta“, někdy označovaná jako syrovátkový tvaroh, je mléčný výrobek italského původu. Vyrábí se ze syrovátkových bílkovin vysrážených teplem, obsahuje větší množství vody (El-Sheikh et al., 2010), Suková (2006) uvádí, že to je až 70 –

80 %. Pro výrobu syrovátkového sýru „Ricotty“ je možné využít syrovátkových proteinových koncentrátů. Takto vyrobený sýr má velmi dobrou chuť a celkově vysokou přijatelnost. „Mysost“ také někdy označovaný jako hnědý syrovátkový sýr je norský mléčný výrobek (Obrázek 5). Vyrábí se též ze syrovátkových bílkovin, které se vysráží za pomoci tepla (Pintado et al., 2001). Suková (2006) ve své práci píše, že se jedná o sýr, ve kterém převažuje laktosa. Výroba syrovátkových sýrů je považována za jeden z nejhospodárnějších způsobů, jak využít syrovátku (El-Sheikh et al., 2010). Přehled syrovátkových sýrů vyráběných po celém světě lze nalézt v Tabulce číslo 13.

Obrázek 5: Syrovátkový sýr „Mysost“



<<http://www.dlc.fi/~marianna/gourmet/pic/prim.jpg>>

Tabulka 13. Názvy syrovátkových sýrů ve světě

Stát	Název
Norsko	Lysost, Primost, Gjestost, Grubransdalsost
Švýcarsko	Schottenziegr, Hudelziger, Mascarpone
Francie	Serac, Brousse, Broccio, Greuil
Itálie	Ricotta
Německo	Zieger, Schottenzieger, Schabzieger
Španělsko	Requesón
Portugalsko	Requeijão
Řecko	Myzithra, Manouri, Anthotyros
Malta	Cacio - ricotta
Rumunsko	Ziger, Urda
Kypr	Anary
Slovensko	Žinčica, Urda
Bývalá Jugoslávie	Scuta, Puina
Tunis	Klila
Severní Afrika	Nicotta
Libanon	Kariche
Izrael	Urda
Irák	Lour
Argentina	Ricotta
Brazílie	Requeijão do Norte, Ricotta fresca
USA	Ricotone, Ricotta

(Pintado et al., 2001)

3.7 Extruze - texturizace syrovátkových bílkovin

Extruze se používá pro zpracování mnoha druhů potravin včetně obilovin, snacků a krmiva pro zvířata. Samotný proces extruze ovlivňuje texturu syrovátkových bílkovin (Walsh a Carpenter, 2008). Extruze se provádí pomocí extrudéru, kdy dochází k texturizaci bílkoviny. Pomocí extrudéru lze zvýšit v extrudovaném výrobku obsah bílkovin až o 20 % a tím zvýšit jeho výživovou hodnotu a zlepšit funkční vlastnosti texturizovaných syrovátkových proteinů (Qi a Onwulata, 2011). V procesu extruze působí určité teploty (35, 50, 75, 100 °C) na

syrovátkovou bílkovinu z WPC, WPI a syrovátkového α -laktalbuminu (Onwulata et al., 2003). Během působení teplot, bílkovina změkne a pomocí extrudéru se formuje do jiných struktur. Pro výrobu sójového masa se extruze provádí při teplotách vyšších než 150 °C ze sójové bílkoviny o vlhkosti 18 – 80 %, tím se dosáhne požadované hustoty, struktury, tvaru vláken a elastičnosti (Suková, 2006). Onwulata et al. (2003) uvádí, že v procesu extruze – texturizace syrovátkových bílkovin, byl použit syrovátkový proteinový koncentrát o vlhkosti 2,8 %, bílkovinný obsah byl přibližně 83,6 %. Dále byl použit syrovátkový proteinový izolát o vlhkosti 2,8 %, obsah bílkovin 89,6 % a syrovátkový α -laktalbumin o vlhkosti 5,5 % s 89,9% obsahem proteinů. Texturizované syrovátkové bílkoviny mohou být přidávány do sušenek, tyčinek, snacků, nápojů a do pekařských výrobků (Onwulata et al., 2003, Suková, 2006). Dále mohou být využity například jako instantní zahuš'ovadla (Suková, 2006) a také jako analogy masa (Walsh a Carpenter, 2008). Onwulata (2010) uvádí, že WPI lze využít spolu s kukuřičnou moukou pro výrobu křupavých, pufovaných snacků.

3.7.1 Pekařské výrobky

Pekařské výrobky a zvláště chleba je lidmi velmi žádanou a potřebnou potravinou (Dogaru et al., 2012). V pekařské výrobě se převážně používá sušená sladká syrovátka. Výhodou sušené syrovátky je, že odolává vysokým teplotám. Naproti tomu, kyselá syrovátka, vzhledem ke své příjemné vůni a chuti, nachází své uplatnění při výrobě kvasu. Dále se v pekařském průmyslu používá syrovátkový proteinový koncentrát, syrovátkový proteinový izolát a krystalická laktosa. Některé pekárny raději používají kondenzovanou syrovátku. Kondenzovaná syrovátka může způsobovat problémy v oblasti skladování, transportování a při výrobě může způsobit vytváření materiálu, který je podobný „cementu“. Je to dáno skutečností, že kondenzovaná syrovátka obsahuje ve velkém množství krystalickou laktosu. Proto musí být technologové během výroby velmi opatrní. Bílkoviny a aminokyseliny (hlavně lysin) obsažené v syrovátce zlepšují nutriční hodnotu pekařských výrobků. Syrovátkové bílkoviny společně s laktosou mají vliv na vlhkost pekárenských výrobků během skladování, tím že snižují rychlost vysychání pečiva. Syrovátkové bílkoviny jsou schopné díky svým vlastnostem nahrazovat tuky, částečně mléko a vejce (Kopáčová, 2005).

Suková (2006) uvádí, že byl vyvinut výrobek jménem „Allegra“, což je tekutá náhrada vajec. Tento produkt obsahuje syrovátkovou, vaječnou a zároveň sójovou bílkovinu a rostlinný olej. Výrobek „Allegra“ je cenově výhodný a má vysokou nutriční hodnotu. Obsahuje méně

nasycených tuků až o 75 %, nižší obsah cholesterolu a vyšší množství bílkovin zhruba až o 10 %, než by mělo odpovídat množství vajec.

U výrobků s nízkým obsahem cukru se uplatňuje aplikace syrovátkových bílkovin v kombinaci s laktosou. Tato kombinace má pozitivní vliv na hnědnutí pekařských výrobků a urychluje nástup kynutí (Gallagher et al., 2005, Kopáčová, 2005). Sirovátkové bílkoviny přispívají k vytvoření adekvátní chuti a k uchování aromatu, dokonce mají vliv i na snížení doby hnětení a prodloužení doby použitelnosti výrobku (Kopáčová, 2005). Sirovátkové proteiny lze použít i při výrobě plev na cukrářské výrobky (Lee et al., 2002).

3.7.2 Analogy masa

Maso je považováno za nejkvalitnější zdroj bílkovin a hlavně esenciálních aminokyselin, obsahuje také minerální látky a vitaminy. Bílkoviny masa mají vysokou biologickou hodnotu. Maso se může zpracovávat na párky, klobásy, šunky a jiné masné výrobky. Z hlediska zdraví, není nadměrný příjem masa vhodný. Maso obsahuje cholesterol a vyšší podíl nasycených mastných kyselin než polynenasycených mastných kyselin (PUFA). Nasyceným mastným kyselinám je připisován trombogenní a atherogenní účinek. Zvýšená hladina cholesterolu v krvi (LDL cholesterol) má vliv na kardiovaskulární onemocnění (Asgar et al., 2010). Analogy masa jsou vyráběné tak, aby vzhledově, chuťově, barvou a strukturou připomínaly maso. Masové analogy mají podobnou strukturu jako příčně pruhované svalstvo (Egbert a Borders, 2006). Vynikají vysokou schopností absorbovat vodu a zvýšit svoji hmotnost až na trojnásobek původní váhy. Při výrobě těchto analogů se používají texturované syrovátkové koncentráty, izoláty (TWP), texturované sójové bílkoviny a další rostlinné bílkoviny. Texturizované syrovátkové bílkoviny jsou vhodné pro výrobu párků, klobás, salámů, kuřecích karbanátů a dalších. Masné analogy se pyšní nízkou kalorickou hodnotou, obsahují nízké množství tuku a jsou bez cholesterolu (Asgar et al., 2010). Hale et al. (2002) ve své práci uvedli, že spotřebitelé, kteří hodnotili TWP hovězí karbanátek s 30% texturovanou syrovátkou bílkovinou, došli k závěru, že takto vyrobený výrobek měl velmi dobrou texturu, byl chutný, měkký, šťavnatý a celkově dobře přijatelný. Tento produkt měl vysokou nutriční hodnotu vzhledem k obsaženým aminokyselinám ze syrovátkových proteinů. Obsahoval 30 % texturované syrovátkové bílkoviny, 4 % tuku a 8 – 12 % sacharidů, celkově měl vysokou nutriční hodnotu (Walsh a Carpenter, 2008). Z 80% syrovátkového proteinového koncentrátu a 20% kukuřičného škrobu, lze vyrobit hrudky, které se podobají masu, respektive kouskům

masa. Výroba zahrnovala proces termoplastické extruze WPC a kukuřičného škrobu a jejich pozdější sušení (Onwulata a Tomasula, 2004). V tomto výrobku bylo nahrazeno 40 % masa syrovátkovým proteinovým koncentrátem - TWP 80 % (Suková, 2006). Tyto kousky masa měly vynikající strukturu, obsahovaly menší množství tuku a navozovaly pocit plnosti v ústech, jako tomu je u podobných tučných výrobků. Schopnost vázat vodu byla u tohoto produktu úspěšně zachována. Vaznost se nejvíce podobala vaznosti hovězího masa (Onwulata a Tomasula, 2004).

WPC se může přidávat i do mělněných rybích výrobků a tyčinek surimi. Bylo zjištěno, že po přidání WPC do surimi tyčinek se zlepšila mikrostruktura výrobku a zvýšila se hustota surimi gelu (Rawdkuen a Benjakul, 2008). Někteří výrobci přidávají syrovátkový proteinový koncentrát do sušených polévek a omáček pro jeho výbornou schopnost vázat vodu a pro jeho emulgující vlastnosti (de Wit 2001).

4 Závěr

Syrovátce a syrovátkovým bílkovinám jsou připisovány některé terapeutické účinky. Některé studie a autoři vědeckých prací se domnívají, že by syrovátkové bílkoviny mohly inhibovat růst rakovinných buněk. Ovšem tím jejich terapeutické účinky nekončí. Mimo jiné je jim připisován účinek ve smyslu zvyšování imunity, regulace hypertenze, snížení hladiny cholesterolu v krvi a snížení plazmatického insulinu triglyceridového profilu. Mají protizánětlivý, antimikrobiální a antivirový účinek. Syrovátkové proteiny jsou považovány za bílkoviny, které podporují činnost ledvin, mají kladný vliv na činnost střev a příznivě upravují metabolismus a trávení. Už jen pro tyto předpokládané terapeutické účinky by se měly vést další studie, které by tyto účinky objasnily.

Syrovátkové bílkoviny jsou spojeny se ztrátou tělesného tuku, proto jsou někdy předepisovány při redukčních dietách. Bývají doporučované i sportovcům pro zvýšení syntézy svalové bílkoviny.

Cílem této bakalářské práce bylo nejen zhodnotit složení a vhodnost syrovátky, ale hlavně využití syrovátkových bílkovin v potravinářství. Tato práce měla za cíl nastínění možností aplikace těchto proteinů. Dále jsem pátrala v jakých dalších produktech, se tyto bílkoviny nebo sušená syrovátka nachází. Do této skupiny výrobků patří některé šlehačky, kojenecká výživa, zmrzlinové sorbety, dezerty, pomazánky, dresinky, tavené sýry, směsi na výrobu chleba a koláčů, párky, salámy, sekaná, paštiky, průmyslově vyráběné pudinkové dezerty, těstoviny, směsi müsli, instantní káva (3 v 1), čokolády, některé bonbony, například karamelky, dále některé sušené ovesné, bramborové a jiné instantní kaše, některé margaríny, pomazánková másla a tuky na pečení.

Díky novým technologiím, procesům a strojním zařízením lze vyrobit kvalitní výrobky. Syrovátka už tak není jen pouhým odpadem při výrobě tvarohu a sýrů. Dává možnost vzniku potravin s vyšší nutriční hodnotou a funkčním potravinám. Vývoj dalších mnoha nových výrobků ze syrovátkových bílkovin, bude přispívat i k vývoji ještě lepších technologií a separačních metod.

Přídavek syrovátkových bílkovin už není jen záležitostí potravin a krmiv pro hospodářská zvířata. Využívá se ve farmaceutickém průmyslu, některé krémy na pleť obsahují právě tyto bílkoviny. V současné době se řeší i otázka využití syrovátkových bílkovin k produkci fólií a potahů na potraviny.

5 Seznam použité literatury

- Asgar, M. A., Fazilah, A., Huda, N., Bhat, R., Karim, A. A. 2010. Nonmeat Protein Alternatives as Meat Extenders and Meat Analogs. Institute of Food Technologists. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 9 (5). 513-529.
- Barile, D., Tao, N., Lebrilla, C. B., Coisson, J. D., Arlorio, M., German, J. B. 2009. Permeate from cheese whey ultrafiltration is a source of milk Oligosaccharides. NIH Public Access. International Dairy Journal. 19 (9). 524–530. doi:10.1016/j.idairyj.2009.03.008.
- Bayford, C. 2010. Whey Protein: A Functional Food. The nutrition practioner. [online]. [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: <http://217.160.4.72/NutritionPractitioner/Issues/Issue_11_1/Articles/5%20WheyProtein-%20final.pdf>.
- Beecher, J. W., Drake, M. A., Luck, P. J., Foegeding, E. A. 2008. Factors Regulating Astringency of Whey Protein Beverages. Journal of Dairy Science. 91 (7). 2553–2560.
- Beránková, J. 2012. Syrovátkové nápoje. Agronavigátor . [online]. 26. ledna 2012. [cit. 2013-02-06]. Článek 116963. Dostupné z: <<http://www.agronavigátor.cz/service.asp?act=print&val=116963>>.
- Beucler, J., Drake, M., Foegeding, E. A. 2005. Design of a beverage from whey permeate. Institute of food Technologists. Journal of food science. 70 (4). 277-285.
- Buccioni, A., Minieri, S., Rapaccini, S. 2013. Effect of total proteoso-peptone content on the variability of bovine milk foaming property. Italian Journal of Animal Science. 12 (1). 72-74.
- Burling, H. 2002. Demineralization. Elsevier Science 2003, Academic Press. Vol. 4. p. 2745-2751. ISBN: 0-12-2272-35-8.
- Carunchia Whetstine, M. E., Croissant, A. E., Drake, M. A. 2005. Characterization of dried whey protein concentrate and isolate flavor. Journal of Dairy Science. 88 (11). 3826-3839.

Corzo-Martínez, M., Sánchez, C. C., Moreno, F. J., Patino, J. M. R., Villamiel, M. 2012. Interfacial and foaming properties of bovine β -lactoglobulin: Galactose Maillard Conjugates. *Food Hydrocolloids*. 27. 438-447.

Cruz, A. G, de S.Sant´Ana, A., Macchione, M. M., Teixeira, A. M., Schmidt, F. L. 2009. Milk Drink Using Whey Butter Cheese (queijo manteiga) and Acerola Juice as a Potential Source of Vitamin C. *Food and Bioprocess Technology*. 2 (4). 368-373.

Cryan, R. 2001. Whey: Ready for Takeoff? *U. S. Dairy Mark. Outlook*. 7 (3). 1–4.

Čurda, L. 2006. Laktóza ve výživě. Mléčné výrobky a intolerance laktózy. *Výživa/potravinová bezpečnost. Potravinářská Revue*. 4. 19-22.

de Wit, J. N. 2001. Lecturer´s Handbook on whey and whey products. European Whey Products Association Belgie. First edition. [online]. Únor 2011. [cit. 2012-10-20]. Dostupné z <http://www.euromilk.org/upload/docs/EWPA/Lecturer%27s%20handbook%20on%20Whey.pdf>.

Dogaru, D. V., Stoin, D., Cocan, I., Mateescu, C., Trasca, T. I. 2012. The recovery of whey in some bakery products obtain Technology. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. 18 (4). 345-349.

Drbohlav, J., Šalaková, A., Sedlařík, V., Nehyba, A., Cicvárek, J. 2009. Využití kyseliny mléčné ze syrovátky pro přípravu polylaktátu a tvorbu biodegradovatelných plastů. *Mlékařské listy*. 115. 13-18.

Durić, M., Carić, M., Milanović, S., Tekić, M., Panić, M. 2004. Development of whey based beverages. *European Food Research and Technology*. 219 (4). 321-328.

Egbert, R., Borders, C. 2006. Achieving success with meat analogs. *Food Technology*. 60 (1). 28–34.

El-Sheikh, M., Farrag, A., ed Zaghoul, A. 2010. Ricotta Cheese from Whey Protein Concentrate. *Journal of American Science*. 6 (8). 321-325.

- Etzel, M. R. 2004. Manufacture and use of dairy protein fractions. *Journal of Nutrition*. 134 (4). 996-1002.
- Fitzpatrick, J. J., O’Keeffe, U. 2001. Influence of whey protein hydrolysate addition to whey permeate batch fermentations for producing lactic acid. *Process Biochemistry*. 37 (2). 183–6.
- Foegeding, E. A., Juck, P. J. 2002. *Whey protein products*. Elsevier Science, Academic Press. Vol. 3. p. 1957-1960. ISBN: 0-12-227235-8.
- Gallagher, E., Kenny, S., Arendt, E. K. 2005. Impact of dairy protein powders on biscuit quality. *European Food Research Technology*. 221 (3-4). 237-243.
- Gallardo-Escamill, F. J., Kelly, A. L., Delahunty, C. M. 2005. Influence of starter culture on flavor and Headspace Volatile Profiles of Fermented Whey and Whey Produced from Fermented Milk. *Journal of Dairy Science*. 88 (11). 3745-3753.
- Geiser, M. 2003 The wonders of whey protein. *NSCA’s Performance Training Journal*. 2 (5). 13-15.
- Haggarty, N. W. 2002. *Minor Proteins, Bovine Serum Albumin and Vitamin-Binding Proteins*. Elsevier Science, Academic Press. Vol. 3. p. 1939-1946. ISBN: 0-12-227235-8.
- Hale, A. B., Carpenter, C. E., Walsh, M. K. 2002. Instrumental and consumer evaluation of beef patties extended with extrusion – textured whey proteins. *Journal of Food Science*. 67 (3). 1267-1270.
- Hanušová, J., Němečková, I. 2011. Syrovátkové bílkoviny jako surovina pro výrobu funkčních potravin. *Výživa a potraviny*. 6 (66). 142-144.
- Herrero, A. M., Requena, T. 2006. The effect of supplementing goats milk with whey protein concentrate on textural properties of set-type yoghurt. *International Journal of Food Science and Technology*. 41 (1). 87–92.

Hoffman, J. R., Falvo, M. J. 2004. Protein – Which is best? *Journal of Sports Science and Medicine*. 3. 118-130.

Chandan, C. R. 2008. *Dairy processing and quality assurance: An Overview*. John Wiley and Sons. Wiley-Blackwell. p. 12-50. ISBN: 978-0-813-82756-8.

Innocente, N., Comparin, D., Corradini, C. 2002. Proteose-peptone whey fraction as emulsifier in ice-cream preparation. *International Dairy Journal*. 12 (1). 69–74.

Jayeola, C. O., Omueti, O. 2011. Production and evaluation of soy - chocolate beverage drink. *Journal of cereals and oil seeds*. 2 (4). 57–60.

Jelen, P. (2003) *Whey Processing in Encyclopedia of Dairy Sciences*, URED: Roginski, H., Fuquay, J. F., Fox, P. F., Academic Press – An Imprint of Elsevier. Vol. 4. p. 2739-2745.

Jeličić, I., Božanić, R., Tratnik, L. 2008. Whey-based beverages- a new generation of dairy products. *Mljekarstvo*. 58 (3). 257-274.

Kailasapathy, K. 2008. *Chemical composition, physical and functional properties of milk and milk ingredients*. John Wiley and Sons. Wiley-Blackwell. p. 75-103. ISBN: 978-0-813-82756-8.

Kaminarides, S., Stachtiaris, S. 2000. Production of processed cheese using kasseri cheese and processed cheese analogues incorporating whey protein concentrate and soybean oil. *International Journal of Dairy Technology*. 53 (2). 69–74.

Kelly, P. M. 2002. Membrane separation. *Encyclopedia of dairy science*. Vol. 3. p. 1777-1786. ISBN: 0-12-227235-8.

Khaliq, S., Haider, S., Ahmed, S. P., Perveen, T., Haleem, D. J. 2006. Relationship of brain tryptophan and serotonin in improving cognitive performance in rats. *Journal of Pharmaceutical Sciences*. 19 (1). 11-15.

Kilara, A. 2008. Whey and Whey products. Dairy processing and quality assurance. John Wiley and Sons. Wiley-Blackwell . p. 342-360. ISBN: 978-0-813-82756-8.

Koffi, E., Shewfelt, R., Wicker, L. (2005): Storage stability and sensory analysis of UHT processed whey-banana beverages, Journal of Food Quality. 28 (4). 386-401.

Kopáčová, O. 2001. Syrovátka v prevenci rakoviny. Agronavigátor [online]. 12. října 2001. [cit. 2012-10-15]. Článek 2953. Dostupné z <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=148&ch=13&typ=1&val=2953>.

Kopáčová, O. 2005. Syrovátka v pekařských výrobcích. Agronavigátor [online]. 13. května 2005 [cit. 2013-02-15]. Článek 35818. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=154&ch=13&typ=1&val=35818>.

Lee, S. Y., Danganan, K. L., Krochta, J. M. 2002. Gloss stability of whey-protein/plasticizer coating formulations on chocolate surface. Journal of Food Science. 67 (3). 1121–1125.

Lee, W. J., Lucey, J. A. 2010. Formation and Physical Properties of Yogurt. Asian-Aust. Journal of Animal Science. 23 (9). 1127–1136.

Lorenzen, P. C., Schrader, K. 2006. A comparative study of the gelation properties of whey protein concentrate and whey protein isolate. Le Lait. 86 (4). 259-271.

Macedo, M. G., Lacroix, C., Champagne, C. P. 2002. Combined effects of temperature and medium composition on exopolysaccharide production by *Lactobacillus rhamnosus* RW-9595M in a whey permeate based medium. Biotechnology Progress. 18(2). 167–73.

Madeta. 2012. Novinka. Syrovátkové nápoje Fitness. [online]. Duben 2012. [cit. 2013-03-01]. Dostupné z <http://www.madeta.cz/cs/produkty-a-sluzby/novinky/syrovatkove-napoje-fitness>.

- Madureira, A. R., Perreira, C. I., Gomes, A. M. P., Pintado M. E., Malcata, F. X. 2007. Bovine whey proteins – Overview on their main biological properties. Food Research International. 40. 1197-1211. Dostupné z: <http://repositorio.ucp.pt/bitstream/10400.14/2824/3/Bovine%20whey%20proteins%20overview%20on%20their%20main%20biological%20properties.pdf>.
- Marshall, K. 2004. Therapeutic applications of whey protein. Alternative Medicine Review. 9 (2). 136-156.
- Mawson, J. 2003. Fermentation of whey. Encyclopedia of food. Science and nutrition. 2. Edition. Academic Press. Vol. 10. p. 6157-6170. ISBN 0-12-227055-X.
- McSweeney, L. H., Fox, P. F. 2009. Properties of lactose. Advanced dairy chemistry. Springer science+business media LLC. Vol. 3. p. 7-8. ISBN 978-0-387-84864-8. e-ISBN 978-0-387-84865-5.
- Meena, M. K., Arora, S., Shendurse, A. M., Sharma, V., Wadhwa, B. K., Singh, A. K. 2012. Formulation optimisation of a whey lemon beverage using a blend of the sweeteners aspartame and sacharin. International Journal of Dairy Technology. 65 (1). 146-151.
- Melzoch, K. 2012a. Chromatografické separace a výměna iontů. Technologie potravin. Procesy a zařízení potravinářských a biotechnologických výroby. VŠCHT. Key Publishing. s. 214-220. ISBN: 978-80-7418-086-6.
- Melzoch, K. 2012b. Membránová separace. Technologie potravin. Procesy a zařízení potravinářských a biotechnologických výroby. VŠCHT. Key Publishing. s. 199-213. ISBN: 978-80-7418-086-6.
- Miglioranza, L. H., Matsuo, T., Caballero-Córdoba, G. M., Dichi, J. B., Cyrino, E. S., Oliveira, I. B., Martins, M. S., Polezer, N. M., Dichi, I. 2003. Effect of long-term fortification of whey drink with ferrous bisglycinate on anemia prevalence in children and adolescents from deprived areas in Londrina. Nutrition. 19 (5). 419-421.

- Muir, D. D. 2002. Lactose. Properties, production, applications. Encyclopedia of dairy science. Academic Press. Vol. 3. p. 1525-1529. ISBN 0-12-227235-8.
- O'Regan, J., Ennis, M. P., Mulvihill, D. M., 2009. Milk Proteins. Handbook of hydrocolloids. CRC Press. Second Edition. p. 298-343. ISBN (e-book) 978-1-84569-587-3.
- Oldřichová, T. 2002. Vliv tepelného ošetření na změny syrovátkových bílkovin. Agronavigátor [online]. 27. září 2002 [cit. 2013-03-11]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=13&typ=1&val=7610&ids=155>.
- Onwulata, C. I. 2010. Use of extrusion-texturized whey protein solates in puffed corn meal. Journal of food processing and preservation. 34 (2). 571–586.
- Onwulata, C. I., Huth, P. J. 2008. Separation of β -Lactoglobulin from Whey: Its Physico-Chemical Properties and Potential Uses. Whey processing Functionality and health benefits. Wiley-Blackwell IFT PRESS. p. 39-61. ISBN: 978-8138-0903-8.
- Onwulata, C. I., Konstance, R. P., Cooke, P. H., Farrell, H. M. 2003. Functionality of extrusion – Texturized whey proteins. Journal of Dairy Science. 86 (11). 3775-3782.
- Onwulata, C., Tomasula, P. 2004. Whey texturization: A way forward. Food Technology. 58 (7). 50-54. ISSN: 0015-6639.
- Pandiyan, C., Kumaresan, G., Villi, R. A., Rajarajan, G. 2010. incorporation of whey protein concentrate in ice cream. International Journal of Chemical Sciences. 8 (5). 563-567.
- Panesar, P. S., Kennedy, J. F., Gandhi, D. N., Bunko, K. (2007): Bioutilisation of whey for lactic acid production. Food Chemistry. 105 (1). 1-14.
- Parrondo, J., Herrero, M., García, L. A., Díaz, M. 2003. A note – Production of vinegar from whey. Journal of the institute of brewing. 109 (4). 356-358.
- Patel, M. R., Baer, R. J., Acharya, M. R. 2006. Increasing the Protein Content of Ice Cream. Journal of dairy science. 89 (5). 1400-1406.

Perlín, C. 2007. Inovace mražených krémů. Agronavigátor [online]. 7. září 2007. [cit. 2013-02-02]. Článek 63121. Dostupné z: <<http://www.agronavigator.cz/service.asp?act=print&val=63121>>.

Pescuma, M., Hébert, E. M., Mozzi, F., Font de Valdez, G. 2008: Whey fermentation by thermophilic acid bacteria: Evolution of carbohydrates and protein content. *Food Microbiology*. 25 (3). 442-451.

Pintado, M. E., Macedo, A. C., Malcata, F. X. 2001. Review: Technology, Chemistry and Microbiology of Whey Cheeses. *Food Science and Technology International*. 7 (2). 105-116.

Prindiville, E. A., Marshall, R. T., Heymann, H. 2000. Effect of Milk Fat, Cocoa Butter, and Whey Protein Fat Replacers on the Sensory Properties of Lowfat and Nonfat Chocolate Ice Cream. *Journal of dairy science*. 83 (10). 2216-2223.

Qi, P. X., Onwulata, C. I. 2011. Physical properties, molecular structures, and protein quality of texturized whey protein isolate: Effect of extrusion moisture content. *Journal of Dairy Science*. 94 (5). 2231-2244.

Rawdkuen, S., Benjakul, S. 2008. Whey protein concentrate: Autolysis inhibition and effects on the gel properties of surimi prepared from tropical fish. *Food chemistry*. 106 (3). 1077-1084.

Režek-Jambrak, A., Mason, T. J., Lelas, V., Herceg, Z., Herceg, I. L. 2008. Effect of ultrasound on solubility and foaming properties of whey protein suspensions, *Journal of Food Engineering*. 86 (2). 281-287.

Ruprichová, L., Dračková, M., Borkovcová, I., Vorlová, L. 2012. Determination of proteins in yoghurt. *Journal of microbiology, biotechnology and food science*. 1 (4). 644-650.

Sakhale, B. K., Pawar, V. N., Ranveer, R. C. 2012. Studies on the Development and Storage of Whey based RTS Beverage from Mango cv. Kesar. *Journal of Food Processing & Technology*. 3 (3). 148.

- Shah, N. P. 2007. Functional cultures and health benefits. *International Dairy Journal*. 17 (11). 1262-1277.
- Schaafsma, G. 2002. Nutritional significance of lactose and lactose derivatives. *Encyclopedia of dairy science*. Academic Press. Vol. 3. p. 1529-1533. ISBN: 0-12-227235-8.
- Schingoethe, D. J. 1975. Whey utilization in animal feeding. A summary and evaluation. *Journal of dairy science*. 59 (3). 556-570.
- Singh, A. K., Singh, K. 2012. Utilization of whey for the production of instant energy beverage by using response surface methodology. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 4 (2). 103–111.
- Smith, J. E., Rowan, N. J., Sullivan, R. 2002. Medicinal mushrooms: A rapidly developing area of biotechnology for cancer therapy and other bioactivities. *Biotechnology Letters*. 24 (22). 1839–1845.
- Snášelová, J., Marková, M., Vejdová, M. 2002. Vliv tepelného ošetření na změny syrovátkových bílkovin. *Mlékařské listy*. 72. 12-16.
- Sodini, I., Remeuf, F., Haddad, S., Corrieu, G. 2004. The relative effect of milk base, starter, and process on yogurt texture: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 44 (2). 113-137.
- Solak, B. B., Akin, N. 2012. Functionality of whey protein. *International Journal of Health & Nutrition*. 3 (1). 1-7.
- Song, M., Kim, N., Lee, S., Hwang, S. 2007. Use of Whey Permeate for Cultivating *Ganoderma lucidum* Mycelia. *Journal of Dairy Science*. 90 (5). 2141–2146.
- Spălățelu, C. 2012. Biotechnological valorisation of whey. *Innovative Romanian Food Biotechnology*. 10. 1–8.
- Stanton, P. 2004. Gel filtration chromatography. HPLC of peptides and proteins. *Methods and protocols*. 251. 55-73. Online ISBN: 978-1-59259-742-0.

- Suková, I. 2006. Syrovátka v potravinářství. ÚZPI Praha 2. s. 5-60. ISBN: 80-7271-173-3.
- Suková, I. 2011. Výživový potenciál syrovátky. Agronavigátor [online]. 24. března 2011. [cit. 2012-10-30]. Článek 109394. Dostupné z: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=13&typ=1&val=109394&ids=163>>.
- Talabardon, M., Schwitzquébel, J. P., Péringer, P. 2000. Anaerobic thermophilic fermentation for acetic acid production from milk permeate. *Journal of Biotechnology*. 76 (1). 83–92.
- Tamime, A. Y., Robinson, R. K. 1999. *Yoghurt: Science and Technology*. 2nd edition. CRC Press LLC. p. 61–71. ISBN: 1 85573 399 4.
- Toyoda, T., Ohtaguchi, K. 2008. Production of ethanol from lactose by *Kluyveromyces lactis* NBRC 1903. Special Edition, November. *Thammasat International Journal of Science and Technology*. 13. 30–35.
- Tratnik, L. J., 2003. Uloga sirutke u proizvodnji funkcionalne mliječne hrane. *Mljekarstvo* 53 (4). 325-352.
- Tunick, H. M. 2008. Whey protein production and Utilization: A brief history. Whey processing, functionality and health benefits. Editors Onwulata I. CH., Huth, J. P. Wiley-blackwell. p. 1-13. ISBN: 978-0-8138-0903-8.
- Vesa, T. H., Marteau, P., Korpela, R. 2000. Lactose intolerance. *Journal of the American College of Nutrition*, 19 (2). 165–175.
- Veselá, Z., Saksún, J. 2013. Komoditní karta mléko. 2013. Mléko a mléčné výrobky. Ministerstvo zemědělství ČR [online]. 19. únor 2013 [cit. 2013-03-11]. Dostupné z: <<http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/zivocisne-komodity/mleko-a-mlecne-vyrobky>>.
- Vlková, A. 2001. Laktulóza a její využití. Agronavigátor [online]. 8. března 2001. [cit. 2013-01-28.]. Článek 827. Dostupné z: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=13&typ=1&val=827&ids=163>>.

Walsh, M. K., Carpenter, Ch. E. 2008. Whey protein – based meat analogs. Whey processing Functionality and health benefits. Wiley-Blackwell IFT PRESS. p. 185-199. ISBN: 978-8138-0903-8.

Zadow, J. G. 2003a. Production and uses. Encyclopedia of food Science and nutrition, Elsevier Science Academic Press, sekond edition, Vol. 10. p 6147–6152. ISBN: 0-12-227055-X.

Zadow, J. G. 2003b. Protein concentrates and fraction. Encyclopedia of food Science and nutrition, Elsevier Science Academic Press, sekond edition, Vol. 10. p 6152–6157. ISBN: 0-12-227055-X.

Zadražil, K. 2002. Mlékařství. Česká zemědělská univerzita v Praze a ISV Praha, 1. vydání, 127 s. ISBN: 80-86642-15-1.

Zhang, Y., Brew, K. 2002. Alpha-Lactalbumin. Elsevier Science, Academic Press. Vol. 3. p. 1924-1932. ISBN: 0-12-227235-8.

6 Seznam použitých zkratk a symbolů

β -LG	β -laktoglobulin
α -LA	α -laktalbumin
BSA	bovinní sérový albumin
IgG	imunoglobuliny
IEB	izoelektrický bod
kDa	kilodalton
MPa	megapascal
RO	reverzní osmóza
MF	mikrofiltrace
UF	ultrafiltrace
NF	nanofiltrace
WPC	z anglického “whey protein concentrate”
WPI	z anglického “whey protein isolate”
WPH	z anglického “whey protein hydrolysate”
WP	z anglického “whey permeate”
TWP	z anglického “texturized whey protein”
BCAA	z anglického “branched-chain amino acids”
PUFA	z anglického “polyunsaturated fatty acid”
FAO	Organizace spojených národů pro výživu a zemědělství

7 Seznam tabulek

Tabulka 1: Typické složení (g/l) sladké a kyselé syrovátky	11
Tabulka 2: Vitaminové složení sušené syrovátky	12
Tabulka 3: Obsah minerálních látek v sladké a kyselé syrovátce	12
Tabulka 4: Obsah stopových prvků v syrovátce	13
Tabulka 5: Průměrný obsah aminokyselin (mg/l) v syrovátce	13
Tabulka 6: Průměrný obsah syrovátkových bílkovin v kravském mléce	15
Tabulka 7: Obsah bílkovin v jednotlivých formách sójové a syrovátkové bílkoviny	21
Tabulka 8: Porovnání syrovátkového a sójového izolátu z hlediska obsahu aminokyselin	22
Tabulka 9: Teploty způsobující denaturaci syrovátkových bílkovin	26
Tabulka 10: Typy membránových separací	29
Tabulka 11: Typické složení syrovátkového proteinového koncentrátu	33
Tabulka 12: Rozpustnost sacharidů v g/100 g vody při uvedených teplotách	37
Tabulka 13: Názvy syrovátkových sýrů ve světě	49

8 Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma membránových procesů	28
Obrázek 2: Syrovátkový proteinový izolát (WPI)	34
Obrázek 3: Fitness syrovátkové nápoje	45
Obrázek 4: Sušená syrovátka	46
Obrázek 5: Syrovátkový sýr „Mysost“	48