

Chemické složení a vlastnosti sladké a kyselé syrovátky

Alena Hejdová

Bakalářská práce
2009



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav potravinářského inženýrství

akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Alena HEJDOVÁ**

Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Téma práce: **Chemické složení a vlastnosti sladké a kyselé syrovátky.**

Zásady pro vypracování:

- Obecně popsat technologii získávání sladké a kyselé syrovátky.
- Při výrobě kterých mlékárenských výrobků se získává syrovátka jako vedlejší produkt.
- Popsat chemické složení sladké a kyselé syrovátky.
- Možnosti zpracování sladké a kyselé syrovátky na výrobky a jejich vlastnosti, resp. využití jako suroviny do dalších výrobků.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] FORMAN, L., MERGL, M. a kol. Syrovátka – její užití v lidské výživě a ve výživě zvířat, VÚPP, Praha 1979.

[2] OLŠANSKÝ, Č., KNĚZ, V. Výroba tvrdých sýrů eidamského a ementálského typu, VÚPP, Praha 1971.

[3] KNĚZ, V. Výroba sýrů, 2. vydání, SNTL, Praha 1960.

[4] SUKOVÁ, I. Syrovátka v potravinářství, ÚZPI, Praha 2006.

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Jan Hrabě, Ph.D.

Ústav potravinářského inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

20. února 2009

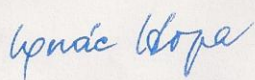
Termín odevzdání bakalářské práce:

31. května 2009

Ve Zlíně dne 31. května 2009


doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan




prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
vedoucí katedry

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je seznámení se sladkou a kyselou syrovátkou a jejich dalším využitím. Náplní je stručný popis technologie získávání a chemického složení sladké a kyselé syrovátky. Následuje stručný výklad možností zpracování syrovátky a její další využití na výrobky.

Klíčová slova: sladká syrovátka, kyselá syrovátka, laktosa, syrovátkové bílkoviny, technologie

ABSTRACT

The aim of bachelor work is acquaint with sweet and acid whey and theirs other utilization. The content is short description of technology of obtaining sweet and acid whey, chemist of sweet and acid whey and after that follows short interpretation possibilities of manipulation with whey and its other utilization for products.

Keywords: sweet whey, acid whey, lactose, whey proteins, technology

Poděkování

Chtěla bych poděkovat doc. Ing. Janu Hraběti Ph.D. za vedení a připomínky, které mi poskytoval v průběhu vypracování bakalářské práce.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem citoval(a). V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden(a) jako spoluautor(ka).

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD	9
1 TECHNOLOGIE ZÍSKÁVÁNÍ SYROVÁTKY	10
1.1 VÝBĚR A ÚPRAVA SUROVIN PRO VÝROBU SÝRŮ	10
1.1.1 Požadavky na mléko pro výrobu tvarohu a sýrů.....	10
1.1.2 Úprava mléka před zpracováním	11
1.1.2.1 Standardizace mléčné směsi	11
1.1.2.2 Tepelné ošetření mléka.....	11
1.1.2.3 Přídavek technologicky důležitých přísad	12
1.1.2.4 Mikrobiální sýrařské kultury (čisté mlékárenské kultury = ČMK)	12
1.1.2.5 Úprava barvy	12
1.1.2.6 Úprava teploty	13
1.2 SRÁŽENÍ MLÉKA	13
1.2.1 Sladké srážení mléka	14
1.2.2 Kyselé srážení mléka	14
1.3 ZPRACOVÁNÍ SÝŘENINY	15
1.3.1 Krájení, drobení a vytužování	16
1.3.2 Přihřívání a dosoušení	16
1.4 TVAROVÁNÍ SÝRŮ	16
1.4.1 Odkapávání.....	17
1.4.2 Lisování.....	17
1.5 SOLENÍ.....	17
1.6 ZRÁNÍ SÝRŮ	18
2 SLOŽENÍ A VLASTNOSTI SYROVÁTKY	19
2.1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ SYROVÁTKY	19
2.1.1 Bílkoviny syrovátky	20
2.1.1.1 Laktalbumin.....	21
2.1.1.2 Laktoglobulin.....	21
2.1.2 Nebílkovinné látky	22
2.1.3 Tuk v syrovátce	22
2.1.4 Popeloviny (minerální látky).....	23
2.1.5 Vitaminy v syrovátce.....	23
2.1.6 Mléčný cukr	23
2.2 VÝŽIVOVĚ – FYZIOLOGICKÝ VÝZNAM SYROVÁTKY	25
2.2.1 Všeobecný význam syrovátky.....	25
2.2.1.1 Regulace hmotnosti.....	25
2.2.1.2 Imunitní systém.....	26
2.2.1.3 Krevní tlak a kardiovaskulární choroby	26
2.2.1.4 Protirakovinné účinky	26
2.2.2 Význam jednotlivých syrovátkových bílkovin	27
2.2.2.1 α – laktalbumin	27
2.2.2.2 β – laktoglobulin	27
2.2.2.3 Bovinní sérový albumin.....	27

2.2.2.4	Imunoglobuliny	28
2.2.2.5	Laktoferin	28
2.2.2.6	Laktoperoxidáza	28
3	ZPRACOVÁNÍ SYROVÁTKY	29
3.1	PŘEDBĚŽNÁ ÚPRAVA SYROVÁTKY PŘED DALŠÍM ZPRACOVÁNÍM	29
3.1.1	Čištění	29
3.1.2	Odstranění tuku	30
3.1.3	Pasterace	30
3.2	DEMINERALIZACE	30
3.3	KRYSTALIZACE LAKTÓZY	31
3.4	ZAHUŠŤOVÁNÍ SYROVÁTKY	31
3.5	SUŠENÍ SYROVÁTKY	32
3.5.1	Sušení syrovátky ve válcových sušárnách	32
3.5.2	Sušení syrovátky v rozprašovacích sušárnách	32
3.6	MODERNÍ SEPARAČNÍ METODY	33
3.6.1	Ultrafiltrace a hyperfiltrace syrovátky	33
3.6.2	Elektrodialýza	34
3.6.3	Gelová filtrace	35
3.7	FERMENTACE SYROVÁTKY	35
3.7.1	Produkce biomasy	35
3.7.2	Produkce bioplynu	36
3.7.3	Produkce etanolu	36
3.7.4	Výroba kyseliny mléčné	36
3.7.5	Výroba nápojů	37
4	VYUŽITÍ SYROVÁTKY V LIDSKÉ VÝŽIVĚ	38
4.1	VÝROBA NÁPOJŮ	38
4.2	VÝROBA SÝRŮ	39
4.2.1	Úprava tavených sýrů	40
4.3	VYUŽITÍ SYROVÁTKY V PEKÁRENSKÉM PRŮMYSLU	40
4.3.1	Zvyšování obsahu bílkovin ve výrobcích	40
4.3.2	Zadržování vlhkosti	41
4.3.3	Zlepšení textury	41
4.3.4	Emulgování	41
4.3.5	Hnědnutí	41
4.3.6	Uchování aroma a chuti	41
4.3.7	Nutnost změn receptury	42
4.4	APLIKACE DO CEREÁLNÍCH SNACKŮ	42
4.5	VYUŽITÍ SYROVÁTKY V MASNÉM PRŮMYSLU	43
5	VYUŽITÍ SYROVÁTKY KE KRMNÝM ÚČELŮM	44
	ZÁVĚR	45
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	46

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	49
SEZNAM OBRÁZKŮ	50
SEZNAM TABULEK	51

ÚVOD

Syrovátka patří k výživově hodnotným potravinám vzhledem k obsaženým bílkovinám, vitamínům, minerálům a mléčnému cukru. Již před 6000 lety před n. l. byla syrovátka náhodně objevena při zkysnutí kravského mléka a jejím samovolným oddělení. Hippokrates ve 4. století před n. l. řekl: „Dovoďte potravinám, aby se staly vašim lékem.“ A ocenil zdravotní a posilující účinky syrovátky. I přes to kdysi byla syrovátka považována za bezcenný odpad mlékárenského průmyslu a jediné využití měla jako součást krmiv.

Od začátku 20. století její význam zásadně vzrostl, což souviselo s poznatky o výživové hodnotě a s rozvojem separačních technologií. V šedesátých letech 20. století vědci vyvinuly membránové filtrační procesy, kterými se odstraní částice laktózy ze syrovátky a výsledkem je produkt vhodnější k lidské spotřebě.

V roce 1997 se v Chicagu v USA konala druhá mezinárodní konference o syrovátce, které se zúčastnili zástupci z 24 zemí a shodli se na jejích antioxidačních a protirakovinných účincích i účincích k potlačení chuti k jídlu.

V dnešní době je nutné využívání velkého množství syrovátky vzhledem ke koncentraci výroby sýrů, se snahou o ochranu životního prostředí (dochází k zatěžování odpadních vod), se snahou o maximální ekonomiku výroby (snížení nákladů na přepravu), s potřebou speciálních funkčních přísad (obsažených v syrovátce) pro vývoj nových potravinářských a farmaceutických výrobků.

Cílem práce bylo charakterizovat sladkou a kyselou syrovátkou a uvést jejich další využití. Největší pozornost byla věnována chemickému složení syrovátky a jejímu dalšímu zpracování a využití na výrobky.

1 TECHNOLOGIE ZÍSKÁVÁNÍ SYROVÁTKY

Syrovátka je vedlejším produktem při výrobě sýrů, tvarohu a kaseinu. Syrovátka se vzhledem ke své biologické a chemické hodnotě stala základní surovinou pro výrobu čtených výrobků, sloužících k výživě lidí nebo hospodářských zvířat. Syrovátka se využívá přímo, nepřímo po předchozí úpravě a zpracování a také se z ní získávají jednotlivé významné složky (cukr, bílkoviny). [1]

Podle legislativy je syrovátka mléčný výrobek vznikající jako vedlejší produkt při výrobě sýrů, včetně tvarohů a kaseinů. [13]

Při výrobě sladkých sýrů odpadá syrovátka sladká, při výrobě tvarohu a kyselého kaseinu syrovátka kyselá. [2]

1.1 Výběr a úprava surovin pro výrobu sýrů

1.1.1 Požadavky na mléko pro výrobu tvarohu a sýrů

Jakost mléka pro výrobu tvarohu a sýrů hodnotíme hlavně s ohledem na jeho chemické složení a mikrobiologickou jakost.

Pokud jde o chemické složení mléka, hodnotí se zejména obsah bílkovin (kaseinu) a tuku, protože obě vyjmenované složky vytvářejí nejdůležitější složky sušiny tvarohu a podílejí se hlavní měrou na výtěžnosti sýrů. Čím je obsah tuku a bílkovin v mléce vyšší, tím méně mléka je třeba na výrobu 1 kg tvarohu a tím je výtěžnost vyšší. [6]

Mikrobiologická čistota mléka pro výrobu sýrů by měla být co nejlepší. Rozhodující není jen nízký celkový počet zárodků, ale zejména nepřítomnost bakterií máselného kvašení, hnilobných a plynotvorných bakterií. [4]

Obsah minerálních látek, zejména rozpustných solí vápníku, ovlivňuje sýřitelnost mléka. Mléko s normálním nebo vysokým obsahem rozpustných vápenatých solí se dobře sráží syřidlem a naopak.

Další důležitou vlastností mléka je jeho kysací schopnost – kvasnost, tj. způsobilost k prokysávání mikroorganismy čistých mlékařských kultur. Mléko, které vlivem nenormálního složení nebo nepřítomností inhibičních látek neprokysává, není použitelné pro výrobu sýrů. [6]

1.1.2 Úprava mléka před zpracováním

K výrobě sýrů se v současné době syrové mléko téměř nepoužívá (veterinární předpisy to však umožňují, pokud sýr bude dlouhodobě zrát – déle jak 2 měsíce). V mlékařsky vyspělých zemích je výroba sýrů ze syrového mléka rozšířena mnohem více. [12]

Úprava mléka před dalším zpracováním zahrnuje následující operace:

1.1.2.1 *Standardizace mléčné směsi*

Standardizace tuku je nutná k zajištění správné hodnoty % tvs finálního výrobku; oproti jiným mléčným výrobkům (např. tekutým mlékům) je třeba v závislosti na změně % tps (roční období), měnit % t tak, aby poměr t/s byl konstantní.

Standardizace obsahu bílkovin (např. membránovými procesy).

Homogenizace mléčného tuku má vliv na jeho dokonalé rozptýlení a současně na snížení rychlosti vyvstávání, homogenizací se také zvyšuje styčná plocha s lipázami, což může urychlovat lipolytické procesy (obecně, až na výjimky, nežádoucí).

Homogenizací však dochází i k rozbíjení kaseinových micel s následným zhoršením syřitelnosti (proto je vhodná oddělená homogenizace tuku). [12]

1.1.2.2 *Tepelné ošetření mléka*

Má zajistit zdravotní nezávadnost suroviny.

Zničit podstatnou část technologicky nežádoucí mikroflóry mléka, včetně nativních a mikrobiálních enzymů, které mohou negativně ovlivnit vlastnosti finálního produktu.

Má způsobit minimální změny bílkovin (z pohledu sýrařské technologie je důležitou vlastností „syneréze“, což je smršťování bílkovin za současného uvolnění vodné fáze – syrovátky).

Pro většinu sýrů se používá šetrná pasterace - pasterační teploty 72 – 73 °C s expozicí 20 – 15 s, vyšší pasterační teploty způsobují denaturaci sérových bílkovin, které neodchází do syrovátky, což zvyšuje výtěžnost (tvarohy), ale také ovlivňuje zvýšenou vazbou vodné fáze snižování sušiny finálního produktu. [5, 12]

Tepelné ošetření lze nahradit netepelným způsobem ošetření – baktofugací nebo membránovými procesy.

1.1.2.3 *Přídavek technologicky důležitých přísad*

- Přídavek Ca^{2+}

Pasterační záhřev mléka má vliv nejen na vlastnosti bílkovin, ale ovlivňuje i vlastnosti Ca v komplexu kalcium – kaseinát x kalcium – fosfát a také „rozpuštěného“ vápníku v polydisperzní soustavě mléka.

Nedostatek Ca^{2+} ovlivňuje hlavně průběh srážení (jeho sekundární fázi – propojování kaseinu „vápníkovými můstky“ s následným vzrůstem velikosti); projevuje se špatnými reologickými vlastnostmi gelu a následně i problémy s uvolňováním syrovátky v dalších fázích technologie.

- Přídavek KNO_3

Používá se u polotvrdých a tvrdých sýrů z důvodu potlačení „plynotvorných“ mikroorganismů, které vlivem heterofermentativního rozkladu mléčného cukru tvoří H_2 , způsobující vznik drobných dutinek (pokud se jedná o působení koliformních bakterií, označuje se jako „skoré“ duření sýrů, pokud je způsobeno sporuláty, je označováno jako „pozdní“ nebo „sekundární“ duření). [5, 12]

1.1.2.4 *Mikrobiální sýrařské kultury (čisté mlékárenské kultury = ČMK)*

Tepelným ošetřením mléka dochází ke zničení nejen „škodlivé“, ale i „užitečné“ mikroflóry, která má nezastupitelný technologický význam, proto je nutné do mléka přidat „kulturní“ mikroorganismy. [12]

1.1.2.5 *Úprava barvy*

Používání barvy je pro některé sýry typické a to nejen pro intenzivnější a sezóně se nelišící krémovou barvu v celé hmotě sýra (vliv přírodních karotenoidů ze zeleného krmiva), ale k barvení povrchu (např. Zlato). [12]

1.1.2.6 Úprava teploty

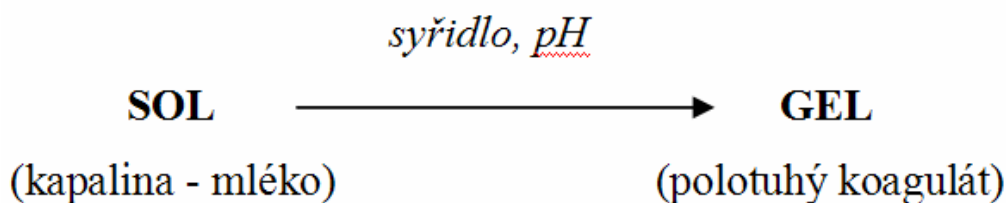
Optimální teplota má značný vliv na průběh vlastního srážení mléka, ale ovlivňuje i další pochody jako jsou syneréze a pozdější konzistenční vlastnosti sýra.

Nejčastěji používaná teplota je 31 – 32 °C, jsou však technologie, kde se používá teplot až 37 °C. [12]

1.2 Srážení mléka

Srážení mléka je fyzikálně – chemický děj, při kterém dochází ke změně polydisperzního systému při němž dochází ke změně ze stavu sol do stavu gel nebo k vyvločkování kaseinu. Pokud je příčinou změny působení syřidla, nazývá se vzniklý koagulát sýřenina, pokud dojde ke změně snížením pH přidavkem kyselin nebo biochemickou cestou (obdobu zakysaných mléčných výrobků), nazývá se produkt sraženina. [12]

Podstatu srážení mléka vyjadřuje schéma:



Obr. 1 Schéma podstaty srážení mléka [12]

Z mléka musíme nejprve získat pevnou sraženinu, která se po zpracování a oddělení tekutiny rozdělí na dvě části:

- na pevnou část obsahující převážně mléčnou bílkovinu a mléčný tuk
- na tekutou část, syrovátku, která obsahuje větší část mléčného cukru a solí z mléka a jen velmi málo mléčné bílkoviny (převážně albuminu) a tuk. [2, 3]

Srážení čili koagulace mléčné bílkoviny (kaseinu) ve vločkovitou polopevnou až pevnou formu se může vyvolat:

- kyselinami (kyselé srážení mléka)
- enzymy (sladké čili syřidlové srážení mléka)

3. solemi (tzv. vysolování)
4. vazbou se solemi těžkých kovů (síranem měďnatým, octanem olovnatým)
5. vysokou teplotou
6. alkoholem
7. elektrickým proudem [2]

Podle použité metody jsou pak i podstatné rozdíly v získané sraženině. Při výrobě sýrů se používá ke srážení mléčné bílkoviny (kaseinu) jen prvních dvou metod.

Působením kyseliny mléčné na mléko vzniká sraženina, jejíž základní složkou je kyselý kasein, z níž vyrobený tvaroh byl základem původní starší výroby kyselých sýrů (olomouckých tvarůžků, homolek a syrečků).

Působením syřidlového enzymu chymozinu na mléko se molekula kaseinu rozkládá na dvě molekuly parakaseinu a vzniká tuhá syřenina, která je základem výroby sladkých sýrů. [2]

Při srážení mléka syřidlem vzniká sladká syrovátka, při kyselém srážení kyselá – včetně tzv. technické syrovátky při srážení kyselinami. [5]

1.2.1 Sladké srážení mléka

Podstatou sladkého srážení mléka je působení proteolytických enzymů na strukturu kaseinu s následným propojováním „vápníkovými můstky“ na útvary s vysokou hmotností, které vypadávají z roztoku.

Syřidla jsou proteolytické enzymy, které se vyznačují substrátovou specifikou vůči kaseinu. Podle původu se dělí na živočišná (izolované z žaludků živočichů – telecí chymozin, vepřový nebo kuřecí pepsin), rostlinná (výtažky ze šťáv některých rostlin – moruše, fikovník, svízel) a mikrobiální (vyrábějí se izolací enzymů jak bakteriálních, kvasinkových, tak i plísňových kultur). [2, 12]

1.2.2 Kyselé srážení mléka

Důležitou vlastností kaseinu je izoelektrický bod (IEB), který udává hodnotu pH, kdy dochází k vyrovnání anionů a kationů, čím se molekula navenek jeví jako elektroneutrální s následnou ztrátou hydratačního obalu. Kasein jako celek má IEB 4,6, jednotlivé frakce však mají tuto hodnotu značně rozdílnou.

Pokles pH do IEB má za následek ztrátu schopnosti kaseinových micel udržet se ve stavu koloidní disperze. Micely získávají silně hydrofóbní charakter s tendencí spojovat se a vytvářet gel. Původně kulovité částice postupně ztrácejí svůj tvar, vytváří se systém vláken a následně síťové pletivo, ve kterých je uzavřena syrovátka. Takto vzniklá sraženina je podstatně měkčí než sýřenina a proto je nutné tomu přizpůsobit její další zpracování.

Kyselé srážení je oproti sladkému srážení značně pomalejší, protože kasein se nechová jako celek, ale dochází k postupnému vypadávání jednotlivých frakcí s rozdílným IEB. Urychlení procesu se dá dosáhnout zvýšením teploty. Zvýšení kyselosti nad určitou hranici sebou přináší zvýšení rozpustnosti (převaha disociovaných aminokyselin, čímž získává bílkovina schopnost opětne hydratace), ale také nebezpečí vzniku rozpustných acidkaseinanů. [2, 12]

1.3 Zpracování sýřeniny

Při zpracování sýřeniny je nutno v podstatě splnit tři požadavky:

1. Uvolnit potřebné množství syrovátky ze sýřeniny podle vyráběného sýra
2. Dosáhnout určitého slohu vyrobeného sýra, který závisí především na velikosti a tuhosti sýrového zrna pro zpracování
3. Správně usměrnit činnost mikroorganismů [2]



Obr. 2 Vysrážené sýrové zrno

1.3.1 Krájení, drobení a vytužování

Po dosažení požadovaných vlastností sýřeniny začíná krájení – mechanické rozdělení původně celistvé hmoty na menší části umožňující snadnější odvod syrovátky. Ke krájení se používají sýrařské „harfy“, což jsou kovové rámy vyplněné svislými a podélnými kovovými noži (z jedné strany tupé, z druhé ostré).

První prokrojení sýřeniny musí být velmi opatrné (3 – 5 ot/min po dobu 2 – 3 minut), aby nedocházelo k mechanickému rozbíjení a uvolňování velmi malých částic, které odchází do syrovátky (sýrařský prach).

Další zmenšování velikosti vznikajících částic se nazývá drobení. Vznikajícím částicím se říká sýrařské zrno.

Kvalita zpracování sýřeniny se neposuzuje jen podle průměrné velikosti zrna, ale také podle variability velikosti, množství sýrařského prachu, vzhledu (čirosti) syrovátky.

Vytužování je míchání zrna po získání jeho požadované velikosti při teplotě stejné, jako byla teplota sýření mléka. Zrno je v neustálém pohybu, čímž se podporuje další synkreze, zvyšuje se pevnost pokožky, postupně zmenšuje jeho velikost a zvyšuje se jeho tuhost. [12]

1.3.2 Přihřívání a dosoušení

Přihřívání zrna (dohřívání) je postupné zvyšování teploty za stálého míchání na teplotu dosoušení. Cílem této operace se další odvod syrovátky ze zrna, zmenšení jeho velikosti, úprava jeho požadovaných vlastností a zvýšení biochemické aktivity enzymů přítomné mikroflóry (např. prokysávání).

Dosoušení je vytužování zrna při teplotě vyšší než teplota sýřící. Za stálého míchání se teplota udržuje tak dlouho, až se dosáhne požadovaných konečných vlastností zrna před tvarováním (sušina, kyselost, ale také velikost, pružnost, pevnost, slepitelnost). [12]

1.4 Tvarování sýrů

Tvarování je proces, při kterém sýr dostává typický tvar, velikost a tomu odpovídající hmotnost. Tyto znaky jsou ovlivněny jednak tradicí, regionálními zvyky, ale také podmínkami technologie a zásadním způsobem ovlivňují konečné vlastnosti sýrů. Během tvarování

probíhají mechanické procesy (např. uvolňování syrovátky, slepování zrn, vytváření pokožky) a pokračují i přeměny biochemického charakteru (např. prokysávání).

K tvarování se používají individuální nebo bloková tvořítka vyrobená dnes převážně z plastů nebo kovu. [3, 12]

Podle tlaku, který působí na sýr během tvarování, rozeznáváme:

- odkapávání
- lisování

1.4.1 Odkapávání

Odkapávání je tvarování sýrů a s tím spojené uvolňování syrovátky ze hmoty sýra za atmosférického tlaku. Je používáno u sýrů s nižší sušinou, které nemají celistvou konzistenci, ale ve struktuře mají různě velké dutinky.

Kromě uvolňování syrovátky, pokračují při odkapávání biochemické procesy, hlavně intenzivní prokysávání. [12]

1.4.2 Lisování

Lisování je tvarování sýrů a s tím spojené uvolňování syrovátky ze hmoty sýra za tlaku vyššího, než je tlak atmosférický. Vyšší síla působící na zrno způsobí jeho větší odvodnění (spojeno s nižším obsahem laktózy a tím i menší kyselostí), těsnější spojení jednotlivých zrn, pravidelnější tvar a tvorbu uzavřené a pevné pokožky na povrchu. [12]

1.5 Solení

Všechny sýry, kromě tvarohů, se solí. Sůl se v sýrech projeví následujícími účinky:

- dává sýru druhou základní chuť (první, kyselá, vzniká biochemickým rozkladem laktózy)
- zlepšuje stravitelnost sýra
- působí částečně konzervačně tím, že brzdí rozvoj škodlivé mikroflóry (sýry mají obecně charakter polokonzerv už díky zvýšené sušině)
- zpevňuje povrch sýra inkrustací pokožky
- podílí se na osmoticko – difúzních procesech při odtoku syrovátky

- podílí se na vzniku konzistence syra [3, 12]

1.6 Zrání sýrů

Největší význam při zrání sýrů mají biochemické pochody zásadně ovlivněné použitou mikroflórou, přesto se na konečných vlastnostech podílejí i jiné procesy. Zrání sýrů je v širším slova smyslu nutné chápat jako komplex fyzikálních, chemických a hlavně biochemických přeměn, jejichž výsledkem je soubor typických vlastností (tvar, barva, konzistence, chuť, vůně) nazývaných „sýrový buket“. [12]

2 SLOŽENÍ A VLASTNOSTI SYROVÁTKY

2.1 Chemické složení syrovátky

Chemické složení syrovátky se liší podle druhu vyráběných sýrů. Značně rozdílný je i chemický obsah syrovátky podle různých autorů. [2]

Tab. 1 Chemické složení sladké syrovátky (podle různých autorů) [3]

Složka	Burr	Laxa	Šebela	VÚM (1972 – 73)	VÚM ementál
Sušina %	6 – 7	6,33	5,9 – 7,6	6,13	6,8
Tuk %	stopy 0,8	stopy	max. 0,8	stopy	stopy
Bílkoviny % (N – látky)	0,8 – 1,0	0,54	0,8 – 1,0	0,703	0,750
Laktóza %	4,5 – 5,0	5,05	4,5 – 5,0	4,53	4,51
Kyselina mléčná %	stopy	-	stopy	-	-
Popel %	0,5 – 0,7	0,54	0,5 – 0,7	0,42	0,46
Kyselina citronová %	0,1	-	-	-	-

Tab. 2 Chemické složení kyselé syrovátky (podle různých autorů) [4]

Složka	Burr	Laxa	Šebela	VÚM (1972 – 73)
Sušina %	5 – 6	6,57	5,4 – 7,9	6,5
Tuk %	stopy	stopy	stopy	stopy
Bílkoviny % (N – látky)	0,8 – 1,1	0,58	0,8 – 1,1	0,63
Laktóza %	3,8 – 4,2	4,35	3,8 – 4,2	3,82
Kyselina mléčná %	do 0,8	0,70	až 0,8	0,63
Popel %	0,7 – 0,8	0,74	0,7 – 0,8	0,56
Kyselina citronová %	0,1	-	-	-

Tab. 3 Chemické složení syrovátky po
výrobě kaseinů [5]

Složka	Nádaškový
Sušina %	6,8
Tuk %	0,1
Bílkoviny % (N – látky)	1,0
Laktóza %	5,1
Kyselina mléčná %	-
Popel %	0,7
Kyselina citronová %	-

2.1.1 Bílkoviny syrovátky

Nejdůležitější složkou syrovátky jsou bílkoviny, jejich význam tkví ve vysoké biologické hodnotě. Celkový obsah bílkovin (N – látek) v sušině kolísá od 14 do 24 %. Bílkoviny jsou zastoupeny v syrovátce v těchto formách:

- a) albuminy a globuliny
- b) kasein a parakasein (sýrový prach)
- c) albumózy a peptony

Albuminy a globuliny se denaturují teplem, peptony a albumózy se nedenaturují ani teplem (varem), ani působením kyselin nebo chemických srážedel. Sýrový prach lze oddělit mechanicky.

Syrovátka obsahuje i část nebílkovinného dusíku, a to většinou ve formě purinových zásad.

Syrovátkové bílkoviny se získávají z mléka po odstranění kaseinů. Dělí se na dvě hlavní frakce – laktalbumin a sérový albumin. Z laktalbuminové frakce se především izoloval β – laktoglobulin, α – laktalbumin a sérový albumin. Z laktoglobulinové frakce se izolovaly imunoglobuliny, a to euglobulin a pseudoglobulin. Dále patří mezi bílkoviny obsažené v syrovátce lanolin a proteiny obsahující železo. [6]

2.1.1.1 *Laktalbumin*

Mléčný albumin patří do skupiny jednoduchých bílkovin. Laktalbumin se podobá vaječnému a krevnímu albuminu. Obsahuje tytéž aminokyseliny, ale není s nimi totožný, neobsahuje fosfor. Je rozpustný ve vodě, slabých zásadách a kyselinách. Laktalbumin se nachází v mléce jako koloidní roztok. Obsah laktalbuminu v kravském mléce činí asi 0,4 %.

Laktalbuminu odpovídají 3 různé proteiny:

- β – laktoglobulin představuje asi 60 % celkového albuminu v mléce
- α – laktalbumin jehož podíl je asi 20 – 30 %
- albumin krevního séra (krevní sérumalbumin) 5 – 10 %

Hlavní frakce β – laktoglobulin má molekulovou hmotnost asi 35 000, izoelektrický bod je při pH 5,3. Ve vodě je nerozpustný, je však dobře rozpustný ve slabém roztoku NaCl.

Má vysoký obsah lysinu a valinu. Zvláštní postavení v něm mají sirné aminokyseliny cystein a cystin. Při zahřátí mléka nad 80 °C β – laktoglobulin denaturuje a z mléčného séra se odděluje ve formě jemných vloček okem neviditelných. Přitom se obnaží – SH skupiny cysteinu a snadno se váží na stopová množství těžkých kovů, zejména mědi, téměř vždy v mléce přítomných, a blokují jejich katalytickou schopnost. Proto se mléko na výrobky s požadovanou dlouhou trvanlivostí (máslo, sušené mléko) pasteruje při vyšších teplotách.

α – laktalbumin má molekulovou hmotnost asi 17 000, izoelektrický bod je při pH 5,1. Je to látka dobře rozpustná ve vodě, má značný podíl cystinu a kyseliny asparagové.

Zbývajících asi 10 % připadá na sérový albumin, který přechází do mléka z krevního séra.

Laktalbuminy vykazují kyselou reakci, syřidlem se však nesrážejí. Při jejich srážení kyselou cestou nestačí pouhé snížení kyselosti na hodnotu pH izoelektrického bodu 4,5 – 5,3, je nutno současně použít i záhřev, aby hydrofilní koloid denaturoval. [7]

2.1.1.2 *Laktoglobulin*

Mléčný globulin patří do skupiny globulinů. Do mléka přichází přímo z krve a pro svůj ochranný charakter se též nazývá imunní globulin. Podobně jako laktalbumin má též kyselý charakter. Skládá se ze dvou složek euglobulinu a pseudoglobulinu.

Molekulová hmotnost se pohybuje v rozmezí 37 900 – 42 020.

V kravském mléce se vyskytuje v podobě koloidního roztoku v množství asi 0,1 %. Na rozdíl od laktalbuminu je laktoglobulin nerozpustný ve vodě a zředěných kyselinách, rozpouští se však ve slabých roztocích solí, denaturuje a poměrně rychle koaguluje vlivem zvýšené teploty ve slabě kyselém prostředí.

Rychlost denaturace prudce stoupá s teplotou: při 80 °C nastává úplná denaturace během 60 minut. Maximum koagulace nastává zahřevem a při pH 4,78 – 4,80. [8]

2.1.2 Nebílkovinné látky

Po odstranění bílkovin přechází do syrovátky i většina dusíkatých látek nebílkovinné povahy. Tyto látky představují 5 – 7 % veškerého dusíku v mléce. Jde tedy o nepatrné příměsi, které dosud nebyly zdrojem vážnějších obtíží při získávání laktózy ze syrovátky. Jedná se především o: močovinu, kyselinu močovou, xantin, adenin, kreatin, amoniak, některé samostatné aminokyseliny, aj. [9]

2.1.3 Tuk v syrovátce

Tuk je buď přítomen v nepatrném množství, anebo se nevyskytuje vůbec. Mléčný tuk obsahuje estery mastných kyselin s jednomocnými, nebo vícemocnými alkoholy. Jsou nerozpustné ve vodě, dobře se však rozpouštějí v některých organických rozpouštědlech. Obvykle se dělí na jednoduché (homolipidy) a složené (heterolipidy) lipidy. Jednoduché lipidy obsahují ve své základní skladbě pouze vodík, uhlík a kyslík. Označují se jako tuky, jde-li o estery mastných kyselin s glycerolem, nebo jako vosky jsou-li mastné kyseliny esterifikovány jednosytnými alkoholy s dlouhým řetězcem.

Složené lipidy mají ve své molekule vázány i jiné složky nebo prvky podle nichž se označují. Patří sem:

- fosfatidy (fosfolipidy) obsahují navíc kyselinu fosforečnou a dusíkaté látky
- cerebrosidy (glykolipidy) jsou sloučeniny mastných kyselin, dvoumocného aminoalkoholu sfingosinu a sacharidů
- sulfatidy (sulfolipidy) jsou sloučeniny obsahující síru [9]

Mléčný tuk obsahuje všechny vitaminy rozpustné v tucích. Jedná se zejména o vitamin A, a jeho provitamin β – karoten, vitamin D i menší množství vitaminu E. Mimo vitaminů obsa-

huje mléčný tuk celou řadu biologicky aktivních látek, které působí jako hormony, enzymy či důležité a nepostradatelné součásti buněčných struktur. [10]

2.1.4 Popeloviny (minerální látky)

Hlavní složkou popelovin syrovátky jsou fosforečné a vápenaté soli. Část vápníku při sýření se váže s kaseinem na nerozpustný parakasein a v této formě přechází do sýra; naopak při výrobě tvarohu přechází z kaseinu do syrovátky ve formě nerozpustné soli. Proto obsahuje syrovátka po výrobě tvarohu vyšší množství vápníku. Mimo fosfor a vápník obsahuje popel syrovátky ještě: draslík, sodík, hořčík, železo, síru, a chlór. Tyto prvky jsou přítomny v syrovátce v ionizované formě (kationty a anionty). [1]

Minerální látky v organismu slouží jako důležitý stavební materiál (zejména vápník, hořčík a fosfor) a dále mají velmi důležitou úlohu v regulaci různých životně důležitých funkcí. [10]

2.1.5 Vitaminy v syrovátce

Vysoká biologická hodnota syrovátky je dána i obsahem vitaminů, a to převážně skupiny B (B₁, B₂, B₆, B₁₂), kyseliny pantotenové, vitaminu C i A, a biotinu. Mezi nejvýznamnější vitaminy syrovátky patří riboflavin (vitamin B₂); patří mezi žlutá barviva, tzv. flaviny. Vyznačují se žlutou fluorescencí. Riboflavin se vyskytuje v každé rostlinné a živočišné buňce, v oční sítnici, a v mléce se vyskytuje volný. Kravské mléko i mléko jiných přežvýkavců obsahuje značné množství riboflavinu (1,5 – 2 mg v 1 kg kravského mléka).

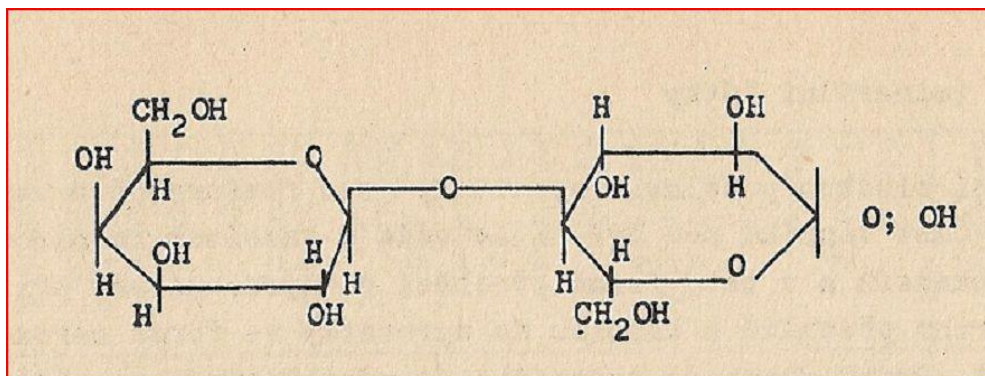
Účinkem světla, zejména ultrafialového, v neutrálním nebo alkalickém roztoku se riboflavin ničí (rychlost rozkladu závisí na jeho intenzitě a vlnové délce). V kyselém prostředí je riboflavin odolný proti ohřevu a účinku většiny oxidačních činidel. Za normálních podmínek snese i dlouhotrvající zahřátí na teplotu 120 °C, jeho odolnost proti teplotám je však silně závislá na pH. Vlivem používané mikroflóry vykazují kyselá mléka zvýšený obsah riboflavinu. Při výrobě sýrů přejde prakticky všechno riboflavin do syrovátky. [10]

2.1.6 Mléčný cukr

Hlavní složkou syrovátky je mléčný cukr – laktóza. Z celkové sušiny syrovátky je to 70 – 80 %. Mléčný cukr se v syrovátce vyskytuje ve dvou izomerních formách.

Nehygrokopická α – laktóza a hygrokopická β – laktóza. Přítomnost hygrokopické formy laktózy (β – laktóza) má za následek hygrokopičnost syrovátkového prášku (sušená syrovátka). [11]

Laktóza je disacharid, skládající se ze dvou hexóz; glukózy a galaktózy. Tyto hexózy vytvářejí pomocí β – glykosidické vazby 4 – 0 – β – D – galaktopyranosyl – D – glukopyranózu, které odpovídá vzorec:



Obr. 3 Strukturní vzorec laktózy [12]

Díky asymetrickým uhlíkům se může molekula laktózy opticky otáčet. Uvedený vzorec naznačuje dva izomery: α – isomer a β – isomer. Tyto isomery se od sebe liší konfigurací na poloacetalovém uhlíku. Jestliže je – OH skupina na volném poloacetalovém uhlíku nahoře, pak se jedná o β – isomer.

Sladivost laktózy je výrazně nižší než u glukózy, nebo sacharózy. Obdobně jako jiné cukry se při vyšší teplotě rozkládá, karamelizuje a způsobuje tím „vařivou“ příchut' výrobků. Přestože se vyznačuje nízkou sladivostí, má stejný energetický (kalorický) obsah jako jiné cukry.

Působení enzymů (i mikrobiálních enzymů) se laktóza nejprve hydrolyzuje na monosacharidy a dále se pak rozkládá na organické kyseliny (zejména kyselinu mléčnou), případně až na alkoholy, oxid uhličitý a vodu. Snadno podléhá mikrobiálnímu rozkladu, čehož se využívá v technologii, nebo obráceně může docházet k nežádoucímu rozkladu a tím zkažení výrobků.

Laktóza má ve výživě obdobnou funkci jako jiné sacharidy. Tvoří převážně zdroj energie, je rychle a snadno využitelná. Vzhledem k tomu, že se jedná o disacharid, musí být nejdříve hydrolyzována na monosacharidy, glukózu a galaktózu. Toto štěpení probíhá v žaludku a v tenkém střevě působením enzymu β – galaktosidázy. Tento enzym je součástí trávicích

šťáv u kojenců. V pozdějším věku se může stát, že tohoto enzymu má organismus nedostatek, nebo úplně schází. Je to dáno především geneticky a je tím postižena část populace tmavé pleti. V tomto případě pak trávení laktózy v tenkém střevě proběhne nedostatečně a část nestrávené laktózy se dostane až do tlustého střeva, kde způsobí bouřlivý rozvoj mikroflóry s následnou plynatostí, nebo průjmy. Celý tento proces se nazývá intolerance k laktóze. U řady mléčných výrobků je laktóza, nebo její část přeměněna na kyselinu mléčnou.

Tato kyselina působí v tlustém střevě, kde brzdí rozvoj nežádoucí hnilobné mikroflóry. Celkově okyseluje prostředí trávicího traktu a u zdravých lidí tím usnadňuje trávení, napomáhá k vstřebávání řady minerálních látek a chrání některé biologicky aktivní látky před jejich destrukcí během trávení a v neposlední řadě je i zdrojem lehce a rychle dostupné energie pro organismus. [10]

2.2 Výživově – fyziologický význam syrovátky

2.2.1 Všeobecný význam syrovátky

Syrovátka se stala hitem kvůli řadě příznivých zdravotních vlivů – od regulace hmotnosti přes regulaci hypertenze, zvyšování imunity, zvyšování antioxidační aktivity, zmírnění metabolického stresu, pozitivní reakci na stres, zlepšení svalových funkcí, zlepšení absorpce živin, zvýšení fyzické síly a všeobecné zlepšení zdravotního stavu až po protirakovinné účinky.

Syrovátka je nízkokalorická, obsahuje mnoho vitamínů a minerálů, působí detoxikačně a podporuje činnost ledvin, příznivě upravuje metabolismus, kladně ovlivňuje činnost střev a obnovuje střevní flóru, omezuje záněty žaludku a střev, má vliv na snížení hladiny cholesterolu v krvi. Mléčné kyseliny obsažené v syrovátce zlepšují příjem vápníku. [11]

2.2.1.1 Regulace hmotnosti

V regulaci hmotnosti, ukazují nejnovější klinické pokusy a epidemiologické studie na příznivý vliv vápníku, přičemž dvojnásobného účinku se dosahuje, pokud je ve stravě dostatek mléčných produktů. Svůj vliv přitom zřejmě má laktóza, jejíž nízký glykemický index podporuje regulaci pocitu hladu. [11]

V sérii čtyř studií vedených výzkumníky na Universitě v Torontu byly zkoumány účinky různých typů bílkovin na chuť k jídlu a spotřebě potravin. Zjistily, že syrovátkové bílkoviny potlačují spotřebu potravin o celé 2 hodiny později než ostatní bílkoviny. [20]

2.2.1.2 Imunitní systém

Začlenění syrovátkových bílkovin do stravy silně pomáhá podpořit imunitu, a to jak u aktivních osob každého věku, tak i u osob s imunitou poškozenou. Ačkoli ještě není znám přesný mechanismus působení syrovátkových bílkovin v imunitní ochraně, zdá se, že syrovátkové bílkoviny stimulují produkci glutathionu ve tkáních a vytvářejí rezervoár svalového glutaminu. [11]

2.2.1.3 Krevní tlak a kardiovaskulární choroby

Krevní tlak je rizikovým faktorem z hlediska nemocí a úmrtnosti. Léčiva proti vysokému tlaku mohou mít výrazné vedlejší účinky a jsou drahá. Výsledky výzkumu ukazují, že dieta bohatá na fermentované výrobky (především mléčné) může tlak výrazně snížit.

Ze syrovátkových bílkovin mohou vznikat také peptidy, které mají vliv na omezování srážení krevních destiček a na snižování hladiny cholesterolu.

Vedle bioaktivních peptidů přispívají ke snižování rizika srdečně – cévních onemocnění i další složky syrovátky jako minerální látky (vápník, hořčík, zinek), vitaminy skupiny B a některé tukové frakce.

Pokud mají mít peptidy vliv na snížení tlaku, musí docházet k jejich absorpci ze střeva v aktivní formě. Na tuto aktivitu má negativní vliv vysokoteplotní ošetření. Vysoké biologické aktivity lze dosáhnout pečlivým výběrem enzymů k proteolýze, čímž se také omezí vznik hořkého aroma. [11]

2.2.1.4 Protirakovinné účinky

Bylo zjištěno, že syrovátkové bílkoviny inhibují růst rakovinných buněk, některé studie vykázaly dokonce výraznou regresi ve velikosti tumorů (při příjmu 30 g syrovátkového bílkovinného koncentrátu denně). Rovněž bylo zjištěno, že syrovátkové bílkoviny po dobu chemoterapeutické léčby rakoviny chrání zdravé buňky. Syrovátkové bílkoviny selektivně odčerpávají z rakovinových buněk glutathion, přičemž zvyšují nebo alespoň udržují na původní

hodnotě hladinu glutathionu ve zdravých buňkách. Tento účinek nebyl pozorován u žádných jiných bílkovin. [11]

2.2.2 Význam jednotlivých syrovátkových bílkovin

Nutriční význam syrovátkových bílkovin spočívá v jejich snadné stravitelnosti, v příznivém složení aminokyselin, v přítomnosti některých bílkovin a jejich frakcí se speciálními účinky.

Vysoká kvalita syrovátkové bílkoviny je dána tím, že obsahuje všechny esenciální aminokyseliny v proporcích potřebných pro zdraví organismu. Mimořádně vysoká je biologická hodnota syrovátkové bílkoviny (využitelnost lidským organismem), která činí 104 (základem je hodnota 100 u vaječné bílkoviny; zatímco sojová bílkovina má 74 a pšeničná 54). [11, 14]

2.2.2.1 α – laktalbumin

α – laktalbumin představuje okolo 25 % celkového obsahu bílkovin kravského mléka. 70 % bílkovin lidského mléka je obdobné syrovátkovým bílkovinám a 41 % těchto proteinů je tvořeno α – laktalbuminem. Tato bílkovina tvoří okolo 28 % celkového množství bílkovin lidského mléka. V mléčné žláze působí jako koenzym při syntéze laktózy. [21]

V některých zemích se komerčně používá do mléčné kojenecké výživy, protože zvyšuje podobnost kravského mléka s mateřským. Navíc pomáhá zvyšovat imunitu a snižovat riziko některých druhů rakoviny. Jako dobrý zdroj aminokyselin s rozvětveným řetězcem je vhodnou složkou výrobků pro sportovce. [11]

2.2.2.2 β – laktoglobulin

Podíl v syrovátkové bílkovině je ca 50 – 60 %. β – laktoglobulin je významný z hlediska retinolu (provitamin A), protože ho váže a transportuje, váže vápník a zinek. Je významným zdrojem cysteinu důležitého pro syntézu glutathionu. [21]

2.2.2.3 Bovinní sérový albumin

Sérový albumin váže mastné kyseliny a další malé molekuly. Vzhledem k vysokému obsahu cysteinu je důležitým zdrojem k produkci glutathionu v játrech. [11]

2.2.2.4 *Imunoglobuliny*

Imunoglobuliny v syrovátce mléka (a v kolostru) skotu zahrnují IgA, IgG₁, IgG₂, fragmenty IgG, IgM a IgE. Tato skupina látek zajišťuje pasivní imunitu u kojenců a je schopna stimulovat imunitní funkce u dospělých. [11]

2.2.2.5 *Laktoferin*

Tato složka váže železo a uplatňuje se ve více biologických funkcích (transportuje železo, působí antibakteriálně, váže toxiny, podporuje růst buněk, stimuluje růst příznivých střevních bakterií (vč. bifidobakterií), působí antioxidantně, imunomodulačně a protizánětlivě. V některých zemích se přidává do mléčné kojenecké výživy, protože zvyšuje podobnost bílkovin kravského mléka s mateřským a zvyšuje absorpci železa, aniž by způsoboval zácpu. Vedle toho se uplatňují i některé další funkce, které nesouvisí se schopností vázat železo.

Vedle laktoferinu se především v kosmetice a ve farmaceutickém průmyslu uplatňují sfingomyelin a osteopontin. [11, 17]

2.2.2.6 *Laktoperoxidáza*

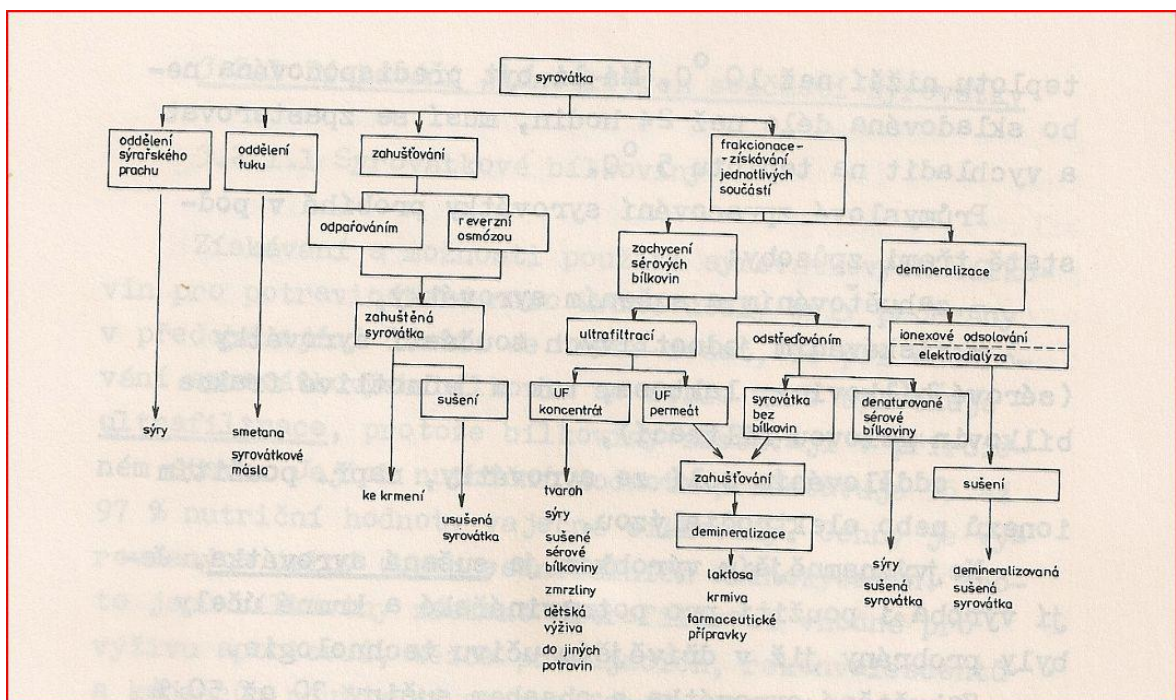
Tento enzym vyskytující se v syrovátce je přirozeným antimikrobiálním prostředkem s řadou potenciálních možností využití, např. ve výrobcích pro zubní hygienu k omezení kazuoství zubů. [11, 17]

3 ZPRACOVÁNÍ SYROVÁTKY

Cílem zpracování syrovátky je jednak získat využitelné nebo dokonce mimořádně cenné produkty z levné suroviny, jednak zajistit, aby tento materiál nezvyšoval zatížení odpadních vod, aby nebylo nutno k účelům zkrmování syrovátky přepravovat značné množství vody.

Zpracování syrovátky nelze popsat jednoduchým schématem, protože záleží na tom, k jakému účelu má výrobek sloužit a jak nákladný postup je možno zvolit, aby výroba byla efektivní. K cíli lze dospět různými kombinacemi různých technologických operací.

K tradičním možnostem zpracování syrovátky patří biotechnologické postupy (fermentace), odpařování a sušení syrovátky, srážení bílkoviny po tepelné denaturaci. [11]



Obr. 4 Zúžitkování syrovátky [5]

3.1 Předběžná úprava syrovátky před dalším zpracováním

3.1.1 Čištění

Při moderních postupech zpracování syrovátky se téměř vždy provádí čištění od nežádoucích zbytků sraženiny (sýrařský prach), které by negativně ovlivňovaly průběh dalších procesů (ucpávání tepelných výměníků, poškozování a ucpávání membrán) a navíc by ovlivňovaly rozpustnost, chuť a vůni produktu.

Používá se kombinace usazování, scezování a odstředování, nebo samotné odstředování, a sice v závislosti na velikosti a množství pevných částic. Při jejich velkém množství se používají samoodkalovací odstředivky s kontinuálním odstraňováním kalů. [11]

3.1.2 Odstranění tuku

Pokud syrovátka pochází z výroby sýra, obsahuje obvykle určitý podíl tuku, který je rovněž vhodné odstranit kvůli průběhu dalšího zpracování a kvalitě a stabilitě produktu. Za tím účelem se obvykle použije další odstředivka, pomocí které se dosáhne odstranění tuku (pod 0,5 %, aby neucpával póry membrány). [11]

3.1.3 Pasterace

Dalším krokem nezbytným pro zachování chemické i mikrobiologické jakosti syrovátky je pasterace, obvykle 72 – 78 °C po dobu 15 – 20 s. Některé varianty pasteračních postupů však používají teploty v rozsahu 62 – 95 °C. Tím se sníží počet živých mikroorganismů a inaktivuje se fosfatáza a chymozin.

Před pasterací musí být syrovátka uchovávána jen co nejkratší dobu, a sice při teplotách do 5 °C. [11]

3.2 Demineralizace

Odstranění solí ze syrovátky je obvykle dalším zásadním požadavkem pro její efektivní zpracování a pro použitelnost ke krmivářským a potravinářským účelům. Soli mají negativní vliv na sensorické vlastnosti při využití syrovátkových výrobků do potravin a krmiv. Zvláště u kyselé syrovátky před zahušťováním je vždy nutné snížení obsahu minerálních látek a kyselin kvůli snížení hygroskopicity a termoplasticity, která překáží v procesu sušení, a kvůli potřebě zmírnit hořkoslanou chuť prášku.

Demineralizaci lze provádět gelovou filtrací (chromatografické dělení), pomocí iontoměničů, elektrodialýzou a membránovými technikami.

Odsolená syrovátka (diluát) představuje 90 – 95 % původní suroviny, koncentrát solí 5 – 10 %. [11]

3.3 Krystalizace laktózy

Vysoký obsah laktózy v syrovátce či permeátu způsobuje potíže při zahušťování a sušení (vysoká viskozita, lepivost, hygroskopicitu). Koncentrát syrovátky nebo permeátu, který obsahuje více než 55 % sušiny, je při 38 °C nasyceným roztokem laktózy.

Pro usnadnění sušení a kvůli zabránění lepivosti výsledného prášku se před sušením v naprosté většině systémů provádí předkrystalizace laktózy. Krystalizace probíhá např. při 20 – 35 °C, po dobu 2 – 24 h v krystalizačním tanku a následuje rychlé ochlazení. Zhruba ze 70 % laktózy se vytvoří malé krystaly, které nejsou na závadu při následném rozprašovacím sušení. Sníží se tím podíl bezvodé amorfni laktózy, která při rychlém sušení vzniká a způsobuje lepení teplého prášku na stěny, značnou hygroskopičnost výsledného prášku, jeho tvrdnutí a obtížné rozpouštění. Pokud vykrytalizuje 85 – 90 %, dosáhne se při rozprašovacím sušení 60 % sušiny výrobku. Tradiční je postup šaržové krystalizace, moderní a rychlejší je kontinuální krystalizace.

Krystalizace je také postup, kterým lze laktózu oddělit za účelem jejího dalšího využití. Tento proces obvykle probíhá ve více stupních. [11]

3.4 Zahušťování syrovátky

Skutečnost, že syrovátka obsahuje 93 – 96 % vody, je hlavním technologickým i ekonomickým problémem jejího zužitkování. V důsledku velkého zředění živin je syrovátka velmi málo trvanlivá a zvyšují se náklady na její koncentraci. Nejhlavnějším a nejběžnějším způsobem dehydratace je zahušťování na průmyslových odparech. Používají se většinou stejné odparky jako pro mléko. Nejlépe se osvědčily filmové vícestupňové odparky s klesajícím filmem.

Má-li se zahuštěná syrovátka dále sušit na pokud možno nehygroskopický prášek, nesmí se s ohledem na možnou denaturaci bílkovin syrovátky překročit teplota 75 °C. Naopak provádí-li se odpařování jako součást sušícího procesu při zpracování syrovátky pro pekařské účely, doporučuje se odpařování nad 75 °C. Konstrukce odparek musí být taková, aby nevznikly potíže s pěněním syrovátky. K pění je náchylná především syrovátka sladká, zatímco syrovátka kyselá pění méně.

Z hlediska konstrukčního je důležitá konstrukce odparky s ohledem na stupeň zahuštění, protože se stupněm zahuštění vzrůstá velmi prudce viskozita, a to zejména při zahuštění nad 45 % sušiny. Ze syrovátky zahuštěné nad 65 % může vypadnout laktóza ve formě krystalů již během odpařování. [1]

3.5 Sušení syrovátky

3.5.1 Sušení syrovátky ve válcových sušárnách

Sušení syrovátky na válcích je velmi komplikované. Je to způsobeno především vysokým obsahem laktózy v syrovátce.

Přímá laktóza během sušení nevykrytalizuje, nýbrž se z ní vytvoří amorfní sklovitá tavenina s nevhodnými fyzikálními vlastnostmi – nehomogenní strukturou, hnědou barvou (vlivem Maillardovy reakce) a vysokou hygroskopičností. Tato nevýhoda se obchází tím, že se suší syrovátka ve směsi se šroty, sójovou moukou, nebo mlékem odstředěným. Ani těmito postupy se však nezíská produkt, který by byl svou jakostí srovnatelný se sušenými výrobky připravenými sprejovým sušením. [1]

3.5.2 Sušení syrovátky v rozprašovacích sušárnách

Tento způsob sušení syrovátky je v současné době nejrozšířenějším postupem průmyslového zpracování syrovátky. Dehydratace syrovátky při rozprašovacím sušení se skládá z odpařování, kterým se ze sušené syrovátky oddělí podstatná část (přes 90 %) vody, a z mlhového sušení, kterým se odstraňuje zbylé množství vody. Protože odpařování ve vícestupňových odparkách je energeticky podstatně levnější než vlastní rozprašovací sušení, převládá tendence odpařit maximální množství vody v odparce.

Stupeň zahuštění syrovátky je technologicky omezen viskozitou vzniklého syrovátkového sirupu. Se zvyšující se koncentrací viskozita velmi prudce vzrůstá a silně zahuštěné syrovátkové roztoky vykazují o 4 – 5 řádů vyšší viskozitou než samotná syrovátka.

Vzhledem k vysokému obsahu laktózy se syrovátka suší mnohem hůře než odstředěné mléko. Kyselá syrovátka se suší obtížněji než syrovátka sladká.

Při rozprašovacím sušení zahuštěné, nevykrytalizované syrovátky vznikne prášek, obsahující laktózu převážně amorfní v nevykrytalizované formě, tj. ve formě ztuhlé taveniny, která

se fyzikálním stavem podobá sklu. Amorfní laktóza dodává syrovátkovému prášku nepříznivé vlastnosti, především velmi špatnou rozpustnost a značnou hygroskopičnost, s níž souvisí spékavost výrobku. Uvedené vlastnosti zhoršují užžitnou hodnotu sušené syrovátky.

Hygroskopičnost sušené syrovátky se podstatně sníží a rozpustnost zlepší, obsahuje-li sušená syrovátka část laktózy vykrytalizované ve formě α – hydrátu. Čím je množství hydrátu větší, tím lepší má sušená syrovátka fyzikální vlastnosti. Přeměny laktózy v α – monohydrát dosáhneme při sušení syrovátky tzv. předkrytalizací zahuštěné syrovátky. To znamená, že se nechá při vhodném režimu chlazení a míchání část laktózy v syrovátce vykrytalizovat a získaná disperze krystalů v syrovátkovém sirupu se usuší.

α – hydrát vzniká z přesycených roztoků laktózy po ochlazení na teplotu pod 93 °C. Množství vytvořených krystalů závisí na míře přesycenosti roztoku při dané krytalizační teplotě a rychlost krytalizace na řadě faktorů, především na viskozitě krytalizujícího roztoku u rychlosti míchání a přítomnosti krytalizačních jader. [1]

3.6 Moderní separační metody

3.6.1 Ultrafiltrace a hyperfiltrace syrovátky

Zásadní rozdíl mezi klasickou filtraceí, ultrafiltraceí a hyperfiltraceí je velikost procházejících částic a velikosti tlakového rozdílu, který je hnací silou procesu. Na rozdíl od klasické filtrace slouží jako vlastní filtrační podložka semipermeabilní membrána. Jestliže si povšimneme charakteru toku filtrovaného materiálu při klasické filtraceí a membránových filtraceích, pak vidíme také rozdíl v tom, že se při filtraceí tok kapaliny vede kolmo k ploše filtru, kdežto při membránových filtraceích podél membrány.

Běžnou filtraceí můžeme oddělovat z roztoku částice o rozměrech $10^{-3} - 10^{-5}$ m, ultrafiltraceí částice $10^{-5} - 10^{-8}$ m a hyperfiltraceí $10^{-8} - 10^{-10}$ m. Prakticky to znamená, že při filtraceí se z roztoku oddělují jemné a hrubé částice, ale při membránových procesech dochází k dělení na úrovni molekulových hmotností. Běžné ultrafiltrační membrány zadržují látky do molekulové hmotnosti 500. Látky s nižší molekulovou hmotností procházejí membránou jako tzv. ultrafiltrát neboli permeát, látky s vyšší molekulovou hmotností proudí podél membrány ve formě koncentrátu.

Běžně užívané ultrafiltrační membrány jsou tedy propustné pro čisté rozpouštědlo (vodu), ionty, soli, aminokyseliny, peptidy, jednoduché cukry. Jsou nepropustné pro makromolekulární látky, např. bílkoviny. Tlak při ultrafiltraci se pohybuje v mezích 0,07 – 3,5 MPa.

Při hyperfiltraci je membrána propustná pouze pro rozpouštědlo a rozpuštěné látky, např. ionty a soli se zadržují v roztoku proudícím podél membrány. Při hyperfiltraci se používají tlaky v rozmezí 2,8 – 8,4 MPa. Membránou prochází permeát (hyperfiltrát), nad membránou proudí koncentrát (retentát). Při hyperfiltraci se v koncentrátu zadržují soli, cukry, aminokyseliny, peptidy a samozřejmě veškeré makromolekulární látky.

Hyperfiltraci můžeme užívat místo odpařování. Typickým příkladem je užití hyperfiltrace k odsolování mořské vody. V současném mlékárenském průmyslu má větší vyhlídky ultrafiltrace, která umožňuje frakcionace mléka a syrovátky.

Při ultra- a hyperfiltraci se používají membrány, které mají velkou separační účinnost, permeabilitu, mechanickou pevnost a odolnost vůči čistícím prostředkům.

Separační účinnost membrány závisí na velikosti pórů. Používají se membrány z acetátu celulózy, nitrátu celulózy, PVC, nylonu, polysulfonů, aj. Jako nevhodnější se ukázaly membrány z acetátu celulózy. Tato membrána se čistí pomocí detergentů. Enzymovou složkou těchto detergentů tvoří trypsin.

Membrány z plastu se mohou čistit chemicky při dodržení předepsaných teplot, tlaků a koncentračních činidel. [1, 11]

3.6.2 Elektrodiálýza

Elektrodiálýza je membránová metoda, vhodná k odsolování syrovátky. Jejím úkolem je odstranit z roztoku ionty za použití elektrického napětí a iontových selektivních membrán. Zařízení obsahuje kationové a aniontové propustné membrány, mezi nimiž střídavě protéká syrovátka a vodný roztok solí. Ionty přecházejí pod vlivem napětí ze syrovátky do roztoku solí.

Za normálních podmínek se ze syrovátky při každém průchodu sestavou membrán odstraní asi 10 % popelovin. Žádoucí míry odsolení se dosáhne opakovaným průchodem. Takto lze odstranit až 90 % popelovin. Míra odsolení není u všech iontů stejná. Závisí na velikosti náboje a na velikosti iontů. Nejvyšší je u draslíku, mnohem nižší je u vápníku. Demineralizovaný roztok syrovátky lze dále zahušťovat. [9]

3.6.3 Gelová filtrace

Gelová filtrace je proces vhodný pro separaci složek z kapaliny, které mají různě velkou molekulu. Princip spočívá v tom, že čerpaná kapalina protéká jednou nebo několika nádržemi naplněnými nabobtnalými kuličkami dextranu – gelu. Malé molekuly vniknou do gelu a ulpí v něm, kdežto velké molekuly gelem projdou. Tím nastane separace. Proces je jednofázový, nedochází při něm k zahušťování, pouze k oddělování. Někdy je naopak nutné ředění kapaliny.

Gelová filtrace se používá k separaci bílkovin od ostatních složek syrovátky. Tento proces se kromě ultrafiltrace jeví jako vhodný zejména proto, že získané sérové bílkoviny mají své funkční vlastnosti zachovány. K izolaci jednotlivých složek mléka se často použije kombinace několika procesů, např. odpaření syrovátky v odparkách, gelová filtrace, elektrolyza nebo ultrafiltrace. [9]

3.7 Fermentace syrovátky

Syrovátka s obsahem sacharidů kolem 4,5 %, příp. koncentrát syrovátky či permeát jsou vhodným substrátem pro bakterie, plísňe nebo kvasinky, které při svém růstu v různé míře vytvářejí cenné látky. Přítomná laktóza, příp. po rozštěpení na glukózu a galaktózu, může sloužit k produkci biomasy – především pro krmné účely, etanolu, bioplynu, k produkci organických kyselin, vitaminů, enzymů, polysacharidů, lipidů a ochucovacích látek, nebo k výrobě nápojů. Každý z těchto produktů vyžaduje použití jiných mikroorganismů (plísni, kvasinek i bakterií) a použití zcela jiných podmínek, tzn. rozdílnou kyselost (pH prostředí), různou koncentraci laktózy, bílkovin, solí (zajišťuje se částečnou demineralizací nebo naopak přidáváním živin) a rozdílné vedení procesu (aerobní – anaerobní). Někdy je nutné podmínky v průběhu procesu upravovat, někdy je nutné postupné odstraňování produktu. [1, 11]

3.7.1 Produkce biomasy

Výroba biomasy probíhá většinou za aerobních podmínek, přičemž lze použít jak syrovátku, tak syrovátkovou melasu po získání laktózy nebo laktózový permeát. Jsou aplikovány např. kvasinky *Candida fragilit* (lze tak vyprodukovat např. biomasu, v níž je 33 % laktózy, přičemž obsah bílkovin tvoří až 60 % sušiny – postup používaný v USA) nebo *Candida utilis*,

Candida tropicalis nebo *Saccharomyces cerevisiae*. Používají se různé postupy, při kterých se vychází z různě koncentrovaného substrátu, z něhož byly nebo nebyly odděleny bílkoviny či soli. Nakonec dochází k separaci biomasy a příp. jejímu zkoncentrování či sušení (někdy v kombinaci např. s obilným substrátem). [1, 11]

3.7.2 Produkce bioplynu

Fermentací syrovátky či odpadních vod z mlékárenské výroby za anaerobních podmínek lze postupným štěpením (hydrolyza laktózy, štěpení glukózy, organických kyselin) a dekarboxylací získat bioplyn – směs metanu a oxidu uhličitého. [11]

3.7.3 Produkce etanolu

Anaerobní fermentací syrovátky (po pasteraci a zahuštění na 16 – 18 % sušiny, při pH 4 – 4,5, teplotě cca 30 °C a za přídavku minerálních látek) lze pomocí kvasinek, bakterií i plísní vyrobit etanol s výtěžností 86 – 94 % (682 l etanolu z 1 t laktózy). [11]

3.7.4 Výroba kyseliny mléčné

Kyselina mléčná se uplatňuje v potravinářském, chemickém, papírenském i farmaceutickém průmyslu.

Kyselinu mléčnou můžeme vyrábět jak ze syrovátky, tak i ze syrovátkové melasy po výrobě mléčného cukru. K výrobě se hodí nejlépe čerstvá syrovátka, která se deproteinuje. [1]

Pomocí bakterií mléčného kvašení (např. *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*) se laktóza (nejlépe z deproteinované syrovátky nebo z laktózového permeátu) při teplotách vhodných pro konkrétní bakterie přemění na kyselinu mléčnou. Ta se během fermentace neutralizuje např. uhličitanem vápenatým. Po prokvašení se médium zahřeje, zfiltruje, filtrát se zahustí, mléčnan vápenatý se převede pomocí kyseliny sírové na kyselinu mléčnou a nerozpustný síran vápenatý, který se oddělí. Z takto získané kyseliny mléčné lze rafinací získat látku v potravinářské jakosti. Když se asi 90 % laktózy ze syrovátky přemění na kyselinu mléčnou je výtěžnost 50 % kyseliny mléčné ve vztahu k syrovátce 7,5 – 8 %. [11]

3.7.5 Výroba nápojů

K fermentaci se používají mléčné bakterie, někdy v kombinaci s kvasinkami (např. *Kluyveromyces fragilis* nebo *Candida pseudotropicalis*). Surovinou může být syrovátka s obsaženými bílkovinami, tak i deproteinovaný produkt, s obsahem solí i částečně demineralizovaná. V případě, že se do syrovátky přidá sacharóza, lze provádět fermentaci kvasnicemi *Saccharomyces cerevisiae*, které však nefermentují laktózu, a ta v nápoji zůstává v původním množství.

Předností kvašených nápojů je, že obsahují nejen cenné složky syrovátky, ale i cenné produkty vytvořené mikroorganismy (kyselina mléčná, těkavé kyseliny, enzymy, aromatické látky). Nevýhodou může být příliš vysoký obsah solí a kyselin, nebo např. nestabilita bílkovinného zákalu. Těmto a dalším problémům musí být věnována pozornost při vlastním vývoji nápojů, tzn. při vytváření směsí s ovocnými šťávami, aromaty apod. [11]

4 VYUŽITÍ SYROVÁTKY V LIDSKÉ VÝŽIVĚ

Využívání syrovátky a jejích složek patří jednoznačně k trendům při výrobě funkčních, konvenientních a wellness potravin a potravin pro potěšení. Kromě toho je nezanedbatelným faktorem nízká cena syrovátky.

Syrovátka dodává vysokou výživovou hodnotu a širokou paletu fyzikálně - chemických vlastností, které jsou předností nově vyvíjených produktů. Umožňuje nejrůznější inovace v sortimentu mléčných výrobků, dezertů, pomazánek, dresinků, mražených krémů, pekařských výrobků, nápojů (i v prášku), tyčinek, snacků, čokolády, cukrovinek a kojenecké výživy. Umožňuje částečnou náhradu živočišných bílkovin.

Syrovátkové deriváty dodávají potravinám hutnost, zahušťovací schopnosti produktů rozmíchatelných ve vodě jsou srovnatelné se škroby. Některé syrovátkové deriváty jsou schopny vázat až osminásobek hmotnosti vody. Přídavek 10 % takového přípravku zvýší viskozitu o dva řády.

Z hlediska sensorických vlastností bývá příznivě hodnoceno jemné mléčné aroma, chuť a textura.

Možnosti aplikací se stále vyvíjejí v souvislosti s vývojem postupů pro získávání čistších složek a získávání složek se specifitějšími vlastnostmi. [11]

4.1 Výroba nápojů

K výrobě nápojů je méně často používána pasterovaná kapalná syrovátka, častěji syrovátka (pouze sušená nebo demineralizovaná nebo deproteinovaná) nebo její frakce ve formě prášku. Nevýhodou kapalné syrovátky jsou vysoké náklady na přepravu, nízká údržnost v případě kontaminace, proměnlivá jakost, vysoký obsah solí. Někdy je problémem i vysoký podíl laktózy, který se naopak využívá v případě výroby fermentovaných nápojů. Někdy se klade důraz na obsah bílkovin, který je však nevýhodný v případě výroby čirých nápojů. Syrovátkové deriváty mají v nápojích často funkci zahušťovačů (místo škrobů).

Trh nabízí jak syrovátkové nápoje v kapalném stavu připravené ke konzumaci (někdy v nápaditě účelově upravených obalech), tak i práškové směsi k přípravě nápojů.

Obvyklejší jsou nápoje, jejichž výroba spočívá především ve smíchání složek, méně časté jsou nápoje, u nichž je při výrobě zařazena fermentace.

Zájem o syrovátkové nápoje stoupá především u žen, které je konzumují hlavně kvůli nízkému obsahu energie, příznivému účinku na trávicí trakt a řadě fyziologických účinků jednotlivých složek. [11, 19]

Široký sortiment syrovátkových výrobků nabízí rakouská mlékárna Tirol Milch. Původním výrobkem této firmy, který je na trhu asi 20 let, je „Latella“ – nápoj ze syrovátky a ovocné šťávy označovaný jako zdroj osvěžení pro každého, kdo se chce stravovat zdravě. K současným výrobkům patří „Latella plus“ – obsahuje meduňku a žen-šen, „Latella fresh“ – obsahuje čaj, syrovátku a ovocnou složku. Novinka „Latella l.i.f.e.“ se vyrábí v příchutích guava/hruška/brusinka a kiwi/papája/limeta. Nový nápoj má svým složením zaručovat jen pomalé zvyšování a klesání hladiny cukru v krvi, což má spotřebiteli pomoci k déle trvajícím pocitu sytosti. U posledně jmenovaného výrobku se nízký glykemický index projevuje nižším uvolňováním inzulínu a snížením pocitu hladu, aktivizací spalování tuků, tzn. že snižuje tukové zásoby v těle. Dalšími významnými složkami jsou přidané vitaminy, minerální (zinek pro řadu procesů látkové výměny, hořčík pro výměnu energie) a fruktóza. [11, 14]

Zajímavou novinkou na našem trhu je nápoj ze syrovátky a exotického ovoce „Frutella“, který uvedla na trh Mlékárna Čejetičky spol. s r. o., která je nejstarším mlékárenským provozem v Čechách a která jako jedna z posledních vyrábí tvaroh a tedy i syrovátku ručně. [15]

4.2 Výroba sýrů

Syrovátkové bílkovinné produkty jsou při výrobě sýrů používány buď pro zvláštní charakter z nich získaných produktů, nebo jako částečná náhrada dražší suroviny. Vedle využití cenné bílkoviny z levné suroviny se dosahuje i výraznější chuti a jemné konzistence sýrů. Odedávna je věnována značná pozornost možnostem využití denaturovaných syrovátkových bílkovin, např. do tavených sýrových pomazánek.

Jednou z opomíjených možností využití tekuté syrovátky je výroba syrovátkových sýrů, které mohou být dvojího druhu. Sýr Ricotta (někdy též označovaný jako "syrovátkový tvaroh") obsahuje, kromě 70 – 80 % vody, hlavně teplem vysrážené syrovátkové proteiny. Ve složení syrovátkového sýra norského typu „Mysost“ převládá laktóza (33 – 45 % podle druhu produktu). Tradiční postupy výroby obou druhů syrovátkových sýrů jsou šaržové, neefektivní a náročné na pracovní sílu.

Z hlediska zužitkování syrovátky je Ricotta mnohem méně efektivní než výrobky typu Mysost, při jejichž výrobě se zpracuje prakticky veškerá syrovátka, zatím co Ricotta zanechává 80 – 85 % částečně odproteínované syrovátky, jejíž využití je vysoce problematické. [16]

4.2.1 Úprava tavených sýrů

Jakost tavených sýrů lze zvyšovat nejen změnou chemického složení (zvýšení sušiny nebo tučnosti), ale i zlepšením některých fyzikálních vlastností, např. konzistence. Snaha o zlepšení fyzikálních vlastností vedla k výzkumu přípravy a použití syrovátkové pasty pro úpravu konzistence tavených sýrů, zejména pomazánkových.

Sýry s přídavkem syrovátkové pasty vykazovaly výraznější a plnější chuť. Také trvanlivost (skladovatelnost) se u tohoto výrobku nesnížila, což potvrdil výsledek mikrobiologického rozboru a termostátové zkoušky. Při posuzování tavených sýrů zřetelně vzniklo zlepšení konzistence výrobku s přídavkem syrovátkové pasty nebo zvýšení jejich dieteticko-nutričních a chuťových vlastností. [13]

4.3 Využití syrovátky v pekárenském průmyslu

Sušená syrovátka a její deriváty jsou vhodnou pekařskou ingrediencí nahrazující část mléka a dalších složek. Přídavkem syrovátky se zvyšuje nejen nutriční hodnota výrobku, ale zlepšují se i některé další jakostní parametry.

Zatímco sladká syrovátka se v pekárenské výrobě běžně používá, použití kyselé syrovátky je obvykle omezeno na kvas a podobné produkty, kde vyhovuje její chuťový a aromatický profil. [11]

4.3.1 Zvyšování obsahu bílkovin ve výrobcích

Přídavkem syrovátky se zvyšuje hladina bílkovin v pekařských výrobcích. Syrovátka s poměrně vysokým obsahem lyzinu dobře kompenzuje nízký obsah této aminokyseliny v pšeničce, což je užitečné zejména u výrobků pro sportovce a seniory. [11]

4.3.2 Zadržování vlhkosti

Laktóza má příznivý vliv na zadržování vlhkosti a zlepšení zpracovatelnosti těsta, protože je kvasinkami jen velmi pomalu štěpena, a tak zůstává přítomna i během pečení. Společně s bílkovinami má tak vliv na snížení rychlosti vysychání při stárnutí pečiva. [11]

4.3.3 Zlepšení textury

Bílkoviny sušené syrovátky nebo syrovátkových preparátů mohou tvořit struktury (gely), které se teplem zhutňují, čímž se může zvyšovat síla lepku. Ostatní složky syrovátky texturu střídky změkčují.

Typickým účinkem laktózy je rychlejší nástup kynutí a lepší zadržování plynu. [11]

4.3.4 Emulgování

Syrovátkové bílkoviny mohou vzhledem k emulgační schopnosti umožňovat úsporu tuku v recepturách pečiva. Jsou neocenitelné rovněž pro výrobu polev, náplní a při povrchové dekoraci výrobků. Nativní a modifikované syrovátkové bílkoviny lze použít jako náhražky vaječného bílku. [11]

4.3.5 Hnědnutí

Syrovátková kombinace laktóza/bílkovina přispívá významně k hnědnutí pekařských výrobků, což je obzvláště oceňováno u výrobků s nízkým obsahem cukru. Získaná zlatohnědá barva je stálá i v průběhu mrazírenského skladování u výrobků, které se po rozmrazení okamžitě prodávají. Výhoda hnědého zbarvení se uplatňuje rovněž u chleba určeného pro toustování v domácnostech. Dalším příkladem využití pozitivního působení kombinace laktózy s bílkovinou je předpečené pečivo, určené k dohotovení v mikrovlnné troubě, které za normálních okolností nemívá dostatečně zbarvený povrch. [11]

4.3.6 Uchování aroma a chuti

Použití sušené syrovátky místo fermentovatelných cukrů v recepturách na výrobky s krátkou dobou kynutí, jako jsou například některá těsta na pizzu, umožní zachování jak reziduální sladkosti výrobku, tak i jeho odpovídající hnědé zbarvení dokonce i po několika

dnech. Pomalejší fermentací pomocí droždí vzniká požadované aroma a chuť za současného prodloužení doby použitelnosti. [11]

4.3.7 Nutnost změn receptury

Při aplikaci syrovátky je třeba provést v recepturách chleba a pečiva určité změny. Při použití 2 – 5 % syrovátky v celkové receptuře je třeba snížit dávku sladidla, což se ale může projevit mírnou změnou v zabarvení. K dosažení optimálních výsledků je vhodné používat sušenou syrovátku, která odolává vysokým teplotám. Při aplikaci syrovátky může docházet k mírnému snížení doby hnětení. Výrobek má přitažlivější vzhled, jeho střída je vlhčí a pružnější, kůrka má lepší zabarvení. Rovněž dochází ke zlepšení vlastností při zmrazování a rozmrazování. [7, 11]

4.4 Aplikace do cereálních snacků

Dříve se syrovátkové bílkoviny aplikovaly do pufovaných snacků (z kukuřičné, ovesné či rýžové mouky, škrobu) koextruzí (dvojšnekové extrudéry) s cílem zvýšit obsah bílkovin z 2 % v obilných výrobcích na 20 %. Dosahovalo se toho náhradou 15 – 35 % mouky syrovátkovou bílkovinou za použití vysokých střížných sil, vysokých teplot (100 – 140 °C) a nízké vlhkosti (10 – 15 %). Bylo zjištěno, že až 25 % škrobu může být nahrazeno bílkovinou, avšak za cenu menší expanze. Pokud se syrovátkovou bílkovinou nahrazuje kukuřičná mouka, nedojde k takovému nafouknutí jako při výrobě ze samotné kukuřičné mouky. Důvodem je, že syrovátková bílkovina váže vodu a nereaguje se škrobovou maticí. Dalším faktorem zhoršujícím barvu snacků po přidavku bílkovin a při použití teplot 80 – 150 °C je Maillardova reakce. Samotné vysoké teploty jsou dalším omezujícím faktorem pro citlivé bílkoviny.

Syrovátkové bílkoviny ve funkci pojivé složky mohou pomoci při snaze o zvýšení přídatku vlákniny do extrudovaných snacků. Většina běžně vyráběných cereálních snídaní, sýrových křupek či energetických tyčinek obsahuje v 50 g porci méně než 1 g vlákniny. Pouhý přírůstek vlákniny k moučné směsi a aplikace vysokého tlaku a teplot se negativně projeví na textuře. Ve výzkumném pracovišti (ARS) amerického ministerstva zemědělství byl obsah vlákniny ve výrobcích po přidavku mléčných bílkovin (kaseinu nebo syrovátky) zvýšen z 3 – 10 % bez senzorického ovlivnění snacků. [11]

4.5 Využití syrovátky v masném průmyslu

Koncentrátem syrovátkových bílkovin a vodou lze nahradit část masa v masných výrobcích, čímž se sníží obsah tuku a energie, sníží se náklady a zachová se vaznost vody (vytváření gelu), vaznost tuku (šťavnatost) a obvyklá textura.

Např. nahrazením 4 % masa koncentrátem syrovátkových bílkovin a vodou v uzené klobáse se zvýší výnosy a dojde k úspoře nákladů při současném zachování kvality konečného výrobku. [11, 18]

5 VYUŽITÍ SYROVÁTKY KE KRMNÝM ÚČELŮM

Použití syrovátky jako významného komponentu ve výživě všech druhů a kategorií hospodářských zvířat je již desítky let známým faktorem a intenzita jejího využívání je závislá na ekonomických faktorech a na způsobu zpracování a aplikace. [8]

Nejrozšířenější je zkrmování syrovátky v čerstvém stavu. Syrovátka je výtečným krmivem hlavně pro vepře. Čerstvá syrovátka je dobrým krmivem i pro telata, kde nahrazuje odstředěné mléko. Lze jí použít i při výkrmu hříbat. Krmení syrovátkou má velmi blahodárny vliv na stav zvířat, neboť obsahuje tzv. živočišný bílkovinný faktor, obdobný vitamínům.

Pro krmné účely lze také syrovátku zahušťovat, popř. i sušit. Běžné jsou tzv. syrovátkové otruby nebo syrovátkové vločky. Připravují se smícháním syrovátkového sirupu (zahuštěné syrovátky) s otrubami nebo bramborovými vločkami. Zahuštěná syrovátka se také míchá s řezankou, senem, pšeničnými otrubami, řepnými řízky apod. [2]

ZÁVĚR

Syrovátka byla mnohými málo ceněná surovina, ale tento názor se v posledních letech dost mění. Hlavní zásluhu na tom má výzkum výživově – fyziologických a funkčních vlastností složek syrovátky. Syrovátka je nízkokalorická, obsahuje mnoho kvalitních, lehce stravitelných bílkovin, minerály jako vápník, draslík, fosfor, hořčík, vitamíny (B₁, B₂, B₆, B₁₂, E a C) a některé tělu prospěšné kyseliny, jako je kyselina listová a pantotenová.

Syrovátka tělu prospívá nejen vnitřně, ale i vnějším použitím. Při vnitřním užití působí detoxikačně, podporuje činnost ledvin, příznivě upravuje metabolismus, zlepšuje látkovou výměnu a účinně napomáhá snižování cholesterolu. Zlepšuje svalové funkce, zvyšuje fyzickou sílu, všeobecně zlepšuje zdravotní stav, má protirakovinné účinky, je vhodná při snižování nadváhy a pro těhotné ženy.

Při vnějším používání má syrovátka protizánětlivé účinky, proto se doporučuje na citlivou pleť, napíná pokožku, prokrvuje ji a vyhlazuje.

Mezi nejčastější druhy zpracování syrovátky patří fermentace syrovátky, odpařování a sušení syrovátky. Velmi důležitý je také vývoj nových separačních metod za účelem získávání cenných složek, a také vývoj metod pro další úpravu separovaných složek za účelem rozšíření spektra funkčních vlastností, protože některé předpokládané účinky budou objasněny, některé objeveny.

Využívání syrovátky a jejích složek patří k trendům při výrobě funkčních, konvenientních a wellness potravin. Syrovátka je součástí nápojů (v kapalné formě i v prášku), mléčných výrobků včetně sýrů a mražených krémů, dezertů, pomazánek, dresinků, pekařských výrobků, snacků, cukrovinek a kojenecké výživy. Přídavek texturované syrovátkové bílkoviny do potravin umožňuje částečnou náhradu živočišných bílkovin.

Syrovátka má široké uplatnění jak v potravinářském i ve farmaceutickém průmyslu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] FORMAN, L., MERGL, M. a kol. *Syrovátka - její užití v lidské výživě a ve výživě zvířat*. Praha: VÚPP, 1979. 343s.
- [2] KNĚZ, V. *Výroba sýrů*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1960. 369s.
- [3] OLŠANSKÝ, Č., KNĚZ, V. *Výroba tvrdých sýrů eidamského a ementálského typu*. Praha: VÚPP, 1971. 283s.
- [4] INGR, I. a kol. *Zpracování zemědělských produktů*. 2. vyd. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně: 2001. 249s. ISBN 80-7157-520-8
- [5] ZIMÁK, E. *Technologie pro 4. ročník střední průmyslové školy studijního oboru zpracování mléka*. Praha: SNTL, 1988. 364s.
- [6] FORMAN, L., ČEPIČKA, J. *Technologie pro 1. ročník SOU mlékárenská výroba*. Praha: 1990. 180s. ISBN 80-7105-009-1
- [7] JOHNSON, B. *U.S. whey products in snacks and seasonings* [online]. Applications monograph. USA: U.S. Dairy Export Council, 2000. [cit. 2009-04-21, 18:05]. Dostupné z [www: <http://www.usdec.org/library/PublicationsInfo.cfm?ProductType=Whey&mnItemNumber=82207&snItemNumber=82218&tnItemNumber=82261&Category=ApplicationMonographs>](http://www.usdec.org/library/PublicationsInfo.cfm?ProductType=Whey&mnItemNumber=82207&snItemNumber=82218&tnItemNumber=82261&Category=ApplicationMonographs)
- [8] KUMPRECHT, I., PROKOP, V., *Sušená syrovátka (soubor podkladů)*. Výzkumný ústav výživy zvířat Pohořelice: 1996. 20s.
- [9] ZIMÁK, E. *Technologie pro 3. Ročník SPŠ mlékárenské, obor zpracování mléka*. Praha: SNTL, 1982. 184s.
- [10] PAVELKA, A. *Mléčné výrobky pro naše zdraví*. 1. vyd. Brno: Litera, 1996. 105s. ISBN 80-85763-09-5
- [11] SUKOVÁ, I. *Syrovátka v potravinářství*, Informační přehled ÚZPI, Praha 2006. 60s. ISBN 80-7271-173-3
- [12] ANONYM, *Mlékárenská technologie II*. [online]. [cit. 2009-03-12, 18:22]. Dostupné z [www: <http://utb.cepac.cz/Screens/Default.aspx>](http://utb.cepac.cz/Screens/Default.aspx)

- [13] Vyhláška č. 370/2008 kterou se mění vyhláška č. 77/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, ve znění pozdějších předpisů
- [14] SUKOVÁ, I. *Nové syrovátkové výrobky*. Vyd. 27. 1. 2006 [online]. [cit. 2009-03-14, 17:59]. Dostupné z www: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=0&typ=1&val=42957&ids=0>>
- [15] HRUDKOVÁ, A. *Nové syrovátkové výrobky*. Vyd. 14. 12. 2001 [online]. [cit. 2009-03-19, 12:21]. Dostupné z www: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=314&ch=13&typ=1&val=3623>>
- [16] JELEN, P. *Technologické pokroky ve výrobě syrovátkových sýrů*. [online]. [cit. 2009-03-19, 12:33]. Dostupné z www: <<http://www.vscht.cz/tmt/prehličky/2001/abstrakta.htm>>
- [17] *National dairy council: Health-Enhancing Properties of Dairy Ingredients*. [online]. [cit. 2009-03-29, 16:24]. Dostupné z www: <<http://www.nationaldairycouncil.org/NationalDairyCouncil/Health/Digest/dcd72-2Page1.htm>>
- [18] PRABHU, G. *U.S. whey proteins in processed meats* [online]. Applications monograph processed meats. USA: U.S. Dairy Export Council, 2006. [cit. 2009-04-21, 18:17]. Dostupné z www: <<http://www.usdec.org/library/PublicationsInfo.cfm?ProductType=Whey&mnItemNumber=82207&snItemNumber=82218&tnItemNumber=82261&Category=ApplicationMonographs>>
- [19] RITTMANIC, S. *U.S. whey proteins in ready-to-drink beverages* [online]. Applications monograph beverages. USA: U.S. Dairy Export Council, 2006. [cit. 2009-04-21, 18:20]. Dostupné z www: <<http://www.usdec.org/library/PublicationsInfo.cfm?ProductType=Whey&mnItemNumber=82207&snItemNumber=82218&tnItemNumber=82261&Category=ApplicationMonographs>>

- [20] *Designer whey: Benefits of whey*. [online]. [cit. 2009-05-14, 11:01]. Dostupné z www: <<http://www.designerwhey.com/history-of-whey.htm>>
- [21] ANONYM, *Zdraví podporující vlastnosti proteinů a frakcí syrovátky* [online]. [cit. 2009-05-24, 19:22]. Dostupné z www: <http://www.aromatis.cz/files/zdravi_podporujici_vlastnosti_proteinu_a_frakci_syr_ovatky.doc>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

TVS	Tuk v sušině
TPS	Tukuprostá sušina
T	Tuk
T/S	Tuk/sušina
ČMK	Čisté mlékárenské kultury
IEB	Isoelektrický bod
ARS	Americké ministerstvo zemědělství

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 5 Schéma podstaty srážení mléka.....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 6 Vysrážené sýrové zrno.....</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 7 Strukturní vzorec laktózy.....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 8 Zužitkování syrovátky.....</i>	<i>29</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 4 Chemické složení sladké syrovátky (podle různých autorů)</i>	19
<i>Tab. 5 Chemické složení kyselé syrovátky (podle různých autorů)</i>	19
<i>Tab. 6 Chemické složení syrovátky po výrobě kaseinů</i>	20