

# Mléčné gely vyrobené ze sušených směsí

Marie Škubníková

---

Bakalářská práce  
2019

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin  
akademický rok: 2018/2019

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marie Škubníková**  
Osobní číslo: **T16333**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Mléčné gely vyrobené ze sušených směsí**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Student teoreticky popíše způsoby tvorby mléčných gelů.

### II. Praktická část

1. V praktické části bude optimalizovat podmínky sladkého srážení obnovených suchých směsí (sušené odstředěné mléko, kaseináty aj.).

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] BYLUND, Gösta. Dairy processing handbook [online]. Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB S-221 86 Lund, 1995 [cit. 2019-03-06].

[2] BOLAND, Mike. Milk proteins [online]. 2nd Edition. New Zealand: Elsevier, 2014 [cit. 2019-03-06]. ISBN 978-0-12-405171-3. Dostupné z:

[https://books.google.cz/books?id=cgFOAwAAQBAJ&pg=PR4&lpg=PR4&dq=isbn+978-0-12-405171-3&source=bl&ots=CtSI9L430w&sig=m\\_y0h-t-](https://books.google.cz/books?id=cgFOAwAAQBAJ&pg=PR4&lpg=PR4&dq=isbn+978-0-12-405171-3&source=bl&ots=CtSI9L430w&sig=m_y0h-t-aY9gOLuLJn.IVUttuCO&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKewiKg.Hf15zeAhXSMewKHUa1A.8Q6AEwAXoECAkQAAQ)

[aY9gOLuLJn.IVUttuCO&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKewiKg.Hf15zeAhXSMewKHUa1A.8Q6AEwAXoECAkQAAQ](https://books.google.cz/books?id=cgFOAwAAQBAJ&pg=PR4&lpg=PR4&dq=isbn+978-0-12-405171-3&source=bl&ots=CtSI9L430w&sig=m_y0h-t-aY9gOLuLJn.IVUttuCO&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKewiKg.Hf15zeAhXSMewKHUa1A.8Q6AEwAXoECAkQAAQ)

[3] 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 [online]. , 6194-6202 [cit. 2019-03-06]. DOI: 10.3168/jds.2011-4477. Dostupné z:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030211006539>.

[4] WU, Shaozong, John FITZPATRICK, Kevin CRONIN a Song MIAO. The effect of pH on the wetting and dissolution of milk protein isolate powder [online]. , 114-119 [cit. 2019-03-06]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2018.07.022. Dostupné z:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S026087741830311X>.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. František Buňka, Ph.D.**  
Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **2. února 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. května 2019**

Ve Zlíně dne 2. února 2019

L.S.

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

doc. Ing. Jiří Miček, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: .....

Obor: .....

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/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 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně .....

.....

---

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce bylo vyzkoušet, zda dochází k enzymatickému srážení u sušeného odstředěného mléka, jehož vlastnosti se během sušení mění. V laboratorních podmínkách byly vyzkoušeny různé surovinové skladby pomocí zkumavkových pokusů. Na základě těchto pokusů byla vybrána ta nejvhodnější skladba, u které byla provedena reologická analýza pomocí dynamické oscilační reometrie. Z výsledků bylo zjištěno, že z takto připraveného mléka by mohl být vyroben přírodní sýr.

Klíčová slova: enzymatické srážení, sušené odstředěné mléko, přírodní sýr, mléko

## **ABSTRACT**

The aim of the bachelor thesis was to test whether the enzymatic precipitation occurs in the skimmed milk powder whose properties change during drying. In the laboratory conditions, various raw material compositions were tested using test tubes. Based on these experiments, the most suitable composition was selected for rheological analysis using dynamic oscillation rheometry. From the results, it was found that natural cheese could be produced from the milk thus prepared.

Keywords: enzymatic precipitation, skimmed milk powder, natural cheese, milk, dynamic oscillation rheometry

**Poděkování:**

Ráda bych touto cestou poděkovala především mému vedoucímu prof. Ing. Františkovi Buňkovi, Ph.D. za jeho cenné rady, trpělivost, věcné připomínky, vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce. Další poděkování směřuje Ing. Ludmile Zálešákové za pomoc a ochotu při práci v laboratoři.

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

## OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 MLÉKO</b> .....	<b>11</b>
1.1 SLOŽENÍ MLÉKA .....	11
1.2 VLASTNOSTI MLÉKA.....	14
<b>2 SRÁŽENÍ MLÉKA</b> .....	<b>16</b>
2.1 SLADKÉ SRÁŽENÍ MLÉKA (SYŘIDLOVÉ, ENZYMATICKÉ SRÁŽENÍ) .....	17
<b>3 SUŠENÉ MLÉKO</b> .....	<b>20</b>
3.1 PRINCIP SUŠENÍ .....	20
3.2 MLÉKO POUŽÍVANÉ K SUŠENÍ.....	21
3.3 TECHNOLOGIE VÝROBY SUŠENÉHO MLÉKA .....	21
<b>4 KONCENTRÁTY MLÉČNÝCH BÍLKOVIN</b> .....	<b>27</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>28</b>
<b>5 MATERIÁL A METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>29</b>
5.1 PRVNÍ FÁZE .....	29
5.2 DRUHÁ FÁZE .....	30
<b>6 VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>32</b>
6.1 VÝSLEDKY PRVNÍ FÁZE .....	32
6.2 VÝSLEDKY DRUHÉ FÁZE.....	34
<b>7 ZÁVĚR</b> .....	<b>38</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>39</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>42</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>43</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>44</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ</b> .....	<b>45</b>



## ÚVOD

Mléko a mléčné výrobky jsou řazeny k základním potravinám pro výživu lidí na celém světě. Mléko je první potravinou, se kterou se člověk setká po jeho narození. Je bohaté na obsah vápníku, bílkovin, minerálních a dalších látek. Nejvíce je využíváno mléko kravské. V rozvinutých zemích tvoří 98 % a v rozvojových zemích jsou to 2/3. Zbylou část tvoří mléko jiného původu.

V zemích na Blízkém (např. Izrael, Turecko, Egypt) a Středním Východě (např. Írán, Jemen, Omán), ale i Střední (např. Angora, Čad, Rwanda) a Jižní Africe (např. Namibie, Botswana), kde je syrového mléka nedostatek nebo není v dostatečném množství k dispozici po celý rok, je snaha vyrábět přírodní sýry ze suchých směsí, jako je například sušené odstředěné mléko s přísádky dalších surovin. Suchá směs se před enzymatickým srážením obnoví. Během procesu sušení však dochází ke změně vlastností bílkovin i jiných látek, což znesnadňuje produkci, kyselá a enzymatické srážení.

Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části je charakterizováno kravské mléko jak čerstvé, tak i sušené. Jsou zde popsány i procesy sušení kravského mléka. Důležitou částí je kapitola, zabývající se enzymatickým srážením mléka. Hlavním úkolem praktické části bylo popsat metodiku práce, jejíž součástí byly zkumavkové pokusy a měření na reometru. Další kapitolou jsou výsledky zkumavkových pokusů a dynamické oscilační reometrie.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 MLÉKO

Mléko a mléčné výrobky jsou nedílnou součástí výživy člověka již několik tisíc let. Jsou významným zdrojem živin pro kojence a dospělou populaci. Mléko obsahuje plnohodnotné živočišné bílkoviny, vápník, minerální látky, laktózu, vitamíny a další složky. Nejvíce využíváno je mléko kravské. Mléko je sekret mléčné žlázy produkovaný savci. Podle zastoupení druhů bílkovin se mléka rozdělují na kaseinová a albuminová mléka. [1], [2]

Kaseinová mléka jsou produkována přežvýkavci a obsah kaseinu je více než 75 % z celkového obsahu bílkovin. Mezi mléka kaseinová se řadí mléko kravské, kozí, ovčí, velbloudí a buvolí. Mléka albuminová jsou produkována býložravci, všežravci a masožravci s jednoduchým žaludkem a obsah kaseinu je menší než 75%. Můžeme zde zařadit mléko mateřské a kobyli. [3], [4]

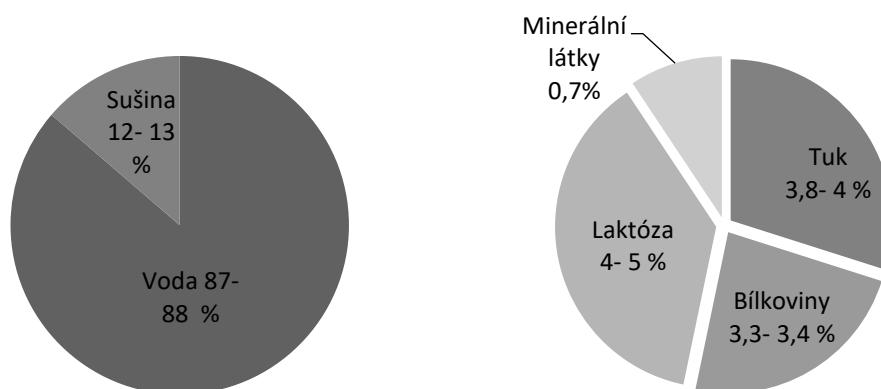
Podle průběhu laktace se rozlišují mléka zralá (kolostrum) a nezralá (mlezivo). Mléka zralá se používají pro lidskou výživu a k dalšímu průmyslovému zpracování, díky vhodným sensorickým vlastnostem. Mlezivo je nažloutlá, hustá lepkavá kapalina, která má vysoký obsah sušiny. Mléko nezralé se v průmyslu nevyužívá, ale slouží jako výživa pro mláďata, protože je zdrojem imunoglobulinů. [5], [6], [7]

### 1.1 Složení mléka

Mléko je polydisperzní systém, který je tvořen ze tří fází- emulzní (tuková), bílkovinná (koloidní) a molekulová (sacharóza). Složení a množství živin, které jsou obsaženy v mléce se u jednotlivých plemen krav liší. Je to způsobeno genetickou výbavou, zdravotním stavem a stářím u jednotlivých plemen.

Mezi základní složky, které tvoří mléko patří: voda a sušina, která je tvořena dusíkatými látkami, mléčným tukem, bílkovinami, laktózou a stopovým množstvím minerálních látek, vitamínů a enzymů. Přehled o základním složení kravského mléka je uveden v grafu č. 1. [5], [8]

Graf č. 1- Základní složení kravského mléka (% w/w) - upraveno podle [8]



Hlavní složkou mléka je voda, která vytváří tekuté prostředí, ve kterém jsou rozpuštěny jednotlivé složky mléka. Obsah vody v mléce se pohybuje v rozmezí od 85,5 % do 88,7 %, optimum je 87,5 %. Voda se může vyskytovat ve formě volné a vázané na koloidy. Voda volná tvoří převážné množství mléka a jsou v ní dispergovány minerální látky, kyseliny, laktóza a další složky. Její množství závisí na chemickém složení, ale taky na obsahu bílkovin a fosfolipidů. Chemicky vázaná voda je krystalická voda, která je silně vázána a v mléce může být vázána laktózou. [7]

Mléčný tuk patřil dříve k nejdůležitějším ukazatelům mléka. Jedná se o energeticky bohatou složku mléka. Vyznačuje se snadnou stravitelností, vysokým obsahem vitamínů A, D a E, prospěšností při dietách lidí trpících chorobami trávicího ústrojí např. žlučových a žaludečních onemocněních. V mléce se vyskytuje ve formě tukových kuliček, které jsou chráněny membránou složenou z komplexu fosfolipidy- bílkoviny. Ve fosfolipidech se nejvíce vyskytuje fosfatidylcholin, sfingomyelin a fosfatidylethanolamin. Mléčný tuk je tvořen z triacylglycerolů, fosfolipidů, sterolů nebo jejich esterů a volných mastných kyselin. Obsah a jakost tuku ovlivňují smyslové vlastnosti a jakost mléka. S vyšším obsahem tuku se mléko stává chutnějším. [3], [5], [9], [10]

Mléčné bílkoviny jsou základní součástí buněčných struktur, hormonů, mezibuněčných tkání a enzymů. Jsou plnohodnotné a obsahují nezbytné množství esenciálních aminokyselin. Bílkoviny mají vysokou stravitelnost blízkou se k 95%, a proto jsou snadno přijímány a

lehce vstřebávány ve střevech. V mléce se vyskytují ve formě koloidního roztoku. Kravské mléko je složeno ze dvou skupin bílkovin, z kaseinů a syrovátkových bílkovin. Kaseiny tvoří 80% mléčných bílkovin a cca 20 % je tvořeno syrovátkovými bílkoviny. Společně představují 95 % dusíkatých látek, zbylých 5 % tvoří nebílkovinné dusíkaté látky (močovina, amoniak apod.) [1], [6], [11], [12]

Kasein je hlavní bílkovinou kravského mléka, který se vyznačuje dostatkem esenciálních aminokyselin. Velký význam má při výrobě sýrů a tvarohů, kdy dochází ke kyselému nebo sladkému srážení. Kaseiny mohou být rozděleny na  $\alpha_{S1}$ -kasein,  $\alpha_{S2}$ -kasein,  $\beta$ -kasein a  $\kappa$ -kasein. Syrovátkové bílkoviny jsou bílkoviny mléka, které zůstanou po vysrážení kaseinu syřidlem nebo kyselinou v roztoku. Mezi bílkoviny syrovátky patří imunoglobuliny,  $\alpha$ -laktalbumin a  $\beta$ -laktoglobulin. [3], [13]

Sacharidy jsou v mléce zastoupeny především laktózou, nazývanou někdy jako mléčný cukr. Laktóza je disacharid složený z monosacharidů D- glukózy a D- galaktózy. Charakteristická je svou rozpustností ve vodě, nízkou sladivostí, dobrou stravitelností a s ostatními složkami působí na osmotický tlak v mléce. Má taky příznivý vliv na trávení, protože s vodou vyvolává bobtnání v tenkém střevě. Z fyziologického hlediska má laktóza hlavní význam v tom, že kyselina mléčná zvyšuje resorpci vápníku. Kromě laktózy se v mléce v malém množství vyskytují i jiné sacharidy, které jsou vázány na lipidy, proteiny a fosfáty. [3], [4], [5], [8]

Kravské mléko obsahuje veškeré vitamíny, i když některé jsou v minimálních koncentracích. Koncentrace jednotlivých vitamínů může být ovlivněna laktací, výživou a ročním obdobím. V letním období je v mléce obsaženo více karotenu a vitamínů A, D a E. Vitamíny podle jejich rozpustnosti můžeme rozdělit na vitamíny rozpustné ve vodě- thiamin, riboflavin, kyselina pantothenová, pyridoxin, kobalamin a vitamín C, které jsou tvořeny bacherovou mikroflórou a při jejich nadbytku jsou vyloučeny močí, ale při nadbytku vitamínů rozpustných v tucích-A, D, E a K se ukládají v játrech. [4], [5]

Minerální látky se v mléce vyskytují v různé formě. Mohou být v mléčném séru, v roztoku nebo v koloidní formě navázány na organické složky mléka. Minerální látky jsou přenášeny do mléka krví. Podílejí se na regulaci osmotického tlaku a koncentraci vodíkových iontů. Jsou také důležité pro udržování acidobazické rovnováhy v organismu. Obsah jednotlivých minerálních látek v mléce- viz tabulka č. 1. [3], [5], [8]

Tabulka č. 1 Obsah jednotlivých minerálních látek v mléce [3]

Prvek	Obsah v mléce (g/l)
	Interval
Ca	0,90-1,40
P	0,70-1,20
K	1,00-2,00
Na	0,30-0,70
Cl	0,80-1,40
Mg	0,05-0,24
S	0,20-0,40

Vápník je nejdůležitější minerální látka, kterou získáváme pouze z kravského mléka. Ostatní minerální látky jsme schopni získat z masa a rostlinné potravy. Dostatečné množství vápníku si při našich návykových zvyklostech neumíme z jiné potravy získat. Nedostatek vápníku způsobuje nemoci kostí, poruchy činnosti ledvin a srážlivosti krve. Zvýšený příjem vápníku je důležitý u dětí ve vývinu, těhotných žen a u starších lidí. [3]

## 1.2 Vlastnosti mléka

Mléko je polydisperzní systém, který je tvořen ze tří fází- emulzní (tuková), bílkovinná (koloidní) a molekulová (minerální látky a sacharóza). Vlastnosti mléka závisí nejen na obsahu jednotlivých složek, ale i na jejich vzájemném působení. Výsledkem je tvorba fyzikálně-chemického rovnovážného stavu, který může být narušen zpracováním a nevhodným uchováváním mléka. Charakteristická krémově bílá barva mléka je způsobena přítomností mléčného tuku, kaseinu a částečně nerozpuštěného fosforečnanu vápenatého. Tekutá konzistence mléka je díky vysokému obsahu vody v mléce a chuť a vůně mléka je ovlivněna prostředím, kde je dobytek ustájen. [14]

Titrační kyselost mléka je definována jako spotřeba 0,25 mo/l NaOH potřebného k neutralizaci kyselých reagujících látek v 100 ml vzorku za přídavku indikátoru fenolftaleinu. Nejčastěji se titrační kyselost vyjadřuje ve stupních Soxhlet- Henkela (SH). U mléka

slouží jako ukazatel kyselosti složek mléka, při skladování mléka a také zvýšené kyselosti nestandardními procesy, které jsou představovány rozkladem laktózy při skladování a vyšší bakteriální kontaminací. Kysání mléka je důsledkem špatné hygieny dojení, vyšší teplotou při skladování a transportu. U čerstvého mléka zdravých dojnic by se měla titrační kyselost pohybovat v rozmezí 6,2-7,8 SH. [6], [9], [13]

Kysací schopnost je závislá na přítomnosti látek, které umožňují rozvoj přidaných čistých mlékařských kultur a nepřítomnosti inhibičních látek, které potlačují množení těchto kultur. Inhibiční látky jsou rezidua čistících a dezinfekčních prostředků, chemických přípravků z krmiv, léčiv a antibiotik. [9]

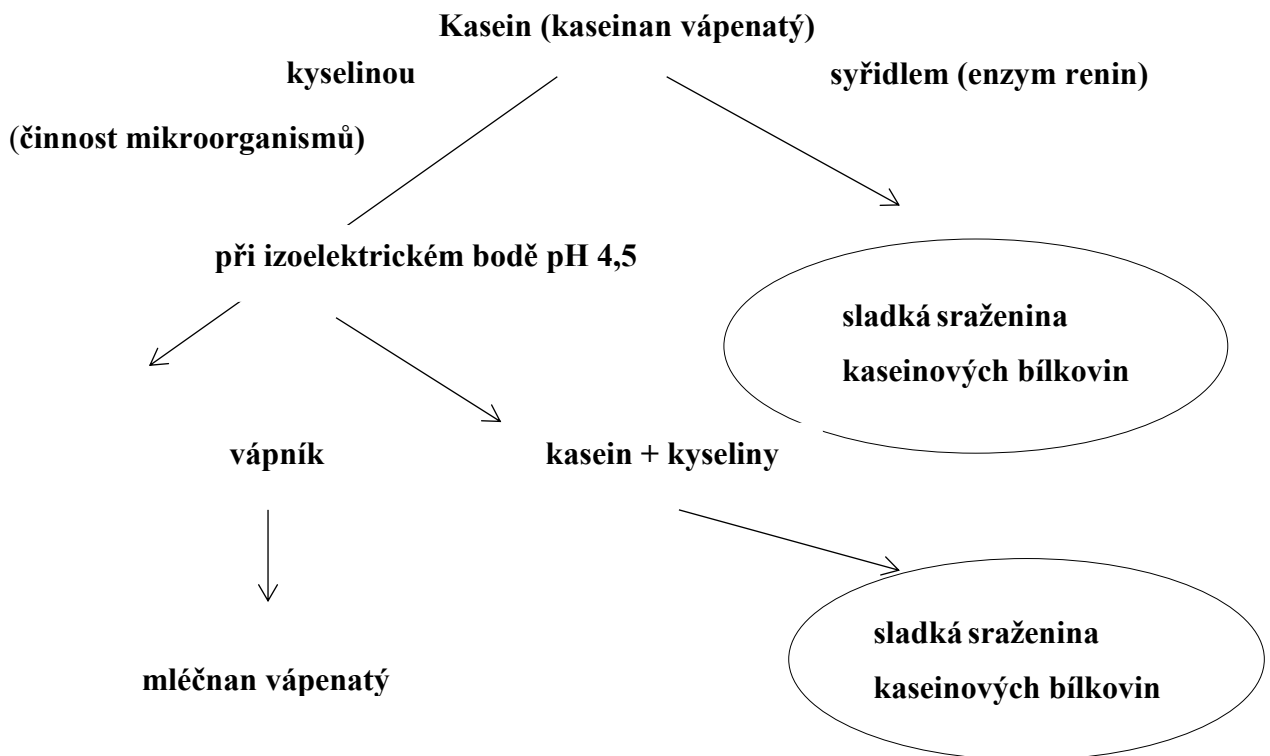
Syřitelnost mléka je schopnost mléka reagovat s přidaným syřidlem a vytvářet tak gelovitou sraženinu. Faktory, kterými může být ovlivněna, jsou obsah kaseinu, velikost a stav kaseinových micel, obsah a formy vápníku v mléce, kyselost a teplota mléka. Může na ni také negativně působit výživa dojnice, záněty mléčné žlázy, teplota a doba skladování mléka. [9]

## 2 SRÁŽENÍ MLÉKA

Srážení mléka je základním principem při výrobě sýrů a tvarohů. Jedná se o technologickou vlastnost, při které dochází ke změně stavu, kdy se z koloidního roztoku stává sraženina (gel). Druhotnou fází srážení mléka je postupné stahování sraženiny a uvolňování syrovátky z něj (synerese). Mléko lze srážet různými způsoby, ale každý není vhodný a využitelný. Schéma kyselého a enzymatického srážení mléka je zobrazeno na Obrázek č. 1 [15]

Mléko můžeme srážet:

1. organickými a anorganickými kyselinami (kyselé srážení využívané při výrobě kyselých sýrů a kaseinů),
2. syřidlovými enzymy (sladké srážení při výrobě sýrů),
3. kombinací sladkého a kyselého srážení. [16]



Obrázek č. 1. Schéma srážení mléka kyselinami nebo syřidlem- upraveno podle [15]



## 2.1 Sladké srážení mléka (syřidlové, enzymatické srážení)

Klasické syřidlo je extrakt ze slezů sajících telat, které obsahuje enzym chymosin. Využívají se i syřidla živočišného původu jako je vepřový, hovězí a kuřecí pepsin, které je možné využít ve směsi s klasickým syřidlem. Můžeme taktéž využít syřidla syntetizovaná pomocí geneticky modifikovaných mikroorganismů např. chymosin produkovaný fermentací (FPC- fermentation- produced chymosin), pro který je využívána jako hostitelský organismus *Escherichia coli*. Důležitou částí syřidla je enzym chymozin, který způsobuje v mléce vznik tuhé sraženiny. Tento proces je fyzikálně- chemický jev, který se nazývá sladké srážení a v průmyslu se využívá při výrobě tzv. sladkých sýrů.

Během přeměny mléka na sýřeninu dochází k rozdělení složek do dvou skupin. První skupina je tvořena mléčným tukem, kaseiny a minerálními látkami, které zůstaly zadrženy v sýřenině. Syrovátka, která obsahuje převážně vodu, proteiny, laktózu, minerální látky rozpustné při pH sýra, tvoří druhou skupinu. Ke srážení mléka je vhodná teplota 30- 35°C. Množství syřidla se dávkuje tak, aby bylo zabezpečeno adekvátnímu vytvoření gelu po 20- 40 minutách. [6], [7]

Disperze jednotlivých izolovaných frakcí kaseinu se po přidavku  $\text{Ca}^{2+}$  iontů sráží, kromě  $\kappa$ -kaseinu, který je odolný vůči přítomnosti  $\text{Ca}^{2+}$  iontů. Po přidavku  $\kappa$ -kaseinu k roztoku některé izolované frakce kaseinu (např.  $\alpha$ - kaseinu) se pak ani tato frakce nesráží působením  $\text{Ca}^{2+}$  iontů. Příčinou této stability je vytvoření komplexu  $\alpha$ -  $\kappa$ -kasein. Z toho tedy vyplývá, že  $\kappa$ -kasein stabilizuje jednotlivé frakce kaseinu, které jsou vázané v kaseinových micelách v mléce vůči vysrážení přítomnými  $\text{Ca}^{2+}$  ionty. [7]

### Fáze sladkého srážení

Celý proces srážení mléka syřidlem můžeme rozdělit na:

1. Primární fázi= enzymovou- dochází k rozrušení koloidu micel
2. Sekundární fázi= koagulační- vzniká sraženina působením  $\text{Ca}^{2+}$  iontů [7]

V primární fázi dochází působením syřidla (chymosinem) k rozštěpení  $\kappa$ -kaseinu na dvě části, a to je důvod proč  $\kappa$ -kasein ztrácí svůj stabilizační vliv na ostatní frakce kaseinu. První část je označována jako para-  $\kappa$ -kasein, díky své vysoké afinitě k ostatním frakcím kaseinu. V přítomnosti  $\text{Ca}^{2+}$  iontů se spolu s ostatními frakcemi kaseinu vysráží. Jako gly-

komakropeptid (GMP) je označovaná část druhá, která nemá žádnou afinitu k ostatním frakcím kaseinu a je vysoce polární a rozpustná ve vodě a roztocích vápenatých iontů. Díky působení syřidla v primární fázi, dochází k enzymatickému štěpení peptidické vazby  $\kappa$ -kaseinu mezi 105. a 106. aminokyselinou. Tento jev můžeme taky nazvat proteolýzu  $\kappa$ -kaseinu. [7]

V této fázi dochází také k hydrolyzování veškerého  $\kappa$ -kasein chymosinem. Zároveň je snížen negativní náboj kaseinových micel, které postupně ztrácejí vodní obal. Nejdříve dochází ke snížení viskozity mléka, způsobenou disagregací micel, následuje spojení do nových micelárních útvarů, micely znovu agregují se sníženou odpudivou silou a polymerují za stabilizace hydrofobními vazbami. Tyto změny už neřadíme do enzymového rázu, ale už začínají v primární fázi a jsou zde zahrnovány. Ostatní kaseinové frakce nepodléhají měřitelné proteolýze v primární fázi. Spolu s GMP i částí vápenatých iontů přecházejí do mléčného séra. Pro zdárný průběh sekundární fáze a vytvoření pevné sýřeniny je důležité zvýšení ionizovaného vápníku po přidání syřidla. [7], [17]

V sekundární fázi dochází k vysrážení veškerých frakcí  $\kappa$ -kaseinu za přítomnosti  $\text{Ca}^{2+}$  iontů, což je důkazem správného průběhu této fáze. K vysrážení dochází po rozštěpení a ztrátě stabilizačního vlivu. Na pevnost koagulátu má velký vliv koncentrace  $\text{Ca}^{2+}$  iontů. Po jejich odstranění z mléka nebo po snížení teploty pod  $20^\circ\text{C}$  by sekundární fáze vůbec neproběhla, ale lze oddělit primární enzymovou fázi o fáze sekundární. V obou případech však dochází k primární fázi štěpení  $\kappa$ -kaseinu. V praxi se tento proces neuplatňuje. [7], [16]

Po flokulaci (vyvločkování) dochází k vytvoření trojrozměrné struktury souvislého gelu sýřením.  $\text{Ca}^{2+}$  ionty mají vliv na průběh sekundární fáze a snižují negativní náboj micel, což způsobuje urychlení agregace destabilizovaných micel. Dalším krokem je synerese (smršťování) gelu sýřeniny za současného uvolňování syrovátky. Tento jev probíhá v rozmezí teplot 20 až  $53^\circ\text{C}$  a sníženém pH. [16]

Tuhost sýřeniny, rychlost synerese, ale i obsah a vazba v tvarohovině nebo v syrovém zrně je řízena koagulací mléka syřidlem. K tomu je důležitá správná dávka syřidla, teplota sýření a teploty při dalším zpracování sýřeniny a tvarohoviny. Dávka syřidla se liší podle typu vyráběného sýru. Nižší dávky syřidla a teploty v rozmezí  $29-32^\circ\text{C}$  se využívají u čers-

tvých a měkkých sýrů. Doba sýření je v rozmezí 40- 90 minut. Tvrdé sýry mají vyšší obsah syřidla a sýření probíhají při teplotách 31- 32 °C po dobu 30- 35 minut. Celkový čas srážení až do zpracování sýřeniny na zrno se nazývá dobou srážení.[7] [16]

### 3 SUŠENÉ MLÉKO

Sušení mléka se řadí k metodám, které prodlužují dobu údržnosti mléka. Výsledkem sušení je, že z mléka je odstraněna skoro všechna voda a tím pádem není v mléce ani vhodné prostředí pro život mikroorganismů, neprobíhají u něj enzymatické procesy a oxidace. Doby trvanlivosti jsou dány tím, že během skladování může dojít k oxidaci tuku v prášku, s následným zhoršením chuti. [18], [19]

Kromě odebrání vody dochází taktéž ke snížení hmotnosti nebo objemu produktu. Takový produkt získá pevnou formu a je snadněji skladovatelný a přepravovaný na větší vzdálenosti do zemí, kde je mléka nedostatek. Po sušení musí být produkt obnovitelný, aby se mohl dále využívat v potravinářském průmyslu. Během skladování, expedice a distribuce je důležitá ochrana před vlhnutím a sekundární kontaminací mikroorganismy. [17], [18], [19]

Sušeným mlékem se dle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb. rozumí „mléčný výrobek v prášku získaný sušením mléka plnotučného, odtučněného, částečně odtučněného, smetany nebo jejich směsi s obsahem vody nejvýše 5 % hmotnostních. Obsah sušiny u sušeného mléka je obvykle 96-98 %. [9], [20]

Sušení mléka může být prováděno válcovým, sprejovým způsobem sušení a sušení pomocí mrazu. Způsob sušení se volí na základě dalšího použití sušeného mléka, protože může dojít k tomu, že sušené produkty mohou ve vodě vytvářet nerozpustné shluky, které by omezily použitelnost sušeného mléka. [18], [19]

Sušené mléko může mít různé použití:

- potravinářský průmysl- kaseináty, polotovary pro přípravu mléčných zmrzlin, výroba mléčné čokolády
- zemědělství- mléčné krmné směsi
- náhrada mateřského mléka [17], [18]

#### 3.1 Princip sušení

Cílem sušení je dosáhnout toho, aby obsah vody v mléčném prášku byl v rozmezí 2,5- 5,0 %. Voda je z mléka odstraněna ve dvou technologických postupech. V prvním stupni dochází k odstranění přebytečné vody ve volné formě, kdy dochází k zahušťování na vakuové odparce a poté je až sušeno. Nejčastěji se jedná o rozprašovací způsob sušení na požado-

vanou sušinu 96- 98 %. Tento způsob je zvolen díky nízké energetické náročnosti zahušťování, zvýšené kapacitě sušící linky a vzniku pravidelných a větších částic sušeného mléka. [9], [17]

### 3.2 Mléko používané k sušení

Na výrobu sušeného mléka jsou kladeny velmi přísné požadavky na kvalitu surovin. Jedná se o mikrobiální, senzoričké oblasti a chemickou čistotu. Množství bakterií na gram prášku nesmí přesáhnout 50 000. Za pomoci baktofugace nebo mikrofiltrace dochází k odstranění vegetativních stádií bakterií, čímž dochází ke zlepšení kvality konečného produktu. U syrového mléka je důležitá titrační kyselost, která by měla být v rozmezí 6,2- 7,8 SH. Nejdříve dochází ke standardizaci obsahu tuku v mléce, poté následuje homogenizace a tepelné ošetření při teplotě 110- 120 °C po dobu několika minut, čímž dochází ke zlepšení termostability mléka. Po pasterizaci probíhá zahušťování mléka na obsah sušiny 48- 50 % a poté je až provedeno samostatné sušení mléka. [9], [15], [18]

### 3.3 Technologie výroby sušeného mléka

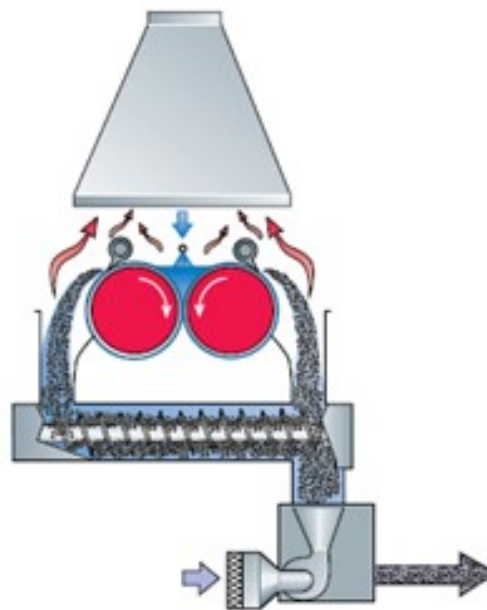
#### Sušení na válcové sušárně

Válcový způsob sušení mléka se používá jak k výrobě sušeného odstředěného mléka, tak i k výrobě mléka plnotučného. Mléko je před sušením zahuštěno, čímž dochází k urychlení sušení. Po styku mléka s horkými povrchy válců může docházet ke změně proteinu na jeho méně rozpustnou formu, karamelizaci laktózy a vytvoření nahnědlé barvy díky Maillardovým reakcím, které mohou způsobit změnu chutě a vůně. [9], [17], [21]

Válcové sušení je založeno na aplikování tenké vrstvy mléka na rotující válce, které jsou přehřáté přetlakovou parou. Během otáčení válců dochází k odpaření vody a tenký film sušeného mléka je seškrabován pomocí noží. Sušené mléko je poté vedeno šnekovým dopravníkem, kde dochází k rozemletí na určitou velikost částic. Existuje několik typů válcových sušáren. Mlékárenský průmysl používá dvojitou bubnovou sušárnu (obrázek č. 2), která je složena z válců o délce 1- 6 m s průměrem bubnů 0,6- 3 m a pracuje při atmosférickém tlaku. Tenká vrstva mléka je vstříkována pomocí trysek na horké plochy válců. Tloušťka vrstvy je ovlivněna tlakem spreje trysky. Délka sušení může být ovlivněna nastá-

vením teploty a rychlostí bubnů. Tyto funkce mohou mít vliv na vlastnosti prášku. Pokud je vše správně nastaveno, měl by prášek být po odstranění z bubnů suchý. [3], [16], [18]

Výsledný produkt válcového sušení je kvalitní, ale v porovnání se sušením ve sprejové sušárně má značné nevýhody. Takto sušené mléko má nižší nutriční hodnotu a může docházet k připékání na válce, což ovlivňuje kvalitu výrobku. Výhodou tohoto sušení je správná mikrobiální jakost. Válcové sušení se používá na výrobu směsí pro mléčné kaše, kvalitní čokolády, polotovarů, pečiva a uzenin. [9], [17], [18]



— mléko, — pára, — vzduch pro pneumickou dopravu a chlazení

Obrázek č. 2- Sušení na válcové sušárně [18]

### Sušení ve sprejové (rozprašovací) sušárně

Sušené mléko vyráběné ve sprejové sušárně je nejdříve zahuštěno tak, že dochází k odpaření vody na obsah sušiny 45- 55 % a poté je koncentrát čerpán do sušící věže, kde dochází k samotnému sušení. Proces sušení je prováděn ve třech fázích:

- rozptýlení koncentrátu na malé kapičky,
- míchání koncentrátu a odstranění vody,
- oddělení sušeného mléka od sušícího vzduchu. [18]

Předem zahuštěné mléko slouží k urychlení celého procesu sušení. Pokud by tomu tak nebylo, částice mléčného prášku by měly vysoký obsah vzduchu, špatnou nasákavost a krátkou dobu použitelnosti. Mléko je zahuštěno pomocí trubkových odparek a následně je rozptýleno pomocí trysek nebo atomizéru (rozprašovací kotouč) do proudu horkého vzduchu v komoře sprejové sušárny. Vzduch má teplotu 150- 240°C a je přiváděn do prostoru tvaru vysokého válce nebo hranolu. Podle přívodu vzduchu můžeme sušárny rozdělit na protiproudé, souproudé a kombinované. [9], [17]

K odpaření vody (až 70 %) dochází hned na začátku sušení během několika sekund. Odpařování vody probíhá z povrchu a směrem do středu částic se zpomaluje. Po odpaření vody dochází ke snížení teploty vzduchu. Usušený mléčný prášek padá na dno věže, odkud je odváděn k chlazení na teplotu okolí. [9], [18]

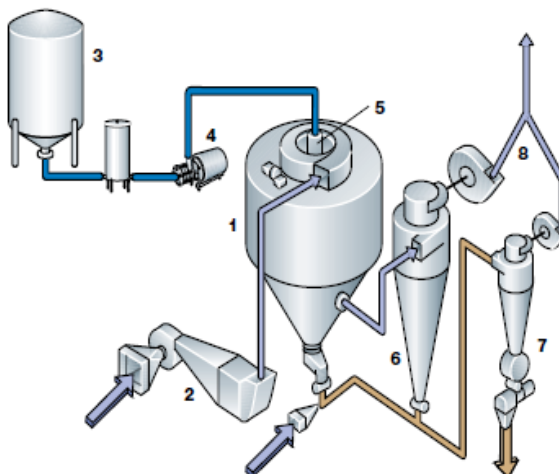
Tryskové rozprašování je vhodné pro plnotučné mléko, protože částice, které jsou získány mají menší objem. Nevýhodou tryskového rozprašování je možné ucpávání trysek kvůli změně tlaku a tím i velikosti částic. Atomizér mléko rozprašuje pomocí vysokých tlaků, proto dochází ke tvorbě menších částic. Výhodou je regulace toku mléka a větší účinnost. [9], [15], [17]

Sušení ve sprejové sušárně může být prováděno ve třech procesech.

### **Jednostupňové sušení**

Nejjednodušší zařízení na výrobu mléčného prášku má jednostupňové sušení (obrázek č.3). Zařízení je složeno ze sušící věže, atomizéru, pneumatického dopravníkového zařízení, přívodu a oddělovače vzduchu a sušící komory. Principem jednostupňového sušení je, že všechna vlhkost je odstraněna v sušící komoře. [18]

Zahuštěné mléko je rozstříknuto pomocí vysokotlakého čerpadla a atomizéru do sušící komory, kde jsou drobné částičky smíchány s horkým vzduchem a dochází k odstranění vody z mléka. Volná voda se ihned odpařuje, zatímco voda vázaná se musí nejdříve dostat na povrch částic a poté se až odpaří. Po odstranění vody dochází ke snížení hmotnosti, objemu a průměru částic. Ideální podmínky pro jednostupňové sušení jsou, když poklesne hmotnost o 50 %. Během sušení se mléčný prášek usazuje na dno sušící komory a pneumatickým dopravníkem je přepraven k balení. Před samotným zabalením dochází v cyklonech k oddělení drobných částic a poté je provedeno samotné balení. [17], [18]

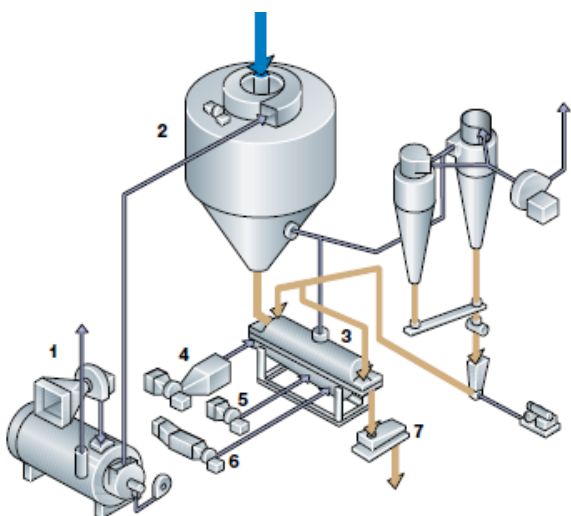


- 1- sušící věž, 2- ohřivač vzduchu, 3- tank na zahuštěné mléko, 4- čerpadlo, 5- atomizér, 6- hlavní cyklon, 7- dopravní cyklon, 8- sací ventilátory, — zahuštěné mléko, — vzduch, — prášek

Obrázek č. 3- Jednostupňová sprejová sušárna [18]

### Dvoustupňové sušení

Sušárna na dvoustupňové sušení (obrázek č. 4) je složena ze stejných zařízení jako sušárna jednostupňová, ale navíc obsahuje vibrofluidní žlab. Prvním stupněm je sprejové sušení, při kterém dochází ke snížení vody na obsah 6- 8% a ve druhém stupni dochází k dosoušení částic pomocí vibrofluidního žlabu, ve kterém proudí horký vzduch kolem částic a dochází ke krystalizaci laktózy. Teplota vzduchu ve vibrofluidním žlabu je 100-120°C. Po sušení následuje chlazení a odstranění hrudek pomocí síta a následně je produkt balen nebo uložen do skladovacích sil. [9], [15], [19], [22], [23]



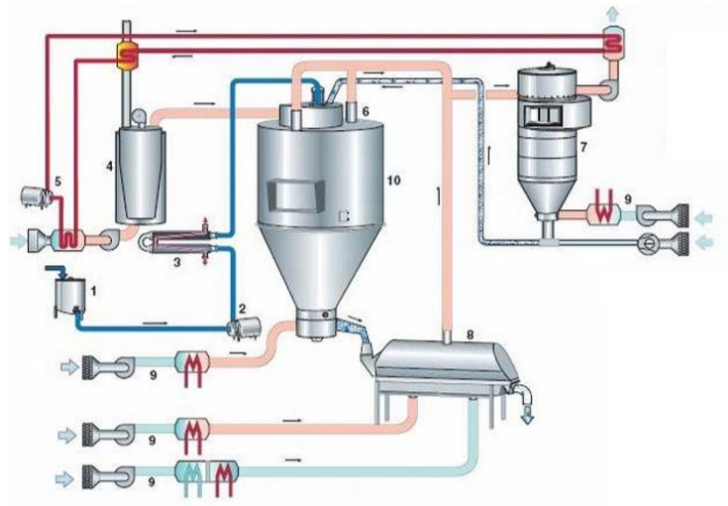


1-nepřímý ohříváč vzduchu, 2- sušící věž, 3- vibrační fluidní žlab, 4- ohříváč vzduchu, 5- chlazení okolním vzduchem, 6- chlazení suchým vzduchem, 7- síto, — mléko, — ohřívací médium, — prášek

Obrázek č.4- Dvoustupňová sprejová sušárna [18]

### Třístupňové sušení

Třístupňové sušení (obrázek č. 5) je složeno z jednostupňového a dvoustupňového sušení. Hlavním úkolem tohoto třístupňového sušení je snížení provozních nákladů a dosažení vyšší kvality sušeného mléka. Prvním krokem je získat sušený prášek s obsahem vody 10- 12% v sušící věži a poté je získaný mléčný prášek sušen na vibrofluidní vrstvě. Z vibrofluidní vrstvy přechází do vibrofluidního žlabu, kde je dosušen a vychlazen. [9], [18], [21]



1-vyrovňovací nádrž, 2- čerpadlo zahuštěného mléka, 3- trubkový předehříváč, 4- ohříváč vzduchu, 5- čerpadlo ohřáté vody, 6- atomizér, 7- filtr k zachycení úletu, 8- fluidní žlab, 9- ventilátor a ohříváč vzduchu, 10- sušící věž, — zahuštěné mléko, — prášek, — studený vzduch, — horký vzduch, — pára

Obrázek č. 5- Třístupňová sprejová sušárna [18]

### Instantizace

Cílem instantizace je zlepšení rozpustnosti sušeného mléka. Snadná rozpustnost je závislá na smáčivosti a disperzibilitě. Tyto vlastnosti jsou ovlivněny velikostí částic sušeného

mléka, povrchovými vlastnosti, obsahem kaseinu, tuku a laktózy. Principem instantizace je vyloučení nejmenších částic sušeného mléka a částečné vykrytalizování laktózy.

Instantizace může být prováděna jednostupňově nebo dvoustupňově. Při jednostupňové instantizaci je zařízení napojeno na sprejovou sušárnu a je nastaveno tak, aby obsah vody v sušeném mléce byl v rozmezí 8- 12 %. Během dvoustupňové instantizace je sušené mléko vlhčeno v aglomerační komoře parou, atomizovanou vodou a proudícím vzduchem s relativní vlhkostí 60 %. Vlhčením v aglomerační komoře se získá dostatečné množství vody nutné k vykrytalizování laktózy. [21]

Po instantizaci získáme sušené mléko s hrubou konzistencí, nízkou sypkou hmotností a vlhkostí 3-5% dle vyráběného sušeného mléka. U plnotučného nebo polotučného sušeného mléka se provádí lecitinace, při níž dochází k pokrytí částic 0,2 % lecitinem ve vibrofluidním žlabu, který zlepšuje smáčivost povrchu částic. [9], [23]

## 4 KONCENTRÁTY MLÉČNÝCH BÍLKOVIN

Mléčný bílkovinný izolát (Milk protein isolate= MPI) je sušený prášek, používaný v kojené výživě, nápojích, při výrobě sýrů, jogurtů a v emulgátorech. Je bohatým zdrojem mléčných bílkovin a má nízký obsah laktózy a minerálních látek. Vyrábí se z odstředěného mléka ultrafiltrací, za účelem odstranění laktózy a minerálních látek.

Poměr kaseinů a syrovátkových bílkovin, které obsahuje je srovnatelný s mlékem syrovým. Velikost částic prášku a jejich struktura jsou citlivé na vlhkost během skladování a přepravy, protože snadno dochází k nežádoucím účinkům.

Nevýhodou MPI je špatná smáčivost a rozpustnost, která ovlivňuje i jeho použití. Rozpustnost je ovlivněna podmínkami při zpracování, složením prášku, skladováním, pH a teplotou. Vyšší pH způsobuje dřívější bobtnání kaseinových micel, což ukazuje na větší průnik vody a uvolnění agregátu. Hodnota pH 8,4 je vhodná pro rychlejší rozpouštění MPI prášku. [24], [25], [26], [27]

Mléčný bílkovinný koncentrát (Milk protein concentrate= MPC), který je vyráběn pasteraací, ultrafiltrací a diafiltrací, kdy dochází k odstranění vody na vakuových odparkách a následným rozprašovacím sušením. Podle obsahu bílkovin můžeme mléčné koncentráty rozdělit do tří skupin:

- prášek s nízkým obsahem bílkovin ( obsah bílkovin je  $\leq 40 \%$  )
- prášek se středním obsahem bílkovin (obsah bílkovin 60- 70 % )
- prášek s vysokým obsahem bílkovin ( obsah bílkovin  $\geq 80 \%$  ).

Kromě syrovátkových bílkovin obsahuje kasein a bioaktivní bílkoviny ve stejném poměru, který je i u mléka syrového. Skladování, zpracování a strukturální změny, ke kterým dochází během sušení způsobují zhoršení rozpustnosti a ovlivňují tak i funkčnost produktu. Se zvyšující se hladinou bílkovin v MPC, se snižuje obsah laktózy. Využívá se v potravinářských nápojích a sportovní výživě, díky vysokým nutričním hodnotám. [28], [29]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 MATERIÁL A METODIKA PRÁCE

V praktické části bakalářské práce bylo za úkol zjistit, zda dochází ke srážení sušeného odstředěného mléka, u kterého dochází ke změně vlastností bílkovin během jeho sušení a následně z něj vyrobit přírodní sýr v zemích, kde je syrového mléka nedostatek nebo není v dostatečném množství k dispozici po celý rok. Tato práce byla složena ze dvou fází. Jako první fází bylo dokázat, že k enzymatickému srážení sušeného odstředěného mléka vůbec dochází. Enzymatické srážení se projevilo vytvořením trojrozměrné sítě-gelu. Kromě srážení bylo mým úkolem zjistit vhodnou kombinaci mezi jednotlivými surovinami, které byly potřebné k výrobě. Jednotlivé kombinace surovin a enzymatické srážení bylo zjišťováno pomocí zkumavkových pokusů, které byly základem pro další práci, kterou bylo proměřování na reometru nejvhodnější surovinové skladby.

Na výrobu mléčných gelů byly použity tyto suroviny: sušené odstředěné mléko (SOM), deionizovaná voda, smetana (40%), kaseinát sodný (emulgační a pěnotvorné schopnosti), MPC a MPI, syřidlo a chlorid vápenatý.

### 5.1 První fáze

V první fázi byla prováděna kombinace různých surovin na základě zkumavkových pokusů. Zkumavkové pokusy byly prováděny v plastových 50 ml šroubovacích zkumavkách. Každá skladba byla navážena, promíchána 300 otáček za minutu po dobu 30 sekund a poté odvzdušněna. Po odvzdušnění byla směs zahřáta a míchána po dobu cca 5 minut a 30 sekund než dosáhla požadovaných 74 °C. Celý proces probíhal na přístroji Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Německo). Takto připravené mléko bylo ochlazené na teplotu 25 °C a převedeno do 10 zkumavek. V každé zkumavce byl vždy určitý poměr syřidla ku chloridu vápenatému (tabulka č. 2). V každé skladbě, která byla složena z deseti zkumavek, se vždy poměr syřidla ku chloridu vápenatému opakoval ve dvou zkumavkách. Jeden díl 36% roztoku chloridu vápenatého představoval 20  $\mu$ l na 40 g směsi a u syřidla byl jeden díl 10  $\mu$ l na 40 g směsi. Po naplnění a napipetování byly zkumavky inkubovány při teplotě 34 °C po dobu 60 minut. Jednotlivé surovinové skladby jsou zaznamenány v tabulce č. 3.

Tabulka č.2 - Poměr chloridu vápenatého ku syřidlu

Poměr	Chlorid vápenatý- C [ $\mu$ l]	Syřidlo- R [ $\mu$ l]
1/1	20	10
1/2	20	20
2/1	40	10
2/2	40	20
3/2	60	20

Tabulka č. 3 – Jednotlivé surovinové skladby u zkumavkových pokusů

Skladba	Sušené odstř.mléko [g]	Deionizovaná voda [g]	Kaseinát [g]	Smetana [g]	MPC [g]	MPI [g]
1.	50	450	-	-	-	-
2.	75	425	-	-	-	-
3.	50	425	25	-	-	-
4.	130	870	-	-	-	-
5.	100	870	30	-	-	-
6.	100	870	-	-	30	-
7.	100	870	-	-	-	30
8.	130	795	-	75	-	-
9.	130	832,5	-	37,5	-	-
10.	130	851,25	-	18,75	-	-

Po nalezení nejvhodnější skladby byla tato skladba proměřována na reometru s různými poměry chloridu vápenatého ku syřidlu.

## 5.2 Druhá fáze

Druhou fází bylo proměření vhodné surovinové skladby pomocí dynamické oscilační reometrie. Dynamická oscilační reometrie byla měřena na přístroji Thermo Scientifi (RheoStress 1, HAAKE). Za nejvhodnější kombinaci byla zvolena ta, která byla složena ze sušeného odstředěného mléka, deionizované vody a 40% smetany. Byly to skladby č. 8 a 9. (tabulka č. 3) kvůli své jemné a vhodné konzistenci. Během měření byly proměřeny všechny poměry syřidla ku chloridu vápenatému. Došlo taktéž ke změně obsahu tuku v mléce.

Jednotlivé obsahy tuku v mléce byly 2 % a 4 %. Takto připravené mléko bylo nalito do geometrie reometru. Geometrie reometru souosé válce byla vytemperována na teplotu 34 °C, která byla udržována termostatem po celou dobu měření.

Na reometru byly měřeny viskoelastické vlastnosti koagulátu s válcovou geometrií. Měření bylo prováděno při frekvenci 0,1 Hz a deformaci 0,03 % po dobu přibližně 60 minut a smykové deformaci 50 s<sup>-1</sup>. Po nasazení horní geometrie byla posunuta dolů a začalo míchání vzorku. Po 30 sec bylo přidáno 8 ml slunečnicového oleje, který byl rovnoměrně navrstven na povrchu geometrie, aby nedocházelo k odpařování. Na reometru byl měřen elastický ( $G'$ ) modul pružnosti, doba prodlevy ( $t$  lag), maximální rychlost koagulace ( $t$  max), maximální rychlost srážení ( $D$  max) a sklon koagulace v inflexním bodě ( $C$  max). Z jednotlivých naměřených hodnot byly vytvořeny grafy závislosti  $G'$  na čase ( $t$ ).

## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 6.1 Výsledky první fáze

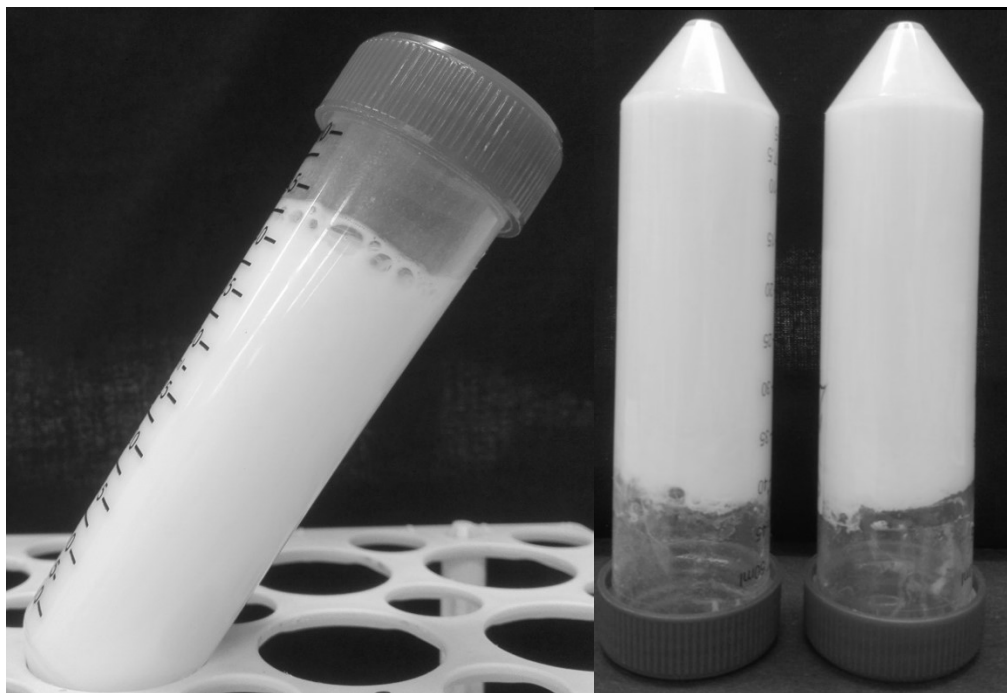
V tabulce č. 4 jsou uvedeny výsledky zkumavkových pokusů pro jednotlivé skladby a poměry chloridu vápenatého ku syřidlu. Každá surovinová skladba byla provedena vždy dvakrát. Zkumavkové pokusy byly nejdříve prováděny pouze ze základními surovinami, kterými byla deionizovaná voda a sušené odstředěné mléko. Pouze tyto dvě suroviny jsou ve skladbě č. 1, 2 a 4. Jak lze vyčíst z tabulky u těch to skladeb proběhlo enzymatické srážení (obrázek č. 6) u všech poměrů mezi chloridem vápenatým ku syřidlu. U skladeb č. 3 a 5, u kterých byl kromě základních surovin obsažen i kaseinát vápenatý neproběhlo enzymatické srážení (obrázek č. 7). Zkumavky měly obdobnou konzistenci jako před procesem srážení. Z toho vyplývá, že kaseinát vápenatý nepracoval v kombinaci se sušeným mlékem při enzymatickém srážení tak, jak by měl. Mléčné bílkovinné koncentráty, které byly přidány do skladeb č. 6 a 7, způsobily vytvoření sraženiny pouze u poměrů 2/2 a 3/2 mezi chloridem vápenatým ku syřidlu. Skladby č. 8- 10 obsahovaly kromě sušeného mléka a deionizované vody ještě 40% smetanu. U těchto skladeb proběhlo enzymatické srážení ve všech deseti zkumavkách a jejich vzniklý gel byl jemnější a měl nejvhodnější konzistenci, proto byla tato surovinová skladba vybrána a použita při další práci na reometru.

Tabulka č. 4 Výsledky zkumavkových pokusů

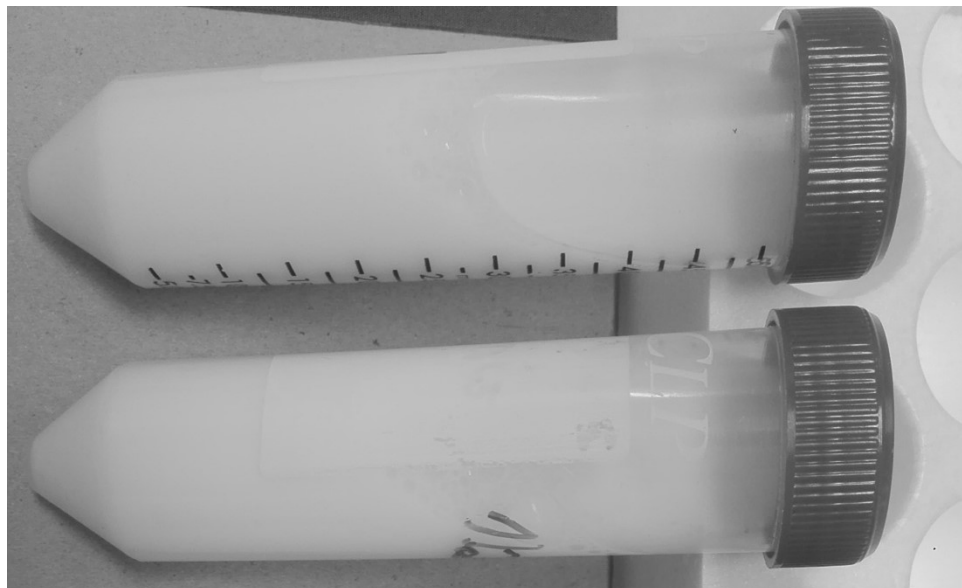
Jednotlivé skladby											
poměr chloridu vápenatého ku syřidlu	chlorid vápenatý [μl] / syřidlo [μl]	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1/1	20/10	ano	ano	ne	ano	ne	ne	ne	ano	ano	ano
1/2	20/20	ano	ano	ne	ano	ne	ne	ne	ano	ano	ano
2/1	40/10	ano	ano	ne	ano	ne	ne	ne	ano	ano	ano
2/2	40/20	ano	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano	ano
3/2	60/20	ano	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano	ano
poměr chloridu vápenatého ku syřidlu	chlorid vápenatý [μl] /syřidlo [μl]	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1/1	20/10	ano	ano	ne	ano	ne	ne	ne	ano	ano	ano
½	20/20	ano	ano	ne	ano	ne	ne	ne	ano	ano	ano
2/1	40/10	ano	ano	ne	ano	ne	ne	ne	ano	ano	ano
2/2	40/20	ano	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano	ano
3/2	60/20	ano	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano	ano

ano- vznikla sraženina, ne- nevznikla sraženina





Obrázek č. 6- Enzymatické srážení u surovinové skladby č. 1,2 a 4- poměr chloridu vápenatého ku syřidlu 2/1

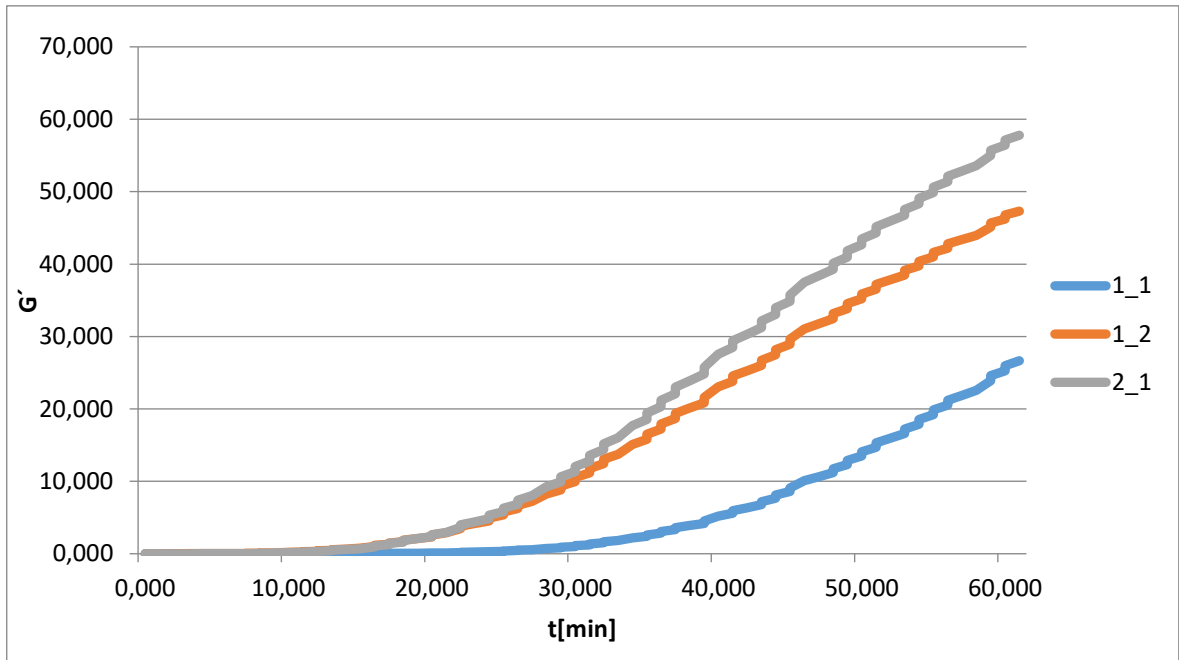


Obrázek č. 7- Skladba č. 3 a 5, u které neproběhlo enzymatické srážení- poměr chloridu vápenatého ku syřidlu 1/1 a 1/2

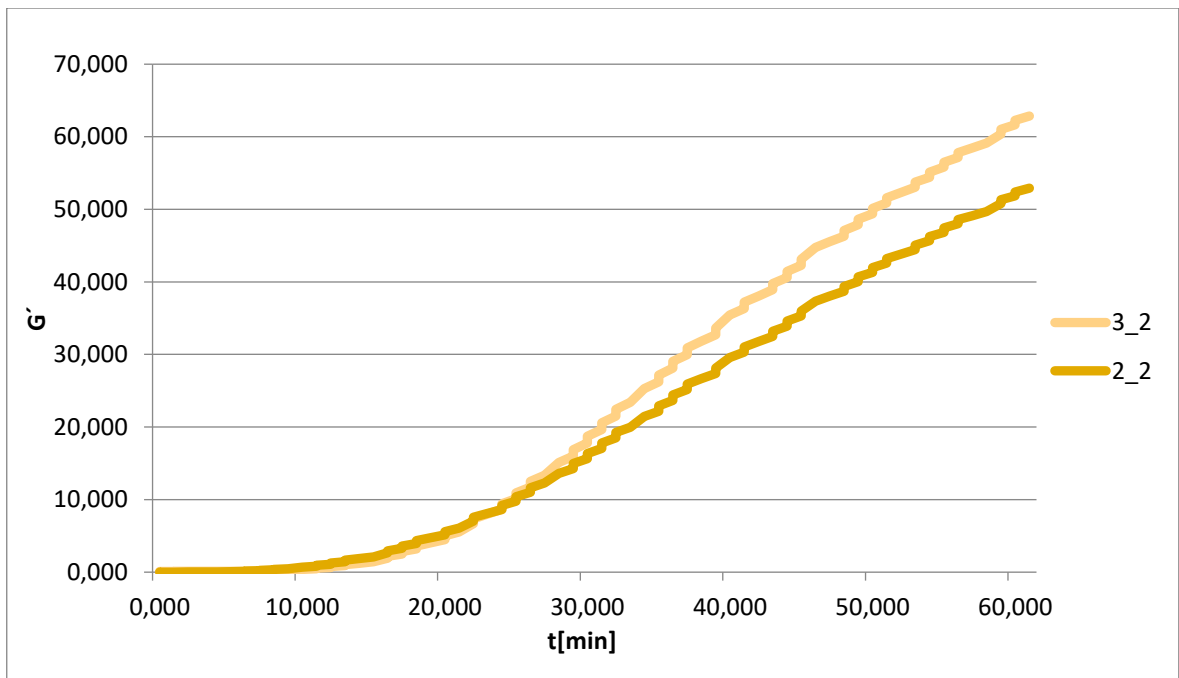
## 6.2 Výsledky druhé fáze

Jednotlivé vzorky s přidavkem chloridu vápenatého a syřidla byly analyzovány dynamic-kou oscilační reometrií. Cílem tohoto měření bylo popsat závislost tvorby gelu na množství přidaného chloridu vápenatého a syřidla. Měření probíhalo jak u 4%, tak i u 2% obsahu tuku v mléce. V jednotlivých grafech je vyjádřena závislosti modulu pružnosti ( $G'$ ) na čase ( $t$ ) jak pro 4% obsah tuku v mléce (graf č. 2 a 3), tak i pro 2 % obsah tuku v mléce (graf č. 4 a 5). V jednotlivých grafech jsou zaznamenány poměry chloridu vápenatého ku syřidlu. Z následujících grafů vyplývá, že nejlepší tuhost gelu byla za přibližně stejný čas u poměru 3/2 u obou typů mlék. Nejhorší tuhost gelu byla u 2% obsahu tuku v mléce u poměru 1/1. U všech čtyřech grafů můžeme vidět koagulaci mléka po přidání chloridu vápenatého a syřidla v průběhu 60 minut. Podle Mellema et al., 1999, je  $G'$  vhodným parametrem pro sledování koagulace mléka.

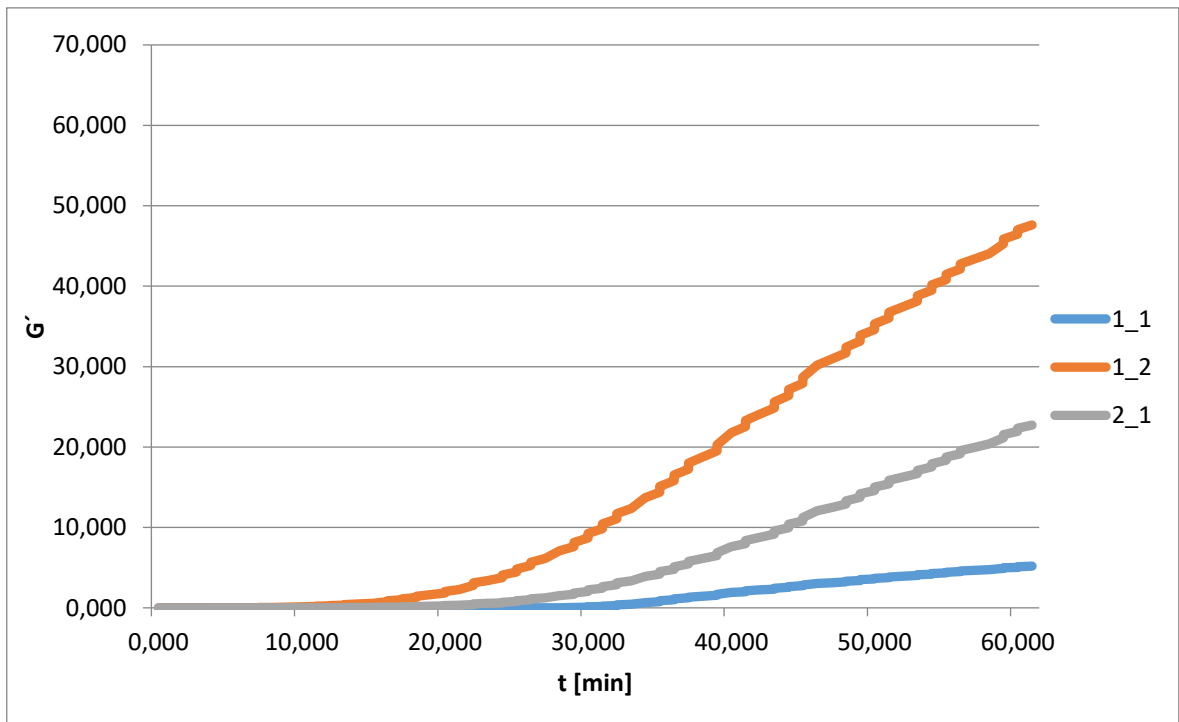
V tabulce č. 5 a 6 jsou zaznamenány hodnoty z měření pro 4% a 2% obsah tuku v mléce. Z tabulek vyplývá, že doba prodlevy ( $t$  lag) a maximální rychlost koagulace ( $t$  max) je vyšší u 2% obsahu tuku v mléce než u 4% obsahu tuku mléka. Naopak maximální rychlost srážení ( $D$  max) a hodnoty modulu po 30 a 60 minutách ( $G'_{30}$  a  $G'_{60}$  min) byly vyšší u 4% obsahu tuku v mléce než u 2% obsahu tuku v mléce. Dvojnásobné množství chloridu vápenatého vedlo ke zvýšení hodnot  $G'_{30}$  min. a  $G'_{60}$  min. Tyto hodnoty jsou důležitým parametrem pro vývoj gelu. Obsah tuku neovlivnil hodnoty  $G'_{30}$  min. a  $G'_{60}$  min. Hodnoty ( $\tan \delta$  30 a 60 min) byly obdobné u obou typů mlék. Větší množství syřidla vedlo ke zvýšení hodnot u  $G'_{30}$  min. a  $G'_{60}$  min, které nám charakterizují sílu dané směsi. Množství syřidla ovlivnilo taktéž tvorbu trojrozměrné sítě. Naopak větší množství chloridu vápenatého bylo méně účinné na pevnost gelu. Dynamická oscilační reologie nám poskytla užitečné informace o gelech a jejich procesu tvorby, které vznikají důsledkem sýření. Tento proces je nevratný a výsledkem je trojrozměrná síť. Gelování mléka může být ovlivněno teplotou, pH, obsahem tuku i sušiny. Mléčné gely mají velký význam při výrobě sýrů a jogurtů. [30], [31]



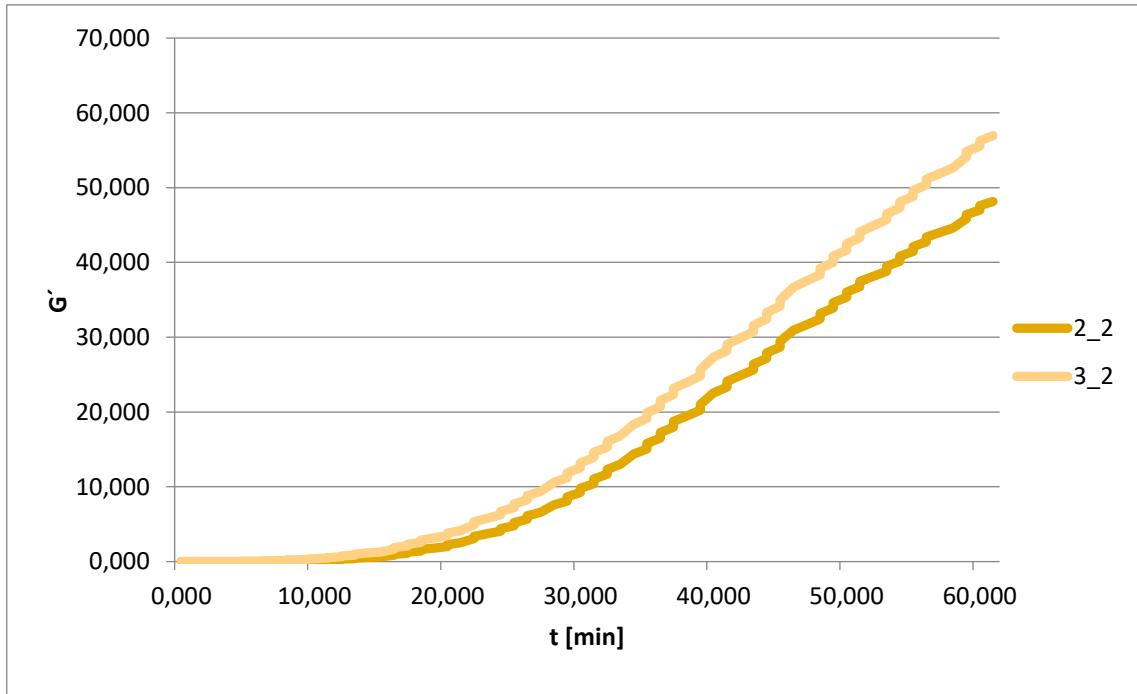
Graf č. 2- Závislost  $G'$  na čase (t)-obsah tuku v mléce 4% (poměr 1/1, 1/2, 2/1)



Graf č. 3- Závislost  $G'$  na čase (t)- obsah tuku v mléce 4% (poměr 2/2, 3/2)



Graf č. 4- Závislost  $G'$  na čase (t)-obsah tuku v mléce 2% (poměr 1/1, 1/2, 2/1)



Graf č. 5- Závislost  $G'$  na čase (t)-obsah tuku v mléce 2% (poměr 2/2, 3/2)

Tabulka č. 5- Hodnoty z reometru pro mléko se 4% obsahem tuku

chlorid vápenatý [ $\mu$ l]/ syřidlo [ $\mu$ l]	20/10	20/20	40/10	40/20	60/20
koeficient	1_1	1_2	2_1	2_2	3_2
t lag	30,1 $\pm$ 1,5	16,2 $\pm$ 0,7	16,4 $\pm$ 0,8	12,0 $\pm$ 0,7	14,1 $\pm$ 0,8
t max	61,4 $\pm$ 3,6	40,9 $\pm$ 1,6	40,8 $\pm$ 2,0	36,6 $\pm$ 2,0	34,0 $\pm$ 1,5
D max	1,23 $\pm$ 0,06	1,32 $\pm$ 0,05	1,64 $\pm$ 0,07	1,33 $\pm$ 0,06	1,69 $\pm$ 0,08
G' 30 min	1,24 $\pm$ 0,05	11,16 $\pm$ 0,53	12,81 $\pm$ 0,61	17,07 $\pm$ 0,86	19,63 $\pm$ 0,95
G' 60 min	26,7 $\pm$ 1,3	47,3 $\pm$ 2,3	57,8 $\pm$ 3,3	52,9 $\pm$ 2,6	62,9 $\pm$ 3,1
tan 30 min	0,42 $\pm$ 0,02	0,36 $\pm$ 0,02	0,37 $\pm$ 0,02	0,36 $\pm$ 0,02	0,36 $\pm$ 0,02
tan 60 min	0,36 $\pm$ 0,02	0,35 $\pm$ 0,01	0,35 $\pm$ 0,02	0,34 $\pm$ 0,02	0,34 $\pm$ 0,02

t lag- doba prodlevy, t max- maximální rychlost koagulace, D max- maximální rychlost srážení, G' 30 a 60 min- hodnoty modulu po 30 a 60 minutách, tan 30 a 60 min – tangens 30 a 60 min

Tabulka č. 6- Hodnoty z reometru pro mléko se 2% obsahem tuku

chlorid vápenatý [ $\mu$ l]/ syřidlo [ $\mu$ l]	20/10	20/20	40/10	40/20	60/20
koeficient	1_1	1_2	2_1	2_2	3_2
t lag	36,4 $\pm$ 1,9	17,3 $\pm$ 0,9	26,3 $\pm$ 1,3	16,9 $\pm$ 0,9	14,0 $\pm$ 0,6
t max	36,9 $\pm$ 1,9	42,6 $\pm$ 2,2	49,2 $\pm$ 2,1	42,0 $\pm$ 2,0	43,3 $\pm$ 1,9
D max	0,21 $\pm$ 0,01	1,38 $\pm$ 0,07	0,76 $\pm$ 0,04	1,38 $\pm$ 0,06	1,52 $\pm$ 0,08
G' 30 min	0,15 $\pm$ 0,01	9,84 $\pm$ 0,42	2,43 $\pm$ 0,11	10,42 $\pm$ 0,50	13,90 $\pm$ 0,75
G' 60 min	5,2 $\pm$ 0,2	47,6 $\pm$ 2,4	22,7 $\pm$ 1,1	48,1 $\pm$ 2,2	57,0 $\pm$ 3,0
tan 30 min	0,40 $\pm$ 0,02	0,37 $\pm$ 0,02	0,38 $\pm$ 0,02	0,37 $\pm$ 0,02	0,36 $\pm$ 0,01
tan 60 min	0,37 $\pm$ 0,02	0,35 $\pm$ 0,02	0,34 $\pm$ 0,02	0,35 $\pm$ 0,02	0,35 $\pm$ 0,02

t lag- doba prodlevy, t max- maximální rychlost koagulace, D max- maximální rychlost srážení, G' 30 a 60 min- hodnoty modulu po 30 a 60 minutách, tan 30 a 60 min – tangens 30 a 60 min

## 7 ZÁVĚR

V této práci bylo zjišťováno, zda dochází k enzymatickému srážení u směsi připravené ze sušeného odstředěného mléka, deionizované vody a dalších surovin např. smetany, MPC, MPI a kaseinátu sodného. Pomocí zkumavkových testů bylo dokázáno, že k enzymatickému srážení u obnoveného sušeného mléka opravdu dochází. Při zkumavkových pokusech byly použity různé surovinové kombinace. Na základě zmíněného testování byla vybrána nejvhodnější surovinová skladba, která obsahovala 4 % a 2 % tuku ve směsi. Tato skladba byla podrobena reologické analýze pomocí dynamické oscilační reometrie, z které plyne, že nejrychlejší poměr chloridu vápenatého ku syřidlu byl 3/ 2, bez ohledu na obsah tuku v mléce. Tato zjištění mohou být využita při výrobě přírodních sýru ze sušeného mléka nebo sušených směsí.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1.] *Milk Proteins* [online]. Elsevier, 2009 [cit. 2019-03-19]. ISBN 9780123740397
- [2.] JENSEN, Robert G. *Handbook of milk composition*. San Diego: Academic Press, c1995. ISBN 978-0-12-384430-9.
- [3.] GAJDŮŠEK, Stanislav. *Laktologie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. ISBN 80-7157-657-3.
- [4.] INGR, Ivo. *Zpracování zemědělských produktů*. 2. nezměn. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. ISBN 8071575208.
- [5.] ŠNIRC, Július, Jozef GOLIAN, Karol HERIAN, František BUŇKA, Leona BUŇKOVÁ a Margita ČANIGOVÁ. *Mlieko a mliečne výrobky*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2015. ISBN 978-80-552-1311-8.
- [6.] *Základy potravinářských technologií: spracovanie rastlinných a živočišných surovín, cereálne a fermentačné technológie, uchovávanie, hygiena a ekológia potravín*. Bratislava: Malé centrum, 1996. ISBN 80-967064-1-1.
- [7.] BŘEZINA, Pavel a Jaroslav JELÍNEK. *Chemie a technologie mléka I. část*. Praha: VŠCHT, 1990. ISBN 80-7080-075-5.
- [8.] KOPÁČEK, J.: *Mléko a mléčné výrobky: jak poznáme kvalitu?*. 1. vyd. Praha: Sdružení českých spotřebitelů a Potravinářská komora ČR, 2014. ISBN 978-80-87719-18-3
- [9.] ŠUSTOVÁ, Květoslava a Vladimír SÝKORA. *Mlékárenské technologie*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013. ISBN 978-80-7375-704-5
- [10.] PAVELKA, A.: *Mléčné výrobky pro vaše zdraví*. 1. vyd. Brno: Littera, 1996. 105 s. ISBN 80-85763-09-5
- [11.] DRBOHLAV, J., VODIČKOVÁ, M.: *Tabulky látkového složení mléka a mléčných výrobků*. 1. vyd. Praha: ÚZPI-Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2001. 85 s. ISBN 80-7271-005-2
- [12.] KŘIVÁNEK, M.: *Nutriční význam mléčných výrobků*. *Mlékařské listy*. Praha: Výzkumný ústav mlékařský, 2005, č. 90.
- [13.] SAMKOVÁ, Eva. *Mléko: produkce a kvalita: Milk: production and quality : vědecká monografie*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2012. ISBN 978-80-7394-383-7.
- [14.] BŘEZINA, Pavel a Jaroslav JELÍNEK. *Chemie a technologie mléka*. 2. část. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1990. ISBN 80-7080-075-5

- [15.] GRIEGER, Celestín a Josef HOLEC. Hygiena mlieka a mliečnych výrobkov. Bratislava: Príroda, 1990. ISBN 80-07-00253-7.
- [16.] FORMAN, Ladislav. Mlékárenská technologie II. Vyd. 2. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1996. ISBN 80-7080-250-2.
- [17.] BUŇKA, František. *Mlékárenská technologie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-254-1
- [18.] BYLUND, Gösta. *Dairy processing handbook* [online]. Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB S-221 86 Lund, 1995 [cit. 2019-03-06]
- [19.] CARIC, Marijana. Concentrated and dried dairy products. New York: VCH, c1994. Food science and technology (VCH Publishers). ISBN 9783527895311
- [20.] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražení krémy a jedlé tuky a oleje.
- [21.] ROGINSKI, H., FUQUAY, J. W., FOX, P. F. Encyclopedia of dairy science: volume 1. Academic Press London, 2003. ISBN 0122272358
- [22.] LUKÁŠOVÁ, Jindra. *Hygiena a technologie mléčných výrobků*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 2001. ISBN 80-7305-415-9
- [23.] DOSTÁLOVÁ, Jana a Pavel KADLEC. *Potravinářské zbožíznalství: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2014. Monografie (Key Publishing). ISBN 9788074182082
- [24.] WU, Shaozong, John FITZPATRICK, Kevin CRONIN a Song MIAO. The effect of pH on the wetting and dissolution of milk protein isolate powder. *Journal of Food Engineering* [online]. 2019, **240**, 114-119 [cit. 2019-03-19]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2018.07.022. ISSN 02608774. Dostupné z :<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S026087741830311X>
- [25.] JI, Junfu, John FITZPATRICK, Kevin CRONIN, Mark A. FENELON a Song MIAO. The effects of fluidised bed and high shear mixer granulation processes on water adsorption and flow properties of milk protein isolate powder. *Journal of Food Engineering* [online]. 2017, **192**, 19-27 [cit. 2019-03-19]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2016.07.018. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877416302680>
- [26.] 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.



- 2019-03-19]. DOI: 10.1016/j.idairyj.2018.01.013. ISSN 09586946. Dostupné z:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694618300372>
- [27.] JI, Junfu, Kevin CRONIN, John FITZPATRICK, Pierce MAGUIRE, Hongzhou ZHANG a Song MIAO. The structural modification and rehydration behaviours of milk protein isolate powders: The effect of granule growth in the high shear granulation 41roces. *Journal of Food Engineering* [online]. 2016, **189**, 1-8 [cit. 2019-03-19]. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2016.05.018. ISSN 02608774. Dostupné z:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877416301893>
- [28.] 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. 2019-03-19]. DOI: 10.3168/jds.2011-4477. ISSN 00220302. Dostupné z:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030211006539>
- [29.] DUTREUIL, M., J. GUINARD-FLAMENT, M. BOUTINAUD a C. HURTAUD. Effect of duration of milk accumulation in the udder on milk composition, especially on milk fat globule. *Journal of Dairy Science*[online]. 2016, **99**(5), 3934-3944 [cit. 2019-03-19]. DOI: 10.3168/jds.2015-10002. ISSN 00220302. Dostupné z  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030216001521>
- [30.] LUCEY, J.A. Formation and Physical Properties of Milk Protein Gels. *Journal of Dairy Science* [online]. 2002, **85**(2), 281-294 [cit. 2019-05-06]. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74078-2. ISSN 00220302. Dostupné z:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030202740782>
- [31.] MELLEMA, M., F. A. M. LEERMAKERS a C. G. DE KRUIF. Molecular Mechanism of the Renneting Process of Casein Micelles in Skim Milk, Examined by Viscosity and Light-Scattering Experiments and Simulated by Model SCF Calculations. *Langmuir* [online]. 1999, **15**(19), 6304-6313 [cit. 2019-05-06]. DOI: 10.1021/la9902340. ISSN 0743-7463. Dostupné z:  
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/la9902340>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

např.	například
apod.	a podobně
č.	číslo
obr.	obrázek
tzv.	takzvaný
GMP	glykomakropeptid
SOM	sušené odstředěné mléko
SH	Soxhlet Henkel
MPI	mléčný bílkovinný izolát
MPC	mléčný bílkovinný koncentrát
C	chlorid vápenatý
R	syřidlo

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 : Schéma srážení mléka kyselinami nebo syřidlem

Obrázek 2 : Sušení na válcové sušárně

Obrázek 3 : Jednostupňová sprejová sušárna

Obrázek 4 : Dvoustupňová sprejová sušárna

Obrázek 5 : Třístupňová sprejová sušárna

Obrázek 6 : Enzymatické srážení u surovinové skladby č. 1, 2 a 4

Obrázek 7 : Skladba č. 3 a 5, u které neproběhlo enzymatické srážení

## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Obsah jednotlivých minerálních látek v mléce

Tabulka 2 : Poměr chloridu vápenatého ku syřidlu

Tabulka 3 : Jednotlivé surovinové skladby u zkumavkových pokusů

Tabulka 4 : Výsledky zkumavkových pokusů

Tabulka 5 : Hodnoty z reometru pro mléko se 4% obsahem tuku

Tabulka 6 : Hodnoty z reometru pro mléko se 2% obsahem tuku

**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1 : Základní složení kravského mléka

Graf 2 : Závislost  $G'$  na čase (t)-obsah tuku v mléce 4% (1/1, 1/2, 2/1)

Graf 3 : Závislost  $G'$  na čase (t)-obsah tuku v mléce 4% (2/2, 3/2)

Graf 4 : Závislost  $G'$  na čase (t)-obsah tuku v mléce 2% (1/1, 1/2, 2/1)

Graf 5 : Závislost  $G'$  na čase (t)-obsah tuku v mléce 2% (2/2, 3/2)