

# Využití mléčných koncentrátů a izolátů v potravinářském průmyslu

Aneta Janalíková

---

Bakalářská práce  
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2021/2022

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Aneta Janalíková**  
Osobní číslo: **T18610**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin – specializace Technologie mléka a mléčných výrobků**  
Forma studia: **Kombinovaná**  
Téma práce: **Využití mléčných koncentrátů a izolátů v potravinářském průmyslu**

### Zásady pro vypracování

1. Stručně popište nejdůležitější složky mléka.
2. Charakterizujte metody koncentrace a izolace mléčných složek.
3. Popište možnosti využití koncentrátů a izolátů mléčných složek.

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

Seznam doporučené literatury:

[1] SMITHERS, Geoffrey W. a M. A. AUGUSTIN. *Advances in dairy ingredients*. Ames, Iowa: Institute of Food Technologists, 2013. ISBN 978-0-8138-2395-9.

[2] MASOTTI, Fabio, Stefano CATTANEO, Milda STUKNYT&#x116; a Ivano DE NONI. Technological tools to include whey proteins in cheese: Current status and perspectives. *Trends in Food Science & Technology*. 2017, **64**, 102-114

[3] TAMIME, A. Y. *Dairy powders and concentrated products*. Chichester, U.K.: Wiley-Blackwell, 2009. ISBN 978-1-4051-5764-3.

[4] BAZINET, Laurent. Electrolytic Phenomena and Their Applications in the Dairy Industry: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2005, **45**(4), 307-326

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vendula Pachlová, Ph.D.**  
Ústav technologie potravin

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

Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

L.S.

---

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

---

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

Ve Zlíně dne 25. února 2022

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

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

### **Prohlašuji,**

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

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá popisem technologií, které umožňují efektivní frakcionaci mléčných složek a to především separací dvou hlavních bílkovin mléka, kaseinů a syrovátky. Mezi klíčovou technologií, které je v práci věnována největší pozornost, patří membránová technologie, jejíž uplatnění v průmyslu postupně roste vzhledem k její šetrnosti, získání kvalitního produktu a ekonomickým podmínkám výroby. Dále jsou zmíněny i standardní postupy využívané v průmyslu jako je enzymatické či kyselé srážení při výrobě sýrů a vysolování. Poslední část práce je zaměřena na aplikaci jednotlivých proteinových koncentrátů a izolátů v různých odvětvích, počínaje potravinářstvím až po kosmetický průmysl.

Klíčová slova: mléčný proteinový koncentrát, mléčný proteinový izolát, syrovátka, kasein, membránové separační technologie

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with the description of technologies that allow efficient fractionation of milk components, especially the separation of the two main proteins of milk, caseins and whey proteins. Among the key technologies that are given the most attention in the work is membrane technology, which application in industry is gradually growing to for its considerate, profit of quality product and economy. Standard procedures used in industry, such as enzymatic or acid precipitation in cheese production and salting, are also mentioned. The last part of the work is focused on the application of individual protein concentrates and isolates in various industries, from the food industry to the cosmetics industry.

Keywords: milk protein concentrate, milk protein isolate, whey protein, casein, membrane separation technologies

Ráda bych poděkovala své vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Vendule Pachlové, Ph.D, za ochotu a cenné rady při zpracování mé práce, ale především za trpělivost a vstřícnost při společných konzultacích.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>8</b>
<b>1 MLÉKO.....</b>	<b>9</b>
1.1    PROTEINY.....	9
1.2    SACHARIDY .....	11
1.3    LIPIDY .....	12
1.4    MINERÁLNÍ LÁTKY A VITAMINY .....	12
<b>2 METODY KONCENTRACE A IZOLACE MLÉČNÝCH SLOŽEK.....</b>	<b>14</b>
2.1    MEMBRÁNOVÉ SEPARAČNÍ TECHNOLOGIE.....	14
2.1.1    Mikrofiltrace a mikrofiltrační frakcionace.....	16
2.1.2    Ultrafiltrace .....	17
2.1.3    Nanofiltrace.....	18
2.1.4    Reversní osmóza .....	18
2.1.5    Elektrodialýza .....	19
2.2    OSTATNÍ METODY IZOLACE MLÉČNÝCH PROTEINŮ .....	20
2.2.1    Srážení mléka .....	20
<b>3 APLIKACE MLÉČNÝCH KONCENTRÁTŮ A IZOLÁTŮ V POTRAVINÁŘSTVÍ.....</b>	<b>23</b>
3.1    IZOLÁT A KONCENTRÁT MLÉČNÉHO PROTEINU .....	23
3.1.1    Mléčný proteinový koncentrát .....	23
3.1.2    Mléčný proteinový izolát .....	25
3.2    MLÉČNÝ PROTEINOVÝ HYDROLYZÁT .....	26
3.3    MLÉČNÉ SÉROVÉ PROTEINY.....	28
3.3.1    Mléčné sérové koncentráty a izoláty.....	29
3.3.2    Sérový proteinový hydrolyzát .....	29
3.3.3    Sušená sladká syrovátka.....	30
3.3.4    Kyselá syrovátka .....	31
3.4    KASEINOVÉ PROTEINY .....	32
3.4.1    Kaseináty .....	33
3.4.2    Kyselý kasein .....	34
3.4.3    Sladký kasein .....	34
3.4.4    Laktóza.....	35
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>37</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>38</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>46</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>47</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>49</b>

## ÚVOD

Mléko je jednou ze základních potravin, resp. surovin pro výrobu potravin, sloužící k výživě člověka. Kromě samostatných mléčných výrobků, jsou mléčné složky běžně součástí mnoha potravinářských výrobků. Frakcionace jednotlivých mléčných složek podporuje jejich funkční vlastnosti a pozitivně ovlivňuje kvalitu konečného produktu a celkově vede k efektivnějšímu a rozmanitějšímu využití mléka.

Membránové technologie se zdají být logickou volbou pro separaci jednotlivých složek mléka, protože většina z nich se dá oddělit právě na základě velikosti molekul. Jednou nespornou výhodou je také schopnost získání produktu o vysoké čistotě a kvalitě bez možného poškození výrazným tepelným ošetřením.

Mezi nejvíce využívanou složku mléka patří bezpochyby bílkoviny. Vzhledem ke svému optimálnímu složení (zastoupení esenciálních aminokyselin) nacházejí uplatnění v přípravcích určených k nutriční výživě. Samotná syrovátka, která se získává jako vedlejší produkt při výrobě sýrů, se ještě donedávna stávala významnou ekologickou zátěží, protože její další technologická úprava a následné uplatnění bylo technicky i finančně velmi náročné. V současné době se díky použití membránové technologie, která zbaví syrovátku určitého množství reziduí laktózy a minerálů, rozšířilo její využití a snížila se tak částečně nákladnost na její likvidaci.

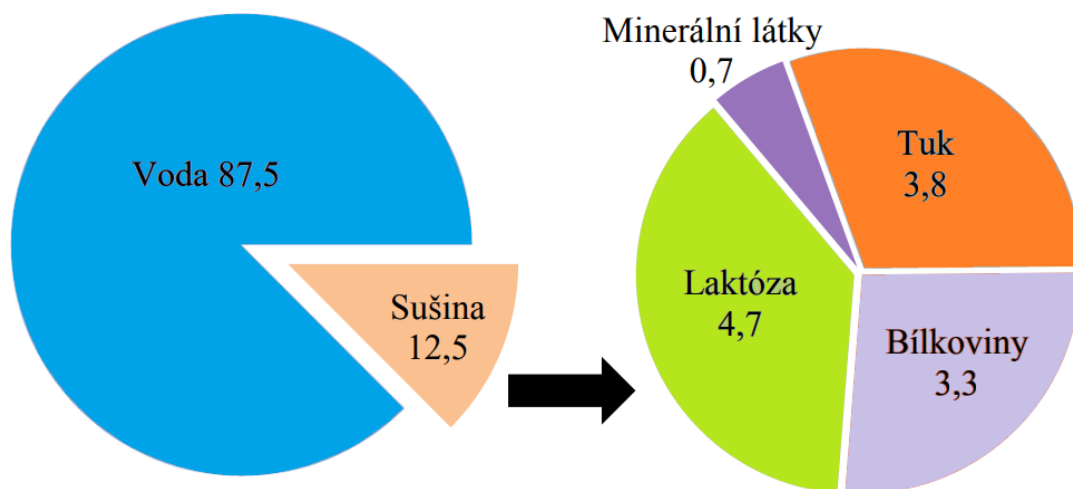
Spotřeba mléka a mléčných výrobků stále roste, a protože mléko tvoří komplexní složku lidské stravy, bude stále předmětem výzkumů. Mezi nejmodernější technologie úpravy mléka, resp. jeho složek, se řadí právě již zmiňované membránové separační techniky, stále se však využívá i srážecích reakcí. Výsledné produkty nachází uplatnění jak v potravinářství, tak ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu.



## 1 MLÉKO

Mléko slouží jako kompletní zdroj výživy pro novorozence savců. Obsahuje všechny základní živiny jako bílkoviny, sacharidy, tuky a minerální látky s vitaminy. Mléko, je tak řazeno mezi základní potraviny sloužící ke kvalitní výživě člověka všech věkových kategorií (MAGAN, 2021; BULANTOVÁ, 2015).

Kravné mléko je převážně tvořeno vodou, ve které jsou pak rozptýleny, případně rozpuštěny jednotlivé složky mléka (BULANTOVÁ, 2015). Takovýto systém se nazývá polydisperzní, který dále můžeme rozdělit podle stupně disperze na fázi koloidní, disperzní (emulzní) a molekulární. Disperzní fázi tvoří emulze mléčného tuku ve vodě, včetně s fosfolipidy, steroly, vitaminy rozpustnými v tucích a volnými mastnými kyselinami. V koloidní fázi se nachází bílkoviny a nerozpustné soli a v molekulární fázi jsou pak přítomny sacharidy, vitaminy rozpustné ve vodě, nebílkovinné dusíkaté látky jako například enzymy, dále soli a plyny (NAVRÁTILOVÁ, 2012). Celkový přehled základního složení kravného mléka je uvedeno na Obrázku č.1 (BULANTOVÁ, 2015).



Obrázek 1 Běžné složení kravného mléka. *Převzato z (BULANTOVÁ, 2015) (KOPÁČEK, 2014)*

### 1.1 Proteiny

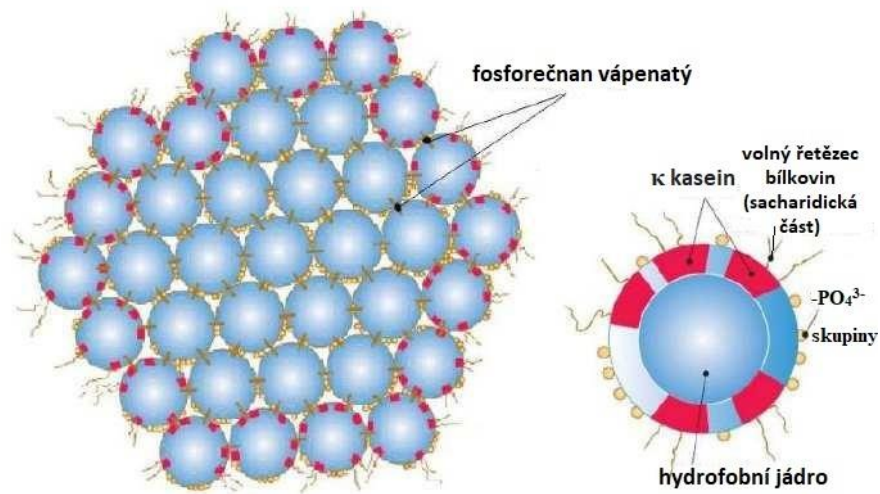
Mléčné bílkoviny jsou označovány jako plnohodnotné bílkoviny, protože obsahují ideální zastoupení esenciálních aminokyselin a tyto bílkoviny jsou také pro lidský organismus velmi dobře a snadno stravitelné. Obsah bílkovin v mléce se pohybuje v rozmezí 3,2 – 3,5 %

a přesná hodnota obsahu je ovlivněna převážně plemenem dojnice, jejím zdravotním stavem a částečně také stádiem laktace (KOPÁČEK, 2014).

Mléčné bílkoviny se skládají ze dvou hlavních složek, z kaseinu a syrovátkových, nebo také jinak zvaných sérových proteinů. Hlavní zastoupení zaujímají právě kaseiny a tvoří až 80 % celkových bílkovin kravského mléka a zbylých 20 % je tvořeno syrovátkovými bílkoviny (STAROVESKÁ, 2018). Uvedené základní rozdělení vychází z kyselého srážení mléka, pro které je charakteristické srážení kaseinů při dosažení hodnoty pH 4,6, ale bílkoviny syrovátky zůstávají dále v roztoku – syrovátce. Kaseiny se dále dělí na kasein  $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$ ,  $\beta$  a  $\kappa$ , jejichž celkové zastoupení je znázorněno níže v Tabulce 1 a v mléce jsou agregovány do kaseinových komplexů a micel (Obrázek 2). Syrovátkové bílkoviny jsou nejvíce zastoupeny  $\alpha$ -laktalbuminem a  $\beta$ -laktoglobulinem, které mají vysokou výživovou hodnotu, dále jsou také tvořeny bílkoviny, které přechází z krve dojnice jako například sérový albumin a imunoglobuliny (NAVRÁTILOVÁ, 2012).

Tabulka 1 Rozdělení hlavních frakcí mléčných bílkovin

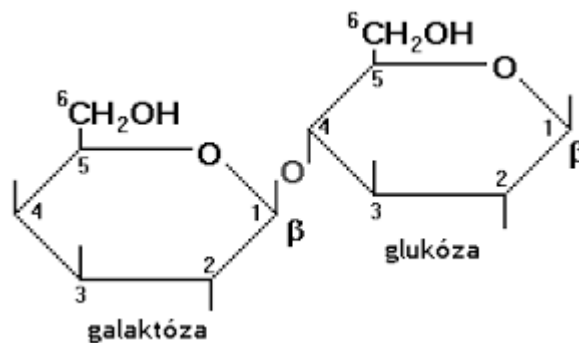
Kaseiny	Zastoupení v dané skupině bílkovin
<b><math>\alpha_{s1}</math> - kasein</b>	40 %
<b><math>\alpha_{s2}</math> - kasein</b>	10 %
<b><math>\beta</math> – kasein</b>	35 %
<b><math>\kappa</math> – kasein</b>	15 %
<b>Sérové proteiny</b>	
<b><math>\alpha</math>-laktalbumin</b>	25 %
<b><math>\beta</math>-laktoglobulin</b>	50 %
<b>sérový albumin</b>	10 %
<b>imunoglobuliny</b>	10 %
<b>proteózo-peptony, laktoferin</b>	5 %



Obrázek 2 Kaseinová micela (upraveno podle (BYLUND, 2015))

## 1.2 Sacharidy

Sacharidy v mléce jsou převážně tvořeny disacharidem laktózou (Obrázek 3), která je rychlým a dobře využitelným zdrojem energie a především slouží jako výchozí látka pro bakterie mléčného kvašení, kterého se využívá především při výrobě kysaných mléčných výrobků (STAROVESKÁ, 2018; KOPÁČEK, 2014). Mléko obsahuje kromě laktózy také stopová množství dalších sacharidů, včetně glukózy, fruktózy, glukosaminu, galaktosaminu, kyseliny neuraminové a neutrálních a kyselých oligosacharidů (NAVRÁTILOVÁ, 2012).



Obrázek 3 Strukturní vzorec laktózy (BŘEZKOVÁ, 2009)

### 1.3 Lipidy

Mléčný tuk je energeticky nejbohatší složkou mléka a v mléce se vyskytuje ve formě tukových kuliček, jejichž velikost se pohybuje v rozmezí 0,1 – 30  $\mu\text{m}$ . Mléčný tuk je složen z 97 – 99 % triacylglyceroly, zbytek tvoří látky rozpustné v tucích, jako jsou například fosfolipidy, lipofilní vitaminy, cholesterol (BULANTOVÁ, 2015; NAVRÁTILOVÁ, 2012).

Mléčný tuk obsahuje převážně nasycené mastné kyseliny, které jsou z části zastoupeny mastnými kyselinami s krátkým řetězcem (kyselina máselná, kyselina kapronová) a středně dlouhým řetězcem (kyselina laurová), které jsou dobře stravitelné. Nenasycené mastné kyseliny jsou zastoupeny zejména mononenasyčenými mastnými kyselinami (kyselina olejová), v malém množství pak polynenasycenými mastnými kyselinami, které jsou pro lidský organismus prospěšné (KOPÁČEK, 2014).

Kromě energetického zdroje, zajišťuje mléčný tuk sensorické a reologické vlastnosti jako jsou vůně, chuť, barva a textura mléka a mléčných výrobků a je také významným zdrojem lipofilních vitaminů (především vitaminu A) (BULANTOVÁ, 2015; NAVRÁTILOVÁ, 2012).

### 1.4 Minerální látky a vitaminy

Mléko a mléčné výrobky jsou také skvělým zdrojem mikronutrientů a to zejména v jejich biodisponibilitě, tedy schopnosti jejich využitelnosti organismem, která je vysoká (jak je uvedeno na příkladech v Tabulce 2).

Tabulka 2 Přehled biodisponibility v 1 litru mléka *Převzato z (KOPÁČEK, 2014)*

vápník	až 100 %
fosfor	až 67 %
vitamin B12	až 66 %
bílkoviny	až 49 %
vitamin A	až 30 %
vitamin B1	až 27 %
vitamin C	až 19 %
železo	až 3 %

Z minerálních látek je nejvýznamnější v mléce obsah vápníku, hořčíku, zinku a selenu (KOPÁČEK, 2014). Obsah minerálních látek v mléce není zcela konstantní a může být

ovlivněn řadou faktorů jako například stádium laktace, výživa, genetické faktory a faktory vnějšího prostředí (NAVRÁTILOVÁ, 2012). Minerální látky se v mléce nacházejí v různých formách, rozpuštěné, ve formě anorganických iontů a solí, nebo mohou být součástí bílkovin, tuků, sacharidů a nukleových kyselin. Zastoupení solí v mléce může ovlivnit technologické vlastnosti mléka a stabilitu proteinů a to může mít negativní význam při zpracování mléka a jeho výsledné jakosti (NAVRÁTILOVÁ, 2012).

V mléce se vyskytují všechny nezbytné vitaminy a jejich obsah je ovlivněn řadou faktorů jako je například krmivo, aktivita bачorové mikroflóry, stádium laktace, plemeno a zdravotní stav dojnice (NAVRÁTILOVÁ, 2012). Hydrofilní vitaminy jsou tvořeny bачorovou mikroflórou. Mléko je dobrým zdrojem vitamínu B2 a B12 a z části také vitamínu A, B6, kyseliny listové a kyseliny pantotenové. Vitaminy D, E a ostatní vitaminy skupiny B a vitamin C se v mléce vyskytují v nízké koncentraci. Obsah vitamínu C navíc výrazně ubývá v průběhu skladování a tepelného zpracování mléka. Vitamin B2, riboflavin, dodává mléku, především pak syrovátce typické nazelenalé zbarvení (BULANTOVÁ, 2015).

## 2 METODY KONCENTRACE A IZOLACE MLÉČNÝCH SLOŽEK

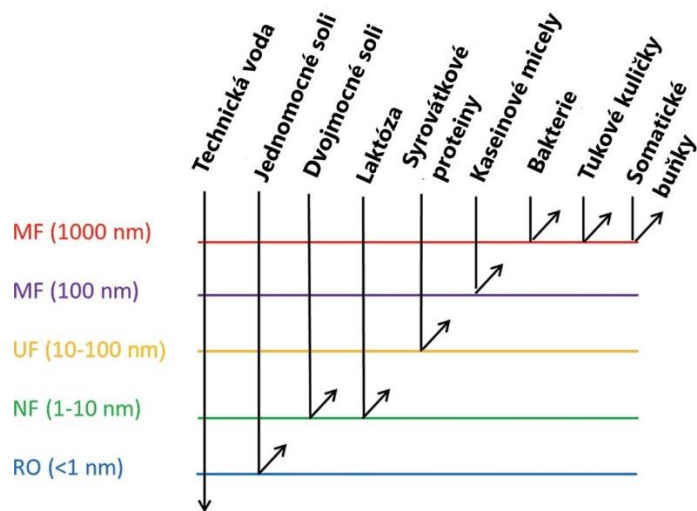
Z mléka se nejčastěji izolují složky laktózy a mléčných bílkovin. Mléko je jedním z nejlepších zdrojů plnohodnotných bílkovin pro lidský organismus, a proto je izolace této mléčné složky v průmyslu často využívána. Mléčné bílkoviny mají kromě podstatných nutričních vlastností i ceněné emulgační schopnosti, které se běžně aplikují v potravinářství, můžeme se však setkat i s méně tradičním využitím ve farmaceutickém průmyslu. V mlékárenství se hojně využívá membránových technologií a to především z důvodu zachování kvality produktů i přes použití nízkých teplot při zpracování a omezení přídatku chemikálií, čímž jsou tyto separační techniky v konečném důsledku i ekonomicky výhodnější (JIRÁNKOVÁ, a další, 2015; EČER, 2014).

### 2.1 Membránové separační technologie

V mlékárenském průmyslu se často uplatňují membránové separační metody jako je mikrofiltrace, ultrafiltrace, nanofiltrace, reverzní osmóza a elektrodialýza. Jejich princip je založen na dělení částic jednotlivých složek mléka přes polopropustnou membránu podle jejich rozdílné velikosti.

Uplatnění těchto technologií najdeme v celém spektru výroby a zpracování mléka, včetně ošetření mléka (odstranění mikroorganismů a tuku) až po konečné produkty jako je sušená demineralizovaná syrovátka, mléčné a syrovátkové koncentráty, laktóza, minerální soli a další mléčné izoláty (EČER, 2014). Tyto separační metody jsou v průmyslu hojně využívány a to především kvůli nízkým finančním nákladům a výrazné šetrnosti k surovině (TAMIME, 2009). Většinou probíhají bez přídatku dalších chemikálií a při nízké teplotě, takže není potřeba energie kvůli ohřevu či chlazení a také nedochází ke změně sensorických vlastností produktů (EČER, 2014).

Nejčastěji se v mlékárenství využívají čtyři hlavní tlakově řízené membránové procesy. Na základě velikosti pórů membrán a limitů molekulových hmotností rozdělujeme separační proces na mikrofiltraci, ultrafiltraci, nanofiltraci a reversní osmózu (Obrázek 4) (CARTER, a další, 2021). Produktem separace je vždy permeát tj. složky, které projdou membránou a retentát, složky natolik velké, které jsou membránou odmítnuty (EČER, 2014).



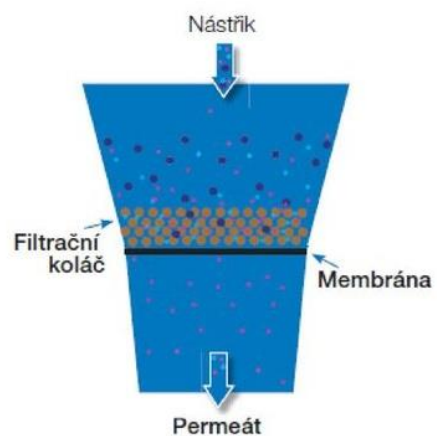
Obrázek 4 Přehled mléčných složek separovaných dle použité membránové techniky v závislosti na velikosti pórů membrány (*upraveno podle* (CARTER, a další, 2021))

*MF=mikrofiltrace, UF=ultrafiltrace, NF=nanofiltrace, RO=reversní osmóza*

Dále můžeme tlakové separační technologie rozdělit podle toku proudu kapaliny přes membránu na přímou (dead-end) a tangenciální (cross-flow) filtraci. Dead-end filtrace není moc výhodná z důvodu narůstání filtračního koláče a tím provázené zvyšování tlakových ztrát jak je patrné ze schématu na Obrázku 5 (EČER, 2014). Většinou se v průmyslu využívá metoda cross-flow (Obrázek 6), která je typická příčným tokem a nedochází tak k akumulaci materiálu před membránou. Při membránové filtraci se silným tangenciálním tokem nad membránou je možné proces výrazně prodloužit a tím zvýšit výtěžnost permeátu (JIRÁNKOVÁ, a další, 2015).



Obrázek 5 Schéma cross-flow filtrace (JIRÁNKOVÁ, a další, 2015)



Obrázek 6 Schéma dead-end filtrace (JIRÁNKOVÁ, a další, 2015)

Základním prvkem každé membránové separace je membrána, permselektivní bariéra na rozhraní mezi dvěma fázemi (JIRÁNKOVÁ, a další, 2015). Membránové materiály se rozdělují nejčastěji podle původu na biologické (jsou součástí mikrobiálních, rostlinných a živočišných buněk) a syntetické, které můžeme dále rozdělit na organické a anorganické (EČER, 2014). Anorganické pevné membrány jsou nejčastěji vyrobeny z křemičitých nebo kovových materiálů. Organické jsou z polymerních materiálů a mezi nejběžnější zástupce se řadí acetát celulózy, polysulfon, polyethersulfon, polyvinylalkohol, polyamid a polypropylen (CARTER, a další, 2021). Dále mohou být membrány porézní nebo neporézní, homogenní nebo heterogenní, kompozitní a z dutých vláken (EČER, 2014). Polymerní membrány se vyznačují nižší nákladovostí, ovšem anorganické zase delší životností a větším rozsahem pH a teplot (CARTER, a další, 2021).

V mlékárenském průmyslu se obecně využívá polyamid pro reversní osmózu, polyvinylidenfluorid a polypropylen pro mikrofiltraci, a ultrafiltraci a keramika pro mikrofiltraci (CARTER, a další, 2021). Samotné membrány jsou uspořádány do membránových modulů, které mohou být planární, spirálové nebo kapilární trubkovité (JIRÁNKOVÁ, a další, 2015; EČER, 2014).

### 2.1.1 Mikrofiltrace a mikrofiltrační frakcionace

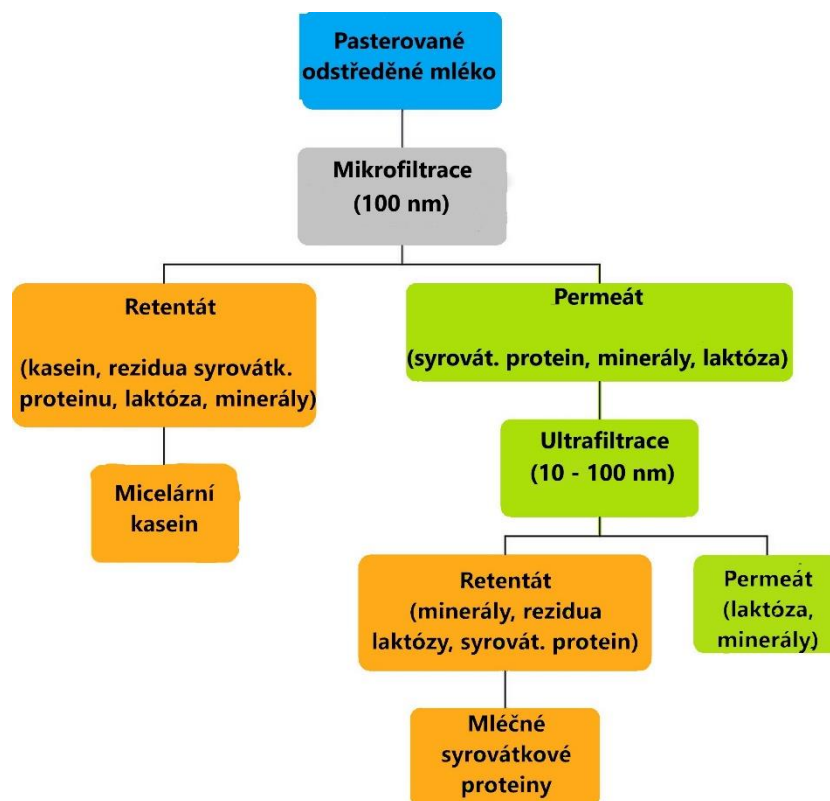
Mikrofiltrace se používá především k odstranění nežádoucích bakterií a jejich spor z mléka (JIRÁNKOVÁ, a další, 2015). Mikrofiltrace má největší velikost pórů (0,1–10  $\mu\text{m}$ ) s použitím nejnižšího tlaku (0,01–0,2 MPa) a původně se ve zpracovatelském průmyslu zavedla pro snížení mikrobiální zátěže (CARTER, a další, 2021; JIRÁNKOVÁ, a další, 2015). U mikrofiltrace je široké rozpětí velikostí pórů a například v případě použití membrány o velikosti 1,4  $\mu\text{m}$  jsou membránou zachyceny v retentátu bakterie (velikost 10–100  $\mu\text{m}$ ) tak i větší kuličky mléčného tuku (10  $\mu\text{m}$ ). Naopak micelární kasein (50 – 500 nm), syrovátkové proteiny (3 – 6 nm), laktóza (1 nm) a minerály s vodou prostupují membránou dál a tvoří permeát (CARTER, a další, 2021).

U mikrofiltrační frakcionace odstředěného mléka se používají membrány s menší velikostí pórů a dochází především k oddělení koncentrovaných kaseinových micel na straně retentátu a syrovátkového proteinu na straně permeátu (CARTER, a další, 2021; JIRÁNKOVÁ, a další, 2015).



Retentát se poté většinou využívá k obohacení mléka pro výrobu sýrů, kdežto permeát obvykle prochází ultrafiltrací za účelem výroby koncentráту bohatého na bílkoviny s vysokou nutriční hodnotou (BUCHE, 2021).

Metoda mikrofiltrace a její využití je výhodná z důvodu zachování organoleptických a chemických vlastností mléka. Zlepšuje i jeho trvanlivost, především pak při výrobě dlouhozrajících sýrů a snižuje se tak riziko mikrobiálních vad jako je pozdní duření bez nutnosti aplikace potravinářských přídatných látek jako jsou dusičnany (JIRÁNKOVÁ, a další, 2015).



Obrázek 7 Schéma výroby micelárního kaseinu a mléčného syrovátkového proteinu (upraveno podle (CARTER, a další, 2021))

### 2.1.2 Ultrafiltrace

Ultrafiltrace je nejvíce spojená s výrobou sýrů a získání koncentrovaných mléčných proteinů (SOODAM, a další, 2018). Použití této membránové separační technologie umožňuje získat cenné proteiny ze syrovátky, které se pak mohou využívat k normalizaci proteinů a celkové sušiny v mléce. Takto standardizované mléko se využívá především pro výrobu tvarohů a sýrů. Jednou z hlavních výhod takto upraveného mléka je především ve zvýšení výtěžnosti

procesu a nutriční hodnoty výrobku (JIRÁNKOVÁ, a další, 2015) a úspory kultur a syřidla (EČER, 2014).

Použití ultrafiltračních membrán s různou pórovitostí a v kombinaci s dalšími metodami umožňuje získat jednotlivé frakce mléčných bílkovin. Ultrafiltrační permeát lze také použít při výrobě laktózy a minerálních látek (EČER, 2014).

Na základě koncentračního stupně mléčného proteinu se ultrafiltrace kategorizuje do tří forem na nízký, střední a vysoký koncentrační faktor. Ultrafiltrace s nízkým koncentračním faktorem se používá především pro standardizaci mléčných bílkovin a následnou výrobu sýrů a odstranění syrovátky. Ultrafiltrace se středním faktorem koncentrace se používá na zahuštění mléka na retentát s celkovým obsahem pevných látek v sýru (předsýrce), který se okyselením a gelováním bez odloučení syrovátky přemění přímo na sýr (Application of Membrane Separation Technology to Cheese Production. FOX, P.F., ed., 1993); (SOODAM, a další, 2018). Ultrafiltrace s vysokým koncentračním faktorem má obdobné využití jako se středním, ale navíc zahrnuje použití specializovaného zařízení, aby se dosáhlo další synereze syřeniny a konečného celkového obsahu pevných látek v sýru (SOODAM, a další, 2018).

### 2.1.3 Nanofiltrace

Nanofiltrace se používá především k zahuštění mléka nebo syrovátky před dalším zpracováním (EČER, 2014). Své využití však nachází i u demineralizace syrovátky. Vzhledem k selektivitě membrán většina jednomocných iontů, organické kyseliny a částečně laktóza procházejí membránou. Nanofiltrace může představovat určitou alternativu k iontové výměně a elektrodialýze, je-li požadována pouze mírná demineralizace (JIRÁNKOVÁ, a další, 2015) tj. max 35% snížení obsahu především jednomocných solí ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ) (EČER, 2014).

### 2.1.4 Reversní osmóza

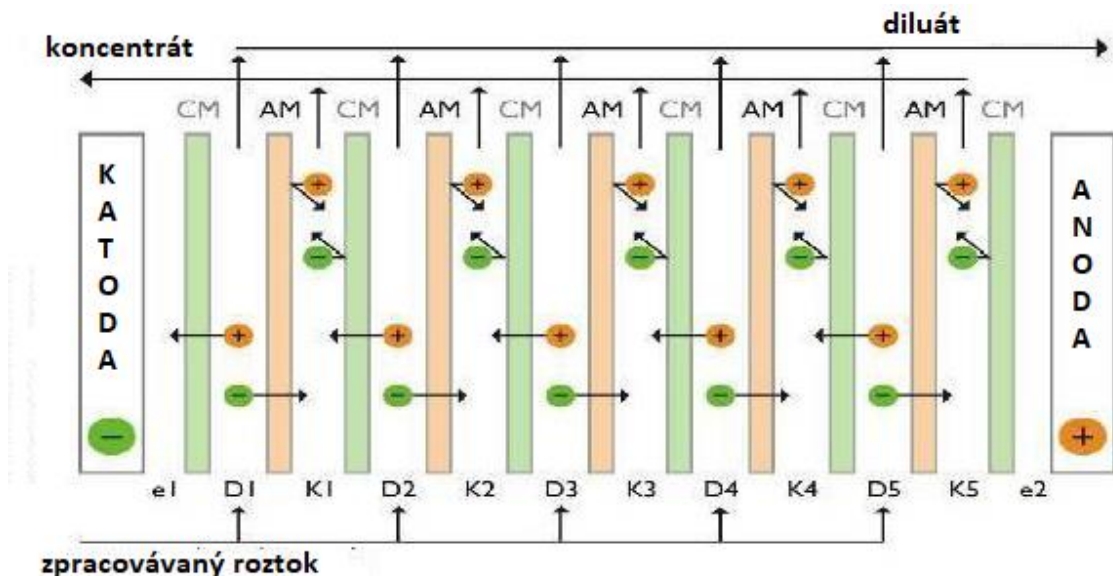
Reversní osmóza se obdobně jako nanofiltrace využívá ke koncentrování mléka nebo syrovátky před přepravou nebo dalším zpracováním (EČER, 2014). Především permeát z ultrafiltrace, který obsahuje hlavně laktózu, může být touto metodou zahušťován (JIRÁNKOVÁ, a další, 2015). Membrány reversní osmózy neobsahují póry a molekuly jsou přes tuto membránu protlačovány homogenní membránou tlakem, který je vyšší

než osmotický tlak vstupního roztoku, běžně se používá tlak v rozpětí 5 – 8MPa (HERBA, 2012).

### 2.1.5 Elektrodialýza

Elektrodialýza je v mlékárenství nejčastěji využívaná elektromembránová technologie (JIRÁNKOVÁ, a další, 2015). U elektrodialýzy využíváme jako hnací sílu elektrický potenciál a principem je působení stejnosměrného elektrického pole na disociované složky solí ve vodném roztoku (EČER, 2014). Tato metoda umožňuje vysokou demineralizaci mléčné syrovátky a to až do 90 % (JIRÁNKOVÁ, a další, 2015).

Při elektrodialýze působí stejnosměrné elektrické pole na pohyb disociovaných složek tak, že kationty, které se pohybují směrem ke katodě, procházejí katexovými membránami a jsou zadržovány membránami anexovými. Naopak anionty, které se pohybují směrem k anodě, jsou propouštěny membránami anexovými a zadržovány katexovými membránami (EČER, 2014). Vhodnou kombinací katexových a anexových membrán dochází k rozdělení iontů vstupního roztoku a vytváří se proud odsolený, tzv. diluát a proud koncentrovaný, tzv. koncentrát (Obrázek 8). Samotný proces probíhá v přístroji zvaném elektrodialyzér, což je zařízení tvořené stahovacími deskami s elektrodami a svazkem, který je složen z ionexových membrán a rozdělovačů (HERBA, 2012).



Obrázek 8 Schématické znázornění elektrodialýzy (upraveno podle (HERBA, 2012))

CM – katexová membrána, D – diluátová komora, el, e2 – elektrodové komory,

AM – anexová membrána, K – koncentrátová komora

Elektrodialýza se může využívat při demineralizaci ultrafiltračního permeátu a matečného roztoku po krystalizaci laktózy. Nejvíce však demineralizované produkty nacházejí uplatnění jako levnější, ale nutričně kvalitní náhrady mléka v kojenecké a dětské výživě, v pekárenském a cukrářském průmyslu a dále také ve farmacii a jako výživové doplňky (EČER, 2014).

## 2.2 Ostatní metody izolace mléčných proteinů

### 2.2.1 Srážení mléka

Srážení mléka je jednou z významných technologických vlastností, která souvisí s jeho přechodem ze stavu koloidního roztoku do stavu sraženiny (gelu) (NAVRÁTILOVÁ, 2012). Mléko lze srážet několika způsoby, v průmyslu se však jejich uplatnění pro získávání mléčných bílkovinných izolátů a koncentrátů již tolik nevyužívá a to z důvodu získání méně kvalitního produktu ve srovnání s membránovými technikami, které jsou mnohem šetrnější (KRÁLOVÁ, 2008).

Mléko lze srážet těmito způsoby:

1. kyselé srážení kaseinů za použití organických i anorganických kyselin
2. sladké srážení kaseinů za použití syřidel
3. srážení sérových proteinů
4. vysolování sérových proteinů

Při izolaci proteinů srážením se využívá nastavení takových podmínek, při kterých je daný protein nerozpustný a vzniklou sraženinu je poté možné oddělit pomocí centrifugace nebo filtrace.

#### Kyselé srážení mléka

Kyselé srážení se používá k izolaci kaseinu. Precipitace kaseinu je dosažena snížením hodnoty pH na hodnotu izoelektrického bodu a následnou inkubací při určité teplotě s odpovídající časovou výdržností (např. 40°C po dobu 30 minut). Obecně je hodnota izoelektrického bodu kaseinu stanovena na 4,6 (ŠKROBÁK, 2012).

K vysrážení kaseinu se nejčastěji využívá kyselina mléčná, která je v mléce produkována bakteriemi mléčného kvašení, může se však využít i jiných organických kyselin jako jsou

kyselina octová, propionová, citronová, jablečná a v případě anorganických látek pak oxid uhličitý a kyselina fosforečná (NAVRÁTILOVÁ, 2012; KRÁLOVÁ, 2008).

### Sladké srážení mléka

Sladké srážení pro vznik precipitátu využívá účinku syřidla a to působením enzymů, které jsou hlavní složkou syřidla. Tímto způsobem lze izolovat pouze kaseinové bílkoviny.

Enzymy obsažené v syřidle mají charakter proteolytických enzymů s optimálním účinkem působení v kyselé oblasti pH a jejich působením v mléce vzniká kompaktní tuhá sraženina (NAVRÁTILOVÁ, 2012). Účinnou částí syřidla je enzym chymosin, jehož působením dochází k rozrušení ochranného koloidu micel štěpením peptidické vazby  $\kappa$ -kaseinu mezi 105. a 106. aminokyselinou. Přítomnost vápenatých iontů umožní vysrážení kaseinových frakcí (KRÁLOVÁ, 2008).

### Srážení syrovátky

Princip metody vysrážení sérových proteinů pomocí dosažení izoelektrického bodu je stejný jako při srážení kaseinu. Po odstranění kaseinu je hodnota pH syrovátky vždy nižší než 4,5 a hodnota izoelektrického bodu sérových proteinů je mezi 4,9 – 5,2. Přídavkem zásaditého roztoku se zvýší pH syrovátky a dojde ke tvorbě jemné bílé sraženiny, která se oddělí centrifugací.

Použitím této metody se získává velmi čistá směs sérových proteinů (ŠKROBÁK, 2012). Nejvíce se tohoto principu srážení syrovátky využívá při výrobě syrovátkového sýru Ricotta (Obrázek 9).



Obrázek 9 Sýr ricotta, vyráběný na principu srážení syrovátky  
(nakup.itesco.cz; labuznik.cz)

## Vysolování

Jedná se o extrakční a šetrnou metodu pro izolaci sérových proteinů. Vysoký nebo nízký obsah soli může vést k selektivní koagulaci těchto proteinů (HANUŠOVÁ, 2014). Volí se opakované vysolení pomocí síranu amonného nebo chloridu sodného, čímž dochází ke koncentrační změně a následnému shluku proteinů a vytvoření jemné sraženiny (ŠKROBÁK, 2012). Sraženina je oddělena centrifugací, opět rozpuštěna a vysolena. Supernatant obsahující stále ještě sérové bílkoviny se demineralizuje elektrodialýzou a úpravou pH a snížením iontové síly s přidavkem ethanolu vyvolá selektivní vysrážení kaseinmakropeptidu a v roztoku zůstane sérový protein ( $\beta$ -laktoglobulin) (HANUŠOVÁ, 2014). Takto získaná směs proteinů si zachovává svou biologickou strukturu a účinnost (ŠKROBÁK, 2012).

### 3 APLIKACE MLÉČNÝCH KONCENTRÁTŮ A IZOLÁTŮ V POTRAVINÁŘSTVÍ

Mléčné proteiny a jejich deriváty se nacházejí v celé řadě potravin a jsou součástí každodenní stravy. Pro potravinářské aplikace lze funkci mléčného proteinu použít pro reologickou modifikaci (viskózní fixace a gelovatění), mezifázovou stabilizaci (pro emulze a pěny) a další funkce, jako je tvorba filmu a vázání vody a oleje. Používání mléčných proteinů ke zlepšení vlastností potravinářských produktů je již dlouho výrobcí uznávána.

#### 3.1 Izolát a koncentrát mléčného proteinu

Jedná se o jedny z nejrozšířenějších forem mléčných bílkovin používaných ve složení potravin a nutričních nápojích. Mléčné proteinové koncentráty MPC (z angl. Milk Protein Concentrate) a mléčné proteinové izoláty MPI (z angl. Milk Protein Isolate) jsou dva proteiny z celé frakce mléka. Práškové mléčné bílkoviny, které mají obsah bílkovin nižší než 90 % se označují jako koncentráty MPC, zatímco ty s obsahem nad 90 %, jako izoláty MPI. Jejich výroba je spojena s využitím membránových separačních technik, jako je ultrafiltrace. (MEENA, a další, 2017).

Použití prášku s vysokým obsahem bílkovin, jako je MPC80 a MPI v mlékárenském průmyslu je ale omezené kvůli jeho špatné rozpustnosti. Rozpustnost MPC80 a MPI je však důležitá funkční vlastnost, protože ovlivňuje další schopnosti, jako je emulgace, gelovatění a pění (SIKAND V., 2011).

Z pohledu sportovní výživy se MPI a MPC označují jako pomalé bílkoviny, které se tráví pomaleji a slouží na doplnění denního příjmu bílkovin.

##### 3.1.1 Mléčný proteinový koncentrát

Vysoce kvalitní mléčná bílkovina je koncentrována ve formě MPC v poměru mléčných bílkovin, jaký se původně vyskytuje v čerstvém mléce, to znamená, že obsahuje jak kasein (80 % obsahu) tak i syrovátkové proteiny (20 % obsahu). MPC je k dispozici v rozsahu hladin bílkovin od 42 do 85 %, přičemž hladina laktózy a minerálních látek klesá se zvyšující se hladinou bílkovin. MPC se získává metodou ultrafiltrace a případně diafiltrace z odstředěného mléka a následným zahušťováním formou odpařování a sušením (O'KENNEDY, 2009); (MEENA, a další, 2017); (PANTHI, 2017).

Diafiltraci lze označit jako kombinaci procesu ultrafiltrace a dialýzy. Jedná se o zvláštní uspořádání ultrafiltrace, kdy se při určitém stupni koncentrace retentátu přidá voda, čímž se sníží koncentrace v něm přítomných látek, ale současně se zvětší objem. Následnou ultrafiltrací dojde ke snížení koncentrace nízkomolekulárních složek (solí) v retentátu a současně dojde ke zvýšení koncentrace vysokomolekulárních složek. Tento postup se opakuje až do požadované koncentrace solí v retentátu (KÁŠ, 2005).

Agregovaný stav kaseinů v MPC a změny, kterými procházejí během zpracování zejména v přítomnosti syrovátkových proteinů, ovlivňují následnou funkčnost MPC jako je například rozpustnost, případně může sloužit jako rozlišovací vlastnost pro jejich další využití (KELLY, 2011). Díky vysokému poměru bílkovin a nízkému poměru laktózy jsou MPC vhodné pro výrobu proteiny obohacených nápojů a potravin s nízkým obsahem sacharidů (O'KENNEDY, 2009). Současná klasifikace obsahuje označení výrobků zkratkou MPC a číslem, které představuje obsah proteinů v sušině v tomto konkrétním výrobku, jak je například znázorněno na Obrázku 10. Mezi nejběžnější typy patří MPC-42, MPC-56, MPC-70, MPC-75, MPC-80 a MPC-85 (MEENA, a další, 2017).

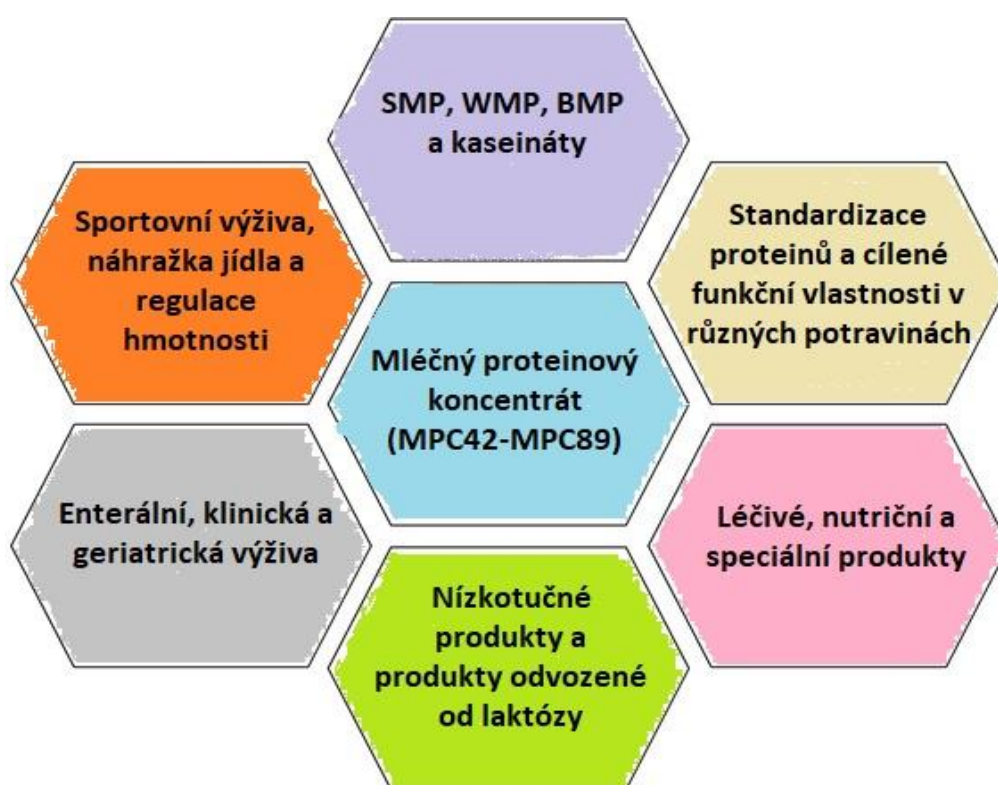


Obrázek 10 Příklady využití a spotřebitelská balení MPC (namaximum.cz; californiadairies.com)

MPC se využívají v produktech, jako jsou sýry, nutriční produkty, rekombinované mléčné produkty, kojenecká mléčná výživa, zmrzlina, mléčné nápoje, sportovní nápoje, nebo třeba při standardizaci bílkovin (MEENA, a další, 2017). Při výrobě sýrů přibývá poznatků, které naznačují, že po přidání MPC do syrového mléka je možné zlepšit výnos konečného produktu (KELLY, 2011). Vysoký obsah laktózy může podporovat nežádoucí fermentaci, vznik atypických příchutí nebo způsobit vznik bílých krystalů (kaseinu) během zrání sýra.



Zvýšením obsahu mléčných bílkovin prostřednictvím standardizace pomocí MPC, vede ke zlepšení koagulace syřidla, zkrácení doby gelovatění a zvýšení pevnosti (PANTHI, 2017). MPC má navíc nižší obsah mléčného tuku, laktózy a minerálních látek, díky čemuž může nahrazovat v potravinářství například použití kaseinů, sušeného podmáslí BMP (z angl. Buttermilk Powder), sušeného odstředěného mléka SMP (z angl. Skimmed Milk Powder) i plnotučného mléka WMP (z angl. Whole Milk Powder). Lze jej také použít do polévek, omáček, masných výrobků, pekařských výrobků, cukrovinek, čokolády, bělidla do kávy, dezertů a enterální a klinické výživy. Celkový přehled využití MPC je znázorněn na Obrázku 11 (MEENA, a další, 2017).



Obrázek 11 Grafické znázornění využití MPC (upraveno podle (MEENA, a další, 2017))

### 3.1.2 Mléčný proteinový izolát

Proteinový mléčný izolát MPI se připravuje stejně jako MPC ultrafiltrací a diafiltrací odstředěného mléka a následným odpařováním a sušením. Typické složení prášku MPI je 91,4 % proteinu, 6,1 % popelovin, 1,5 % tuku a 1,0 % laktózy (RYAN Ger, 2018). MPI mají příznivou nutriční hodnotu. Jsou bohaté na esenciální větvené aminokyseliny. Mezi

důležité vlastnosti se řadí tepelná stabilita, dále pak má cenné funkční vlastnosti související se zvýšením viskozity, pěnivosti a emulgace (RYAN Ger, 2018; BOER, 2014).

MPI se díky vysokému obsahu bílkovin a nízkému obsahu laktózy, tuku a přirozenému obsahu minerálních látek, používají především pro nutriční účely jako je kojenecká a potraviny pro speciální lékařské využití s nízkým obsahem laktózy a také sportovní výživa s řízením hmotnosti (Obrázek 12) (RYAN Ger, 2018). Dále se využívají například do proteiny obohacených nápojů, které podléhají intenzivnějšímu zpracování, zmrzlin, tyčinek a snídanových cereálií (BOER, 2014).



Obrázek 12 Příklady využití MPI (leano.cz; namaximum.cz)

### 3.2 Mléčný proteinový hydrolyzát

Mléčný proteinový hydrolyzát MPH (z angl. Milk Protein Hydrolysate) se získává zpracováním MPC nebo MPI a to jejich částečnou hydrolyzou. Obecně jsou proteinové hydrolyzáty definovány jako „směsi polypeptidů, oligopeptidů a aminokyselin“ (ABD EL-SALAM, 2016).

Hydrolyza se provádí nejčastěji pomocí proteolytických enzymů (trypsin, pepsin), a nebo pomocí vhodných kyselin a zásad. Kyselá a alkalická hydrolyza je využívána méně, protože je obtížné ji kontrolovat a také dochází ke snížení biologické aktivity ztrátou esenciálních aminokyselin. Enzymatická hydrolyza mléčných bílkovin zlepšuje jejich funkční vlastnosti a také biologickou hodnotu a to v závislosti na použitých enzimech a podmínkách hydrolyzy (teplota, pH) (ABD EL-SALAM, 2016; THOMSON, 2011).

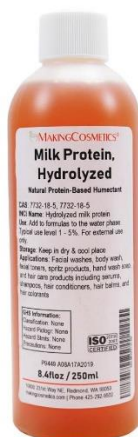
Hydrolyzáty se běžně používají v běžné i klinické výživě a jako funkční složka potravin. MPH mají lepší a rychlejší vstřebatelnost v porovnání s MPC a MPI a také vyznačují

hypoalergení vlastnosti. Právě díky těmto vlastnostem se MPH začlenily jako hlavní složky u potravin pro zvláštní lékařské účely, jako jsou geriatrické potravinové doplňky (Obrázek 13), sportovní výživa a doplňky pro kontrolu hmotnosti, kojenecká výživa. Omezená hydrolyza proteinů také mění jejich funkční vlastnosti a zlepšuje emulgační schopnosti a využívají se pak jako emulgátory v potravinářských produktech, jako jsou například masné výrobky (ABD EL-SALAM, 2016).



Obrázek 13 Mléčný proteinový hydrolyzát (BENU.CZ; walmart.com)

Enzymatické proteinové hydrolyzáty se také často používají v kosmetickém průmyslu jako kondicionéry, séra a další produkty osobní péče (ABD EL-SALAM, 2016).



Obrázek 14 MPH v kosmetickém průmyslu (makingcosmetics.com)

### 3.3 Mléčné sérové proteiny

Sérové proteiny jsou obvykle zpracovávány jako koncentráty (34-80% obsahu bílkovin) a izoláty (80 % a více bílkovin) (BOLAND, 2011). Syrovátkové proteiny se na trhu značí pomocí zkratk WPC (z angl. Whey Protein Concentrate) a WPI (Whey Protein Isolate), nebo přímo syrovátkový protein, který má většinou obsah do 30 % bílkovin. Syrovátkové proteiny se získávají přímo z mléka pomocí membránové filtrace, nebo ze syrovátky izolované z výroby sýrů enzymatickým i kyselým srážením (CARTER, a další, 2021).

Výtěžek při výrobě WPC a WPI přímo z mléka je proti koncentrátům a izolátům ze syrovátky vždy nižší a to především z důvodu právě používaných technik pro jejich výrobu, kdy ultrafiltrace má mnohem nižší propustnost membrány. WPC a WPI získávané přímo z mléka mají výrazně nižší obsah tuku, obecně mají nepatrně vyšší pH a také se mohou lišit v obsahu minerálů a to například v nižším obsahu vápníku (CARTER, a další, 2021).

Sérové proteiny jsou vysoce kvalitní proteiny s bohatým zdrojem esenciálních aminokyselin a jsou zvláště bohaté na leucin, klíčový aminokyselinový signální prostředek, který je základem anabolismu a výkonu a jsou tak prospěšné pro výživu svalů (HILTON Deeth, 2019). Hojně se také používají ve speciálních nutričních výrobcích, jako je například kojenecká výživa. Dále se také v průmyslu využívají díky důležitým funkčním vlastnostem a to zejména pro gelující schopnosti, schopnosti vázat vodu a také stabilizují rozhraní v pěnách a emulzích (BOLAND, 2011).

Sérové proteiny slouží také jako funkční potravinová složka, která může přispívat k regulaci tělesné hmotnosti (Obrázek 14 100% Whey Protein), a to poskytováním signálů sytosti, které ovlivňují jak krátkodobý, tak dlouhodobý příjem potravy. Složky sérového proteinu také ukázaly potenciál v prevenci osteoporózy a komerčně byla uvedena na trh řada farmaceutických a výživových doplňků (Obrázek 15) (HILTON Deeth, 2019).



Obrázek 15 Příklady využití sérových proteinů v průmyslu (drmax.cz; iafstore.com; notino.cz)

### 3.3.1 Mléčné sérové koncentráty a izoláty

Mléčné sérové proteiny WPC a WPI jsou podobné tradiční syrovátce získané z výroby sýrů a mohou být využity do mnoha stejných produktových aplikací, ale některé klíčové faktory je odlišují. Protože WPC a WPI získané přímo z mléka nepochází z výroby sýrů, neobsahují tak zbytky z jejich výroby jako jsou startovací kultury, enzymy a barviva. Právě proto jsou WPC a WPI především využívány v kojeneckých výživách, kde slouží k úpravě hladiny sérových proteinů a kaseinů z poměru 20:80 na poměr podobného složení v mateřském mléce, tj. 60:40 (CARTER, a další, 2021; FENELON, 2019).

WPC a WPI se vyrábí použitím ultrafiltrace a mikrofiltrace, kdy v závislosti na jejich intenzitě, použité membráně, teplotě a opakování, se pak na trhu můžeme setkat s rozdílnými koncentracemi těchto proteinů (CARTER, a další, 2021). WPC jsou na trhu nejčastěji uváděny v koncentracích 34%, 50% a 80% (ukázka spotřebního balení na Obrázku 16) a podle způsobu využití se často obohacují o další složky, jako jsou vitamíny a minerály. WPI jsou nejčistší formou sérového proteinu a jsou dobře a rychle vstřebatelné a snadno vážou vodu a jsou tak dobře rozpustné i v širokém rozmezí pH (ŠKRAŇKOVÁ, 2017).



Obrázek 16 Spotřební balení WPC a WPI (drmax.cz; namaximum.cz)

### 3.3.2 Sérový proteinový hydrolyzát

Sérový proteinový hydrolyzát je forma sérových proteinů s označením WPH (z angl. Whey Protein Hydrolysate), nebo také HYDRO (Obrázek 17) a získává se dalším zpracováním WPC nebo WPI. Hydrolyzou těchto proteinů dochází ke štěpení vazeb proteinů a tím dochází k lepší vstřebatelnosti pro organismus a také zlepšení jejich funkčních vlastností



(DULLIUS, 2018). V potravinářském průmyslu se nejčastěji využívá enzymatické hydrolýzy působením vybraných enzymů, např. chymotrypsin, pepsin, trypsin za vzniku různě dlouhých peptidů. Hydrolýzou může však docházet k degradaci některých esenciálních aminokyselin, především tryptofanu.

Hydrolyzovaný sérový protein v porovnání s WPC a WPI mají mnohem lepší a rychlejší vstřebatelnost pro organismus a maximální biologické hodnoty (ŠKRAŇKOVÁ, 2017).



Obrázek 17 Spotřební balení HYDRO sérového proteinu (nutrend.cz; ostrovit.com)

### 3.3.3 Sušená sladká syrovátka

Sladká syrovátka SWP (z angl. Sweet Whey Protein) je vedlejším produktem při výrobě zrajících sýrů. SWP je komplexní směs laktózy, bílkovin a minerálních látek s malým množstvím vlhkosti a tuku (BANAVARA, 2003). Syrovátka se nejčastěji zahušťuje a suší na prášek (Obrázek 18).



Obrázek 18 Využití SWP v potravinářství (bazalkahk.cz; leky-domu.cz; basicnutrition.cz)

Díky svým četným funkčním vlastnostem, jako je hnědnutí (karamelizace), kypření, pění a vázání vody, se SWP často používá jako přísada v různých potravinářských odvětvích, např. v mlékárenství, pekárenství, cukrárnách, masokombinátech (BANAVARA, 2003; KOSIKOWSKI, 1979). SWP se používá pro výrobu syrovátkových sýrů (Ricotta, Mysost), nápojů či piv, pekárny využívají SWP při výrobě chleba, sušenek, koláčků, v náplních a polevách. Dále se využívá i v bonbonech a margarínech (KOSIKOWSKI, 1979).

Značné množství SWP se stále ještě využívá v krmivech pro zvířata (BANAVARA, 2003). Kromě potravinářského průmyslu, se SWP využívá ve farmacii při výrobě pilulek a také se uplatňuje v kosmetickém průmyslu, jako jsou koupelnové lázně, mýdla, krémy i šampony (Obrázek 19).



Obrázek 19 Využití SWP v kosmetice – vyživující sérum, wellnes koupel, mýdlo (moravite.cz; notino.cz; torf-ziegler.com)

### 3.3.4 Kyselá syrovátka

Kyselá syrovátka AWP (z angl. Acid Whey Protein) se získává jako vedlejší produkt při výrobě nezrajících, čerstvých sýrů nebo jako vedlejší produkt při výrobě koncentrovaných mléčných výrobků, jako jsou některé typy jogurtů, např. jogurty řeckého typu. V kyselé syrovátce je více kyseliny mléčné, vápníku, fosforu a laktózy a má značně kyselou chuť (KOSIKOWSKI, 1979).

Další zpracování AWP je náročné kvůli vysokému obsahu minerálních látek, které mohou podporovat srážení syrovátkových proteinů a jejich následnému tuhnutí buď během zpracování, nebo při následném skladování. V průmyslu se AWP nejdříve neutralizuje (např. přidáním hydroxidu draselného) a následně se koncentruje pomocí nanofiltrace. Poté se vakuově odpařuje a suší (DRAPALA, 2018).

Mezi hlavní využití AWP patří výroba sýrů získávaných tepelnou koagulací bílkovin v syrovátce. Takto získané sýry (např. Ricotta z Obrázku 20) mají mnohem vyšší výtěžnost. Dále se používá například v sýrových omáčkách, v kyslejších ovocných nápojích (Obrázek 19), v pekárenství při výrobě chleba, sušenek a krekrů, které pak získávají během pečení na povrchu zlatavou barvu díky karamelizaci syrovátky. AWP se také efektivně využívá v potravinách z tavených sýrů a pomazánkách (KOSIKOWSKI, 1979). Jedním z hlavních použití AWP jsou však stále v krmiva pro zvířata (Obrázek 20).



Obrázek 20 Využití AWP – ovocné nápoje, syrovátkové sýry a krmiva pro telata (eshop.agrokonzulta.cz; italat.com; laformaggeria.com)

### 3.4 Kaseinové proteiny

Kaseinové proteiny nejčastěji nacházíme ve formě micelárního kaseinu v MPC, kaseinátových solí (kaseinát sodný a vápenatý) a podle způsobu výroby se pak dále dělí na kyselý a sladký kasein.

V potravinářském průmyslu jsou široce využívány jako stabilizátory pěn a emulzí díky jejich amfifilní povaze a schopnosti vytvářet viskoelastické filmy na rozhraní voda-vzduch nebo voda-olej. Kromě toho, kaseiny tvoří stabilní proteinové gely po přidání syřidla nebo kyseliny do mléka. Tato vlastnost je klíčová při výrobě sýrů u oddělování kaseinové sýřeniny od vypuzené tekuté syrovátky (KRENTZ, 2022). Dále také nacházejí kaseiny uplatnění ve sportovní výživě (Obrázek 21), nebo ve výrobě krmiv, kde se kromě tradičních krmiv pro hospodářská zvířata můžeme setkat i s krmnou směsí pro ryby, která se především využívá při sportovním rybolovu.





Obrázek 21 Využití micelárního kaseinu ve sportovní výživě (professionalwhey.com.au; protein.cz)

### 3.4.1 Kaseináty

Kaseináty jsou soli, které se získávají srážením kaseinu z mléka s následnou neutralizací a sušením. Mezi nejznámější soli patří kaseinát draselný, sodný a vápenatý (Obrázek 22) (BRABCOVÁ, 2008).

Kaseinát sodný má podobné složení jako kaseinová micela, hlavní odlišnost je v obsaženém fosforečnanu vápenatém, který se při výrobě kaseinátu sodného odstraňuje. To ovlivňuje původní kaseinové vlastnosti jako je vyšší rozpustnost, které se pak využívá v tekutých potravinách, kde se kaseinát sodný přidává jako nutriční složka zvyšující viskozitu výrobku. Kaseináty vápenaté mají zase vlastnost gelovatění (VOJTÍKOVÁ, 2020).

V potravinářství se často využívají jako pojiva, emulgátory a stabilizátory pěn, případně jako nutriční doplňky. Kaseináty se také využívají pro výrobu analogů tavených sýrů, které mají vysoké uplatnění především v rychlém občerstvení. V průmyslu se také používají pro výrobu lepidel a fólií aplikovaných na potraviny. (BRABCOVÁ, 2008).



Obrázek 22 Příklady balení kaseinátů (namaximum.cz; nutrihouse.cz)

### 3.4.2 Kyselý kasein

Kyselým srážením se získává tzv. kyselý kasein a v průmyslu se dále používá hlavně pro výrobu kaseinátů. Využívá se především z důvodu schopnosti vázat vodu, emulgovat tuk a tvořit pěnu. Také nachází uplatnění v nutričních přípravcích (KRÁLOVÁ, 2008). Většinou je však využíván pro krmné účely (Obrázek 23) a čistý má charakteristickou nepříjemnou chuť a aroma (SMITH, 2016).



Obrázek 23 Využití kyselého kaseinu pro krmné účely (bacarelexpress.co.uk; bigfish.ro)

### 3.4.3 Sladký kasein

Tyto kaseinové bílkoviny jsou izolovány pomocí sladkého srážení mléka (tzv. rennet kasein). Kromě širokého použití v syrařství můžeme jeho uplatnění nalézt i v jiných odvětvích. Sladký kasein (Obrázek 24) se získává enzymovou koagulací odstředěného mléka při normálním pH. Vzniklá sraženina se promíchá a zahřeje přímým parním ohřevem na teplotu 55-65 °C s výdrží maximálně 2 minuty. Sraženina se následně oddělí od syrovátky a výsledný produkt se vysuší. Rennet kasein se vyznačuje svou nerozpustností ve vodě.



Obrázek 24 Rennet kasein (wallstreet.com.tr)

Rennin, neboli chymosin, je enzym izolovaný ze čtvrtého telecího žaludku. V současnosti se však tento enzym kvůli jeho vysoké spotřebě získává zejména mikrobiologickou cestou (BRABCOVÁ, 2008).

Sladký kasein byl dříve v průmyslu používán především pro technické účely k výrobě umělé rohoviny (Obrázek 25), která sloužila k výrobě knoflíků, dekorativních šperků a často také k výrobě trsátek. Využívá se také však v krmných produktech obdobně jako kyselý kasein (KRÁLOVÁ, 2008).



Obrázek 25 Galalit – syntetický plast z kaseinu a formaldehydu (erlenlertesbih.com.tr; regencychess.co.uk)

#### 3.4.4 Laktóza

Laktóza se získává především z ultrafiltračního permeátu ze syrovátky, případně z ultrafiltračního permeátu z mléka. Tyto permeáty se dále zpracovávají nanofiltrací nebo reverzní osmózou, může se dále zakonzentrovávat odpařováním. Nejčastěji se suší na prášek (Obrázek 26).



Obrázek 26 Sušená laktóza (pivoatak.cz)

Laktóza se také přidává do kojenecké výživy, často se však nejprve využívá pro výrobu galakto-oligosacharidů, které se pak následně přidávají do kojenecké výživy, aby se výživa co nejvíce podobala mateřskému mléku. Dále se laktóza využívá ve farmaceutickém průmyslu při výrobě tablet a práškových inhalátorů. V potravinářství se využívá hygroskopických vlastností laktózy, která může být součástí sušených mléčných výrobků. Velká část laktózy se využívá při výrobě krmiv pro zvířata (PORTNOY, 2021).

## ZÁVĚR

Membránové separační technologie se řadí mezi nejmodernější způsob pro separaci jednotlivých mléčných složek. Jsou ceněny pro svou šetrnost, protože se nevyužívá vysokých tepelných ohřevů, čímž nedochází ke zbytečné denaturaci bílkovin a zároveň také díky tomu jsou výrazně levnější. Mezi hlavní produkty frakcionací mléka patří hlavní mléčné bílkoviny, micelární kasein a syrovátkový protein.

Mléčné proteiny nachází široké uplatnění ve výživových doplncích jako je kojenecká výživa a sportovní doplňky, můžeme se s nimi však setkat i ve speciální výživě, například geriatrická výživa. Často jsou proteinové výrobky užívány jako doplňky stravy při kontrole hmotnosti. Na trhu se setkáváme s obrovským množstvím těchto produktů, které se liší například obsaženým množstvím bílkovin a jejich druhem (kaseináty, syrovátka, kompletní mléčný protein), či poměrem jednotlivých složek.

Laktóza, se jako jedna z frakcionovaných složek, používá jako stabilizátor vůní, využívá se také například pro výrobu vitaminových doplňků nebo ve farmaceutickém průmyslu při výrobě tablet jako plnidlo či pojivo. V potravinářství jsou mléčné bílkoviny ceněny jako emulgující složky, či jako pěnové stabilizátory. Syrovátka se také využívá v kosmetickém průmyslu pro výrobu kondicionérů a krémů, protože podporuje hydrataci pokožky, dodává jí pružnost a zmírňuje tvorbu vrásek. Kaseiny se naopak dříve využívaly k výrobě syntetického plastu galatit, ze kterého se vyráběly náramky, knoflíky nebo třeba trsátka. Další uplatnění, kde se využívá jednotlivých mléčných bílkovinných složek, jsou také krmné účely. Kromě tradiční výživy pro hospodářská zvířata, se můžeme setkat s krmnou směsí pro kapry, která je určená pro sportovní rybolov.

Mléko je komplexní forma nejen lidské stravy a to především pro ideální, plnohodnotné zastoupení esenciálních aminokyselin, dále pro vysoký obsah vápníku a dobře stravitelný tuk. Spektrum jeho využití je opravdu široké a proto se využívá co nejšetrnějších technik pro jeho úpravu a separaci jednotlivých složek.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

ABD EL-SALAM, M. H. a S. EL-SHIBINY. Preparation, properties, and uses of enzymatic milk protein hydrolysates. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 2016, **57**(6), 1119-1132 [cit. 2022-03-28]. ISSN 1040-8398. Dostupné z: doi:10.1080/10408398.2014.899200

BANAVARA, D.S., D. ANUPAMA a S.A. RANKIN. Studies on Physicochemical and Functional Properties of Commercial Sweet Whey Powders. *Journal of Dairy Science* [online]. 2003, **86**(12), 3866-3875 [cit. 2022-03-28]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73994-0

BOER, Ruud de. *From Milk By-Products to Milk Ingredients: Upgrading the Cycle* [online]. John Wiley & Sons. 2014, s.221 [cit. 2022-03-28]. ISBN 978-1-118-59870-2. Dostupné také z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011B9E34/from-milk-by-products/milk-prote-literature>

BOLAND, M. *Handbook of food proteins. Whey proteins* [online]. Phillips, GOPhillips, GOWilliams, PAWilliams, PA, 2011, s. 30-55 [cit. 2021-11-06]. ISBN 978-1-84569-758-7.

BRABCOVÁ, Lenka. *Analogy tavených sýrů* [online]. Brno, 2008 [cit. 2022-03-18]. Vysoké učení technické v Brně, fakulta chemická, ústav chemie potravin a biotechnologií. Dostupné z <https://core.ac.uk/download/pdf/30278399.pdf>. Bakalářská práce. Vedoucí práce Ing. Eva Vítová, Ph.D.

BUCHE, Patrice, Stéphane DERVAUX, Nadine LECONTE, et al. Milk microfiltration process dataset annotated from a collection of scientific papers. *Data in Brief* [online]. 2021, 36 [cit. 2021-11-06]. ISSN 23523409. Dostupné z: doi:10.1016/j.dib.2021.107063

BULANTOVÁ, Veronika. *Vývoj spotřeby mléka a mléčných výrobků* [online]. České Budějovice, 2015 [cit. 2022-03-21]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, fakulta zemědělská, Dostupné z <https://theses.cz/id/5exfmd/17168552> .Bakalářská práce, Vedoucí práce doc. Ing. Eva Samková, Ph.D,

BYLUND, Gösta. *Tetra Pak Processing Systems AB*. 2015. Sweden: Lund, 2015, 482 s. ISBN 9789176097199.

CARTER, B.G., N. CHENG, R. KAPOOR, G.H. MELETHARAYIL a M.A. DRAKE. Invited review: Microfiltration-derived casein and whey proteins from milk. *Journal of*

*Dairy Science* [online]. 2021, 104(3), 2465-2479 [cit. 2021-10-21]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2020-18811

DRAPALA, Kamil P., Kevin M. MURPHY, Quang Tri HO, Shane V. CROWLEY, Shane MULCAHY, Noel A. MCCARTHY a James A. O'MAHONY. Short communication: Multi-component interactions causing solidification during industrial-scale manufacture of pre-crystallized acid whey powders. *Journal of Dairy Science* [online]. 2018, 101(12), 10743-10749 [cit. 2022-02-14]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2018-14836

DULLIUS, Anja, Márcia Inês GOETTERT a Cláudia Fernanda Volken DE SOUZA. Whey protein hydrolysates as a source of bioactive peptides for functional foods – Biotechnological facilitation of industrial scale-up. *Journal of Functional Foods* [online]. 2018, 42, 58-74 [cit. 2022-02-11]. ISSN 17564646. Dostupné z: doi:10.1016/j.jff.2017.12.063

BŘEZKOVÁ, Veronika. *Laktózová intolerance versus laktózová tolerance* [online]. Brno, 2009 [cit. 2022-03-21]. Dostupné online z [https://is.muni.cz/th/p76ks/bakalarska\\_prace.pdf](https://is.muni.cz/th/p76ks/bakalarska_prace.pdf) Bakalářská práce. Masarykova Univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce MVDr. Halina Matějová.

EČER, Jiří a Jan KINČL. Membránové procesy v mlékárenském průmyslu. *Mlékařské listy* [online]. 2014, (145), I-IV [cit. 2022-11-16]. Dostupné z: [http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2014/145\\_i-iv.pdf](http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2014/145_i-iv.pdf)

FENELON, Mark A., Rita M. HICKEY, Aoife BUGGY, Noel MCCARTHY a Eoin G. MURPHY. Whey Proteins in Infant Formula. *Whey Proteins* [online]. Elsevier, 2019, 2019, s. 439-494 [cit. 2022-02-07]. ISBN 9780128121245. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-812124-5.00013-8

HANUŠOVÁ, J., M. MIHULOVÁ, L. DIBLÍKOVÁ a L. ČURDA. Influence of salts on selective coagulation of whey proteins and their application in the isolation of  $\beta$ -lactoglobulin. *Czech Journal of Food Sciences* [online]. 2014, 32(1), 77-81 [cit. 2022-02-04]. ISSN 12121800. Dostupné z: doi:10.17221/524/2012-CJFS

HERBA, Andrej. *Využití membránových technologií* [online]. Zlín, 2012 [cit. 2021-11-17]. Dostupné z: [https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/22990/herba\\_2012\\_bp.pdf?sequence=1](https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/22990/herba_2012_bp.pdf?sequence=1)

Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, fakulta aplikované informatiky. Vedoucí práce Ing. Lucie Juříková.

CHERYAN, Munir. *Ultrafiltration and Microfiltration Handbook* [online]. CRC Press, 1998 [cit. 2021-11-16]. ISBN 9781482278743. Dostupné z: doi:10.1201/9781482278743

JIRÁNKOVÁ H., EČER J., KINČL J., DRÁB V., BÁR L. *Membránové procesy v potravinářství: seminář* [online]. Česká Lípa: Česká membránová platforma o.s., 2015-. ISBN 978-80-904517-5-9. Dostupné z: [http://www.ctpp.cz/data/files/Sbornik\\_Membranove%20procesy.pdf](http://www.ctpp.cz/data/files/Sbornik_Membranove%20procesy.pdf)

KÁŠ, Jan, Milan KODÍČEK a Olga VALENTOVÁ. *Laboratorní techniky biochemie*. Praha: VŠCHT, 2005. ISBN 978-80-7080-586-2.

KELLY, P. MILK PROTEIN PRODUCTS | Milk Protein Concentrate. *Encyclopedia of Dairy Sciences* [online]. Elsevier, 2011, 2011, s. 848-854 [cit. 2022-02-04]. ISBN 9780123744074. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-374407-4.00346-0 .

KOPÁČEK, Jiří. *Mléko a mléčné výrobky: jak poznáme kvalitu?*. Praha: Sdružení českých spotřebitelů, 2014. Jak poznáme kvalitu?. ISBN 978-80-88019-02-2. Dostupné z: [https://eagri.cz/public/web/file/593419/\\_2014\\_SCS\\_Mleko\\_web.pdf](https://eagri.cz/public/web/file/593419/_2014_SCS_Mleko_web.pdf)

KOSIKOWSKI, Frank V. Whey Utilization and Whey Products. *Journal of Dairy Science* [online]. 1979, **62**(7), 1149-1160 [cit. 2022-02-14]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.S0022-0302(79)83389-5

KRÁLOVÁ, Petra 2008. *Tvorba mléčných koprecipitátů pomocí přídavku kyseliny mléčné: Formation of milk coprecipitates by the help of lactic acid addition*. [online]. [cit. 2022-02-01]. Dostupné z: [https://www.vut.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=5168](https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=5168) . Bakalářská práce. Vysoké učení technické, Fakulta chemická, Brno. Vedoucí práce Ing. Miloš Kvasnička.

KRENTZ, Abigail, Israel GARCÍA-CANO a Rafael JIMÉNEZ-FLORES. Functional, textural, and rheological properties of mixed casein micelle and pea protein isolate co-dispersions. *JDS Communications* [online]. 2022 [cit. 2022-02-14]. ISSN 26669102. Dostupné z: doi:10.3168/jdsc.2021-0157



MAGAN, Jonathan B., Tom F. O'CALLAGHAN, Alan L. KELLY a Noel A. MCCARTHY. Compositional and functional properties of milk and dairy products derived from cows fed pasture or concentrate-based diets. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2021, 20(3), 2769-2800 [cit. 2022-02-26]. ISSN 1541-4337. Dostupné z: doi:10.1111/1541-4337.12751

MEENA, Ganga Sahay, Ashish Kumar SINGH, Narender Raju PANJAGARI a Sumit ARORA. Milk protein concentrates: opportunities and challenges. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 2017, 54(10), 3010-3024 [cit. 2022-02-04]. ISSN 0022-1155. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-017-2796-0 .

MISTRY, V. V. a J.-L. MAUBOIS. Application of Membrane Separation Technology to Cheese Production. FOX, P. F., ed. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* [online]. Boston, MA: Springer US, 1993, 1993, s. 493-522 [cit. 2021-11-16]. ISBN 978-1-4613-6138-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4615-2650-6\_13

NAVRÁTILOVÁ, Pavlína. *Hygiena produkce mléka*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012 [cit. 2021-02-04]. ISBN 978-80-7305-624-7. dostupné z: <https://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/Navratilova-skripta-web.pdf>

O'KENNEDY, B.T. Dairy ingredients in non-dairy food systems. *Dairy-Derived Ingredients* [online]. Elsevier, 2009, 2009, s. 482-506 [cit. 2022-02-04]. ISBN 9781845694654. Dostupné z: doi:10.1533/9781845697198.3.482

PANTHI, Ram R., Kieran N. JORDAN, Alan L. KELLY a J.J. SHEEHAN. *Cheese: Selection and Treatment of Milk for Cheesemaking* [online]. Elsevier, 2017, 25-30 [cit. 2022-02-04]. ISBN 9780124170124. Dostupné také z: 10.1016/B978-0-12-417012-4.

PORTNOY, Matilde a David M. BARBANO. Lactose: Use, measurement, and expression of results. *Journal of Dairy Science* [online]. 2021, 104(7), 8314-8325 [cit. 2022-03-28]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2020-18706

RYAN, Ger, Alice B. NONGONIERMA, Jonathan O'REGAN a Richard J. FITZGERALD. Functional properties of bovine milk protein isolate and associated enzymatic hydrolysates. *International Dairy Journal* [online]. 2018, 81, 113-121 [cit. 2022-02-07]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2018.01.013

SCHORK, Nicolas, Sebastian SCHUHMANN, Hermann NIRSCHL a Gisela GUTHAUSEN. In situ measurement of deposit layer formation during skim milk filtration

by MRI. *Magnetic Resonance in Chemistry* [online]. 2019, 57(9), 738-748 [cit. 2021-10-18]. ISSN 07491581. Dostupné z: doi:10.1002/mrc.4826

SIKAND, V., P.S. TONG, S. ROY, L.E. RODRIGUEZ-SAONA a B.A. MURRAY. Solubility of commercial milk protein concentrates and milk protein isolates. *Journal of Dairy Science* [online]. 2011, 94(12), 6194-6202 [cit. 2022-02-07]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2011-4477

SMITH, T.J., R.E. CAMPBELL, Y. JO a M.A. DRAKE. Flavor and stability of milk proteins. *Journal of Dairy Science* [online]. 2016, 99(6), 4325-4346 [cit. 2022-02-14]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2016-10847

SOODAM, Kevany a Timothy P GUINEE. The case for milk protein standardisation using membrane filtration for improving cheese consistency and quality. *International Journal of Dairy Technology* [online]. 2018, 71(2), 277-291 [cit. 2021-10-18]. ISSN 1364727X. Dostupné z: doi:10.1111/1471-0307.125029

STAROVESKÁ, Natálie. Laktózová intolerance - fakta a mýty [online]. Praha, 2018 [cit. 2021-10-18]. Dostupné z <http://hdl.handle.net/20.500.11956/99855>. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, III. interní klinika - klinika endokrinologie a metabolismu I.LF a VFN v Praze. Vedoucí práce Hubáček, Jaroslav.

ŠÍPEK, Milan. *Základní membránové procesy*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2018. ISBN 978-80-906831-5-0.

ŠKRAŇKOVÁ, Zuzana, 2017. *Syrovátkové koncentráty ve výživě* [online]. [cit. 2022-02-11]. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, fakulta chemicko-technologická. Vedoucí práce RNDr. Lucie Korecká, Ph.D. Dostupné z: [https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/69355/SkrankovaZ\\_Syrovatkove\\_koncentraty\\_LK\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/69355/SkrankovaZ_Syrovatkove_koncentraty_LK_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y) .

ŠKROBÁK, Filip, 2012. *Metody izolace a detekce mléčných proteinů* [online]. Zlín, 2012 [cit. 2021-11-18]. Dostupné z: [https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/22625/%c5%a1krob%c3%a1k\\_2012\\_bp.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/22625/%c5%a1krob%c3%a1k_2012_bp.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, fakulta technologická. Vedoucí práce Ing. Věra Halabalová, Ph.D.

TAMIME, A.I. *Dairy Powders and Concentrated Products*. 2009. John Wiley. ISBN 978-1-4051-5764-3

THOMSON, Rebecca L. a Jonathan D. BUCKLEY. Protein hydrolysates and tissue repair. *Nutrition Research Reviews* [online]. 2011, 24(2), 191-197 [cit. 2022-02-11]. ISSN 0954-4224. Dostupné z: doi:10.1017/S0954422411000084

VOJTÍKOVÁ, Lucie. *Vliv kaseinových bílkovin na viskoelastické vlastnosti tavených sýrových omáček* [online]. Zlín, 2020 [cit. 2022-02-15]. Dostupné z: [https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/49397/vojt%3ADkov%3A1\\_2020\\_dp.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/49397/vojt%3ADkov%3A1_2020_dp.pdf?sequence=-1&isAllowed=y). Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, fakulta technologická. Vedoucí práce Ing. Richardos Nikolaos Salek, Ph.D.

Obrázek 9 [online]. Sýr ricotta vyráběný na principu srážení syrovátky [cit. 2022-02-04]. Dostupné z <https://nakup.itesco.cz/groceries/cs-CZ/products/2001007667980> a <https://www.labuznik.cz/ingredience/ricotta/strankovani/6/>

Obrázek 10 [online]. Příklady využití a spotřebitelského balení MPC [cit. 2022-02-04]. Dostupné z <https://www.californiadairies.com/products/nutritional-powders> a [https://www.namaximum.cz/kategorie/proteiny/sotein-sojovy-proteinovy-izolat-90/?parameters%5B2%5D=9&parameters%5B1%5D=34&gclid=CjwKCAjwrqqSBhBbEi wAlQeqGobbqoQkxwprDyRdhRK2uF8sI859YztogcWbVUeup8fQ7pNRbCLzKhoCf8YQ AvD\\_BwE](https://www.namaximum.cz/kategorie/proteiny/sotein-sojovy-proteinovy-izolat-90/?parameters%5B2%5D=9&parameters%5B1%5D=34&gclid=CjwKCAjwrqqSBhBbEi wAlQeqGobbqoQkxwprDyRdhRK2uF8sI859YztogcWbVUeup8fQ7pNRbCLzKhoCf8YQ AvD_BwE)

Obrázek 12 [online]. Příklady využití MPI [cit. 2022-02-07]. Dostupné z <https://www.leano.cz/wefood-nativni-mlecny-protein-mpi-natural-1-kg> a <https://www.namaximum.cz/kategorie/proteiny/mpi-90-mlecny-izolat/>

Obrázek 13 [online]. Mléčný proteinový hydrolyzát [cit. 2022-02-011]. Dostupné z [https://www.benu.cz/resource-instant-protein-1x800g?aw=1&utm\\_campaign=freelistings&utm\\_medium=organic&utm\\_source=google&utm\\_term=Resource+Instant+Protein+1x800g](https://www.benu.cz/resource-instant-protein-1x800g?aw=1&utm_campaign=freelistings&utm_medium=organic&utm_source=google&utm_term=Resource+Instant+Protein+1x800g) a <https://www.walmart.com/ip/Mead-Johnson-Protein-Hydrolysate-Formula-Oral-Supplement-3232-A-Unflavored-1-lb-Can-Powder-1-Count/112932929>

Obrázek 14 [online]. MPH v kosmetickém průmyslu [cit. 2022-02-011]. [https://www.makingcosmetics.com/Milk-Protein-Hydrolyzed-ECOCERT-Approved\\_p\\_1431.html?fbclid=IwAR06KAZu5v9QKZ54Q9lxlpn3Wcf\\_UjGOV\\_YnMjUvB-2ukUf63q4qb8SxJo](https://www.makingcosmetics.com/Milk-Protein-Hydrolyzed-ECOCERT-Approved_p_1431.html?fbclid=IwAR06KAZu5v9QKZ54Q9lxlpn3Wcf_UjGOV_YnMjUvB-2ukUf63q4qb8SxJo)

Obrázek 15 [online]. Příklady využití sérových proteinů v průmyslu [cit. 2022-02-011]. Dostupné z [https://www.drmax.cz/protifar-prasek-pro-pripravu-roztoku-225-g?gclid=CjwKCAjwrqqSBhBbEiwAlQeqGuPQfoshkiPl8SO15DDt5VqXOzAyQ\\_dag9UhoIfMx7u9tk1kpoZbvxoCOhcQAvD\\_BwE](https://www.drmax.cz/protifar-prasek-pro-pripravu-roztoku-225-g?gclid=CjwKCAjwrqqSBhBbEiwAlQeqGuPQfoshkiPl8SO15DDt5VqXOzAyQ_dag9UhoIfMx7u9tk1kpoZbvxoCOhcQAvD_BwE) a <https://www.iafstore.com/eu/per4m/100-whey-protein-codp48954> a [https://www.notino.cz/bione-cosmetics/bione-cosmetics-kozi-syrovatka-regeneracni-kondicioner-pro-citlivou-pokozku/p-15961381/?gclid=CjwKCAjwrqqSBhBbEiwAlQeqGuY8eULMVrqyzNXD\\_Xj7tPox5EKEYMYmFT31VNfPK\\_VANGNAsSjB0RoCkYQQA\\_VD\\_BwE](https://www.notino.cz/bione-cosmetics/bione-cosmetics-kozi-syrovatka-regeneracni-kondicioner-pro-citlivou-pokozku/p-15961381/?gclid=CjwKCAjwrqqSBhBbEiwAlQeqGuY8eULMVrqyzNXD_Xj7tPox5EKEYMYmFT31VNfPK_VANGNAsSjB0RoCkYQQA_VD_BwE)

Obrázek 16 [online]. Spotřební balení WPC a WPI [cit. 2022-02-10]. Dostupné z <https://www.drmax.cz/maximum-whey-protein-isolate-92-1000g-banan> a <https://www.namaximum.cz/kategorie/proteiny/wpc-80-syrovatkovy-proteinovy-koncentrat/?parameters%5B2%5D=8&parameters%5B1%5D=34>

Obrázek 17 [online]. Spotřební balení H|DRO sérového proteinu [cit. 2022-02-10]. Dostupné z <https://www.nutrend.cz/hydro-whey-d15999.htm> a <https://ostrovit.com/en/products/ostrovit-whey-protein-hydrolysate-instant-700-g-16154.html>

Obrázek 18 [online]. Využití SWP v potravinářství [cit. 2022-02-10]. Dostupné z <https://www.bazalkahk.cz/zbozi/bazalka/temata/1080-bio-susena-syrovatka-amalka-500g/> a <https://www.leky-domu.cz/syrovatka~c127.html> a <https://www.basicnutrition.cz/suroviny/susena-sladka-syrovatka-1-kg-sacek>

Obrázek 19 [online]. Využití SWP v kosmetice [cit. 2022-02-10]. Dostupné z <https://moravite.cz/produkty/prirodni-mydlo-se-syrovatkou/> a [https://www.notino.cz/bione-cosmetics/bione-cosmetics-kozi-syrovatka-vyzivujici-serum-pro-obnovu-hutnosti-pleti-pro-citlivou-plet/p-15961187/?gclid=CjwKCAjw0a-SBhBkEiwApljU0iIrtF\\_DnBd3EJaVsLgj0g9WKZ4SGbcRU0L9WkewFMQw\\_rdMe1cithoCTY4QA\\_VD\\_BwE](https://www.notino.cz/bione-cosmetics/bione-cosmetics-kozi-syrovatka-vyzivujici-serum-pro-obnovu-hutnosti-pleti-pro-citlivou-plet/p-15961187/?gclid=CjwKCAjw0a-SBhBkEiwApljU0iIrtF_DnBd3EJaVsLgj0g9WKZ4SGbcRU0L9WkewFMQw_rdMe1cithoCTY4QA_VD_BwE) a [https://www.torf-ziegler.com/produkt/syrovatka-7-kg-581?gclid=CjwKCAjw0a-SBhBkEiwApljU0iO4yNFOGyphnre2j8g0v\\_CUL4aIym2OFc57ycR0erydQTHFSKEhdBoCOr0QA\\_VD\\_BwE](https://www.torf-ziegler.com/produkt/syrovatka-7-kg-581?gclid=CjwKCAjw0a-SBhBkEiwApljU0iO4yNFOGyphnre2j8g0v_CUL4aIym2OFc57ycR0erydQTHFSKEhdBoCOr0QA_VD_BwE)

Obrázek 20 [online]. Využití AWP [cit. 2022-02-14]. Dostupné z <https://www.laformaggeria.com/o-syrovatce/> a <https://eshop.agrokonzulta.cz/krmiva-pro-telata/68-lacnel-3.html> a <https://www.italat.cz/prodejna/syry/syry-italat/ricotta-200-g-italat>

Obrázek 21 [online]. Využití micelárního kaseinu ve sportovní výživě [cit. 2022-02-03]. Dostupné z <https://www.protein.cz/slow-casein-swedish-supplements> a <https://www.professionalwhey.com.au/hydrolysed-casein>

Obrázek 22 [online]. Příklady balení kaseinátů [cit. 2022-02-03]. Dostupné z [https://www.namaximum.cz/kategorie/proteiny/calcium-caseinate-kaseinat-vapenaty-92/?parameters%5B2%5D=9&parameters%5B1%5D=34&gclid=CjwKCAjw0a-SBhBkEiwApljU0II5yacjjNChT7hmGN24d2UYOQ66t--MAOAJZ\\_yubEDRrmed1J75lhoCxnEQAvD\\_BwE](https://www.namaximum.cz/kategorie/proteiny/calcium-caseinate-kaseinat-vapenaty-92/?parameters%5B2%5D=9&parameters%5B1%5D=34&gclid=CjwKCAjw0a-SBhBkEiwApljU0II5yacjjNChT7hmGN24d2UYOQ66t--MAOAJZ_yubEDRrmed1J75lhoCxnEQAvD_BwE) a <https://www.nutrihouse.cz/zdravi-nutristar/eshop/26-1-SUROVINY/0/5/232-NutriHouse-KASEINAT-VAPENATY-1-kg>

Obrázek 23 [online]. Využití kyselého kaseinu pro krmné účely [cit. 2022-02-03]. Dostupné z <https://bigfish.ro/produse-crap/nade-crap/ingrediente-mixuri-boilies/feedstimulants-acid-casein-90-mesh> a <https://www.bacarelexpress.co.uk/products/acid-casein-100-mesh.php>

Obrázek 24 [online]. Rennet kasein [cit. 2022-02-15]. Dostupné z <https://wallstreet.com.tr/project/rennet-casein/>

Obrázek 25 [online]. Galatit – syntetický plast z kaseinu a formaldehydu [cit. 2022-02-03]. Dostupné z <https://www.erenlertesbih.com.tr/1940-oncesi-dokum-multi-renk-fransiz-galalit-tesbih> a <https://www.regencychess.co.uk/galalith-luxury-backgammon-stones-olive-green-ivory-36mm-p-1022.html>

Obrázek 26 [online]. Sušená laktóza [cit. 2022-03-23]. Dostupné z [https://www.pivoatak.cz/ostatni/laktoza-250-g/?gclid=CjwKCAjw0a-SBhBkEiwApljU0swMh4tbN5Z2iexOgWhQBwJF0OcXSRIEwfsF\\_r1qCYOX3CAJd1P3wBoCgy8QAvD\\_BwE](https://www.pivoatak.cz/ostatni/laktoza-250-g/?gclid=CjwKCAjw0a-SBhBkEiwApljU0swMh4tbN5Z2iexOgWhQBwJF0OcXSRIEwfsF_r1qCYOX3CAJd1P3wBoCgy8QAvD_BwE)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

- MPC Mléčný proteinový koncentrát (z angl. Milk Protein Concentrate)
- MPI Mléčný proteinový izolát (z angl. Milk Protein Isolate)
- BMP Sušené podmáslí (z angl. Buttermilk powder)
- SMP Sušené odstředěné mléko (z angl. Skimmed Milk Powder)
- WMP Sušené plnotučné mléko (z angl. Whole Milk Powder)
- MPH Mléčný proteinový hydrolyzát (z angl. Milk Protein Hydrolysate)
- WPC Sérový proteinový koncentrát (z angl. Whey Protein Concentrate)
- WPI Sérový proteinový izolát (z angl. Whey Protein Isolate)
- WPH; HYDRO Sérový proteinový hydrolyzát (z angl. Whey Protein Hydrolysate)
- SWP Sladká syrovátka (z angl. Sweet Whey Protein)
- AWP Kyselá syrovátka (z angl. Acid Whey Protein)

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Běžné složení kravského mléka. <i>Převzato z (BULANTOVÁ, 2015) (KOPÁČEK, 2014)</i> .....	9
Obrázek 2 Kaseinová micela ( <i>upraveno podle (BYLUND, 2015)</i> ) .....	11
Obrázek 3 Strukturní vzorec laktózy (BŘEZKOVÁ, 2009).....	11
Obrázek 4 Přehled mléčných složek separovaných dle použité membránové techniky v závislosti na velikosti pórů membrány ( <i>upraveno podle (CARTER, a další, 2021)</i> ).....	15
Obrázek 5 Schéma cross-flow filtrace (JIRÁNKOVÁ, a další, 2015) .....	15
Obrázek 6 Schéma dead-end filtrace (JIRÁNKOVÁ, a další, 2015).....	15
Obrázek 7 Schéma výroby micelárního kaseinu a mléčného syrovátkového proteinu ( <i>upraveno podle (CARTER, a další, 2021)</i> ) .....	17
Obrázek 8 Schématické znázornění elektrodiálýzy ( <i>upraveno podle (HERBA, 2012)</i> ) .....	19
Obrázek 9 Sýr ricotta, vyráběný na principu srážení syrovátky (nakup.itesco.cz; labuznik.cz) .....	21
Obrázek 10 Příklady využití a spotřebitelská balení MPC (namaximum.cz; californiadairies.com) .....	24
Obrázek 11 Grafické znázornění využití MPC ( <i>upraveno podle (MEENA, a další, 2017)</i> ) .....	25
Obrázek 12 Příklady využití MPI (leano.cz; namaximum.cz).....	26
Obrázek 13 Mléčný proteinový hydrolyzát (BENU.CZ; walmart.com) .....	27
Obrázek 14 MPH v kosmetickém průmyslu (makingcosmetics.com) .....	27
Obrázek 15 Příklady využití sérových proteinů v průmyslu (drmax.cz; iafstore.com; notino.cz) .....	28
Obrázek 16 Spotřební balení WPC a WPI (drmax.cz; namaximum.cz).....	29
Obrázek 17 Spotřební balení HYDRO sérového proteinu (nutrend.cz; ostrovit.com).....	30
Obrázek 18 Využití SWP v potravinářství (bazalkahk.cz; leky-domu.cz; basicnutrition.cz) .....	30
Obrázek 19 Využití SWP v kosmetice – vyživující sérum, wellnes koupel, mýdlo (moravite.cz; notino.cz; torf-ziegler.com) .....	31
Obrázek 20 Využití AWP – ovocné nápoje, syrovátkové sýry a krmiva pro telata (eshop.agrokonzulta.cz; italat.com; laformaggeria.com).....	32
Obrázek 21 Využití micelárního kaseinu ve sportovní výživě (professionalwhey.com.au; protein.cz) .....	33
Obrázek 22 Příklady balení kaseinátů (namaximum.cz; nutrihouse.cz).....	33
Obrázek 23 Využití kyselého kaseinu pro krmné účely (bacarelexpress.co.uk; bigfish.ro)	34
Obrázek 24 Rennet kasein (wallstreet.com.tr).....	34
Obrázek 25 Galalit – syntetický plast z kaseinu a formaldehydu (erlenlertesbih.com.tr; regencychess.co.uk) .....	35

---

Obrázek 26 Sušená laktóza (pivoatak.cz) .....35



**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Rozdělení hlavních frakcí mléčných bílkovin .....	10
Tabulka 2 Přehled biodisponibility v 1 litru mléka <i>Převzato z (KOPÁČEK, 2014)</i> .....	12

