

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chemie



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Srovnání kvality syrovátky kozího a kravského mléka
a možnosti jejího využití**

Bakalářská práce

Kateřina Tomanová

Výživa a potraviny

Ing. Klára Cejpková, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Srovnání kvality syrovátky koziho a kravského mléka a možnosti jejího využití" 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 neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 28.4.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Kláře Cejpové, Ph.D. za trpělivost, pomoc a udělené rady během procesu psaní této práce.

Srovnání kvality syrovátky kozího a kravského mléka a možnosti jejího využití

Souhrn

Motivací pro zpracování této práce bylo analyzovat kvalitativní aspekty obou mlék, a následně porovnat syrovátky vznikající v mlékárenském průmyslu při zpracovávání těchto dvou potravin. Syrovátka byla dlouhodobě považována za odpadní produkt a využívat se začala až v podstatě s příchodem trendu zero waste produkce ve světě.

Jednotlivé nutrienty byly zhodnoceny samostatně dle jejich přínosu pro lidské zdraví a následně zaneseny do porovnávacích tabulek pro kravské a kozí mléko. Jedním z výsledků porovnání byla vyšší saturace kravského mléka alergenním α_{S1} -kaseinem, naopak v mléce kozím byl tento alergen zastoupen téměř polovičním množstvím. Další zajímavé porovnání vzešlo z obsahu mastných kyselin se středně dlouhým řetězcem. Mastné kyseliny jsou mimo jiné původcem typického pachu a chuti kozího mléka. Tukové kuličky kozího mléka byly poté zhodnoceny jako lépe stravitelné, jelikož difuze těchto látek do krve probíhá snadno.

Na základě shody mezi více zdroji byl zařazen do rešerše i poměrně vysoký obsah bioaktivních látek v kozím mléce, které přechází i do vznikající syrovátky. Zkoumány byly například fosfolipidy, polynenasycené mastné kyseliny nebo bioaktivní peptidy. Bioaktivní peptidy se zpravidla izolovaly z kravského mléka, v poslední době ale vzniklo několik studií zkoumajících obsah těchto látek v mléce kozím. Dále byly předmětem zájmu i jednotlivé imunoglobuliny související s podporou imunity lidí.

Vzhledem k různým způsobům výroby mléčných výrobků bylo stručně popsáno kyselé a sladké srážení mléka a z něho vyplývající srovnání kyselé a sladké syrovátky. Zároveň byl zhodnocen spotřebitelský potenciál těchto dvou typů syrovátek, kde dle několika zdrojů byla potvrzena větší atraktivita sladké syrovátky pro její chuť, strukturu a obecně přijatelnější organoleptické a technologické vlastnosti.

Závěrečná část se zabývá složením kravské a kozí syrovátky a potravinářskými výrobky z těchto dvou komodit. Rozebrány byly všechny důležité nutrienty mléčné syrovátky, které jsou vyhledávané pro jejich potenciální terapeutické a preventivní vlastnosti. Nejběžnější formou využití mléčné syrovátky jsou koncentráty a izoláty vznikající procesem dehydratace, které se v posledních letech těší velké pozornosti zákazníků zajímajících se o zdravý životní styl a fitness. Porovnány byly tři typy koncentrátů a jeden izolát, které se dělí dle obsahu syrovátkových bílkovin ve vysušeném syrovátkovém prášku, a jejich vlastnosti a využití.

Lze konstatovat, že mléčná syrovátka nabývá na popularitě v rámci potravinářského průmyslu. Oblíbená je v poslední době například v masném či pekárenském průmyslu. Dále se využívá k výrobě syrovátkových nápojů jakožto nejoblíbenější komoditě vyráběné ze syrovátky dostupné v obchodních řetězcích. Pozornost byla věnována různým formám jejich zpracování a dochucování finálních produktů. Bylo potvrzeno, že konzumace syrovátkových nápojů ochucených ovocnými šťávami s funkčními vlastnostmi je považováno za nadstandardní doplnění jídelníčku cennými živinami.

Klíčová slova: globuliny, kasein, laktóza, srážení, trávení, výživa

Comparison of a quality of goat and cow milk whey and options for its usage

Summary

The motivation for this thesis was to analyse the qualitative aspects of both milks, and then to compare the whey produced in the dairy industry during the processing of these two foods. Whey has long been considered a waste product and only started to be used with the advent of the zero waste production trend in the world.

The individual nutrients were evaluated separately according to their contribution to human health and then entered into comparison tables for cow and goat milk. One of the results of the comparison was a higher saturation of the allergen α S1-casein in cow's milk, whereas in goat's milk this allergen was present in almost half the amount. Another interesting comparison came from the content of medium chain fatty acids. Fatty acids are, among other things, responsible for the typical smell and taste of goat's milk. The fat globules of goat's milk were then judged to be more digestible, since the diffusion of these substances into the blood is easy.

The relatively high content of bioactive substances in goat's milk, which are also transferred to the whey produced, was also included in the study on the basis of a consensus between several sources. For example, phospholipids, polyunsaturated fatty acids or bioactive peptides were investigated. Bioactive peptides have generally been isolated from cow's milk, but several studies have recently been carried out to investigate the content of these substances in goat's milk. In addition, individual immunoglobulins related to the promotion of human immunity have also been of interest.

In view of the different ways of producing dairy liquors, the acid and sweet curdling of milk and the resulting comparison of acid and sweet whey have been briefly described. At the same time, the consumer potential of these two types of whey was evaluated, where, according to several sources, sweet whey was confirmed to be more attractive because of its taste, texture and generally more acceptable organoleptic and technological properties.

The final section deals with the composition of cow and goat whey and food products made from these two commodities. All the important nutrients of dairy whey, which are sought after for their potential therapeutic and preventive properties, have been discussed. The most common uses of dairy whey are concentrates and isolates resulting from the dehydration process, which have received much attention in recent years from customers interested in healthy lifestyle and fitness. Three types of concentrates and one isolate were compared, which are classified according to the whey protein content of the dried whey powder, and their properties and uses.

It can be concluded that dairy whey is gaining popularity within the food industry. It has recently become popular in the meat and bakery industry, for example. It is also used to produce whey drinks as the most popular commodity made from whey available in supermarket chains. Attention has been paid to the various forms of processing and flavouring of the final products. It has been confirmed that the consumption of whey drinks flavoured with fruit juices with functional properties is considered as a superior addition of valuable nutrients to the diet.

Keywords: globulins, casein, lactose, precipitation, digestion, nutrition

Obsah

1 Úvod.....	7
2 Cíl práce.....	8
3 Literární rešerše.....	9
3.1 Mléko a jeho význam ve výživě	9
3.2 Kravské mléko	9
3.3 Kozí mléko.....	10
3.4 Hlavní nutrienty mléka.....	11
3.4.1 Sacharidy	12
3.4.2 Tuky.....	12
3.4.3 Bílkoviny	14
3.4.3.1 Kaseiny	14
3.4.3.2 Syrovátkové bílkoviny	15
3.4.4 Minerální látky a vitaminy rozpustné v tucích	16
3.5 Srážení mléka.....	17
3.5.1 Kyselé srážení	17
3.5.2 Sladké srážení	18
3.6 Mléčná syrovátka	18
3.6.1 Kyselá syrovátka.....	20
3.6.2 Sladká syrovátka	21
3.6.3 Nejcennější nutrienty mléčné syrovátky.....	21
3.6.3.1 Laktosa	22
3.6.3.2 Syrovátkové bílkoviny	23
3.6.3.3 Bioaktivní peptidy	24
3.6.4 Syrovátka z kozího mléka.....	24
3.7 Využití mléčné syrovátky	25
3.7.1 Syrovátka v masném průmyslu.....	26
3.7.2 Syrovátka v pekařském a cukrářském průmyslu	27
3.7.3 Syrovátkové nápoje	27
4 Závěr	29
5 Literatura.....	30
6 Seznam použitých zkratk a symbolů.....	31

1 Úvod

Mléčná syrovátka je relativně novým produktem, který se dostal do povědomí veřejnosti teprve v posledních několika letech díky svému nutričně bohatému složení a širokému spektru možného využití. Jelikož se jedná o vedlejší produkt mlékárenské výroby, zaměřuje se tato bakalářská práce na srovnání kvality kravského a kozího mléka, na něž navazuje srovnáním kvality syrovátky vznikající při zpracovávání těchto dvou potravin a uvádí alternativy dalšího uplatnění této komodity (Królczyk et al. 2016).

Historicky byla syrovátka využívána primárně jako krmivo pro zvířata nebo byla jednoduše likvidována, což vedlo k nedostatečnému zájmu o její potenciální využití pro lidskou potřebu. Na její pozitivní vlastnosti se přišlo teprve v závěru minulého století v podstatě náhodou. Od té doby roste popularita syrovátky mezi běžnými spotřebiteli. S rostoucím povědomím o jejích výživových hodnotách a obsahu bioaktivních látek začaly být zkoumány další možnosti, jak tento benefit přenést v lidský prospěch (Królczyk et al. 2016).

V potravinářském průmyslu se syrovátka stala důležitou surovinou pro výrobu široké škály produktů včetně výroby funkčních potravin jako jsou probiotika a proteinové nápoje. Díky bohatému obsahu esenciálních aminokyselin a minerálních látek představuje atraktivní zdroj nutričně hodnotných látek pro výživu jedinců všech věkových skupin (Papademas & Kotsaki 2019).

Ve sportovním odvětví se syrovátka a syrovátkové nápoje stávají stále populárnější. Obsah vysokého množství bílkovin, které jsou pro sportovce klíčové při budování svalové hmoty nebo při regeneraci po fyzickém výkonu ji činí atraktivní pro spotřebitele. Syrovátkové nápoje jsou sportovci konzumovány především pro vysoký obsah aminokyselin s rozvětveným řetězcem, vitamínů a minerálních látek. Tyto složky pomáhají kromě tvorby svalů i s regenerací například po operacích (Papademas & Kotsaki 2019).

Jedním z cílů této práce je porovnat kvalitu syrovátky z kozího a kravského mléka a zhodnotit její potenciál pro lidskou potřebu v různých odvětvích, a to i včetně kyselé a sladké syrovátky. Hodnocení kvality syrovátky a možností jejího využití může poskytnout poznatky s potenciálem významného dopadu na lidské zdraví, výživu a sportovní výkon (Gupta & Prakash 2017). Dále například i v kosmetickém průmyslu a farmacii, kde je syrovátka zatím zcela novou surovinou, která ale neustále nabírá na popularitě a dostává se postupně do povědomí širší veřejnosti (Anand et al. 2013).

Pro dokonalé pochopení podstaty syrovátky jako potravin je nutné znát základní informace o mléce, ze kterého syrovátka vzniká. Proto se tato práce nejprve zabývá několika kvalitativními parametry mléka a dává do srovnání kravské a kozí, a teprve pak se zaměřuje na syrovátku jako na samostatný produkt a jejího využití.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je vypracovat literární přehled zabývající se mléčnou syrovátkou. Předmětem zkoumání bude jak mléko kravské, tak kozí. Rovněž budou zhodnoceny rozdíly mezi sladkou i kyselou syrovátkou a navrženy možnosti využití mléčné syrovátky.

3 Literární rešerše

3.1 Mléko a jeho význam ve výživě

Mléko je komplexní potravina obsahující mnoho druhů bioaktivních molekul. Je produkováno mléčnou žlázou savců za účelem výživy jejich novorozených mláďat. Obsahuje veškeré živiny, co čerstvě narozené mládě potřebuje. Jedná se o jedinou potravinu, které mládě přijímá v období těsně po jeho příchodu na svět. Již v polovině 20. století prezentoval Nobelovou cenou za vědu oceněný finský chemik A. I. Virtanen myšlenku, že mléko zaujímá velmi významnou pozici mezi ostatními potravinami právě díky svému univerzálnímu složení. Pro své jedinečné vlastnosti se mléko již od pradávna užívá jako samostatná potravina a obohacující ingredience zvyšující výživovou hodnotu pokrmů a dostupnost vitaminů a minerálních látek z rostlinných zdrojů (Maijala 2000).

Mezi hlavní složky mléka se řadí esenciální nutrienty, dále pak látky jako hormony a modulatory a látky ovlivňující vývoj a růst trávicího traktu. Konzumace mléka se dále odráží na struktuře střevní mikroflóry a podporuje imunologickou ochranu, neimunitní obranu a imunoregulaci. Na složení mléka má vliv nespočet faktorů, mezi nimiž jsou například podmínky chovu dojníc nebo sezónní a geografické rozdíly. Přibližně se mléko skládá z 87 % vody, 5 % sacharidů, 3,5 % tuků, 3,5 % bílkovin a 1 % minerálních látek (Yalcin 2006).

Jako mléko se rozumí, dle ustanovení Evropského soudního dvora z roku 2017 výhradně mléčný sekret získaný z jedné či více mléčných žláz bez jakékoli adice do něj či extrakce z něj. Mléčnými výrobky se pak rozumí výrobky získané výhradně z mléka, čili smetana, syrovátka, máslo, podmáslí, sýr nebo jogurt. Výrobky rostlinného původu proto nesmí obsahovat ve svém názvu slova jako mléko, sýr nebo jogurt. Jsou povoleny pouze výjimky u tekutin, které nesou ve svém pojmenování slovo mléko odedávna, jako je například kokosové mléko (Scholz-Ahrens et al. 2020).

3.2 Kravské mléko

Kravské mléko je dle definice mléko produkováno mléčnou žlázou samice tura domácího, latinsky *Bos taurus*. Většina vlastností mléka savců, ať už chemických, fyzikálních či technologických, se stanovuje právě na kravském mléce, a dále se specifikuje ve srovnání s ním, jelikož se jedná o celosvětově nejkonzumovanější mléko (Haug et al. 2007).

Konzumace kravského mléka je v mnoha regionech ovlivněna i historickým sledem událostí. Ve spoustě oblastech je skot součástí tamní mytologie či náboženství, a konzumace mléka a mléčných výrobků je tak dána významně i tradicí ve společnosti. V západních společnostech však mléko v posledních letech klesá na popularitě. Tento trend lze částečně vysvětlit objevujícími se studiemi, které mléku a mléčným výrobkům připisují negativní vliv na lidský organismus. Tato kritika se soustředí primárně na podíl mastných kyselin v mléčném tuku, o nichž se předpokládá, že mohou souviset se vznikem onemocnění krevního oběhu. V reakci na tyto závěry se považuje za nedostatečné stavět obecná doporučení v oblasti lidského zdraví a blahobytu na postulátech o vztahu mezi mlékem a kardiovaskulárními komplikacemi, aniž by se vzaly v potaz širší a komplexnější otázky (Maijala 2000; Haug et al. 2007).

Podle agentury FAOSTAT se na světě za rok vyprodukuje kolem 864 milionů tun mléka, z čehož zhruba 81 % představuje produkce mléka kravského, 15 % produkce buvolího mléka, 2 % produkce kozího mléka, 1 % produkce ovčího mléka a 0,5 % produkce mléka velbloudího. Zbytek je podíl mléčné produkce ostatních savců chovaných pro mléko, jako jsou koně, osli nebo například yaci.

Primární účel kravského mléka, stejně jako jakéhokoliv jiného mléka produkovaného savci, je poskytnout výživu novorozenému mláděti do doby, než bude schopno si obstarat potravu samo. Avšak člověk, jakožto jediný savec, se naučil využívat toto mléko původem od jiného savce pro své vlastní výživové potřeby. Zároveň je člověk jediným živočichem, u kterého lze pozorovat konzumaci mléka i v dospělosti (Gaucheron 2005).

Vědeckým průzkumem bylo prokázáno, že plnotučné kravské mléko a nízké pH zakysaných mléčných výrobků prodlužují dobu vyprazdňování žaludku, čímž se prodlužuje doba průchodu potravy žaludkem, a potrava se tak může déle zpracovávat a štěpit na jednotlivé její složky, což zlepšuje stravitelnost pokrmu. Pravděpodobně by bylo možné i tvrdit, že konzumace plnotučného mléka nebo fermentovaných mléčných výrobků působí pozitivně na glykémii, potenciálně i celkově na chuť k jídlu (Haug et al. 2007).

3.3 Kozí mléko

Kozí mléko je produkt mléčné žlázy samice kozy domácí, latinsky *Capra hircus*, obsahující veškeré potřebné živiny k výživě novorozeného kůzlete. Jedná se o cennou surovinu, ze které se vyrábí výrobky vysoké nutriční hodnoty (Bernacka 2011). Od kravského se kozí mléko liší v mnoha aspektech. Na první pohled je pro něj ale typická pronikavá vůně a chuť. Tyto organoleptické parametry často ovlivňují rozhodování potenciálních spotřebitelů, zda si vybrat kravské či jiné mléko pro svou osobní potřebu (Nayik et al. 2022).

Spotřeba kozího mléka na osobu je výrazně nižší než u kravského. Zatímco roční spotřeba kravského mléka průměrným občanem České republiky je zhruba 58,6 litrů, u kozího se jedná pouze o 1 decilitr za rok (Bureš 2017). Dle agentury FAOSTAT se každopádně jedná o třetí nejprodukovanější druh mléka (v roce 2018 se celosvětově vyprodukovalo 15 milionů tun kozího mléka). Do oficiálních statistik se ale nezapočítává mléko z nehlášené domácí spotřeby v rozvojových zemích, nebo mléko zpracované zemědělci přímo a nebo mlékárnami, které se pak dále prodává na organizovaném trhu (Ribeiro & Ribeiro 2010).

Obecný poznatek je, že o výrobky z kozího mléka je zájem především ve vyspělých zemích, zatímco samotný chov koz je doménou zejména chudších oblastí, kde nahrazuje chov skotu. Trendem se také stává alternace kravského mléka kozím zejména ze zdravotních důvodů obyvatelstva. Tento fakt se také týká spíše vyspělých zemí, kde je snazší přístup k informacím i širší nabídka potravin. Mimo jiné je i zpracování a produkce kozího mléka finančně náročnější než mléka kravského (Haenlein 2004; Lund & Ahmad 2020).

Zvýšená produkce kozího mléka v posledních letech více než pravděpodobně souvisí s vlastnostmi, kterými se liší od mléka ostatních savců, a které podporují potenciál jeho nutričního významu jako je obsah bílkovin a nízká alergenita (Campos et al. 2022).

Světovým lídrem v produkci kozího a ovčího mléka je Bangladéš. Tamní produkce kozího mléka představuje 18 % světové produkce kozího mléka z 2,3 % představujících kozí mléko ze světové produkce živočišného mléka (Lund & Ahmad 2020).

Dalšími regiony, kde je produkce koziho mléka dominantní, je Asie. Chov koz a konzumace jejich mléka má v asijských oblastech historickou kulturní a kulinářskou tradici, a proto je zde produkce koziho mléka viditelně vyšší než kdekoli jinde na světě. Z evropských zemí se produkuje kozí mléko ve vysoké míře kromě již zmíněného Řecka také v Itálii, Francii, Španělsku a Norsku (Lund & Ahmad 2020; Hammam et al. 2022).

Jelikož koza může mít kůzlata dvakrát do roka, nastává laktační období kozy dvakrát za rok. Zároveň je narozdíl od chovu skotu chov koz a jiných malých přežvýkavců velmi ekologický a šetrný k životnímu prostředí. Kozy se zpravidla chovají v menších stádech. Jejich chov je výrazně jednodušší než chov skotu (Kamiński et al. 2007).

V několika pokusech na skupině kojenců bylo jasně prokázáno, že kozí mléko skutečně dokáže plně nahradit ve stravě jedince mléko kravské, a dokonce nese řadu benefitů ve stravitelnosti mnoha nutrientů a obecnému zdravotnímu prospívání dětí (Haenlein 2004).

Kozí mléko a produkty vyráběné z něj nebo z koziho masa obsahují několik bioaktivních sloučenin, které mohou být potenciálně užitečné při léčbě pacientů trpícími různými chronickými onemocněními, kardiovaskulárními chorobami, metabolickými poruchami či jako podpora zdraví střev. Vykazují také chemopreventivní vlastnosti pro léčbu nádorových onemocnění (Kamiński et al. 2007).

Jeden z výzkumů prováděný na myších na porovnávání vlastností koziho a kravského mléka přišel se závěrem, že kozí mléko má vyšší schopnost tlumit nespavost než kravské na základě podpory růstu několika populací bakterií v mikrobiomu střev. Kromě toho tvrdí, že kozí mléko pomáhá s obnovou hlavních neurotransmitterů, mezi nimiž je například kyselina γ -amino máselná zvaná běžně GABA. Hlubším výzkumem bylo prokázáno, že bílkoviny koziho mléka jsou bohatší na některé z esenciálních aminokyselin a mají potenciál pro léčbu některých autoimunitních onemocnění a prevenci rakoviny. V budoucnosti by se daly bílkoviny koziho mléka využívat v medicíně cíleně pro jeho snadnější stravitelnost (Mo et al. 2023).

V rámci španělské studie na potkanech, kterým byla resekcí odstraněna polovina distálního tenkého střeva (jakožto simulace malabsorpčního syndromu) bylo dosaženo závěru, že konzumace koziho mléka snižuje hladinu celkového cholesterolu a cholesterolové frakce LDL kvůli vyššímu zastoupení triglyceridů se středně dlouhým řetězcem. Ty mají za následek snížení syntézy endogenního cholesterolu, což se projeví v krevním oběhu právě jeho nízkým výskytem (Haenlein 2004).

3.4 Hlavní nutrienty mléka

Mléko obecně sestává ze čtyř hlavních komponent, a to vody, sacharidů, bílkovin a tuku. Složení mléka se liší v závislosti na faktorech vnějších i vnitřních. Obsahové procento jednotlivých složek se dá poměrně dobře ovlivnit například složením a dávkováním krmné směsi pro zvířata (Haug et al. 2007).

Důležitou roli ve výživové hodnotě mléka hrají i méně zastoupené složky, jako jsou vitaminy, minerální látky, enzymy a stopové prvky, které katalyzují reakce ovlivňující chuť mléka. Stejně mohou chuť, složení a některé vlastnosti mléka ovlivňovat i kontaminanty, jako jsou například antibiotika nebo pesticidy (Renhe et al. 2018).

Složení a fyzikálně–chemické vlastnosti mléka jsou přímo závislé na procesu biosyntézy, který probíhá v období laktace. Porovnání obsahu nejzajímavějších nutrientů je uvedeno

v Tabulce 1, kde je zřetelný rozdíl v obsahu kaseinů a laktosy. Řízení laktace závisí na hormonální aktivitě endokrinních žláz a je přímo ovlivněno fyziologickým stavem zvířete. Složky mléka mají svůj původ v krvi, ze které přímo přecházejí do mléka a nebo mohou být syntetizovány v sekrečních buňkách. Sekrece mléka začíná při laktogenezi zvýšením hladiny hormonu prolaktinu a současným snížením hladiny hormonů progesteronu a estrogenu v krevním oběhu. S postupující laktací se hladiny těchto hormonů v krvi dostávají zpět do rovnováhy (Renhe et al. 2018).

Tabulka 1 Porovnání obsahu hlavních komponent kravského a kozího mléka (Renhe et al. 2018)

Složka	Kravské mléko [g/100g]	Kozí mléko [g/100]
Sušina celkem	12,7	12,5
Tuky	3,7	3,8
Kasein	2,6	4,7
Syrovátkové bílkoviny	0,6	0,4
Laktosa	4,8	4,1
Popeloviny (minerální látky)	0,7	0,8

3.4.1 Sacharidy

Podstatnou složkou mléka jsou sacharidy, zastoupené především disacharidem laktosou. Jedná se o dva monosacharidy, D-glukosu a D-galaktosu, spojené k sobě β -1,4 glykosidickou vazbou. Jedná se o opticky aktivní redukující disacharid, který snadno podléhá oxidaci. Optickým izomerem laktosy je laktulosa, která má své využití především ve farmaceutickém průmyslu (Park 2019). Laktosa je považována za prebiotickou molekulu, jelikož podporuje prospívání bifidokterií a napomáhá vstřebávání vápníku a vitamínu D (Renhe et al. 2018).

Sacharidy tvoří důležitý zdroj energie a hrají klíčovou roli v celkové struktuře mléka, což se následně promítá i v jeho chuti a konzistenci. Kromě laktosy obsahuje mléko i další sacharidy, ovšem ve výrazně menším procentuálním zastoupení. Jedná se o nejrůznější oligosacharidy, glykopeptidy, glykoproteiny či nukleotidy (Nayik et al. 2022).

Ve srovnání s kravským mlékem vykazuje obsah sacharidů v mléce kozím určité variace, které mohou být určující při posuzování vhodnosti zařazení kozího mléka do různých diet či při zakládání stravovacích návyků pacientů s určitými výživovými potřebami (Nayik et al. 2022).

Mléčný cukr v kravském mléce zaujímá zhruba 4,8 % hmotnosti, v kozím pak o něco méně jak vyplývá ze srovnání složení obou mlék v Tabulce 1. Proto není kozí mléko vhodnou alternativou pro pacienty trpící laktosovou intolerancí, jelikož laktosa je majoritním sacharidem i kozího mléka. V mateřském mléce se procento obsahu sacharidů pohybuje okolo 6 % (Nayik et al. 2022).

3.4.2 Tuky

Emulzní fázi mléka představuje tukový komplex formující se do tukových kuliček s průměrem oscilujícím mezi hodnotami od 0,1 do 20 μ m. Mléčný tuk se dá z mléka snadno

izolovat odstředěním. Po proběhnutí tohoto procesu se získá mléčná plazma, která odpovídá kontinuální fázi, v níž je mléčný tuk emulgován. Základní vlastností tuku v mléce, stejně jako v jakékoliv jiné potravíně, je jeho role nositele chuti (Renhe et al. 2018).

Tuková kulička je základní stavební jednotka tuku v mléce. Jedná se o útvar skládající se ze dvou částí. Hydratační obal v podobě lipidové dvouvrstvy povrchově aktivních látek zamezuje slévání tukových kuliček do jednolitě vrstvy. Ta by jinak plavala na hladině mléka, jelikož tuk má nižší hustotu než voda. Tekuté jádro tukové kuličky se skládá převážně z nepolárních triacylglycerolů, diacylglycerolů a monoacylglycerolů. Dále je zde možné nalézt volné mastné kyseliny, steroly a karotenoidy. Tato komplexní struktura určuje chemické a fyzikální vlastnosti mléka, především tedy jeho tukové fáze, což má významný vliv na celkovou sensorickou kvalitu mléka a mléčných produktů (Nayik et al. 2022).

Velikost tukových kuliček v mléce je v různých typech mléka různá. Lze ale najít poměrně přirozenou souvislost mezi velikostí zvířete a velikostí tukových kuliček v jeho mléce. Průměrně se udává průměr tukových kuliček ovčího mléka 3,30 μm , kozího 3,49 μm , kravského 4,55 μm a buvolího 5,92 μm . Menší tukové kuličky se v mléce lépe rozptýlí a tvoří tak homogennější tukovou směs, což poskytuje trávicímu enzymu lipase větší plochu pro působení. Díky tomu jsou tyto malé kuličky lépe stravitelné, právě pro jejich lepší dostupnost pro enzymy. Tuk kozího mléka má výrazně vyšší obsah mastných kyselin s krátkým i středně dlouhým řetězcem než kravské nebo mateřské mléko, což se využívá pro léčbu pacientů s malabsorpcí tuků (Park 2019).

Vyšší obsah mastných kyselin se středně dlouhým řetězcem napomáhá i lepší stravitelnosti tukových kuliček, jelikož tento typ organických látek se nejlépe vstřebává pasivní difusí z trávicího traktu do krevního oběhu. Porovnání průměrného obsahu mastných kyselin se středně dlouhým řetězcem v kozím a kravském mléce je znázorněno v Tabulce 2, ze které jasně plyne vyšší saturace kozího mléka těmito látkami (Ceballos et al. 2009).

Tabulka 2 Průměrný obsah mastných kravského a kozího mléka (Ceballos et al. 2009)

	Kravské mléko	Kozí mléko
Mastná kyselina	[mg/100g]	[mg/100g]
C6:0 kapronová	77,86	171,7
C8:0 kaprylová	57,80	192,2
C10:0 kaprinová	114,9	579,1
C12:0 laurová	130,9	232,6
C14:0 myristová	384,4	518,6
C16:0 palmitová	1103	1341
C18:0 stearová	378,3	493,6
C18:1 olejová cis/trans	742,7/55,75	1246/19,22
C18:2 linolová	82,31	142,4
SFA (nasyčené mastné kyseliny)	2436	3683,1
MUFA (mononenasyčené)	874,3	1342,7
PUFA (polynenasycené)	109,3	213,3

3.4.3 Bílkoviny

Koloidní fázi mléka pak tvoří bílkoviny, jimiž jsou především syrovátkové bílkoviny a kaseinové bílkoviny ve formě micel. Mléčné sérum je definováno jako zbytek po odstranění kaseinových micel a tuku. Jednodušeji jej lze nazvat také syrovátka. Proto můžeme bílkoviny vyskytující se v mléčném séru nazvat jak sérové, tak i syrovátkové. Tato dvojí terminologie umožňuje popisovat tyto bílkoviny z různých úhlů pohledu. Trávením syrovátkových a kaseinových bílkovin se uvolňují tělu prospěšné bioaktivní peptidy (Kamiński et al. 2007).

Obecně zaujímají bílkoviny v kravském mléce průměrně 3,5 % hmotnosti. Z tohoto množství zaujímá kasein zhruba 80 % a syrovátkové bílkoviny zbylých 20 %, v kozím mléce je tento poměr mírně posunutý na 75 % bílkovin kaseinových a 25 % syrovátkových. V mlécích jednotlivých savců tento poměr více či méně kolísá, obecně ale platí pravidlo, že kaseinové bílkoviny zaujímají větší procentuální zastoupení z celkového obsahu bílkovin v daném mléce. Tato nerovnováha přispívá k unikátním vlastnostem mléka, což má pak důsledek ve způsobu průmyslového zpracování a výrobě produktů z něj, a s optimalizací sensorických a nutričních vlastností vyrobených produktů (Bernacka 2011).

3.4.3.1 Kaseiny

Majoritní část koloidní fáze mléka tvoří micely kaseinu, které se skládají ze čtyř různých typů kaseinových bílkovin, tedy α_{S1} - a α_{S2} -kaseinu, β -kaseinu a κ -kaseinu. Obsahy jednotlivých typů se liší v kravském a kozím mléce z mnoha příčin. Porovnání obsahových hodnot pro kozí a kravské mléko je uvedeno v Tabulce 3 (Ceballos et al. 2009).

Kvůli nejednotné velikosti kaseinových micel se tyto útvary nazývají podjednotky nebo shluky propojené fosforečnanem vápenatým (Renhe et al. 2018). Na rozdíl od syrovátkových bílkovin je kasein tráven výrazně pomaleji, jelikož po kontaktu s kyselým prostředím žaludku zgelovává. Kaseiny se totiž vyznačují srážlivostí při hodnotě pH 4,6, jež odpovídá hodnotě izoelektrického bodu kaseinu. Díky koagulačnímu procesu se veškeré živiny navázané na kasein tráví důkladněji. Jedná se primárně o aminokyseliny a minerální látky jako je vápník a fosfor. Tyto složky podporují například kvalitu kostí a pojivových tkání. Kaseiny jsou pro člověka nezbytnou součástí stravy, jelikož obsahují všechny esenciální aminokyseliny pouze s výjimkou cysteinu. Jsou klasifikovány jako vysoce kvalitní bílkovinný zdroj s vysokou stravitelností a biologickou dostupností (Kim 2020).

Téměř 30 % celkových mléčných bílkovin zaujímá β -kasein, u kterého došlo v kravském mléce k různorodým mutacím vedoucím ke 13 genetickým variacím. První dvě se vyskytují nejčastěji a liší se podle přítomnosti aminokyselin prolinu a histidinu na 67. pozici kaseinu. Tento jediný aminokyselinový rozdíl má za následek změnu funkčnosti bílkovin, enzymatickou a kyselou hydrolýzu a uvolnění bioaktivních peptidů, které by mohly mít potenciální vliv v lidské výživě i v rámci dalšího zpracování mléka (Juan et al. 2022).

Avšak i přes řadu pozitivních vlastností představuje kasein pro některé spotřebitele nepříjemnou překážku při konzumaci mléka a výrobků z něj. Konkrétně kasein typu α_{S1} je hlavním alergenem v případě alergie na mléčnou bílkovinu. Zároveň se jedná o nejzastoupenější bílkovinu v mléce. Osobám trpícím touto alergií působí konzumace potravin obsahující mléko zdravotní potíže, a proto se mléku a mléčným výrobkům snaží vyvarovat.

Toto vylučování potravin ovšem komplikuje dodržení příjmu minimálních doporučených dávek všech živin potřebných pro zachování adekvátní výživy člověka a nutí lidi k suplementaci některých nutrientů, které by jinak snadno doplňovali právě konzumací mléka. Z Tabulky 3 může být patrné, že kozí mléko obsahuje této problematické bílkoviny daleko menší množství než mléko kravské. Proto se někdy označuje kozí mléko za hypoalergenní pro pacienty trpící alergií na mléčnou bílkovinu. Díky nižšímu obsahu α_{S1} -kaseinu nenastává alergická reakce v takové míře a pacient může konzumovat mléčné výrobky z tohoto mléka (Ceballos et al. 2009).

Tabulka 3 Obsah kaseinových bílkovin kravského a kozího mléka (Ceballos et al. 2009)

	Kravské mléko	Kozí mléko
Bílkovina	[g/100g]	[g/100g]
α_{S1} -kasein	30,8	18,9
α_{S2} -kasein	7,50	8,52
β -kasein + κ -kasein	44,4	55,3
Kaseinové bílkoviny celkem	82,7	82,7

3.4.3.2 Syrovátkové bílkoviny

Syrovátkové bílkoviny jsou ve vodě rozpustnější než kaseinové, navíc podléhají tepelné denaturaci. Dělí se na hlavní a vedlejší frakce, přičemž každá má jinou molekulovou hmotnost a klíčový význam pro celý metabolismus (Renhe et al. 2018).

Mezi hlavní syrovátkové bílkoviny se řadí α -laktalbumin, β -laktoglobulin, imunoglobuliny, sérový albumin a glykomakropeptid. Jako vedlejší frakce se označuje lysozym, β -mikroglobulin, enzym laktoperoxidasa, laktoferrin a další minoritní bílkoviny (Bezpečnost potravin, MZe).

I tyto složky se liší obsahovým zastoupením v mléce kravském a kozím. Tyto obsahy jsou uvedeny do porovnání v Tabulce 4, kde již první bod uvádí rozdíl v celkovém zastoupení syrovátkových bílkovin na litr daného mléka. Jelikož celkově jich je v kozím mléce méně než v kravském, jsou i hodnoty u jednotlivých typů nižší v kozím mléce než v kravském (Papademas & Kotsaki 2019).

Syrovátkové bílkoviny jsou výborným zdrojem aminokyselin obsahujících síru, které prokazatelně udržují hladinu antioxidantů v těle. Jedna z dominantních syrovátkových bílkovin, konkrétně β -laktoglobulin tvořící zhruba 50 % obsahu z celkových bílkovin syrovátky, je navíc velmi dobrým zdrojem esenciálních aminokyselin s rozvětveným řetězcem. Tyto látky jsou nezbytné například pro osoby s jaterními abnormalitami. Byl zaznamenán i pozitivní vliv konzumace syrovátky při jaterní cirrhóze (Tariq et al. 2013).

Tabulka 4 Obsah syrovátkových bílkovin v kravském a kozím mléce (Papademas & Kotsaki 2019)

	Kravské mléko	Kozí mléko
Bílkovina	[g/l]	[g/l]
Syrovátkové bílkoviny celkem	7,00	5,50
α -laktalbumin	1,35	0,85
β -laktoglobulin	3,60	2,30
Imunoglobulin A	0,14	0,06
Imunoglobulin M	0,05	0,03
Imunoglobulin G	0,59	0,25
Laktoferrin	0,10	0,12
Lysosym	0,001	0,00025

3.4.4 Minerální látky a vitaminy rozpustné v tucích

Mléko a výrobky z něj představují v mnoha zemích Evropy jeden z předních zdrojů příjmu minerálních látek. Obsah hlavních a stopových prvků v mléce však není stálý a přímo závisí na obsahu jednotlivých prvků v půdě, na které se zvíře pase, a čím je krmeno. Obsah minerálních látek v mléce je ovlivněn také tepelným ošetřením mléka. Často má syrové mléko vyšší obsah minerálních látek než mléko zpracované jako konzumní. Tento trend se netýká železa, zde se obsah tepelným ošetřením naopak zvyšuje (Zamberlin et al. 2012).

Minerální látky jsou v mléce přítomny ve formě anorganických iontů a solí a nebo jsou součástí organických molekul. V tomto případě se jedná především o bílkoviny a tuky. Rozložení hlavních prvků v mléce mezi rozpustnou a micelární fázi určuje nejen nutriční hodnotu mléka, ale i stabilitu koloidní disperze. Rovnováha v mléce mezi solemi vápníku a fosforu může být ovlivněna různými technologickými procesy, zahrnujícími změnu pH, teploty, tlaku nebo koncentrace. Z Tabulky 5 je patrné, že vápník se vyskytuje více v kozím mléce. Porovnány jsou i ostatní minerální látky vyskytující se v obou typech mléka (de la Fuente et al. 2015).

Obsah minerálních látek se mění také pokud dojnice trpí mastitidou, jelikož se prudce zvyšuje koncentrace sodných a chloridových iontů. Minerální látky se dají poměrně jednoduše rozdělit na difúzní a nedifúzní. Mezi difúzní řadíme především sodík, draslík a chloridy. Vápník, anorganické fosforečnany a hořčík jsou většinou vázány na kaseinové micely (Gaucheron 2005).

Díky obsaženému tuku lze v mléce identifikovat vitaminy A, D, E a K. Lipofilní vitaminy jsou klíčové pro fungování organismu, jelikož se podílí na mnoha fyziologických procesech. Příkladem může být vitamin K výrazně napomáhající srážení krve, nebo vitamin D regulující mineralizaci kostí. Avšak pro optimální výživu novorozenečků mláďat jsou klíčové všechny složky mléka, minerální látky navíc i pro stabilitu kaseinových micel, čímž přispívají k udržení jejich struktury. Jedná se především o vápenaté, hořečnaté, draselné a sodné kationty, anorganické fosforečnany a chloridové, citrátové a dusičnanové anionty. Jelikož je mléko dobrým zdrojem vitaminů skupiny B, je v Tabulce 5 proveden krátký souhrn na porovnání obsahu těchto vitaminů v kozím a kravském mléce (Cashman 2011).

Tabulka 5 Průměrný obsah minerálních látek a vitaminů v kravském a kozím mléce (Park 2019)

Nutrient	Kravské mléko	Kozí mléko
	[mg/100g]	[mg/100g]
Vápník	122	134
Hořčík	12,0	16,0
Draslík	152	181
Sodík	58,0	41,0
Fosfor	119	141
Chlor	100	150
Vitamin A	126	185
Vitamin B ₂	0,16	0,21
Vitamin B ₃	0,08	0,27
Vitamin B ₅	0,32	0,31
Vitamin B ₆	0,04	0,05
Vitamin B ₁₂ [μg]	0,36	0,07
Vitamin C	0,94	1,29
Vitamin D	2,00	2,30

3.5 Srážení mléka

Mléčné výrobky pomáhají lidem dodržet vyváženou stravu a doplňovat esenciální nutrienty napomáhající správnému fungování lidského organismu. V posledních letech se do trendů z více důvodů dostává snaha spotřebitelů suplementovat živiny získané z mléka rostlinnými alternativami. (Haug et al. 2007).

Produkce mléčných výrobků je založena na procesu koagulace kaseinových bílkovin, které se tímto procesem oddělí od syrovátkových bílkovin (Kim 2020).

Jednou z hlavních technologických vlastností mléka je jeho syřitelnost, čili schopnost srážet se syřidlem. Tato vlastnost se využívá při výrobě mnoha mléčných výrobků a je vysoce ceněná. Mléko se po reakci se syřidlem (často enzymového charakteru, například chymosin nebo pepsin) začne srážet a tvořit gel. Syřitelnost mléka je odvislá především od genotypu dojnice a jejího zdravotního stavu, výživy a stádia laktace. Důležitou roli při srážení mléka hraje také obsah kaseinu a jeho frakcí, dále závisí srážení i na obsahu kaseinových micel, jejich velikosti a stavu, obsahu a formy minerálních látek jako je vápník nebo fosfor, obsahu tuku, hodnotě pH a teplotě mléka, technologického ošetření, a v neposlední řadě na době skladování.

Existují dvě hlavní metody srážení mléka – srážení syřidlem a srážení kyselinou. Po srážení se od tuhé sýřeniny tvořené převážně kaseinovými bílkovinami odděluje tekutá složka, kterou je právě syrovátka. Srážení mléka syřidlem se označuje jako sladké srážení, použití kyseliny se naopak využívá pro srážení kyselé (Skryplonek et. al 2019).

3.5.1 Kyselé srážení

Pokud se kaseinové bílkoviny nachází v podmínkách kyselého pH, mizí odpudivá síla aniontů mezi molekulami, což má za následek jejich srážení. V případě dosažení hodnoty

pH 4,6 nastává rovnováha mezi karboxylovými anionty a amonnými kationty v mléčném roztoku, jinak známo také izoelektrický bod kaseinových bílkovin. Vzájemné navázání molekul kaseinu je příčinou sražení bílkovinných molekul v gel, což prodlužuje jejich vstřebávání (Skryplonek et al. 2019; Kim 2020).

K dosažení kyselého sražení mléka se nejčastěji používají organické kyseliny jako je kyselina citronová, octová nebo mléčná. Dalším způsobem je použití bakterií mléčného kvašení a jejich metabolitů při procesu fermentace. Tímto způsobem se vyrábí v potravinářském průmyslu měkké sýry jako je ricotta a cottage, ale také se tento způsob využívá k výrobě jogurtu řeckého typu nebo tvarohu. Se stále rostoucí poptávkou po těchto výrobcích stoupá také tlak na rozvoj inovativních metod zpracování kyselé syrovátky, která je nedílnou součástí tohoto procesu (Rocha-Mendoza et al. 2021).

3.5.2 Sladké sražení

Sražení mléka je možno dosáhnout také přidáním takzvaného syřidla. Syřidlem se nazývá činidlo enzymového charakteru, které má za úkol štěpit mléčné bílkoviny, konkrétně κ -kasein, za vzniku mléčné sraženiny. Působením enzymu se κ -kasein rozštěpí mezi 105. a 106. aminokyselinou, konkrétně fenylalaninem a methioninem. Tímto rozpojením dochází k uvolnění kaseinových molekul, jelikož právě κ -kasein tvoří obalovou vrstvu kaseinových micel, které se po uvolnění rovněž vysráží do vzniklé sýřeniny. Proteolýzou κ -kaseinu vznikají dva řetězce. První část s uhlíkovým koncem se nazývá κ -kaseinomakropeptid. Jedná se o hydrofilní peptid, který dále přechází do syrovátky, ve které se rozpouští. Zbylá část s dusíkatým koncem se nazývá para- κ -kasein a zůstává vázána v kaseinové sraženině. Odchod κ -kaseinomakropeptidu do mléčného séra vede k definitivnímu zhroucení kaseinových micel a vytvoření gelové substance zvané sýřenina. Touto metodou se vyrábí sýry jako je například cheddar nebo eidam (Horne & Lucey 2017; Skryplonek et al. 2019).

Nejčastěji používanými syřidly jsou trávicí enzymy pepsin a chymosin získávané ze sliznic žaludků hospodářských zvířat (prasata, ovce, skot). V první polovině 20. století začala stoupat poptávka po sýrech, a nebylo dostatečné nadále získávat chymosin pouze ze žaludeční fungují stejným principem, a vznikl takzvaný fermentací produkovaný chymosin (fermentation-produced chymosin, FPC). Hlavním FPC současnosti je chymosin B, podle kterého se měří syřitelnost ostatních syřidel (Horne & Lucey 2017).

3.6 Mléčná syrovátka

Syrovátka je vedlejším produktem při zpracování živočišného mléka na mléčné produkty. Tato poloprůhledná tekutina slané pachuti vzniká jako vedlejší produkt po ztuhnutí vyráběného mléčného výrobku. Charakteristická je pro syrovátku její zelenožlutá barva, která je dána přítomností vitamínu B₂ (riboflavinu). Používání syrovátky a syrovátkových výrobků lidmi se datuje od 70. let 20. století. Předtím byla považována za odpadní vedlejší produkt mlékárenského průmyslu zatěžující životní prostředí, a byla proto likvidována vypouštěním do řek v obrovském množství nebo zkrmována hospodářským zvířatům (Papademas & Kotsaki 2019; Rocha-Mendoza et al. 2021).

Mléčná syrovátka obsahuje většinu důležitých nutrientů mléka. Nejvíce ceněné jsou rozpuštěné bílkoviny, které si získávají stále větší pozornost ze strany běžné i zainteresované populace. Dále lze v mléčné syrovátce identifikovat poměrně vysoké procentuální zastoupení sacharidů, tuků, minerálních látek a vitaminů. Ačkoliv je mléčná syrovátka vedlejším produktem, disponuje veškerými esenciálními aminokyselinami nutnými pro optimální vývoj a prosperitu lidského organismu. V minulosti se syrovátka používala především jako univerzální lék na běžné nemoci, jak na gastrointestinální, tak i na problémy s pohybovým aparátem (Gupta & Prakash 2017).

Stále více se mluví o syrovátce jako o nízkokalorické tekutině s antioxidačními účinky. Některé sacharidové složky pocházející ze syrovátky vykazují probiotické vlastnosti. Mezi další pozitiva syrovátky nepochybně patří také antimikrobiální a imunostimulační vlastnosti, regulace pocitu sytosti, snižování krevního tlaku a prevence kardiovaskulárních onemocnění a osteoporózy, příznivý vliv na činnost střev, a dokonce i potenciální protirakovinné účinky (Skryplonek et al. 2019).

Syrovátku jako produkt lze konzumovat v tekuté podobě nebo dehydratovanou. Dále se ze syrovátky dají izolovat i její jednotlivé složky. Izolace složek se docílí procesem zvaným ultrafiltrace. Vzniklý syrovátkový izolát je koncentrovaný produkt bohatý na bílkoviny. Obsahuje až 95 % syrovátkových bílkovin, což z něj činí atraktivní surovinu v odvětví potravinářství, ale také pro potřeby farmaceutického a kosmetického průmyslu. V posledních letech se syrovátka těší zvýšené pozornosti především jedinců zajímajících se o výživu ve sportu, kde představuje cenný zdroj látek podporujících posílení svalové hmoty, ale také regeneraci (Bezpečnost potravin, MZe).

Mléčnou syrovátku lze dále upravovat dle dalšího účelu jejího dalšího použití, například demineralizací procesem separace minerálních látek. Příklady některých využívaných syrovátkových produktů a jejich funkční vlastnosti jsou uvedeny v Tabulce 6. Pro vyšší vodnatost způsobenou nízkým obsahem kaseinu a pevných částic se upřednostňuje vysušení na prášek a další úprava obsahu jednotlivých nutrientů průmyslově. Syrovátka se sníženým obsahem laktosy, neboli minerálně koncentrovaná syrovátka, je tmavší smetanové barvy. Vyrábí se sušením již zpracované syrovátky za účelem snížení obsahu laktosy (Tariq et al. 2013).

Hlavní vliv na složení syrovátky má samozřejmě druh zvířete, proto se kozí a kravská syrovátka od sebe liší v mnoha aspektech. Především se jedná o spektrum aminokyselin v jednotlivých syrovátkách (Dinkçi et al. 2023)..

Kozí syrovátka je obsahově bohatší na oligosacharidy než ta z kravského mléka. Příkladem by se dala uvést sialinová kyselina, která napomáhá rozvoji mozkových buněk dětí v kojeneckém věku a je obsažena v kozí syrovátce výrazněji jak v kravské nebo ovčí. Stejně tak je kozí syrovátka i bohatší na nukleotidy (a jiné dusíkaté látky nebílkovinné povahy) nebo esenciální aminokyseliny (Dinkçi et al. 2023).

Tabulka 6 Průměrné poměrové složení syrovátkových produktů a jejich vlastnosti
(Yalcin 2006)

Produkt	Obecné složení	Funkční vlastnosti
Sušená sladká syrovátka	Bílkoviny 11 – 14,5%	Horší zdroj bílkovin
	Laktosa 63 – 75%	Mléčná příchut'
	Tuk 1 – 1,5%	Rozpustnost
	Popeloviny 8,2 – 8,8%	Disperze
	Vlhkost 3,5 – 5%	
Sušená kyselá syrovátka	Bílkoviny 11 – 13,5%	Horší zdroj bílkovin
	Laktosa 61 – 70%	Mléčná příchut'
	Tuk 0,5 – 1,5%	Rozpustnost
	Popeloviny 9,8 – 12,3%	Disperze
	Vlhkost 3,5 – 5%	
WPC34	Bílkoviny 34 – 36%	Zdroj bílkovin
	Laktosa 48 – 52%	Slabá mléčná příchut'
	Tuk 3 – 4,5%	Emulgace
	Popeloviny 6,5 – 8%	Rozpustnost
	Vlhkost 3 – 4,5%	Vývoj barvy a chuti
WPC80	Bílkoviny 80 – 82%	Výborný zdroj bílkovin
	Laktosa 4 – 8%	Emulgace
	Tuk 4 – 8%	Šlehání
	Popeloviny 8,2 – 8,8%	Vaznost tuku a vody
	Vlhkost 3,5 – 4,5%	Tepelné tuhnutí/gelovatění Rozpustnost
Syrvátkový bílkovinný izolát	Bílkoviny 90 – 92%	Výborný zdroj bílkovin
	Laktosa 0,5 – 1%	Rozpustnost
	Tuk 0,5 – 1%	
	Popeloviny 2 – 3%	
	Vlhkost 4,5%	

3.6.1 Kyselá syrovátka

Výroba kyselé syrovátky v posledních letech stoupá z důvodu stále se zvyšujícího zájmu o řecký jogurt a sýry vznikající kyselým srážením mléka. Kyselá syrovátka je vedlejší produkt mléčného průmyslu, pro který se dlouho hledalo udržitelné využití. Množství vzniklé kyselé syrovátky spojené s provozem mlékáren vedlo k rostoucímu výzkumu, jak tuto látku zhodnotit namísto její likvidace (Rocha-Mendoza et al. 2021).

V současné době je další zpracování výrazně komplikováno jejím chemickým složením. Pro vysoký obsah kyseliny mléčné je rozprášení suché kyselé syrovátky v podstatě nemyslitelné, jelikož laktosa je přítomna ve své krystalické formě, navíc je hodnota pH kyselé syrovátky poměrně dosti nízká. Dalším faktorem znemožňujícím tento postup likvidace je vysoký obsah vápenatých a fosforečnanových iontů, který přispívá k snadnému zanášení zařízení (Rocha-Mendoza et al. 2021).

Ačkoliv moderní výzkum ukázal celou řadu možností dalšího zpracování kyselé syrovátky, neexistuje dosud žádný ucelený přehled o jejím složení, využití a zdravotních přínosech, jelikož veškeré závěry jsou zatím pouze předběžné. Doposud se mluvilo o kyselé syrovátce především jako o možné výchozí surovině pro výrobu fermentovaných nápojů nebo jako o médiu pro kultivaci bakterií mléčného kvašení jako náhrada komerčních médií. Dále by bylo teoreticky možné kyselou syrovátku využít pro izolaci laktosy a minerálních látek. Kyselá syrovátka má slibné využití v souvislosti s podporou lidské imunity pro své antibakteriální účinky, léčivé vlastnosti týkající se kognitivního vývoje dětí a benefitů pro zdraví střevního mikrobiomu lidí (Rocha-Mendoza et al. 2021).

3.6.2 Sladká syrovátka

Srážení syřidlem je šetrnější ke složkám vznikající syrovátky, proto se sladká syrovátka používá v potravinářství s daleko větší oblibou než kyselá. Hlavní komponenty sladké syrovátky se dostávají skrz prostředí žaludku a tenkého střeva až do tlustého střeva, kde se uplatní jejich biologický efekt. Obecně mají složky sladké syrovátky celou řadu zdraví prospěšných vlastností, a i proto se sladká syrovátka stále více zpětně dodává do mléčných výrobků, ze kterých se srážením izoluje v rámci výrobního procesu (Gupta & Prakash 2017).

Při hodnocení vysušené koncentrované kyselé a sladké syrovátky se sladká syrovátka ukázala být obsahově bohatší na laktosu a syrovátkové bílkoviny. Tato skutečnost může být jedním z faktorů, proč se sladká syrovátka upřednostňuje k dalšímu zpracování narozdíl od kyselé. Studie také potvrdila pozitivní vliv adice syrovátky do těsta na pečení pro obohacení výrobků o řadu minerálních látek. Udává, že 50 gramů sušené sladké syrovátky obsahuje 31 % doporučené denní dávky zinku, 18 % DDD draslíku, 15 % DDD hořčíku, 14 % DDD sodíku, 13 % DDD vápníku a 5 % DDD mědi (Alsaed et al. 2013).

3.6.3 Nejcennější nutrienty mléčné syrovátky

Složení syrovátky se mění v závislosti na faktorech jako je druh a plemeno zvířete, fáze laktace, krmivo a způsob získávání syrovátky z mléka. Přibližné složení hlavních minerálních látek je znázorněno v Tabulce 7 formou srovnání obsahu těchto nutričních složek v kravském a kozím mléce. Ze srovnání plyne, že kozí mléko je těmito látkami saturováno ve vyšší míře než kravské.

Nejvýraznější složkou syrovátky je nepochybně voda, jež zaujímá až 94 % obsahu. Ve zbývajících několika procentech pak lze identifikovat laktosu, syrovátkové bílkoviny, lipidy, minerální látky, aminokyseliny včetně všech esenciálních a vitaminy skupiny B. Vysoký obsah vody je hlavní příčinou vysoké kazivosti syrovátky, a proto se syrovátka nejčastěji používá dehydratovaná ve formě sušené syrovátky (Campos et al. 2022).

Mléčná syrovátka obsahuje zhruba 50 % nutričních složek mléčné sušiny. Její složení se značně odvíjí od složení mléka, ze kterého se syrovátka získává, a procesu jeho zpracování. Například syrovátka získaná z podmáslí se bude velmi výrazně lišit od syrovátky získané ze sýru (Yalcin 2006).

Všechny bílkovinné složky jsou v syrovátce přirozeně přítomné. Jedinou výjimkou je κ -kaseinomakropeptid, jelikož do syrovátky přechází z kaseinu při srážení mléka v prvním kroku sladkého srážení (Papademas & Kotsaki 2019).

Tabulka 7 Průměrný obsah jednotlivých nutrientů ve sladké a kyselé syrovátce (Papademas & Kotsaki 2019)

Nutrient	Sladká syrovátka	Kyselé syrovátka
	[g/l]	[g/l]
Pevné látky celkem	67,0	67,0
Bílkoviny celkem	6,55	6,15
Laktosa	49,0	45,5
Mléčný tuk	0,33	0,30
Popeloviny (minerální látky)	5,10	7,70
Kyselina mléčná	2,00	6,40
Vápník	0,50	7,00
Fosfáty	2,00	3,50
Chloridy	1,10	1,10
Volné aminokyseliny celkem	0,13	0,45
Esenciální volné aminokyseliny	0,05	0,36

3.6.3.1 Laktosa

Nejčastěji získávanou složkou izolovanou ze syrovátky krystalizací je laktosa, jelikož tvoří až 70 % sušiny syrovátky. Zároveň je významným zdrojem energie ze syrovátky spolu s glukosou, galaktosou a dalšími oligosacharidy. Ze syrovátky, respektive z permeátu, může být izolována zpět krystalizací. Tepelným záhřevem se z laktosy stává laktulosa, která je hlavní promotérem růstu bifidobakterií. Jelikož má laktosa relativně nízkou sladivost, používá se s oblibou v potravinářském průmyslu, nejčastěji pekařském pro hnědé zbarvení krusty pekařských výrobků v důsledku Maillardových reakcí. Jako pomocná látka se používá také ve farmacii (Papademas & Kotsaki 2019).

Laktosu lze hydrolyticky štěpit zpět na glukosu a galaktosu. O štěpení laktosy se v trávicím traktu, konkrétně v tenkém střevě, stará enzym laktasa neboli β -galaktosidasa. Na principu štěpení glykosidické vazby laktosy fungují i takzvané bezlaktosové výrobky pro pacienty s laktosovou intolerancí. Jelikož štěpicí enzym neprodukuje vůbec anebo velmi málo, jsou nuceni vyhledávat potraviny se sníženým nebo nulovým obsahem laktosy. Bezlaktosové mléčné výrobky jsou ale i terčem zájmu lidí, kteří intolerancí laktosy netrpí, protože tyto výrobky jsou typické sladší chutí výrobku. Je to proto, že laktosa je již rozštěpená uměle na glukosu a galaktosu, a právě volná glukosa způsobuje vyšší sladivost těchto potravin. K vyšší atraktivitě bezlaktosového mléka může přispět i jeho tepelný záhřev, který dodá mléku karamelový nádech (Bernacka 2011).

Laktosa je důležitým prostředníkem v procesu trávení a rekonstrukce střevní mikroflóry v případě střevní infekce díky svému prebiotickému účinku a schopnosti snížení pH střeva, což je prevencí proti růstu patogenních bakterií. Dále pomáhá i s peristaltikou střev, jelikož z ní vzniká kyselina mléčná, která váže vodu a tím ovlivňuje objem vznikající stolice (Bezpečnost potravin, MZe).

3.6.3.2 Syrovátkové bílkoviny

Bílkoviny obsažené v syrovátce jsou v dnešní době vysoce ceněné především sportovci, jelikož zpomalují svalovou únavu a mají příznivý vliv na trávení. Jejich jedinečnost spočívá hlavně v tom, že obsahují veškeré esenciální aminokyseliny nutné pro syntézu kvalitních bílkovin, čímž podporují správnou funkci organismu. Pro své biologické a funkční vlastnosti se kromě sportovních výživových doplňků používají také v kojenecké výživě či specializovaných výrobcích pro kontrolu obezity, dále pak v přípravcích pro kontrolu výkyvů nálad a dalších klinických bílkovinných doplňcích (Gupta & Prakash 2017). Vysoce ceněným nutriem získávaným ze syrovátky jsou dále pro svou vysokou využitelnost organismem, snadnou stravitelnost a atraktivní složení. Ze syrovátky se izolují jako syrovátkový bílkovinný koncentrát (zkráceně WPC) tři typů odlišného značení podle odlišného obsahu bílkovin. WPC34 obsahuje 34 % bílkovin, analogicky pak WPC60 60 % a WPC80 80 % bílkovin (Królczyk et al. 2016). Průměrné složení a funkční vlastnosti kyselé a sladké syrovátky a jednotlivých koncentrátů a izolátu je znázorněno v Tabulce 8.

Tabulka 8 Průměrný obsah aminokyselin v kravském a kozím mléce (Haenlein 2004)

Esenciální aminokyselina	Kravské mléko [mg/100g]	Kozí mléko [mg/100g]
Tryptofan	46,0	44,0
Threonin	149	163
Isoleucin	199	207
Leucin	322	314
Lysin	261	290
Methionin	83,0	80,0
Cystin	30,0	46,0
Fenylalanin	159	155
Tyrosin	159	179
Valin	220	240

Jedinečnost syrovátkových bílkovin spočívá v jejich schopnosti zvyšovat hladinu glutathionu v různých látkách vyskytujících se ve tkáních a optimalizovat tak různé procesy imunitního systému. Úloha glutathionu v organismu je velmi důležitá, jelikož chrání buňky před poškozením infekcemi, toxiny, znečištěním nebo dokonce UV zářením. Celková funkce glutathionu v organismu je obecně role ústředního prvku antioxidačního obranného systému. Také proto je syrovátka mimořádně užitečná z hlediska zásobování těla touto (Gupta & Prakash 2017). Konzumace syrovátkových bílkovin je spojována se systémově příznivými účinky na spotřebitele zejména co se týče prevence a léčby metabolického syndromu často spojovaného s oxidačním stresem. Některé zdroje dokonce uvádí jejich vliv na regulaci růstu, diferenciaci a apoptosu nádorových buněk, čímž se řadí mezi potenciální léčiva zhoubných novotvarů (Campos et al. 2022).

Syrovátkové bílkoviny jsou nejbohatším přirozeným potravinovým zdrojem aminokyselin s rozvětveným řetězcem známými jako BCAA (z anglického branched chain amino acids). Právě tyto látky mají velmi výrazný význam pro sportovce, protože jsou přímo metabolizovány

do svalové tkáně. Jsou prvními aminokyselinami, které jsou využity při cvičení a odporovém tréninku, čili při aktivitách zaměřených na nárůst svalové hmoty. Speciálně syrovátkové bílkovinné koncentráty mají zvýšený obsah aminokyselin s rozvětveným řetězcem, v průměru okolo 20 gramů na 100 gramů bílkovin. Proto chrání tělo před ztrátou svalových bílkovin, podporují stavbu svalových buněk, zlepšují kontrolu hladiny glukosy v krvi a zvyšují pocit sytosti (Papademas & Kotsaki 2019).

Dominantní složkou syrovátkových bílkovin jsou esenciální aminokyseliny, které zaujímají zhruba 60 % celkového obsahu. Metoda používaná k přepočtení kvality bílkovin založená na potřebě aminokyselin v lidské výživě se nazývá bílkovinné aminokyselinové skóre korigované na stravitelnost, zkráceně PDCAAS z anglického Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score, které bylo schváleno USDA. Základní kritéria, která musí PDCAAS splňovat, je zahrnutí profilu esenciálních aminokyselin, přibližné složení dusíkatých látek a skutečná stravitelnost. Na základě této metody má mít ideální bílkovina hodnotu 1,0 a musí obsahovat všechny esenciální aminokyseliny potřebné pro výživu lidského těla.

Takovouto bílkovinou je například mléčný kasein. Sójová bílkovina nabývá hodnoty 0,99 a pšeničný lepek dosahuje hodnoty 0,25 (Tariq et al. 2013).

3.6.3.3 Bioaktivní peptidy

Jednou ze současně nejvíce studovaných složek mléčné syrovátky jsou bioaktivní peptidy, které se vyznačují celou řadou zdravotně prospěšných benefitů. Jako vynikající zdroj těchto látek se považují fermentované mléčné výrobky (například jogurt či podmáslí), jež si díky tomuto objevu získávají stále větší pozornost v celosvětovém měřítku (Yalcin 2006).

Dále se ze syrovátky získává izolát syrovátkových bílkovin, který má výjimečné funkční vlastnosti. Využívá se například jeho emulgačních, želírovacích a pěnivých účinků. Permeát z výroby syrovátkového bílkovinného koncentrátu a syrovátkového bílkovinného izolátu obsahuje především laktosu a popeloviny. Rozprašováním se vysouší do pevného skupenství, které je, stejně jako mléčné soli, jedinečným zdrojem minerálních látek. Používá se poté jako přísada do krmiv a potravinářských aditiv, kde může částečně suplementovat živočišné bílkoviny (Guo & Wang 2019).

3.6.4 Syrovátka z kozího mléka

Vzhledem k nízké atraktivitě kozího mléka se kozí syrovátka z průmyslového zpracování vyřazuje a je o ní k dispozici jen velice málo informací.

Kvalita syrovátky se odvíjí od způsobu zpracování a ošetření mléka a procesu srážení, především záleží, jestli bylo mléko syrové nebo bylo pasterizováno.

Ačkoliv má kozí syrovátka prokazatelně vyšší obsah α -laktalbuminu, zkrmuje se často hospodářským zvířatům jako doplněk stravy ke krmivu nebo se rovnou likviduje (Pandya & Ghodke 2007).

Jelikož je kozí syrovátka vedlejší mléčný produkt zvířete, jehož spotřeba mléka je méně koncepční, je nutné, aby byla zajištěna bezpečnost její konzumace spotřebitelem. Z tohoto důvodu je také potřeba zkoumat potenciální toxicitu jednotlivých jejích složek, stejně jako funkční vlastnosti obsažených bílkovin při provádění antibakteriálních testů prováděných

při zjišťování jejich využití v potravinářském průmyslu jako náhrady za syntetické chemické přísady (Campos et al. 2022).

V současné době se z kozí syrovátky vyrábí celá řada výrobků, mezi nimi například ochucené syrovátkové nápoje, žvýkací tablety, syrovátkový proteinový koncentrát a doplňky stravy pro sportovce (Ribeiro & Ribeiro 2010).

3.7 Využití mléčné syrovátky

Dříve představovala syrovátka pro mlékárenské závody problém. Nebyl znám způsob její recyklace, a tak se odstraňovala spolu s odpadními vodami, což představovalo hrozbu pro ekosystém kvůli organickým sloučeninám nacházejícím se v syrovátce.

V současné době lze zpracovávat syrovátky z valné většiny mlék využívaných v mlékárenském průmyslu. Syrovátka a přípravky z ní se používají především jako náhražky jak pro svoje příznivé účinky na zdraví, tak i pro nízkou nákladovost surovin. Nejčastěji se syrovátka používá jako částečná nebo úplná náhrada sušeného mléka (Królczyk et al. 2016).

Na základě pozitivních účinků mléčné syrovátky na zdraví lidí byly objeveny a vyrobeny nové výrobky založené na syrovátce, což vedlo k minimalizaci celkového odpadu mlékárenského průmyslu a větší šetrnosti k životnímu prostředí. Trendem současnosti jsou především syrovátkové nápoje a sušená syrovátka, ale mléčná syrovátka má své uplatnění v mnoha jiných potravinářských průmyslech (Papademas & Kotsaki 2019).

Vzhledem ke svým výjimečným nutričním benefitům a rostoucí popularitě mezi spotřebiteli se řada potravinářských výrobků začíná vyrábět na bázi syrovátky. Protože je tekutá, je přirozeným krokem použít ji jako surovinu pro výrobu fermentovaných i nefermentovaných mléčných nápojů. Ukázala se být také ideálním médiem pro kultivaci jogurtových a probiotických bakterií z rodů *Lactobacillus* a *Bifidobacterium*, či bakterií pro výrobu kefiru. Jelikož při výrobě kyselé syrovátky dochází v rámci procesu k usmrcení veškerých bakterií, používá se v potravinářství spíše syrovátka sladká, jelikož obsahuje i probiotické bakterie prospěšné pro lidské zdraví. Složky syrovátky stimulují růst a prospívání probiotických bakterií, dále zlepšují růst a přežívání bakterií mléčného kvašení v trávicím traktu. Probiotické vlastnosti syrovátky podporují stimulaci imunitního systému, snižování krevního tlaku a hladiny cholesterolu v krvi a mimo jiné i riziko vzniku rakoviny. Přípravky na bázi syrovátky se často používají jako doplněk dětské výživy pro novorozence a batolata. Tyto potravinové náhražky cílí na podobný poměr kaseinových a syrovátkových bílkovin jako mateřské mléko a obsahují všechny esenciální aminokyseliny. Bylo zjištěno, že mléčná syrovátka obsahuje pouhý zlomek procenta fenylalaninu oproti obsahu v mateřském mléce, takže tyto alternované výrobky neohrožují děti se sklonem k fenylketonurii (Królczyk et al. 2016).

Syrovátka a syrovátkové složky obsahují hodně cenných minerálních látek, které pomáhají funkční vlastnosti syrovátkových proteinů. Dále je vynikajícím zdrojem vitaminů skupiny B a samozřejmě syrovátkového proteinu, který je stále důležitější složkou lidské výživy. Zařazení syrovátkových bílkovin jako přísady do potravin výrazně zvedá výživovou hodnotu daných potravin díky vysokému obsahu minerálních látek, které zajišťují syrovátce (respektive syrovátkovým bílkovinám) její funkční vlastnosti (Tariq et al. 2013).

Nezpracovaná syrovátka nebývá pro spotřebitele příliš atraktivní pro její senzoričké vlastnosti, především nakyslou mírně slanou pachů. Pro svou vodnatost způsobenou nízkým obsahem kaseinu a pevných částic není ani příliš atraktivní pro zpracovatelský průmysl. Ke zlepšení těchto strukturních vlastností se doporučuje kombinace syrovátky s kondenzovaným či sušeným mlékem. Přesto se používá jako obohacující složka potravin, ze kterých často dělá funkční potraviny. Probiotické mléčné výrobky jsou významnou skupinou funkčních potravin, jejíž poptávka na trhu v posledních letech celosvětově stoupá.

Obecně platí, že kyselá syrovátka je méně vhodná k dalšímu zpracování pro vyšší koncentraci kyseliny mléčné, nižší pH a vyšší koncentraci minerálních látek (Skryplonek et al. 2019).

3.7.1 Syrovátka v masném průmyslu

Masné a mléčné výrobky byly považovány za dva nejdůležitější zdroje bílkovin pro člověka od nepaměti. Jedná se o tradiční zdroje živočišných bílkovin v lidské stravě. Složky mléka (zejména mléčné bílkoviny) mohou hrát roli i ve stabilizaci masných výrobků. Nejlepším zdrojem mléčných bílkovin se ukázala být mléčná syrovátka (Pame et al. 2020).

Co se týče masného průmyslu, nejvíce se zde uplatňuje sušená sladká syrovátka, všechny syrovátkové bílkovinné koncentráty (WPC s obsahem bílkovin od 34 do 80 %), syrovátkový bílkovinný izolát (WPI s obsahem bílkovin více než 90 %), syrovátka se sníženým obsahem laktosy, laktosa samotná a demineralizovaná syrovátka. Tyto látky se používají zejména při výrobě rozmělněných masných výrobků jako jsou párky, klobásy, mortadela, surimi a další.

Syrovátkové bílkoviny mohou částečně alternovat masové a sójové bílkoviny, stejně jako některé druhy pojidel, hydrokoloidy či modifikovaný škrob (Królczyk et al. 2016).

Klíčovou vlastností syrovátkových bílkovin používaných při zpracovávání masných výrobků, drůbeže a ryb je schopnost vázat vodu, čímž se zabraňuje ztrátě hmotnosti při tepelném zpracování a zároveň se zvyšuje šťavnatost finálního výrobku. Mimojiné usnadňuje krájení studených masných výrobků na plátky před jejich distribucí do prodejen.

S vazností vody přímo souvisí i viskozita syrovátky. Díky ní dochází ke zlepšení chuťových vjemů spotřebitele při konzumaci masných výrobků s přídavkem syrovátkových bílkovin.

Další z vysoce ceněných vlastností syrovátky je její rozpustnost. Syrovátkové bílkoviny se rozpouští v širokém rozptylu pH při hodnotách 2 až 10, což je ideální pro použití při injekci výrobků. Tato vlastnost je dobrým důvodem k preferenci jejího použití před kaseinátem sodným, který se rozpouští až při pH 5, nebo sójovým izolátem, který se rozpouští dokonce až při hodnotách pH nad 5,5.

Důležitou vlastností při výrobě jemně rozmělněných masných produktů je též schopnost bílkovin syrovátky tvořit stabilní emulze, zejména pokud kvalita použité suroviny není nejlepší. Zde mají syrovátkové bílkoviny potenciál úplně nahradit jiné používané emulgátory.

Přídavek syrovátkových bílkovin do masných výrobků také zlepšuje přilnavost těsta k porcím drůbežního masa a ryb. Dále mohou vykazovat antioxidační aktivitu, především ve výrobcích bohatých na tuky například ve vepřovém a lososím mase (Pame et al. 2020).

3.7.2 Syrovátka v pekařském a cukrářském průmyslu

Pro svou nízkou výrobní nákladovost jsou syrovátkové bílkoviny v kombinaci s vodou oblíbenou náhražkou vajec v pekařském průmyslu a cukrářství pro výrobu chleba, sušenek, dortů, koláčů, plev a dalších výrobků.

Bílkoviny jsou faktorem, který se markantně podílí na struktuře a chuti pečiva a cukrářských výrobků. Ingrediencí nejbohatší na bílkoviny v pekařském a cukrářském průmyslu jsou vejce. Jejich úplná náhrada syrovátkovými bílkovinami se však nedoporučuje, i když částečná alternace se z nutričního hlediska jeví jako výhodná. Výrobky, ve kterých byla vejce kompletně nahrazena směsí syrovátkových bílkovin s vodou, mají zpravidla sušší strukturu a horší chuťové vlastnosti.

Jedno slepičí vejce tvoří ze zhruba 76 % voda, proto se poměrně jednoduše dá připravit směs bílkovin syrovátky a vody pro alternaci vajec při výrobě pekařských a cukrářských výrobků. Udává se, že 100 gramů slepičích vajec odpovídá směs 15 gramů WPC80 se 75 gramy vody nebo 35 gramů WPC34 se 75 gramy vody (Królczyk et al. 2016).

3.7.3 Syrovátkové nápoje

Většina obchodních společností v současnosti preferuje vývoj syrovátkového prášku pro výrobu produktu syrovátkový nápoj. Dominují především bílkovinné koncentráty s obsahem až 80 % bílkovin a izoláty syrovátkových bílkovin s obsahem okolo 90 % bílkovin. Forma bílkovin v syrovátkovém nápoji je snadno vstřebatelná a stravitelná, a proto nabírají syrovátkové nápoje na popularitě mezi obyvatelstvem (Papademas & Kotsaki 2019).

Nejběžnějším způsobem výroby syrovátkových nápojů je odstranění přebytečné syrovátky při výrobě sýrů. Získaná tekutá syrovátka se dále filtruje, pasterizuje a fermentuje s požadovým kmenem bakterií. Obecně jsou preferovány mléčné výrobky obsahující probiotické bakterie kmenů *Lactobacillus spp.* a *Bifidobacterium spp.* Fermentované mléčné výrobky jsou pro spotřebitele přitažlivější, jelikož jsou výživné, zahání žízeň, mají nízký obsah kalorií a jsou méně kyselé. Bylo zjištěno, že sladká syrovátka se jeví chutnější než kyselé. Je to pravděpodobně proto, že jako produkt je sladká syrovátka čirší, a při dlouhodobém skladování tolik nesedimentuje jako syrovátka kyselé (Gupta & Prakash 2017).

Pro typickou pachut' syrovátky se nápoje běžně dochucují ovocnými sirupy, mlékem nebo mléčným permeátem. Odhaduje se, že ochucené syrovátkové nápoje budou v blízké budoucnosti zaujímat většinový podíl trhu s mléčnými výrobky a funkčními potravinami.

Hlavním problémem v průmyslu syrovátkových nápojů je sedimentace vyvolaná teplem, kterému lze předejít netermickým technologickým zpracováním. Toto použití se však musí dobře zvážit, jelikož jeho provedení je poměrně komplikované (Özer et al. 2021).

Další komplikací produkce fermentovaných syrovátkových nápojů je nízký obsah sušiny a kaseinu, a vysoký obsah vody. Právě vysoká vodnatost a velký objem produktů je příčinou jejich vysoké kazivosti a komplikované přepravy většího množství na delší vzdálenosti. Pro vyvážení tohoto negativa se syrovátka v potravinářských provozech kombinuje s čerstvým, kondenzovaným nebo sušeným mlékem (Dinkçi et al. 2023).

Syrovátkové nápoje s probiotickými vlastnostmi se dají užívat v rámci prevence proti vysokému krevnímu tlaku, pomáhají regulovat hladinu cholesterolu v krevním oběhu

a napomáhají stimulaci imunitního systému. Kromě toho ještě potenciálně mohou pomoci se snížením rizika vzniku karcinomů různě po těle (Skryplonek et al. 2019). Aby byly zajištěny terapeutické výsledky, je nutné, aby byly nápoje na bázi syrovátky obohaceny pouze specifickými životaschopnými probiotickými kmeny bakterií v dostatečném počtu a vědecky označeny příslušným označením (Gupta & Prakash 2017).

Nápoje na bázi syrovátky rapidně rostou na oblibě i díky současným trendům spojování různých typů diet se zdravým životním stylem. V tomto případě se jedná o dostání požadavku spotřebitelů na obsah bioaktivních molekul jako jsou vitaminy, minerální látky, antioxidanty, mastné kyseliny a vláknina. Zejména pak nápoje s přidanou hodnotou, speciálně se zvýšeným obsahem bílkovin, jsou velice atraktivní komoditou prodejních řetězců s tímto zbožím. Zároveň se syrovátkové nápoje ukázaly jako efektivní způsob pro příjem probiotických bakterií, což zajišťuje nadstandardní přísun živin, pokud jsou konzumovány v dostatečném množství. Při kombinaci syrovátkových nápojů se šťávami či prášky z různých druhů ovoce s funkčními vlastnostmi z důvodu přidání příchutě se stávají syrovátkové nápoje nevšedním doplněním jídelníčku o nespočet cenných živin (Dinkçi et al. 2023).

4 Závěr

Motivací pro zpracování této bakalářské práce bylo srovnání kozího a kravského mléka a syrovátek pocházejících z těchto potravin z hlediska kvality nutričního složení a z toho vyplývajících benefitů pro lidské zdraví. Práce byla zahájena s určitými předpoklady, které byly povětšinou potvrzeny, avšak přinesla i mnoho dalších zajímavých poznatků.

Hlavním předmětem zájmu byla především kozí syrovátka, avšak nedostatek informací o kozí syrovátce neumožnil provedení komplexního porovnání jejího složení se syrovátkou získanou z kravského mléka.

Kozí mléko vzešlo dle očekávání jako přípustnější variantou pro lidi trpící alergií na mléčnou bílkovinu, avšak nevhodné k podání pacientům intolerantním na mléčný cukr laktosu. Porovnání kravského a kozího mléka potvrdilo předpoklad o vyšší nasycenosti kozího mléka mastnými kyselinami a minerálními látkami, jako je vápník, draslík a hořčík a vitaminy rozpustné v tucích. Tato skutečnost souvisí s vyšší koncentrací mastných kyselin v kozím mléce.

Mléčná syrovátka vzniká srážením mléka v rámci procesu mlékárenské výroby. Bylo zjištěno, že pro kyselé srážení se nejvíce využívá organických kyselin. Jejich užití však vede ke zničení většiny probiotických organismů, a proto byla kyselá syrovátka vyhodnocena jako nevhodná k dalšímu zpracování v potravinářském průmyslu. Nicméně existují odborné studie navrhuující kyselou syrovátku využívat jako výchozí látku pro izolaci minerálních látek a laktosu, nebo jako kultivační médium pro pěstování mikroorganismů. Oproti tomu, sladká syrovátka vznikající při srážení mléka syřidlem, byla zhodnocena jako využitelnější. Doporučuje se její uplatnění jako aditivum do celé řady potravinářských výrobků, jelikož proces syření je šetrnější k probiotickým bakteriím. Dále byla sladká syrovátka zhodnocena jak organolepticky, tak i technologicky přijatelnější.

V rámci literární rešerše byly dále rozebrány výrobky založené na mléčné syrovátce. Bylo zjištěno, že nejčastějším způsobem zpracovávání syrovátky je její sušení na syrovátkový prášek. Odstraněním vody ze syrovátky se docílí vyšší koncentrace cenných látek, a zároveň se se vzniklou substancí lépe pracuje. Dle informací získaných z vědeckých studií bylo potvrzeno, že syrovátkové koncentráty a izoláty se využívají kromě mlékárenského průmyslu i v průmyslu masném, pekárenském a cukrářském. Další oblíbenou metodou zpracování syrovátky je varianta zachování její tekuté konzistence pro výrobu syrovátkových nápojů. Za zmínku stojí i studie zabývající se kojeneckou stravou, které naznačují, že dětská výživa na bázi syrovátky je vhodná i pro děti se sklonem k fenylketonurii díky sníženému obsahu fenylalaninu v syrovátce.

Obecně byla tato práce koncipována jako literární rešerše zabývající se prospěšnými vlastnostmi mléka a mléčné syrovátky. V budoucnosti by mohla sloužit jako potenciální podklad či inspirace pro čerpání informací a zdrojů k dalším pracem zabývajících se podobnou tematikou nebo pro vývoj nových produktů založených na mléčné syrovátce.

5 Literatura

- ALSAED, Ali K. et al. 2013. Characterization, concentration and utilization of sweet and acid whey. *Pakistan Journal of Nutrition*. Ammán. Jordánsko.
- ANAND, Sanjeev, KHANAL, Som Nath and MARELLA, Chenchaiyah. 2013. Whey and Whey Products. In : *Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health*. Jižní Dakota. Spojené státy americké
- BERNACKA, Henryka. 2011. Health-promoting properties of goat milk. *Medycyna Weterynaryjna*. Bydhošť. Polsko.
- Bezpečnost potravin. Ministerstvo zemědělství. Syrovátka ve výživě. Available from <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/syrovatka-ve-vyzive/> (accessed February 2024)
- CAMPOS, Maria Isabel Ferreira et al. 2022. Characterization of goat whey proteins and their bioactivity and toxicity assay. *Food Bioscience*. João Pessoa, Paraíba. Brazílie.
- CASHMAN, K. D. 2011. Milk Salts: Macroelements, Nutritional Significance. In : *Encyclopedia of Dairy Sciences: Second Edition*. Cork. Velká Británie.
- CEBALLOS, Laura Sanz et al. 2009. Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *Journal of Food Composition and Analysis*. Granada. Španělsko.
- DINKÇI, Nayil, AKDENİZ, Vildan and AKALIN, Ayşe Sibel. 2023. Probiotic Whey-Based Beverages from Cow, Sheep and Goat Milk: Antioxidant Activity, Culture Viability, Amino Acid Contents. *Foods*. Izmir. Turecko.
- GAUCHERON, Frédéric. 2005. The minerals of milk. *Reproduction Nutrition Development* 45. Francie.
- GUO, Mingruo and WANG, Guorong. 2019. History of whey production and whey protein manufacturing. In : *Whey Protein Production, Chemistry, Functionality, and Applications*. Vermont. Spojené státy americké.
- GUPTA, Charu and PRAKASH, Dhan, 2017. Therapeutic potential of milk whey. *Beverages*. Chicago. Spojené státy americké.
- HAENLEIN, G. F.W. 2004. Goat milk in human nutrition. In : *Small Ruminant Research*. 2004. Delaware. Spojené státy americké.
- HAMMAM, Ahmed R.A. et al. 2022. Goat Milk: Compositional, Technological, Nutritional and Therapeutic Aspects: A Review. *Asian Journal of Dairy and Food Research*. Tennessee. Spojené státy americké.
- HAUG, Anna, HØSTMARK, Arne T. and HARSTAD, Odd M. 2007. Bovine milk in human nutrition - A review. *Lipids in Health and Disease*. Askerhus. Norsko.
- HORNE, David S. and LUCEY, John A. 2017. Rennet-Induced Coagulation of Milk. In : *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: Fourth Edition*. Wisconsin. Spojené státy americké.
- KIM, Jooyoung. 2020. Pre-sleep casein protein ingestion: new paradigm in post-exercise recovery nutrition. *Physical Activity and Nutrition*. Spojené státy americké.
- KRÓLCZYK, Jolanta B. et al. 2016. Use of Whey and Whey Preparations in the Food Industry - A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. Opole. Polsko.

- LUND, Arab and AHMAD, M. Uhammad. 2020. Production potential, nutritive value and nutraceutical effects of goat milk. *Journal of Animal Health and Production*. Dubai. Spojené arabské emiráty.
- MAIJALA, Kalle. 2000. Cow milk and human development and well-being. *Livestock Production Science*. Helsinki. Finsko.
- MO, Ling et al., 2023. Goat and cow milk differ in altering the microbiota composition and neurotransmitter levels in insomnia mouse models. *Food and Function*. Chaj-nan. Čína.
- NAYIK, Gulzar Ahmad et al. 2022. Nutritional Profile, Processing and Potential Products: A Comparative Review of Goat Milk. *Awantipora*. Indie.
- PAME, Kuleswan et al., 2020. Utilization of Whey and Whey based Preparation in Processing and Development of Value Added Low-fat Meat Products. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. Jorhat. Indie.
- PANDYA, A. J. and GHODKE, K. M. 2007. Goat and sheep milk products other than cheeses and yoghurt. *Small Ruminant Research*. Ardahan. Turecko.
- PAPADEMAS, Photis and KOTSAKI, Paschalia. 2019. Technological Utilization of Whey towards Sustainable Exploitation. *Advances in Dairy Research*. Lemesos. Kypr.
- PARK, Young W. 2019. Goat Milk: Composition, Characteristics. In : *Encyclopedia of Animal Science*. Georgie. Spojené státy americké.
- RENHE, Isis Rodrigues Toledo et al., 2018. Physicochemical characteristics of raw milk. In : *Raw Milk: Balance Between Hazards and Benefits*. Guelph. Kanada.
- RIBEIRO, A. C. and RIBEIRO, S. D.A. 2010. Specialty products made from goat milk. *Small Ruminant Research*. Sao Paulo. Brazílie.
- ROCHA-MENDOZA, Diana et al. 2021. Invited review: Acid whey trends and health benefits. *Journal of Dairy Science*. Ohio. Spojené státy americké.
- SCHOLZ-AHRENS, Katharina E., AHRENS, Frank and BARTH, Christian A. 2020. Nutritional and health attributes of milk and milk imitations. *European Journal of Nutrition*. Wagenigen. Nizozemsko.
- SKRYPLONEK, Katarzyna, DMYTRÓW, Izabela and MITUNIEWICZ-MAŁEK, Anna. 2019. Probiotic fermented beverages based on acid whey. *Journal of Dairy Science*. Štětín. Polsko.
- TARIQ, Muhammad et al. 2013. Nutritional and therapeutic properties of whey. *Annals Food Science and Technology*. Láhaur. Pákistán.
- YALCIN, A. 2006. Emerging Therapeutic Potential of Whey Proteins and Peptides. *Current Pharmaceutical Design*. Istanbul. Turecko.
- ZAMBERLIN, Šimun et al. 2012. Mineral elements in milk and dairy products. *Mljekarstvo*. Záhřeb. Chorvatsko.

6 Seznam použitých zkratk a symbolů

GABA = gama-aminobutyric acid = γ -aminomáselná kyselina

DDD = doporučená denní dávka

WPC = whey protein concetrate = koncentrát syrovátkových bílkovin

WPI = whey protein isolate = izolát syrovátkových bílkovin

