

# Využití sušených směsí při výrobě tavených produktů na bázi mléčných složek

Bc. Vendula Kůrová

---

Diplomová práce  
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

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

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Vendula Kůrová**  
Osobní číslo: **T17320**  
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie potravin**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Využití sušených směsí při výrobě tavených produktů na bázi mléčných složek**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Student popíše sušené výrobky používané jako surovina pro další zpracování.

### II. Praktická část

1. Bude optimalizována výroba produktů se zaměřením za výrobky podobné taveným sýrům.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] **BYLUND, G. Dairy processing handbook, 1995. Tetra Pak Processing Systems ABS-221 86 Lund, Sweden.**

[2] **ROLLEMA, H. S., MUIR, D. D. Casein and Related Products. Dairy powders and concentrated products, 2009. Chichester, U.K.: Wiley-Blackwell. ISBN 978-1-4051-5764-3.**

[3] **GUINEE, P. Pasteurized Processed and Imitation Cheese Products, 2017. Cheese: chemistry, physics and microbiology. Boston, MA: Elsevier. ISBN 978-0-12-417012-4.**

[4] **MASOTTI, F., CATTANEO, S., STUKNYT?, M., DE NONI, I. Status and developments in analogue cheese formulations and functionalities, 2018. Trends in Food Science & Technology, 74, 158-169.**

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

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

Termín odevzdání diplomové práce: **3. 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*

## 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 ..... 25. 2019

.....

<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 neuvádělečně 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 těž 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 přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Cílem této práce bylo optimalizovat konzistenci a hodnotou pH tavených produktů na bázi mléčných složek. Pro výrobu tavených produktů byl použit kazeinát sodný, máslo nebo slunečnicový olej. Následně byly sledovány vybrané vlastnosti těchto produktů (hodnota pH, obsah sušiny a texturní vlastnosti) v závislosti na délce skladování, typu použitého tuku a případném přidavku hydrokoloidů ( $\kappa$ -karagenan, lokustová guma). Optimální konzistence tavených produktů bylo dosaženo s použitím kazeinátu sodného a deionizované vody v poměru 1,0:5,3, respektive 1,0:4,9. Optimálního pH bylo dosaženo s následující směsí tavicích solí: polyfosforečnan sodný, dihydrogenfosforečnan sodný a dihydrogendifosforečnan sodný v poměru 1:3:1. S narůstající délkou skladování docházelo ke zvýšení tvrdosti a poklesu relativní lepidlosti u všech modelových vzorků. Vliv použitého tuku nebyl jednoznačný. Významný nárůst tvrdosti tavených produktů byl pozorován s přidavkem lokustové gumy.

**Klíčová slova:** sušené mlékárenské směsi, kazeinát sodný, analog taveného sýru, texturní analýza

## **ABSTRACT**

The aim of this study was to optimize the consistency and pH value of dairy based processed products. Sodium caseinate, butter or sunflower oil were used to produce the processed products. Subsequently, selected properties of these products (pH, dry matter content and textural properties) depending on the length of storage, type of used fat and addition of hydrocolloids ( $\kappa$ -carrageenan, locust bean gum) were examined. Optimal consistency of the processed products was obtained using sodium caseinate and deionised water at the ratio of 1,0:5,3 and 1,0:4,9, respectively. Optimal pH was obtained with following mixture of emulsifying salts: sodium polyphosphate, sodium dihydrogen phosphate and disodium dihydrogen diphosphate at the ratio of 1:3:1. With increasing storage length the hardness decreased and the relative adhesiveness increased in all of model samples. The effect of used fat was not clear. A significant increase in the hardness of the processed products was observed with the addition of locust bean gum.

**Keywords:** dairy powders, sodium caseinate, processed cheese analogue, texture analysis

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé diplomové práce prof. Ing. Františku Buňkovi, Ph.D. za ochotu, odborné vedení, cenné rady a čas věnovaný konzultacím. Mé poděkování patří také Ing. et Ing. Ludmile Zálešákové za pomoc při provádění experimentů.

Prohlašuji, že odevzdaná verze 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 PROCESY SUŠENÍ V MLÉKÁRENSTVÍ</b> .....	<b>11</b>
1.1 SPREJOVÉ SUŠENÍ .....	11
1.1.1 Jednostupňové sušení .....	13
1.1.2 Dvoustupňové sušení .....	13
1.1.3 Třístupňové sušení .....	14
1.1.4 Aglomerace usušených částic .....	14
1.2 VÁLCOVÉ SUŠENÍ .....	16
1.3 VYBRANÉ MLÉČNÉ SUCHÉ SMĚSI.....	17
1.3.1 Sušené mléko .....	17
1.3.2 Sušená syrovátka .....	19
1.3.3 Syrovátkový proteinový koncentrát, syrovátkový proteinový izolát .....	21
1.3.4 Sušené podmásolí.....	22
1.3.5 Kazein a kazeináty .....	23
1.3.6 Mléčný proteinový koncentrát, mléčný proteinový izolát .....	26
1.3.7 Koprecipitát.....	27
<b>2 TAVENÉ SÝRY A JEJICH ANALOGY</b> .....	<b>28</b>
2.1 ZÁKLADNÍ SLOŽKY ANALOGŮ TAVENÝCH SÝRŮ .....	30
2.1.1 Zdroje bílkovin.....	30
2.1.2 Tuky .....	32
2.1.3 Tavicí soli.....	33
2.2 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ A JEJICH ANALOGŮ .....	34
2.3 VYUŽITÍ TAVENÝCH SÝRŮ A JEJICH ANALOGŮ .....	35
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>37</b>
<b>3 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>38</b>
<b>4 METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>39</b>
4.1 SEZNAM SUROVIN.....	39
4.2 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ.....	40
4.3 METODY STANOVENÍ.....	43
4.3.1 Základní chemická analýza .....	43
4.3.2 Analýza texturního profilu .....	44
4.3.3 Senzorická analýza.....	44
<b>5 VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>45</b>
5.1 OPTIMALIZACE PH A KONZISTENCE TAVENÝCH PRODUKTŮ.....	45
5.2 VLASTNOSTI TAVENÝCH PRODUKTŮ BĚHEM SKLADOVÁNÍ .....	51
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>62</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>64</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>71</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>72</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>74</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>76</b>



## ÚVOD

Mléko je považováno za nutričně bohatou potravinu, avšak vzhledem ke svému složení podléhá rychlé zkáze. Sušením mléka může být jeho údržnost významně prodloužena, jsou tak získány produkty, které mohou být skladovány relativně dlouhou dobu bez ztráty kvality.

V dnešní době jsou nejčastěji k výrobě sušených nefermentovaných mléčných produktů využívány sprejové sušárny, v menší míře pak sušárny válcové. Typ využití sušárny a tím možné tepelné poškození prášků se odvíjí od zamýšleného použití výsledného produktu. Pro zlepšení funkčních vlastností mléčných prášků je široce využívána instantizace neboli aglomerace jednotlivých částic do větších celků.

Kromě sušeného mléka jsou v mlékárenském průmyslu mimo jiné produkovány mléčné či syrovátkové bílkovinné koncentráty nebo izoláty, sušená syrovátka, jejíž složení je často modifikováno, sušené podmáslí, dále kazeiny, kazeináty a koprecipitáty.

Sušené mlékárenské směsi jsou vzhledem k mnoha výhodám, které nabízejí, využívány při výrobě celé řady potravin. Jednu z těchto komodit představují analogy sýrů, které jsou vyráběné postupy typickými pro tavené sýry, za použití různých zdrojů bílkovin (například sladkého kazeinu či kazeinátů), tuků (zejména rostlinného původu), tavicích solí a vody, případně pak dalších složek.

Takové produkty nemohou být označovány jako sýry, proto se využívají názvy jako tavený výrobek aj. Tyto potraviny byly uvedeny na trh ve Spojených státech amerických na počátku 70. let 20. století a během několika let se dostali do popředí zejména díky snížení výrobních nákladů ve srovnání s „klasickými“ tavenými sýry nebo sýry přírodními, jako jejichž náhražky se využívají. Možnost různé formulace analogů sýrů také umožňuje vyrábět produkty se sníženým obsahem nasycených mastných kyselin, cholesterolu nebo kalorií, což lze taktéž považovat za jejich významnou výhodu.

---

## I. TEORETICKÁ ČÁST

---

## 1 PROCESY SUŠENÍ V MLÉKÁRENSTVÍ

Mléko a mléčné výrobky jsou nutričně bohaté potraviny, avšak díky vysokému obsahu vody podléhají rychlé zkáze. Významná část z celkové produkce mléka se suší, tím dochází ke snížení vodní aktivity a tím i aktivity mikroorganismů, čímž je prodloužena údržnost mléka a zachována jeho kvalita. Další výhodou je snadnější a ekonomicky méně náročná distribuce a doprava, jelikož sušením dochází ke snížení hmotnosti a objemu produktu (Schuck, 2002, O'Regan *et al.*, 2009, O'Sullivan *et al.*, 2019).

Nejčastěji využívaným způsobem sušení v potravinářství je sprejové sušení, které bylo vyvinuto zejména v souvislosti s výrobou sušeného mléka (Gharsallaoui *et al.*, 2007) a je dnes nejpoužívanější metodou pro dehydrataci nefermentovaných mléčných produktů (Schuck, 2002, Ramírez *et al.*, 2006).

### 1.1 Sprejové sušení

Při této operaci je kapalný produkt rozprášen do proudu horkého plynu – obvykle vzduchu, přičemž dochází ke vzniku prášku (Gharsallaoui *et al.*, 2007). Velkou výhodou této metody je minimální poškození výrobku díky použití relativně nižších teplot a jejich krátkodobému působení na produkt ve srovnání např. s válcovým sušením. Proces sprejového sušení se skládá ze tří základních kroků, kterými jsou atomizace, evaporace (odpařování) a separace usušených částic od sušícího plynu (Moejes and van Boxtel, 2017).

Před vlastním sušením prochází mléko základním ošetřením, jako je tepelné ošetření, standardizace, homogenizace (Bylund, 2015, Schuck, 2002). Dále je nezbytné mléko zkoncentrovat na 45–55% obsah sušiny (Skanderby *et al.*, 2009). Pro zakoncentrování mléka se nejčastěji využívají vakuové trubkové odparky s klesajícím filmem, kde mléko prochází parou zahříványými trubkami. Odpařování probíhá při teplotě 65 až 70 °C (Bylund, 2015), teplo je přes stěnu trubek přenášeno na tekoucí film mléka, ze kterého se odpařuje voda. V praxi jsou využívány několikastupňové odparky, kde je pára oddělená od zakoncentrovaného mléka využita k odpařování v dalším stupni (Moejes and van Boxtel, 2017), čímž je významně snížena spotřeba energie (Ramírez *et al.*, 2006). Zařazení tohoto kroku je velmi důležité, bez předchozího zkoncentrování mléka by při sušení vznikaly značně malé částice s vysokým obsahem vzduchu, špatnou smáčivostí a omezenou skladovatelností. Proces sušení by byl také extrémně ekonomicky náročný (Bylund, 2015).

První fází sprejového sušení je atomizace, jejímž cílem je vytvořit maximální plochu pro přenos tepla mezi kapalinou a sušícím vzduchem (O'Sullivan *et al.*, 2019). K rozprášení zkoncentrovaného mléka na malé kapky jsou vzhledem ke své relativní jednoduchosti nejčastěji využívány tlakové trysky nebo rotační atomizéry. Obecně platí, čím větší energii poskytneme, tím jemnější kapičky při atomizaci získáme. Velikost částic však stoupá se zvyšující se viskozitou a povrchovým napětím vstupní kapaliny (Gharsallaoui *et al.*, 2007, Moejes and van Boxtel, 2017). Atomizace má vliv na vlastnosti výsledného produktu jako jsou například velikost a struktura částic, rozpustnost, hustota nebo smáčivost (Bylund, 2015).

Atomizované kapky mléka přicházejí v sušící věži do kontaktu s horkým vzduchem o teplotě 180 až 230 °C. V této fázi dochází k výměně tepla a vody a začíná vlastní sušení (Moejes and van Boxtel, 2017). Teplota kapiček vzrůstá na konstantní hodnotu, voda je odpařována nejprve z povrchu částic, voda z vnitřních vrstev částice přitom postupně difunduje na její povrch. Rychlost difuze je obvykle považována za konstantní a odpovídá rychlosti odpařování vody z povrchu. Jakmile však obsah vody dosáhne kritické hodnoty, dochází k tvorbě usušené vrstvy a výraznému snížení rychlosti sušení, která se stává závislou na difuzi vody touto vrstvou. K rychlé tvorbě suché vrstvy dochází zejména tehdy, jestliže je teplota přiváděného sušícího vzduchu příliš vysoká (Gharsallaoui *et al.*, 2007).

Z hlediska umístění atomizéru a směru sušícího vzduchu rozlišujeme souprůdný a protiprůdný režim sušení. Při souprůdném uspořádání systému je sušená částice vystavena nižší teplotě než při druhém zmíněném způsobu, což zmírňuje tepelné poškození výsledného produktu. Protiprůdné uspořádání je však považováno za ekonomicky výhodnější, co se týče spotřeby energie (Gharsallaoui *et al.*, 2007). Rámcové schéma souprůdného a protiprůdného režimu sušení je uvedeno v příloze PI této práce.

Během procesu sušení padá usušené mléko na dno sušící komory, které spodním otvorem opouští a následně je chlazeno. Velmi jemné a lehké částice jsou unášeny vzduchem opouštějícím sušící komoru. Pro jejich separaci jsou proto využívány cyklony – separátory fungující na principu odstředivé síly. Každý typ cyklonu je určen pro separaci částic o různé velikosti, proto se běžně využívá více cyklonů umístěných za sebou. Pro oddělení jemných částic od vzduchu jsou také využívány rukávové filtry, které však mohou představovat mikrobiální riziko v důsledku dlouhého setrvání produktu ve filtru. Nově mohou být využívány omyvatelné filtry s možností čištění, u nichž je riziko kontaminace výrazně sníženo (Bylund, 2015, Gabites *et al.*, 2008, Moejes and van Boxtel, 2017).

### 1.1.1 Jednostupňové sušení

Nejjednodušší konstrukcí používané k sprejovému sušení je sprejová sušárna s pneumatickým dopravníkem. Tento systém funguje na principu jednostupňového sušení, v komoře sprejové sušárny je tedy snížena vlhkost koncentráту na konečnou požadovanou hodnotu. Koncentrát mléka je přiváděn do sušící komory vysokotlakým čerpadlem k atomizéru. Surovina je dispergována atomizérem na drobné kapénky, které se mísí s horkým vzduchem v komoře. Vzduch je do komory přiváděn ventilátorem přes filtry a následně je ohříván v ohřívачi na požadovanou teplotu. Po smísení kapének s horkým vzduchem dochází k odpaření vody z mléka, volná voda se odpaří okamžitě, voda vázaná nejprve difunduje na povrch částice a poté je taktéž odpařena. Suchý prášek se usazuje v sušící věži v průběhu sušení a je vypouštěn na jejím dně. Následně je pneumaticky dopravován do obalové části chladičím vzduchem a po ochlazení je přiváděn do vypouštěcí jednotky. Velmi jemné částice, které jsou unášeny proudem sušícího vzduchu, jsou zachycovány v jednom či více cyklonech a následně přidány k usušenému produktu (Bylund, 2015). Rámcové schéma upořádání jednostupňové sprejové sušárny je uvedeno příloze PII.

Důležitým faktorem pro průmyslové i konečné využití sušeného mléka je jeho dobrá schopnost rehydratace a rekonstituce, tedy schopnost znovuoobnovení ve vodě (Bylund, 2015). Sušení v jednostupňovém systému, které bylo popsáno výše, má dvě zásadní nevýhody a těmi jsou vysoká spotřeba energie a špatná obnovitelnost (smáčivost, schopnost potopit se, dispergovatelnost a rozpustnost) takto vyrobených prášků. Z těchto důvodů byly vyvinuty dvou- a následně třístupňové sprejové sušárny (Mujumdar *et al.*, 2010).

### 1.1.2 Dvoustupňové sušení

Ve dvojestupňovém systému je kombinováno sprejové sušení se sušením ve fluidním žlabu – druhý stupeň. Prášek opouštějící sušící komoru má o 2 až 3 % vyšší vlhkost, než konečný výrobek, proto mohou být při sprejovém sušení použity ve srovnání s jednostupňovým uspořádáním nižší výstupní teploty. Přebytná vlhkost je odstraňována dosoušením ve vibrofluidním žlabu, po konečném sušení je prášek ochlazen v pneumatickém chladičím a dopravním kanálu (Bylund, 2015). Rámcové schéma uspořádání dvojestupňové sprejové sušárny je uvedeno příloze PIII.

Sušení mléka ve dvou fázích bylo původně vyvinuto pro výrobu aglomerovaných prášků, následně se však rozšířilo i do klasické výroby (Bylund, 1995).

### 1.1.3 Třístupňové sušení

V praxi se nejvíce využívají třístupňové systémy, které zahrnují primární sušení v sušící komoře (první stupeň) a dosoušení ve vibrofluidním žlabu (druhý a třetí stupeň) (Mujumdar *et al.*, 2010). Druhý sušící stupeň je přitom umístěn na dno sušící komory, konečné sušení a chlazení probíhá ve třetím stupni, který je umístěn mimo sušící komoru.

Dle konstrukce rozlišujeme dva typy třístupňových sušáren – sprejové sušárny s integrovaným fluidním ložem nebo sprejové sušárny s integrovaným pásem (příloha P IV) (Bylund, 2015). Bylund (1995) uvádí, že při sušení v sušárně s integrovaným fluidním ložem je mléko nejprve atomizováno v horní části hlavní komory sušárny do sušícího vzduchu o teplotě až do 280 °C, kde probíhá primární sušení produktu. Po prvním stupni sušení obsahují částice 12–20 % vlhkosti v závislosti na druhu výrobku. Následně usušené částice dopadají na pohybující se pás na dně sušící komory, kde je sušící vzduch vysáván přes vrstvu naneseného prášku. Tím dochází ke snížení vlhkosti na 8–10 %. Obsah vlhkosti je velmi důležitý pro dosažení požadovaného stupně aglomerace produktu. V posledním sušícím stupni je se shora na vrstvu prášku přiváděn vzduch o teplotě asi 130 °C a prášek je dosušen na požadovaný stupeň vlhkosti ( $\leq 5$  %) (Česko, 2016). Následuje chlazení produktu a separace částic od vzduchu v cyklonech.

Jak již bylo zmíněno, použití sušárny se třemi stupni je výhodné z hlediska úspory energie. Ramírez *et al.* (2006) uvádí, že spotřeba energie při použití tohoto typu sušárny je 3,4 MJ/kg odpařené vody, přičemž při jednostupňovém sušení je spotřeba energie 4,9 MJ/kg a při dvoustupňovém sušení 4,3 MJ/kg.

### 1.1.4 Aglomerace usušených částic

Rehydratační vlastnosti sušeného prášku jsou dány souborem jeho vlastností – smáčivostí, disperzibilitou, rozpustností a schopností ponořovat se (Schuck, 2011, Singh and Singh, 2016). Smáčivost je definována jako schopnost částic prášku absorbovat na svůj povrch vodu a zvlhčit se, závisí na povrchové aktivitě částic, povrchové ploše, povrchovém náboji, velikosti a hustotě částic, jejich poréznosti a přítomnosti látek absorbujících vlhkost (Schuck, 2011, Sharma *et al.*, 2012). Pokud není prášek dostatečně smáčitelný, po kontaktu s vodou dochází ke vzniku shluků. Špatnou smáčivostí se vyznačují zejména jemné sušené částice symetrického tvaru nebo částice s relativně vysokým obsahem tuku. Pro zlepšení smáčivosti sušeného plnotučného mléka je povrch jednotlivých částic mezi sušením ošetřován lecitinací

(nástrik 0,2 % lecitinu). Pórovité aglomeráty s velkými mezerami mezi jednotlivými částicemi vzniklé instantizací se naopak vyznačují dobrou smáčivostí (Schuck, 2011, Singh and Singh, 2016).

Schopnost jednotlivých sušených částic překonat povrchové napětí vody a ponořit se do vody se zvyšuje se zvyšující se hustotou částic a se snižujícím se množstvím uzavřeného vzduchu (Schuck, 2011). Dostatečně rychle jsou ponořeny částice s velikostí větší než 100  $\mu\text{m}$  a hustotou vyšší než  $1,5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  (Hogekamp and Schubert, 2003).

Disperzibilita odráží schopnost sušeného prášku se rovnoměrně rozptýlit při kontaktu s vodou na jednotlivé částice (Schuck, 2011), jež jsou spojeny pevnými a kapalnými můstky, které ovlivňují rychlost rozptýlení. Pokud jsou částice spojené pevnými můstky ponořeny do vody, nastávají dvě situace: (a) pevný můstek v kapalině je nerozpustný, vzniká elektrostatická odpuzivá síla, přičemž dojde k oddělení částic; (b) můstek je ve vodě rozpustný, na částice působí jak přitažlivé síly van der Waalsovy, tak odpuzivé elektrostatické interakce. Jestliže převáží přitažlivé síly, dojde ke vzniku aglomerátu, v opačném případě jsou částice odděleny. K obdobným reakcím dochází také v případě, že jsou částice spojeny můstkem kapalným, který je (a) nemísitelný, nebo (b) mísitelný s vodou (Hogekamp and Schubert, 2003).

Rozpustnost je další z důležitých vlastností sušených mléčných prášků, špatně rozpustné prášky působí potíže a ekonomické ztráty při zpracování. Rozpustnost závisí hlavně na chemickém složení prášku a jeho fyzikálním stavu. Index rozpustnosti je stanoven rozpuštěním sušeného mléka za vzniku rekonstituovaného mléka. Rekonstituované mléko je podrobena centrifugaci a následně je vyhodnocováno množství nerozpuštěného sedimentu (Skanderby, 2009, Schuck, 2011).

Běžné sušené mléko je při teplotě 30 až 50 °C za stálého míchání zcela rozpuštěno až po několika minutách. Pokud použijeme aglomerovaný prášek, rozpustí se po krátkém míchání i ve studené vodě. Částičky usušeného mléka musí být ošetřeny tak, aby tvořily větší částice s užším rozmezím velikostí a aby byla modifikována jejich struktura – pórovitost. K tomuto zlepšení vlastností se využívá aglomerace nebo také instantizace, které je obecně definována jako proces, během kterého jsou spojovány dohromady primární částice, které vytvářejí větší porézní sekundární částice – aglomeráty (Bylund, 2015, Sharma *et al.*, 2012).

Pro dosažení správné poréznosti musí být částičky mléka nejprve vysušeny, aby došlo k vypaření většiny vody, kterou v kapilárách a pórech částice nahradí vzduch. Částice jsou poté

zvlhčovány, jejich povrch se zvětšuje a dochází k uzavření kapilár, částice se stávají lepi-vými a spojují za vzniku aglomerátů (Bylund, 2015). Instantizovaný prášek lze vyrobit re-cirkulací suchých částic mléka zpět do sušící komory se sušícím vzduchem a rozprášeným zakoncentrovaným mlékem, kde jsou suché částice zvlhčeny odpařující se vodou a dochází k jejich aglomeraci. Tento postup může být využíván při navrácení jemných částic zachyce-ných v cyklonech (Sharma *et al.*, 2012, Bylund, 2015, Chever *et al.*, 2017).

Nejčastěji se však pro instantizaci využívá fluidní lože umístěné za sušící komorou. Sušené mléko je přiváděno do první sekce, kde je zvlhčeno vodní párou, v této fázi probíhá aglome-race. Následují sušící úseky, kde jsou aglomeráty opět vysušeny (Sharma *et al.*, 2012, By-lund, 2015). Opakování těchto kroků – smáčení, adheze, sušení a míchání vede k postup-nému růstu aglomerátů (Barkouti *et al.*, 2013).

## 1.2 Válcové sušení

Při válcovém sušení je zahuštěné mléko nanášeno v tenké vrstvě na duté rotující válce, které jsou zevnitř vyhřívány horkou parou na teplotu 100–130 °C. Při kontaktu mléka s horkým povrchem bubny dochází k přenosu tepla vedením, z mléka je odpařována voda, která je odváděna proudem vzduchu. Usušený film je z povrchu bubny po 2–3 sekundách seškrabo-ván noží, sušené mléko padá do šnekového dopravníku a následně je rozemleto na vločky (Brennan, 2006, Belitz *et al.*, 2009, Bylund, 2015). Podle způsobu přívodu mléka na plochu bubny rozlišujeme dva typy válcových sušáren – v prvním případě je mléko přiváděno do žlabu otáčejících se válců, v případě druhém je mléko rozstříknuto na povrch válců z trysek umístěných nad nimi (Bylund, 1995).

Tepelná expozice suroviny je zde ve srovnání se sprejovým sušením výrazně vyšší (Belitz *et al.*, 2009). Poměrně dlouhým působením vysokých teplot dochází k denaturaci proteinů a sušené mléko je špatně rozpustné. Dochází také ke změnám barvy díky probíhajícím Maillar-dovým reakcím a v takto připraveném prášku se často vyskytují spálené částice, které zhor-šují jeho kvalitu. Na druhou stranu intenzivní tepelné ošetření způsobuje lepší vaznost vody sušeného mléka, čehož se využívá například při výrobě masných výrobků. Takto vyrobené sušené mléko se také používá při výrobě čokolády, jelikož obsahuje velké množství volného tuku (Brennan, 2006, Kilara, 2011, Bylund, 2015), který usnadňuje zpracování čokolády z důvodu snížení její viskozity a umožňuje tak snížit přísávek kakaového másla (Sharma *et al.*, 2012).



### 1.3 Vybrané mléčné suché směsi

V této kapitole budou popsány vybrané suché směsi vyráběné v mlékárenském průmyslu včetně jejich produkce. Konkrétně se jedná o sušené mléko, sušenou syrovátku, syrovátkové bílkovinné koncentráty (WPC), syrovátkové bílkovinné izoláty (WPI) a sušené podmásli, dále kazeiny a kazeináty, mléčné bílkovinné koncentráty (MPC), mléčné bílkovinné izoláty (MPI) a koprecipitáty.

#### 1.3.1 Sušené mléko

Dle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb., kterou jsou stanoveny požadavky na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, se rozumí sušeným mlékem nebo sušenou smetanou mléčný výrobek v prášku získaný sušením mléka plnotučného, odtučněného nebo částečně odtučněného nebo smetany nebo jejich směsi, s obsahem vody nejvýše 5 % hmotnostních (Česko, 2016). Obsah tuku v sušených mléčných výrobcích dle vyhlášky č. 397/2016 Sb. je uveden v Tabulce 1.

Tabulka 1: Obsah tuku v sušených mléčných výrobcích (Česko, 2016).

Druh výrobku	Obsah tuku (v % hmot.)
Sušená smetana	nejméně 42,0
Sušené plnotučné mléko	nejméně 26,0 a méně než 42,0
Sušené částečně odstředěné mléko v tom polotučné	více než 1,5 a méně než 26,0 14,0 až 16,0
Sušené odstředěné mléko	nejvíce 1,5

Nejběžněji je produkováno sušené mléko odstředěné. Každá oblast využití si klade různé požadavky na typ sušeného mléka. Pokud má být sušený prášek smíchán s vodou za vzniku rekombinovaného mléka, musí být lehce rozpustný, mít odpovídající chuť, barvu i nutriční hodnoty. V tomto případě se využívá sušení ve sprejových sušárnách, které jsou pro výrobu tohoto typu prášku používány nejčastěji (Brennan, 2006, Bylund, 2015, Chandan and Kilara, 2016).

Při výrobě sušeného odstředěného mléka je před samotným sušením syrové mléko nejprve odstředěno a následně tepelně ošetřeno (Bylund, 2015). Bylo prokázáno, že tepelné ošetření souvisí s rozsahem denaturace syrovátkových bílkovin. Jako měřítko intenzity tepelného ošetření je využíván tzv. index syrovátkového bílkovinného dusíku (WPNI), který je vyja-

dřován jako obsah rozpustného syrovátkového proteinu v 1 g vzorku sušeného mléka. Metoda spočívá ve stanovení turbidity (zákalu) vzorku a následnou korelací se standartní křivkou. V závislosti na tepelném zpracování je odstředěné sušené mléko klasifikováno do tří kategorií:

- nízkotepečně ošetřené – 6,00 nebo více mg rozpustného syrovátkového bílkovinného dusíku na 1 g prášku,
- střednětepečně ošetřené – 1,51 - 5,99 mg rozpustného syrovátkového bílkovinného dusíku na 1 g prášku,
- vysokotepečně ošetřené – 1,51 a méně mg rozpustného syrovátkového bílkovinného dusíku na 1 g prášku (Sikand *et al.*, 2008, Skanderby 2009).

Toto klasifikační schéma představuje kritérium pro výběr sušeného odstředěného mléka pro potravinářské aplikace. Nízkotepečně ošetřené sušené odstředěné mléko je používáno pro výrobu prášků používaných jako přídavek do rekombinovaných mléčných výrobků, jako jsou sýry a dětská jídla. Střednětepečně ošetřený prášek je využíván například při výrobě rekombinovaných koncentrovaných mléčných výrobků. Vysoce tepelně ošetřený prášek nachází využití hlavně v odvětví pekárenství a při výrobě čokolády (Brennan, 2006, Sikand *et al.*, 2008). Upravené mléko je následně zahuštěno a sušeno ve sprejové sušárně (Bylund, 2015, Brennan, 2006).

Sušené plnotučné mléko je vyráběno z mléka se standardizovaným obsahem tuku. Syrové mléko určené k výrobě tohoto typu prášku není děleno do kategorií dle tepelného ošetření před vlastním sušením. Běžně je pasterizováno při teplotě 80–85 °C, aby byla zajištěna inaktivace většiny lipolytických enzymů. Stejně jako u sušeného odtučněného mléka je při výrobě nejčastěji využíváno sprejových sušáren, méně často válcových. Homogenizace mléka se provádí zejména u mléka, které je určeno k výrobě instantního prášku, anebo k sušení ve válcových sušárnách (Brennan, 2006, Bylund, 2015).

Do výrobního procesu může být u všech typů sušených mlék zařazena instantizace. Instantizace však u plnotučného sušeného mléka není stejně účinná jako v případě sušeného odstředěného mléka, jelikož dochází k migraci tuku na povrch sušené částice, čímž je snížena smáčivost prášku (Brennan, 2006).

---

### 1.3.2 Sušená syrovátka

Syrovátkou se dle vyhlášky č. 397/2016 Sb. rozumí mléčný výrobek vznikající jako vedlejší produkt při výrobě sýrů, včetně tvarohů a potravinářských kazeinů; syrovátkou může být i mléčná složka uvolňovaná po fermentaci při výrobě jiných mléčných výrobků, zejména u jogurtů či mléčných dezertů (Česko, 2016).

Syrovátka se sestává především z vody, která představuje z její skladby až 95 % hmotnostních, přičemž další hlavní složky syrovátky jsou laktóza, bílkoviny a minerální látky. Rozlišujeme dva základní druhy syrovátky: sladkou, pocházející z výroby přírodního sýra a sladkého kazeinu vyrobené enzymatickým srážením kazeinových micel, a kyselou, která je výsledkem procesů založených na destabilizaci kazeinu okyselením pod pH 5,0. Hlavním rozdílem mezi sladkou a kyselou syrovátkou je v obsahu vápníku, fosforečnanů a kyseliny mléčné, jejichž obsah je vyšší u kyselé syrovátky (Jelen, 2009, O'Regan *et al.*, 2009). Srovnání složení sladké a kyselé syrovátky je uvedeno v Tabulce 2.

Tabulka 2: Složení sladké a kyselé syrovátky (Jelen, 2009).

Složka	Sladká syrovátka [g.l <sup>-1</sup> ]	Kyselá syrovátka [g.l <sup>-1</sup> ]
Celková sušina	63,0–70,0	63,0–70,0
Laktóza	46,0–52,0	44,0–46,0
Proteiny	6,0–10,0	6,0–10,0
Vápník	0,4–0,6	1,2–1,6
Fosforečnany	1,0–3,0	2,0–4,5
Laktáty	2,0	6,4
Chloridy	1,1	1,1

Právě vysoký obsah kyseliny mléčné činí kyselou syrovátku těžko sušitelnou, jelikož kyselina mléčná je relativně netěkavá látka, která tedy není sušením odstraněna a způsobuje pak vysokou lepivost finálního produktu. V některých případech může být prováděna neutralizace kyseliny pomocí hydroxidu vápenatého (Jelen, 2009). Kyselá syrovátka se proto na sušené produkty příliš nezpracovává (Bylund, 1995).

Vlastnímu sušení syrovátky předchází několik technologických operací. Nejprve je nutné pomocí cyklonů, odstředivých separátorů nebo vibračních či rotačních sít odstranit ze syrovátky zbylé jemné částice kazeinu a následně odstředít tuk. Dále je v závislosti na době skladování syrovátka zchlazena nebo pasterizována. V této fázi je obsah pevných látek v syro-

vátce přibližně 5 % hmotnostních, syrovátka je tedy zakoncentrována na 45–65% obsah sušiny. Při vyšším obsahu sušiny se produkt stává příliš viskózním (Bylund, 2015, Kilara, 2016). Jednou z možností je koncentrace v odparkách s klesajícím filmem na požadovaný obsah sušiny nebo je k zakoncentrování využívána jejich kombinace s reverzní osmózou nebo nanofiltrací, kterou je syrovátka nejprve zahuštěna na 18–25% obsah sušiny (Belitz *et al.*, 2009, Bylund, 2015).

Dále je ve většině případů zařazen technologický krok, kde dochází ke krystalizaci laktózy. V případě výroby sušené syrovátky je tento krok zařazován kvůli snížení hygroskopicity výsledného sušeného produktu a je označován jako předkrystalizace, kdy je žádoucí vznik jemných krystalů, které nekomplikují sprejové sušení (Jelen, 2009). Koncentrovaná syrovátka, je rychle zchlazena a umístěna na 6–8 hodin do nádrže, kde je míchána a chlazena na teplotu 15–20 °C, což zajišťuje požadovanou předkrystalizaci laktózy (Kilara, 2016). Pokud je stupeň předkrystalizace vynechán, dochází následně ke vzniku hydrokropického prášku vzhledem k přítomnosti amorfni laktózy. U tohoto typu produktů je třeba dbát na balení do obalů nepropustných pro vodní páru a předcházet tak jejich hrudkovatění. Do výrobního schématu mohou být také zařazeny další technologické kroky, jako jsou iontová výměna, elektrodialýza nebo chromatografie a další, které se využívají zejména k výrobě modifikované sušené syrovátky (Jelen, 2009).

Pro sušení syrovátkového koncentrátu se používají stejné postupy jako při sušení mléka. Nejčastěji je využíváno sprejové sušení, sušení v bubnových sušárnách může být využito z ekonomických důvodů k produkci sušené syrovátky o nižší kvalitě (Kilara, 2016, Jelen, 2009).

Laktóza, jakožto hlavní složka syrovátky, může působit potíže spotřebitelům trpícím intolerancí laktózy, její přítomnost však způsobuje i technologické problémy (např. nízká rozpustnost) (Jelen, 2009). Obsah laktózy lze snížit a získat tak částečně delaktózovanou sušenou syrovátku. Laktóza může být hydrolyzována enzymem beta-galaktózidázou (laktázou) na jednoduché sacharidy. Selektivní odstranění laktózy lze také provést odstraněním krystalů laktózy po jejím vykrytalizování (Kilara, 2016). Částečně delaktózovaná syrovátka může být v některých případech použita jako jeho náhražka sušeného odstředěného mléka (Jelen, 2009).

Dalším vyráběným modifikovaným práškem je demineralizovaná sušená syrovátka, kterou lze využít například v kojenecké výživě a jiných potravinářských aplikacích, kde je nežadoucí vysoký obsah minerálních látek (Jelen, 2009). Demineralizace zahrnuje odstranění anorganických solí a určité snížení obsahu organických iontů, jako jsou laktáty a citráty (Bylund, 2015). V závislosti na požadovaném stupni demineralizace je před zakoncentrováním a sušením syrovátky odstraněno 5, 50 nebo 90 % minerálních látek. Částečná demineralizace je založena především na využití nanofiltrace, vysoce kvalitního oddělení iontů je dosaženo pomocí elektrodialýzy nebo výměny iontů (Jelen, 2009).

Ze syrovátky může být také získávána izolovaná laktóza. Převážně je vyráběna ze zakoncentrovaného permeátu po ultrafiltraci syrovátky a následnou separací a sušením krystalů laktózy (Jelen, 2009). Pro účinnou a jednoduchou separaci krystalů laktózy z matečného louhu musí být krystalizace uspořádána tak, aby velikost krystalů přesahovala 0,2 mm, čím jsou krystaly větší, tím je separace jednodušší. Teplota během sušení laktózy by neměla překročit 93 °C, jelikož při vyšších teplotách se tvoří především  $\beta$ -laktóza, která je méně rozpustná než  $\alpha$ -laktóza. Doba sušení se pohybuje v rozmezí 15–20 minut. Pokud by byly krystaly sušeny příliš rychle, vznikala by na krystalu  $\alpha$ -laktózy tenká amorfní vrstva, která by mohla způsobit hrudkovatění výsledného produktu (Bylund, 2015). Sušená laktóza je využívána například ve farmaceutických aplikacích jako plnivo při výrobě tablet (Jelen, 2009).

### 1.3.3 Syrovátkový proteinový koncentrát, syrovátkový proteinový izolát

Pomocí membránových procesů lze ze syrovátky získat syrovátkový proteinový koncentrát (WPC) obsahující 35 až 80 % hmotnostních bílkovin. Syrovátka zbavená kazeinových částic a tuku je podrobena ultrafiltraci, přičemž v permeátu je obsažena převážně laktóza a některé minerální látky, v retentátu jsou zadrženy bílkoviny, ale i určité množství laktózy a minerálů. Pro zvýšení obsahu bílkovin je po ultrafiltraci zařazena diafiltrace, kdy je k retentátu přidána voda v odpovídajícím objemu a takto zředěný retentát je poté znovu podroben filtraci přes membránu. Proces promývání může být několikrát opakován – dochází ke snižování obsahu laktózy a minerálních látek v retentátu, tím pádem je zvýšena koncentrace proteinů. Retentát je následně zakoncentrován odpařováním a sušen ve sprejové sušárně (O'Regan *et al.*, 2009, Kilara, 2016).

Syrovátkový proteinový izolát (WPI) je bílkovinný produkt, který obsahuje více než 90 % hmotnostních bílkovin. Proteiny jsou amfoterní makromolekuly, které se v kyselých podmínkách vyznačují pozitivním nábojem, při neutrálních nebo mírně alkalických hodnotách

pH je většina proteinů nabitá negativně. Proto mohou být proteiny odděleny od syrovátky pomocí iontoměničových chromatografických postupů. Adsorpce proteinů v iontoměničovém procesu probíhá v tankovém reaktoru s míchadlem, ve kterém je umístěna karboxylmethylcelulózná iontoměničová matrice, přičemž pH syrovátky je upraveno na 3,2. Desorpce proteinů po promývání je prováděna změnou pH na neutrální hodnotu (pH 7–7,5). Eluát obsahující protein je dále filtrován, koncentrován membránovými procesy popřípadě odpařováním ve vakuu a je poté sušen ve sprejové sušárně. Takto lze získat WPI s 97% obsahem bílkovin, zbytek obsahu je tvořen minerálními látkami, laktóza a tuk jsou obsaženy pouze ve stopovém množství. Používány mohou být také kationtové nebo aniontové pryskyřice, které se skládají z perliček oxidu křemičitého potažených polymerem obsahujícím vhodnou funkční skupinu. Výhodou těchto pryskyřic je, že neobtnají se změnami pH nebo iontové síly, jsou odolné vůči tlaku a jsou fyzikálně a chemicky stabilní. Ve srovnání s karboxylmethylcelulózou mají ale nízkou vazebnou kapacitu proteinu a jsou nákladnější. Při použití kationtové pryskyřice je funkční skupinou  $-SO_3H$ , adsorpce proteinu probíhá při pH 4,5 a eluce je prováděna hydroxidem amonným. V případě využití anionové reakční skupiny ( $-N(CH_3)_3$ ) adsorpce probíhá při pH 6,3, proteiny jsou eluovány kyselinou chlorovodíkovou (Kilara, 2016, O'Regan *et al.*, 2009).

Novějším způsobem pro výrobu WPI je jeho získání pomocí membránových procesů, čímž dochází k výraznému snížení nákladů na výrobu tohoto produktu. Surovátka je nejprve podrobena mikrofiltraci, aby došlo k oddělení zbytkového tuku, který ovlivňuje funkční vlastnosti proteinů, zejména jejich pěnivost. Následně je provedena ultrafiltrace a rozsáhlá diafiltrace. Tyto procesy vedou k získání roztoku WPI, který je koncentrován a sušen ve sprejové sušárně (Kilara, 2016).

#### 1.3.4 Sušené podmásli

Vyhláška č. 397/2016 Sb. definuje podmásli jako mléčný výrobek vznikající jako vedlejší produkt při výrobě másla (Česko, 2016). Sušené podmásli je produkt vzniklý odstraněním vody z podmáslí. Obvykle obsahuje 4,5 % mléčného tuku a obsah bílkovin v sušeném podmáslí není menší než 30 %. Obsah vlhkosti je nanejvýše 5 %. Sušené podmásli obsahuje více tuků než sušené odstředěné mléko. V podmáslí je obsaženo významné množství fosfolipidů, má tedy emulgační schopnosti. Fosfolipidy jsou však náchylné k degradaci, omezují

tak dobu použitelnosti sušeného podmáslí. Sušené podmáslí je využíváno při výrobě mléčných výrobků – například zmrzliny, dále v pekařství nebo při výrobě cukrovinek (Chandan and Kilara, 2016).

### 1.3.5 Kazein a kazeináty

Dle vyhlášky č. 397/2016 Sb. se rozumí:

- potravinářským kazeinem kyselým mléčný výrobek získaný oddělením, promytím a vysušením sraženiny vzniklé kyselým srážením odtučněného mléka nebo jiných výrobků získaných z mléka, splňující požadavky uvedené v příloze č. 2 k této vyhlášce,
- potravinářským kazeinem sladkým mléčný výrobek získaný oddělením, promytím a vysušením sraženiny získané reakcí syřidla nebo jiných koagulujících enzymů z odtučněného mléka nebo jiných výrobků získaných z mléka, splňující požadavky uvedené v příloze č. 2 k této vyhlášce,
- potravinářským kazeinátem mléčný výrobek získaný reakcí potravinářského kazeinu nebo jeho sraženiny s neutralizačními činidly a splňující požadavky uvedené v příloze č. 3 k této vyhlášce (Česko, 2016).

Přílohy 2 a 3 k vyhlášce č. 397/2016 Sb. jsou uvedeny v příloze V a VI této práce.

Pro výrobu výše vyjmenovaných produktů je využíváno zejména odstředěné pasterizované mléko. Pasterizace je ideálně prováděna co nejšetrněji (ošetření ekvivalentní působení 72 °C po dobu 15 sekund) a to z důvodu minimalizace denaturace syrovátkových proteinů. V případě, že zpracování mléka zahrnuje intenzivní tepelné zpracování, dochází k denuraci části syrovátkových proteinů (zejména  $\beta$ -laktoglobulinu), které se kovalentně vážou na kazeiny za vzniku komplexů. Tyto komplexy následně precipitují společně s kazeinem (Rollema and Muir, 2009), což není při výrobě kazeinu a kazeinátů žádoucí, jelikož syrovátkové bílkoviny, stejně jako tuk, laktóza a minerální látky snižují jakost kazeinu a při výrobě jsou cíleně odstraňovány promýváním (Bylund, 2015).

Při kyselém srážení je nutné snížit hodnotu pH odstředěného mléka k izoelektrickému bodu kazeinu – pH přibližně 4,6 (Rollema and Muir, 2009). Okyselením dochází k rozpouštění koloidního fosforečnanu vápenatého v kazeinových micelách, část vápníku zůstává navázaná na kazein. S přiblížením pH izoelektrickému bodu kazeinu dochází také k vyrovnávání kladných a záporných nábojů hydratačního obalu micel, což vede ke snížení elektrostatického odpuzování. Vyrovnání nábojů umožní také zvýšit hydrofobní interakce kazeinů. Na základě těchto dějů dochází k vysrážení kazeinu a tvorbě gelu (Lucey, 2014). Rozpustnost

kazeinového komplexu v odstředěném mléce je v izoelektrickém bodě minimální, naproti tomu syrovátkové bílkoviny zůstávají rozpuštěné (Rollema and Muir, 2009).

Snížení hodnoty pH lze dosáhnout přidáním čisté mlékárenské kultury produkující kyselinu mléčnou jako výsledek metabolismu laktózy. Dále je možné hodnotu pH snížit přidáním minerálních kyselin, například kyselinou chlorovodíkovou, dusičnou, octovou nebo sírovou (Rollema and Muir, 2009, Chandan and Kilara, 2016). Koagulace probíhá při 35–50 °C (Belitz *et al.*, 2009), povaha vzniklého gelu je na teplotě závislá. Pokud by při srážení byla teplota příliš nízká (<15 °C), vzniklá sraženina bude velmi jemná a špatně oddělitelná. Se zvyšující se teplotou velikost vznikajících agregátů kazeinu roste. Čím jsou však agregáty kazeinu větší, tím více laktózy a syrovátkových bílkovin zadrží (Rollema and Muir, 2009).

Sraženina je následně separována od syrovátky pomocí filtrace nebo odstředivou silou v dekantacních odstředivkách, promyta vodou, popřípadě znovu resuspendována ve vodě a opět promývána, aby došlo ke snížení obsahu nežádoucích látek – laktózy, syrovátkových bílkovin a minerálních látek, zejména vápenatých solí. Kyselá sraženina je dále mechanicky odvodněna a sušena například v sušárnách s fluidním ložem nebo pásových sušárnách (Rollema and Muir, 2009, O'Regan *et al.*, 2009).

Sladký kazein je z odstředěného mléka získáván proteolytickou destabilizací kazeinových micel. Při stabilizaci micelárního kazeinu zastává klíčovou roli  $\kappa$ -kazein, který je umístěn zejména na povrchu kazeinových micel a zajišťuje jejich stabilitu na základě nabitých glykosylovaných částí molekuly. Ke sladkému srážení jsou používány proteinázy na bázi chymosinu (bovinní nebo mikrobiální syřidlo), které štěpí  $\kappa$ -kazein v místě mezi aminokyselinami Phe<sub>105</sub>-Met<sub>106</sub> na glykomakropeptid (obsahující nabitě a glykosylované skupiny odpovědné za koloidní stabilitu) a para- $\kappa$ -kazein. Rozštěpením  $\kappa$ -kazeinu kazeinové micely ztrácejí stabilitu a v přítomnosti vápenatých solí se vysráží (Rollema and Muir, 2009). Během agregace dochází k tvorbě vápenatých mŕstků, dále se uplatňují van der Waalsovy síly a hydrofobní interakce (Lucey, 2014).

Při procesu srážení se pH pohybuje okolo hodnoty 6,6. Odstředěné mléko je zahřáto na přibližně 30 °C, následně je přidán koagulant v koncentraci přibližně 0,014 %, který se nechá působit po dobu asi 40 minut. Vzniklá sraženina je společně se syrovátkou dále tepelně zpracována (60 °C), dochází k synerzi sraženiny a deaktivaci koagulantu. Nakonec je sraženina oddělena od syrovátky, promyta a sušena, podobně jako při výrobě kazeinu kyselého (Rollema and Muir, 2009).



Kazein vzniklý kyselým nebo sladkým srážením není rozpustný ve vodném prostředí, což značně omezuje množství aplikací, v nichž mohou být kazeiny využívány. Kazeiny mohou být rozpuštěny při extrémních hodnotách pH nebo v přítomnosti vápenatých solí (Rollema and Muir, 2009).

Neutralizací kyselého kazeinu alkalickým kovem získáme kazeinát, který je dobře rozpustný ve vodě i při neutrálním pH a produkuje viskózní roztoky vhodné pro tvorbu pěn a emulzí. V závislosti na kationtu alkalizačního činidla lze získat různé typy kazeinátů, obvykle jsou používány kazeináty sodné, draselné, vápenaté a amonné. Kazeináty odpovídají svým složením s výjimkou obsahu minerálních látek kazeinu (Rollema and Muir, 2009). Kazeináty mohou být vyrobeny ze sušeného anebo přímo z čerstvě vysráženého kyselého kazeinu (Bylund, 2015). Suchý kyselý kazein se za intenzivního míchání suspenduje ve vodě. Poté je ve vhodném množství přidáváno alkalizační činidlo (Rollema and Muir, 2009). V případě použití čerstvé sraženiny se do výrobního procesu před přidáním alkálie zařazuje krok, kdy dochází ke zmenšení velikosti částic v koloidním mlýnu, tím je následně zkrácena doba rozpouštění kazeinu. V potravinářství je nejčastěji využíván kazeinát sodný, vyráběný pomocí neutralizace hydroxidem sodným o koncentraci  $2,5 \text{ mol.l}^{-1}$ . Množství přidávaného hydroxidu sodného je většinou v rozmezí 1,7–2,2 % hmotnostních, tím je dosaženo pH přibližně 6,7. Ve zvláštních případech mohou být použity i jiné alkálie, jako je hydrogenuhličitan sodný nebo fosforečnany sodné, náklady na jejich použití jsou však obecně vyšší než u hydroxidu sodného (O'Regan *et al.*, 2009, Bylund, 2015).

Výroba probíhá v nádrži opatřené míchadlem, po přidání alkálie je z důvodu snížení viskozity zvýšena teplota systému na přibližně  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ . Doba rozpouštění kazeinu je 30–60 minut (Bylund, 2015). Převádění kazeinu na kazeinát musí být prováděno s určitou opatrností, aby nedocházelo nezvratnému poškození bílkovin. Pokud hodnota pH překročí hodnotu 7,0, dochází alkalické degradaci proteinů – například deaminaci nebo defosforylaci, což poškozuje schopnost proteinu stabilizovat emulze a pěny a také snižuje jeho nutriční hodnotu. Jakmile je kyselý kazein zcela převeden na kazeinát, roztok je sušen rozprašováním. Účinnost procesu sušení je omezena viskozitou roztoku, proto je roztok před přivedením do sušárny předehříván až na teploty kolem  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  (Rollema and Muir, 2009).

Kazeiny a kazeináty jsou využívány v potravinářství ale i v jiných odvětvích, například při výrobě lepidel nebo v textilním průmyslu. V potravinářské výrobě jsou používány k oboha-

cení potravin o proteiny nebo ke stabilizaci fyzikálních vlastností v masných výrobcích, cukrovinkách, pečivu, využívají se také k výrobě některých dietických potravin (Belitz *et al.*, 2009).

### 1.3.6 Mléčný proteinový koncentrát, mléčný proteinový izolát

Koncentráty mléčných bílkovin (MPC) a izoláty mléčných bílkovin (MPI) se vyrábějí koncentrací mléčných proteinů z odstředěného mléka pomocí membránových procesů a následným sušením rozprašováním (Drake *et al.*, 2014).

Při výrobě MPC je pasterizované odstředěné mléko ultrafiltrováno a diafiltrováno na přibližně 21% obsah celkového proteinu. Pomocí diafiltrace dochází ke snížení obsahu laktózy na méně než 0,5 %. Takto upravený produkt je koncentrován odpařováním a poté je sušen ve sprejových sušárnách na méně než 5% obsah vlhkosti (Havea, 2006, Rollema and Muir, 2009, Mistry and Maubois, 2017).

V MPC jsou mléčné bílkoviny (kazein a syrovátkové bílkoviny) obsaženy prakticky ve stejném poměru, jako jsou zastoupeny v mléce. Kazein je zde přítomen převážně ve formě kazeinových micel, stejně tak i syrovátkové bílkoviny jsou přítomny zejména v nativní formě. Obsah bílkovin je u MPC různý, pohybuje v rozmezí od 36 do 85 % v závislosti na stupni ultrafiltrace a diafiltrace. Vzhledem k tomu, že tyto prášky mají široký rozsah obsahu bílkovin, jsou děleny do tří skupin:

- s nízkým obsahem proteinů (obsah bílkovin  $\leq 40$  %),
- se středně vysokým obsahem proteinů (obsah bílkovin 60–70 %),
- s vysokým obsahem proteinů (obsah bílkovin  $\geq 80$  %) (Rollema and Muir, 2009, Sikand *et al.*, 2011, Mistry and Maubois, 2017, O'Regan *et al.*, 2009).

MPI je taktéž vyráběn z odstředěného mléka, k výrobě je však používána kombinace ultrafiltrace a frakcionace bílkovin. Tyto izoláty se vyznačují velmi vysokým obsahem bílkovin – přibližně 90 g 100 g<sup>-1</sup> MPI. Obsah laktózy a tuku je nízký. Poměr kazeinových a sérových bílkovin prakticky odpovídá stejně jako u MPC počátečnímu zastoupení v mléce (Rollema and Muir, 2009).

MPC i MPI jsou zdroje bílkovin s nízkým obsahem sacharidů. Mají vysokou výživovou hodnotu a jsou také přidávány do různých potravin pro zlepšení jejich strukturních vlastností (Rollema and Muir, 2009). MPC jsou běžně přidávány například do sýrů, jogurtů nebo se

využívají při výrobě proteinových nápojů, MPI nachází využití například v mražených dezertech, polevách nebo analogích smetanových sýrů (Huffman, 1999, Singh and Singh, 2016).

### 1.3.7 Koprecipitát

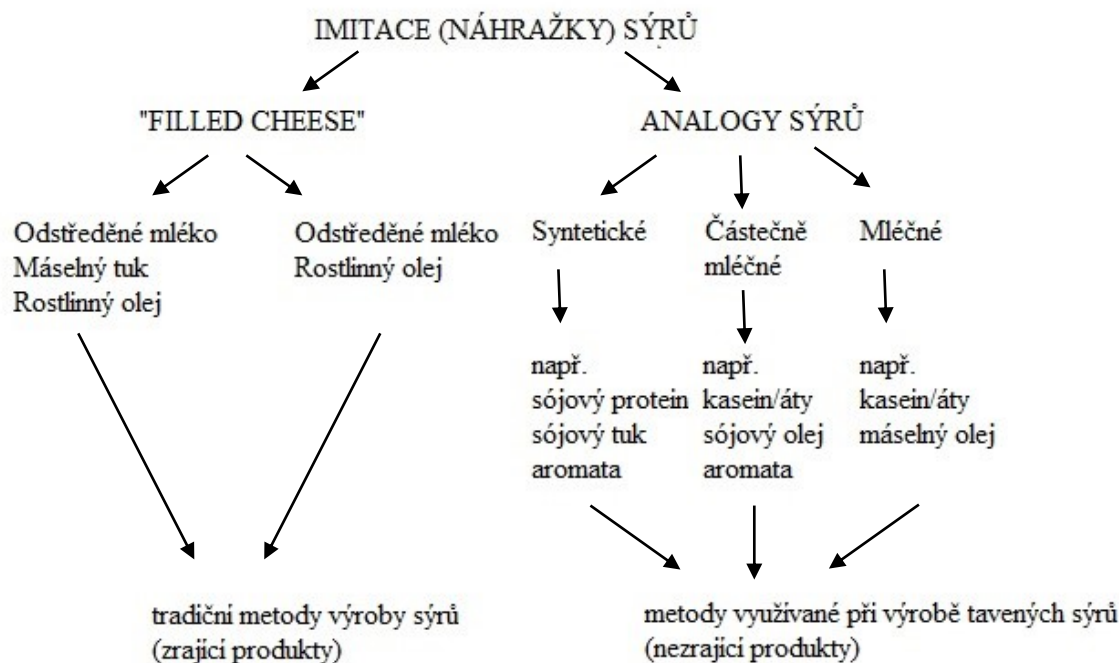
Koprecipitát je směsí kazeinů a denaturovaných syrovátkových proteinů. Při výrobě čistého kazeinu je mléko tepelně ošetřeno tak, aby byla minimalizována denaturace syrovátkových bílkovin, naopak při výrobě koprecipitátů je denaturace syrovátkových bílkovin žádoucí. Odstředěné mléko je zahříváno na relativně vysoké teploty 90–95 °C po dobu 30 minut, což zajistí denuraci všech syrovátkových bílkovin, následkem čehož dochází ke vzniku komplexů s kazeiny. Pokud je pH systému sníženo pod hodnotu 4,6, jsou syrovátkové bílkoviny vysráženy společně s kazeiny (Rollema and Muir, 2009, O'Regan *et al.*, 2009). Koaguaci kazeinů a syrovátkových proteinů lze také vyvolat přidavkem vápenatých iontů (přídavek 0,24% CaCl<sub>2</sub>) při teplotě 90 °C (Belitz *et al.*, 2009). Koagulát vytvořený tímto způsobem je zpracováván podobně jako při výrobě kyselého kazeinu, nejprve je odstraněn ze syrovátky pomocí šikmých sít nebo separátorů, dále promýván a sušen. Koprecipitát obsahuje až 96 % celkového množství bílkovin obsažených v mléce, jeho vlastnosti jsou však odlišné od vlastních bílkovinných frakcí (Belitz *et al.*, 2009, Rollema and Muir, 2009). Sraženina může být také rozpuštěna v alkalické látce stejným způsobem, jako při výrobě kazeinátů, za vzniku rozpustných a dobře dispergovatelných koprecipitátů (Bylund, 2015).

## 2 TAVENÉ SÝRY A JEJICH ANALOGY

Tavené sýry lze definovat jako potraviny připravené rozmělněním, zahříváním a mícháním jednoho či více druhů přírodních sýrů v přítomnosti tavicích solí za částečného podtlaku do vzniku homogenní hmoty. Obvykle jsou k tavené směsi přidávány další „nepovinné“ suroviny jako voda, mléčné přísady (tvaroh, máslo, smetana, sušené mlékárenské směsi), stabilizátory, barviva, konzervační látky, případně různé příchutě jako zeleninová či masová složka (Buňka *et al.*, 2009, Guinee, 2011a, Guinee, 2017). V podmínkách České republiky se dle vyhlášky č. 397/2016 Sb. jako tavený sýr označí sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí. Vyhláška dále definuje dvě podskupiny tavených sýrů – „roztíratelný“ a „s lomem“. V případě, že tavený sýr obsahuje více než 5 % laktózy, se použije označení „tavený sýrový výrobek“. Aby bylo možné označit výrobek jako „sýrový“, musí být obsah sýru minimálně 50 % hmotnostních (Česko, 2016).

Úspěšná výroba taveného sýra závisí na správné kvalitě a výběru základní suroviny – přírodních sýrů. Lze použít jeden nebo více druhů přírodních sýrů nebo směsi přírodních sýrů v různých stupních zrání (Tamime *et al.*, 2011). Výhodou tavených sýrů je fakt, že při jejich výrobě lze využít přírodní sýry s různými, především mechanickými vadami, které nejsou vhodné pro přímý prodej. Nevhodné je však využití sýrů s vadami mikrobiologickými, jež by mohly ohrozit zdravotní nezávadnost finálních produktů. Z mikrobiologického hlediska za rizikové lze považovat především sporující bakterie, jelikož při výrobě tavených sýrů nedochází k inaktivaci spor (při výrobě je zpravidla používán záhřev pod 100 °C), a dále plísně, kde hrozí výskyt mykotoxinů. Jako kontaminanty tavených sýrů lze uvést například bakterie rodů *Bacillus* a *Clostridium* (Buňka *et al.*, 2009, Buňka *et al.*, 2010).

Napodobeniny nebo náhražky přírodních nebo tavených sýrů, u kterých je částečně či zcela nahrazen mléčný tuk nebo mléčné bílkoviny, případně obě tyto složky, jsou nazývány jako imitace, analogy či substituty sýru (Geniuee, 2017). Bachmann (2001) uvádí, že při výrobě imitací nebo náhražek sýrů existují dva základní typy výrobků. První typ, tzv. „filled cheese“ je vyráběn z tekutého odstředěného mléka za přídavku rostlinného oleje. Při výrobě jsou používány tradiční postupy stejně jako při výrobě přírodních sýrů. Druhým typem jsou právě analogy sýrů, které jsou vyráběny smísením různých surovin za použití postupů využívaných při výrobě tavených sýrů. Suroviny používané pro výrobu analogů zahrnují použití jiných než mléčných zdrojů tuků a/nebo bílkovin. Podrobné schéma rozdělující tyto produkty je uvedeno na Obrázku 1.



Obrázek 1: Schéma rozdělení imitací (náhražek) sýrů, upraveno dle Bachmann (2001).

Analogy tavených sýrů se na trhu objevují stále častěji díky snížení nákladů na jejich výrobu oproti „klasickým“ taveným sýrům. Hlavní úspora spočívá v nahrazení vybraných mléčných složek levnějšími rostlinnými produkty. Zároveň jsou takto získány výrobky se sníženým obsahem celkových tuků nebo nasycených mastných kyselin, cholesterolu, kalorií (Bachman, 2001). Tyto výrobky nemohou být podle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1308/2013 (čl. 78, příloha VII, část III, odstavec 3.), v platném znění, označovány jako sýry (Evropa, 2013); na trh jsou uváděny pod názvy jako „tavený výrobek“ anebo pod podobnými označeními (Buňka and Hrabě, 2006).

Analogy sýrů jsou dle Guinee (2017) děleny do tří kategorií v závislosti na tom, zda tuky a/nebo bílkoviny pocházejí z mléčných nebo rostlinných zdrojů:

- Analogy částečně mléčné – tyto analogy tavených sýrů jsou vyráběny nejběžněji, při jejich výrobě je používán rostlinný tuk (např. sójový, palmový, řepkový olej), bílkoviny mléčného původu, nejčastěji je využíván sladký kazein a/nebo kazeináty.
- Analogy mléčné – obsahují bílkoviny i tuk mléčného původu, takovéto výrobky nejsou příliš produkovány, náklady na jejich výrobu jsou totiž vzhledem k nutnosti rekonstituce a přípravě ingrediencí vyšší, než při použití přírodních sýrů.

- Analogy nemléčné – ve kterých je nahrazen jak mléčný tuk, tak mléčné bílkoviny rostlinnými produkty, poskytují možnost vyrábět veganské výrobky podobné sýrům. Bachmann (2001) nazývá tyto analogy jako syntetické.

V podmínkách Evropské unie jsou analogy tavených sýrů zahrnuty v Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, v platném znění, kde jsou stanoveny povolené potravinářské přídatné látky a podmínky jejich použití v kategorii potravin „Analogy mléčných výrobků, včetně náhrad mléka do teplých nápojů“. Konkrétně se jedná o kyselinu fosforečnou – fosforečnany (di-, tri- a polyfosforečnany; maximální povolené množství 20 000 mg/kg – vyjádřeno jako P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.) a oxid křemičitý – křemičitany (maximální povolené množství 10 000 mg/kg) (Evropa, 2008). V české legislativě není prozatím pojem analog či imitace taveného sýra nijak specifikován.

## 2.1 Základní složky analogů tavených sýrů

Základní klíčové suroviny pro výrobu analogů tavených sýrů jsou bílkoviny, tuky, tavicí (emulgační) soli a voda (O’Riordan *et al.*, 2011).

### 2.1.1 Zdroje bílkovin

Bílkoviny v tavených sýrech a jejich analogích emulgují volný olej a rovněž stabilizují emulzi typu olej ve vodě tím, že snižují mezifázové napětí mezi vodou a olejem. Bílkoviny vytváří matrici – síť, ve které je zachycen tuk. Dále proteiny zvyšují viskozitu vodné fáze, čímž snižují koalescenci tukových kuliček (O’Riordan *et al.*, 2011).

Při výrobě analogů sýrů je jako zdroj bílkovin nejčastěji využíván navzdory své nerozpustnosti sladký kazein (O’Riordan *et al.*, 2011), díky vhodné chuti a vůni (flavour) a dobré stabilitě při skladování (Bachmann, 2001). Adekvátní hydratace a rozpustnosti sladkého kazeinu je dosaženo přidávkem vhodné směsi tavicích solí, které snížením koncentrace vápníku redukuje zesíťování para-kazeinu (více kapitola 2.1.3.), zahříváním a mícháním (Guinee, 2011b, O’Riordan *et al.*, 2011). Sladký kazein je využíván při výrobě polotvrdých blokových produktů, kde zajišťuje vhodnou pevnost, pružnost a roztažnost produktů (Huffman, 1999, Guinee, 2011).

Kyselý kazein není obecně pro výrobu analogů tavených sýrů využíván především kvůli nízkému pH. Snížení pH tavené směsi vede ke snížení disociace tavicích solí a jejich schop-

nosti sekvestrovat vápník z proteinů, což má za následek prodloužení výrobních časů (Guinee, 2011b, Guinee, 2017). Kyselý kazein při výrobě analogů využívá zejména v případě, že je převeden na kazeinát (O’Riordan *et al.*, 2011).

Kazeináty jsou díky vysoké schopnosti vázat vodu a dobrým emulgačním vlastnostem, které podporují krémování, upřednostňovány před sladkým kazeinem v roztíratelných analogích taveného sýra (Guinee, 2011b). Využívány jsou zejména kazeináty sodné a vápenaté. Kazeinát sodný se rozpouští ve vodě bez pomoci tavicích solí a vykazuje dobré emulgační vlastnosti. Kazeinát vápenatý tvoří při rekonstituci ve vodě koloidní suspenzi. Aby kazeinát vápenatý mohl uplatnit své emulgační schopnosti, je třeba odstranění vápenatých iontů pomocí tavicích solí (O’Riordan *et al.*, 2011). Typ použitého kazeinátu má vliv na vlastnosti výsledného produktu – při použití kazeinátu sodného bylo zaznamenáno vyšší pH, menší pevnost, vyšší stupeň emulgace tuků a vyšší stupeň disociace kazeinu než při použití kazeinátu vápenatého. Při výrobě analogů sýrů je také možné využívat směsi kazeinů a kazeinátů v různém poměru (Bachmann, 2001). Pro zlepšení sensorických vlastností je možné do analogů tavených sýrů přidávat také určité množství přírodních sýrů (Guinee, 2017b).

Syrovátkové bílkoviny ( $\alpha$ -laktalbumin a  $\beta$ -laktoglobulin) vykazují nižší emulzifikační schopnosti než kazeiny a kazeináty a jsou méně citlivé na změny pH. Syrovátkové bílkoviny jsou využívány spíše jako částečné náhražky kazeinů a to například v analogích sýru typu Mozzarella (O’Riordan *et al.*, 2011). Syrovátkové bílkoviny (případně jejich komplexy s kazeiny) během přípravy analogů tavených sýrů anebo při následné tepelné úpravě vlivem vysoké teploty denaturují, agregují a zapojují se do gelu. Tím dochází ke zhoršení tavitelnosti výrobků. Mohou se však přidávat v množství 1–3 % (hmotnostních) do produktů, kde je tavitelnost při tepelném záhřevu nežádoucí (plátky používané jako součást hamburgerů) (Guinee, 2011b).

Rostlinné bílkoviny se při výrobě analogů tavených sýrů používají zejména v kombinaci s kazeináty (O’Riordan *et al.*, 2011). Rostlinné bílkoviny jsou relativně nenákladné, avšak při výrobě analogů sýrů jsou upřednostňovány bílkoviny původu mléčného (Masotti *et al.*, 2018), jelikož rostlinné bílkoviny způsobují nežádoucí příchutě a jejich použití má také za následek zhoršení struktury výrobků ve srovnání s produkty vyrobenými za použití kazeinu nebo kazeinátů (Bachmann, 2001). Částečně nahradit kazeiny je možné přídatkem sójových, arašídových nebo rýžových bílkovin anebo pšeničného lepku (O’Riordan *et al.*, 2011). Například výrobky ze sóji, jako je sójové mléko a sójový protein, hrají v mlékárenském prů-

myslu důležitou roli jako nízkonákladová náhrada mléčných bílkovin. Sójové bílkoviny (případně i další rostlinné bílkoviny) se značně liší v molekulárních i funkčních vlastnostech od bílkovin mléčných – sójové bílkoviny mají mnohem větší rozměry ve srovnání s mléčnými bílkoviny, mají komplexní kvartérní struktury a na rozdíl od kazeinu nejsou fosfoproteiny. Pro zlepšení své funkčnosti (např. rozpustnost, emulgační kapacita) mohou být tyto proteiny modifikovány proteázami (Bachmann, 2001). Obvyklé defekty analogů sýrů s obsahem rostlinných bílkovin jsou lepivost, nedostatečná pružnost, zhoršená tekutost a roztažnost (Guinee, 2011b).

Nicméně byly popsány postupy výroby analogů sýrů, kde byl přídavek proteinu snížen a jako náhrada za mléčné bílkoviny byl použit modifikovaný nebo předželatinovaný škrob. Se zvětšujícím se přídavkem škrobu je snížena roztékavost směsi (Bachmann, 2001). Přídavkem  $\kappa$ -karagenanu do produktů, kde bylo nahrazeno až 80 % sladkého kazeinu škrobem, je možné získat produkty s podobnými texturními vlastnostmi jako bez použití škrobu (Masotti *et al.*, 2018). Nejčastěji je však škrob přidáván do směsi v množství 2–4 % (hmotnostní) (Guinee, 2011b).

### 2.1.2 Tuky

V analogích sýrů může být využita poměrně široká škála tuků zahrnující máslo, bezvodý máselný tuk, smetanu i rostlinné oleje. Jako příklad lze uvést sójový, palmový, kokosový, slunečnicový, řepkový nebo kukuřičný olej. Rostlinné oleje mohou být využity nativní nebo částečně hydrogenované formě (zvýšení teploty tání) (O’Riordan *et al.*, 2011, Masotti *et al.*, 2018).

Jak již bylo zmíněno, rostlinné oleje jsou ve srovnání s mléčným tukem podstatně levnější surovinou, vhodné jsou také z výživového hlediska vzhledem k nepřítomnosti cholesterolu a snížení obsahu nasycených mastných kyselin, jejich použití je tedy, co se týče analogů sýrů, nejčastější (O’Riordan *et al.*, 2011, Masotti *et al.*, 2018). Naopak výhodou použití mléčného tuku je mléčná příchut’ výsledných produktů (Cunha *et al.*, 2010, Guinee, 2011b, Guinee, 2017).

Druh použitého tuku/oleje má vliv nejen na senzorické vlastnosti, ovlivňuje také texturu analogů sýrů. Při částečném nahrazení mléčného tuku rostlinnými oleji, byla pozorována měkčí konzistence analogů. Pokud byl použit rostlinný tuk, tvrdost analogů byla větší nebo srovnatelná s analogy vyrobenými pomocí másla (Masotti *et al.*, 2018). Texturní vlastnosti analogů sýrů jsou závislé na fyzikálně-chemických vlastnostech tuku, které se vzhledem



k různému zastoupení mastných kyselin liší. Se zvyšujícím se podílem nasycených mastných kyselin (se zvyšující se teplotou tání) se zvyšuje tvrdost analogů sýrů (Hanáková *et al.*, 2013).

### 2.1.3 Tavicí soli

Tavicí soli jsou látky, jejichž obsah je v „tradičních“ tavených sýrech a jejich analogiích nezbytný. Pokud by byla základní surovina pro výrobu tavených sýrů (přírodní sýr) zahřívána bez přídavku tavicích solí, docházelo by ke sledu reakcí vedoucích k destrukci membrán tukových kuliček, jejich následné koalescenci a k agregaci proteinové fáze. Následkem těchto dějů lze předpokládat uvolnění vody a tuku z bílkovinné matrice sýru a vznik značně heterogenního produktu. Tavicí soli, které upraví prostředí taveniny tak, aby přítomné bílkoviny (kazein, respektive kazeinové frakce) mohly uplatnit své přirozené emulgační vlastnosti, umožní vznik hladkých, homogenních a stabilních produktů (Buňka and Buňková, 2009, Guinee, 2017). Při výrobě analogů sýrů zajišťují tavicí soli hydrataci nerozpustného kazeinu a jeho přeměnu na aktivní emulgační činidlo, což umožňuje odpovídající emulgaci tukové fáze (O’Riordan *et al.*, 2011). V rámci Evropské unie jsou tavicí soli definovány Nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, v platném znění, jako látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek (Evropa, 2008). Tavicí soli jsou tradičně přidávány v množství, které nepřekračuje 3 % z celkové surovinové skladby. Jedná se o soli složené z monovalentních kationtů (zejména sodných) a polyvalentních aniontů (fosforečnanů, citranů). V tavicí praxi je však význam citranů v porovnání s fosforečnanem nižší (Kapoor and Metzger, 2008, Buňka and Buňková, 2009, Guinee, 2011b, Lucey *et al.*, 2011, Guinee, 2017).

Klíčovou vlastností tavicích solí je schopnost sekvestrovat vápník, kterým jsou kazeinové frakce propojeny do trojrozměrné sítě, což znemožňuje uplatnit jejich emulgační schopnosti. Sekvestrace vápníku zahrnuje výměnu těchto dvojmocných vápenatých kationtů za sodné kationty tavicích solí díky vyšší afinitě tavicích solí k vápenatým iontům (Buňka *et al.*, 2009, Guinee, 2011b, Lucey *et al.*, 2011, Guinee, 2017).

Schopnost tavicích solí sekvestrovat vápník úzce souvisí také se schopností hydratovat a solubilizovat protein. Výměnou iontů dochází k přeměně nerozpustného para-kazeinanu vápenatého na para-kazeinan sodný, který následně emulguje dispergované olejové kapičky během zpracování taveniny a tím přispívá k vytvoření stabilní emulze olej ve vodě (Buňka,

*et al.*, 2009, Guinee, 2011a, Guinee, 2011b, Guinee, 2017). Během zpracování taveniny dochází k dispergaci proteinů a navazováním polyvalentních aniontů tavicích solí na kazeinové frakce, čímž je zvýšena jejich hydrofilní povaha. Relativně vysoká schopnost vazby vody zajišťuje zvýšení viskozity a tím dochází k tzv. krémování (Buňka *et al.*, 2009, Guinee, 2011b). Vlivem přídavku tavicích solí dále dochází ke zvýšení pH tavené směsi na hodnoty 5,1–6,1 a jeho stabilizaci (pufrční kapacita). Vyšší pH vede k lepšímu odlučování vápníku pomocí tavicích solí. Zvýšením pH roste také negativní náboj kazeinu, což vede ke zvýšení jeho hydratace (Guinee, 2017).

Finální struktura je utvářena při chladnutí taveniny vlivem vzniku vodíkových můstků, hydrofobních interakcí, vápníkových a disulfidických můstků. Do vytváření trojrozměrné sítě se zapojují také fosfáty, které vytváří můstky mezi molekulami proteinu (Buňka *et al.*, 2009).

## 2.2 Technologie výroby tavených sýrů a jejich analogů

Výrobní proces „klasických“ tavených sýrů a analogů sýrů je v podstatě stejný, primárně je ovlivněn chemickými interakcemi mezi mléčnými (případně nemléčnými) složkami a tavicími solemi. V současné době převažuje diskontinuální způsob výroby tavených sýrů i jejich analogů. Výroba výše jmenovaných produktů zahrnuje:

- výběr vhodného typu a množství surovin,
- určení směsi tavicích solí,
- míchání a zahřívání směsi složek tak, aby došlo ke vzniku homogenní taveniny,
- následné plnění produktu do spotřebitelských obalů, chlazení, skladování a expedici (Buňka *et al.* 2010, O’Riordan *et al.*, 2011, Tamime *et al.*, 2011, Guinee, 2017).

Výběr správného množství a typů složek použitého pro sestavení tavicí směsi závisí zejména na požadovaných vlastnostech výsledných produktů, jako je obsah sušiny, tuku nebo očekávaná konzistence (textura) výrobků (Buňka *et al.*, 2009, O’Riordan *et al.*, 2011).

Při výrobě tavených sýrů diskontinuálním způsobem je základní surovina (rozmělněná směs přírodních sýrů) dávkována do tavicího kotle, kam jsou následně přidány další suroviny. Výrobní zařízení je směs zahřívána za míchání a sníženého tlaku na teploty přibližně 80–90 °C po dobu 4–15 minut. Ohřev je zpravidla prováděn přímým vstřikem páry do tavené směsi (Buňka *et al.*, 2009, Guinee, 2017).

Při výrobě analogů sýrů jsou jednotlivé suroviny většinou taktéž dávkovány přímo do výrobního zařízení, v některých případech je však do výrobního procesu zařazováno předběžné

mísení zahřátého oleje a sušeného kazeinu, které umožní zkrácení doby výroby a také minimalizuje přímý kontakt kazeinu s vodou, čímž je snižováno riziko výskytu hrudek v konečném produktu (Guinee, 2011b, Guinee, 2017).

Dle Guinee (2011b) je do výrobního zařízení přidávána voda a suché složky (kazein, tavicí soli, atp.) společně s přibližně 90 % celkového množství oleje. Vzniklá směs je zahřívána stejně jako u výroby „klasických“ tavených sýrů, přičemž teplota 80–90 °C je udržována po dobu přibližně 5 minut. Mechanické zpracování přispívá k rovnoměrné distribuci všech složek směsi, rozpuštění tavicích solí a jejich interakci s kazeinem, disperzi tuku na kapičky a také emulgaci tukových kapiček hydratovaným (para-)kazeinanem sodným. Následně je do směsi přidán zbytek oleje, případně okyselující a aromatické látky a směs je zahřívána po dobu 1–2 minut.

Přidáním kyseliny spíše ke konci výroby analogu je zajištěno relativně vysoké pH (7–9) během zpracování, což je, pokud je při výrobě využíván sladký kazein, žádoucí. Relativně vysoké pH během zpracování sladkého kazeinu přispívá k sekvestraci vápníku z kazeinu fosforečnany a dává kazeinu vyšší záporný náboj, čímž dochází ke zvýšení konverze vápenatých solí para-kazeinu na soli sodné. Snížení pH směsi během zpracování zvyšuje čas potřebný k výrobě analogu sýra a pravděpodobně ovlivňuje jeho vlastnosti (např. pevnost). Ke konci zpracování jsou přidávány taktéž ochucující složky a aromata, je tak minimalizována ztráta těkavých aromatických látek (Guinee, 2011b, Guinee, 2017). V současné praxi se však setkáváme především s postupem, kde jsou jednotlivé složky dávkovány najednou.

Při výrobě obou typů produktů je tavenina vždy balena za horka, nejen z důvodu nižší viskozity směsi ale i snížení pravděpodobnosti mikrobiální kontaminace (Buňka *et al.*, 2010, Guinee, 2011b, Guinee, 2017).

Pro výrobu lze také využít kontinuální proces tavení, kde je tavená směs v tenkých vrstvách zahřívána při teplotě 130–140 °C po dobu 2–3 s. V tomto případě můžeme vzhledem k vysokým teplotám hovořit o jejich sterilačním efektu (Buňka *et al.*, 2009).

### 2.3 Využití tavených sýrů a jejich analogů

Tavené sýry, stejně jako jejich analogy, mohou být vyráběny jako produkty s různým spektrem konzistencí od pevné, elastické až hladké a roztíratelné. V maloobchodní síti jsou k dostání v různých typech balení, používají se laminované hliníkové fólie, plastové obaly, tuby

nebo střívka z různých materiálů, skleněné nádoby nebo plechovky (Buňka *et al.*, 2010, Tamime *et al.*, 2011, Guinee, 2017).

Jak již bylo zmíněno, analogy (tavených) sýrů byly uvedeny na trh jako levnější alternativa k přírodním i taveným sýrům (Bachmann, 2001, Buňka *et al.*, 2009, Guinee, 2011b) ve Spojených státech amerických na počátku 70. let 20. století (Guinee, 2017). Guinee (2017) dále uvádí, že hlavním producentem analogů sýrů jsou právě Spojené státy americké, kde se ročně produkuje přibližně 300 000 tun, přičemž nejčastěji jsou vyráběny náhražky či imitace Mozarella a Čedaru. Evropská produkce je relativně malá, činí asi 20 000 tun analogů sýrů za rok.

Analogy sýrů nalézají často využití ve fast-foodových řetězcích, používají se při výrobě mražené pizzy a jako plátky v hamburgerech; dále se využívají jako přísada do salátů, sendvičů, sýrových omáček nebo hotových jídel (Buňka *et al.*, 2010, Guinee, 2017). Za použití sójového oleje a sójových bílkovin mohou být vyrobeny analogy sýrů, které mohou být považovány za imitace tofu, tradičního veganského produktu. Tavené (sýrové) produkty mohou být také sušeny jako sýrové prášky, které se pak používají společně s jinými přísadami při přípravě formulovaných potravin, jako jsou suché polévkové nebo omáčkové směsi (Guinee, 2017).

Závěrem lze říci, že využití analogů (tavených) sýrů lze považovat za výhodné zejména z těchto důvodů:

- nižší náklady na výrobu, jednoduchost výroby ve srovnání s přírodním sýrem;
  - snadné přizpůsobení funkčních vlastností (např. barva, textura, odolnost proti roztékání, atd.);
  - možnost formulovat produkt podle požadavků na živiny skupin se zvláštními dietními požadavky (např. bez laktózy, nízkokalorické, nízký obsah nasycených tuků, obohacený vitamíny);
  - relativně vysoká stabilita texturních vlastností během skladování při chladírenských teplotách (Guinee, 2011b, Guinee, 2017).
-

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 CÍL PRÁCE

Cílem této práce byla optimalizace surovinové skladby roztíratelných tavených produktů na bázi mléčných složek vyráběných za použití sušeného kazeinátu sodného, másla nebo slunečnicového oleje a sledování vlivu změn složení a doby skladování na vybrané vlastnosti výrobků.

Hlavní cíl práce byl naplňován prostřednictvím následujících dílčích cílů:

- optimalizace konzistence a hodnoty pH roztíratelných tavených produktů,
  - sledování vlivu délky skladování na vybrané vlastnosti tavených produktů,
  - srovnání vybraných vlastností tavených produktů v závislosti na typu použitého tuku (másla nebo slunečnicového oleje),
  - sledování vlivu potravinářských přídatných látek – hydrokoloidů ( $\kappa$ -karagenanu, lokustové gummy) na vybrané vlastnosti tavených produktů.
-

## 4 METODIKA PRÁCE

V praktické části diplomové práce bylo postupováno následovně. Nejprve byly vyráběny modelové vzorky tavených produktů, k jejichž výrobě byl použit kazeinát sodný, máslo nebo slunečnicový olej, tavicí soli (3 % hmotnostní z celkové surovinové skladby) a deionizovaná voda, přičemž v průběhu experimentů byla optimalizována surovinová skladba těchto produktů, aby bylo dosaženo optimální konzistence (poměr kazeinátu sodného a vody) a také hodnot pH (zastoupení jednotlivých tavicích solí) pro roztíratelný tavený výrobek. V poslední části experimentu byl také zkoumán vliv potravinářských přídatných látek – hydrokoloidů –  $\kappa$ -karagenanu a lokustové gummy na vybrané vlastnosti tavených produktů. Vybrané modelové vzorky s vhodnou konzistencí a hodnotou pH byly skladovány po dobu 60 dnů, přičemž 15., 30., a 60. den po výrobě byly vzorky podrobeny základní chemické analýze (stanovení pH a obsahu sušiny) a analýze vybraných texturních vlastností (tvrdost, soudržnost, relativní lepivost). U zbylých vzorků (nevhodná konzistence a/nebo pH) byla provedena základní chemická analýza po 7 dnech od jejich výroby.

### 4.1 Seznam surovin

- Kazeinát sodný (KUK Bohemia, spol. s r.o)
  - Máslo (Lacrum Velké Meziříčí, s.r.o)
  - Slunečnicový olej (MCC Trading International GmbH)
  - Deionizovaná voda
  - Polyfosforečnan sodný (Fosfa a.s.; POLY)
  - Difosforečnan sodný (Fosfa a.s.; TSPP)
  - Hydrogenfosforečnan sodný (Fosfa a.s.; DSP)
  - Dihydrogenfosforečnan sodný (Fosfa a.s.; SDP)
  - Dihydrogendifosforečnan sodný (Fosfa a.s.; DSPP)
  - $\kappa$ -karagenan (Sigma-Aldrich spol. s.r.o)
  - Lokustová guma (Sigma-Aldrich spol. s.r.o)
-

## 4.2 Výroba modelových vzorků

Modelové vzorky tavených produktů byly vyrobeny v laboratořích Ústavu technologie potravin, Fakulty technologické, Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

Pro výrobu modelových vzorků byly využity suroviny uvedené v kapitole 4.1 Seznam surovin. Všechny suroviny byly nejprve dávkovány do výrobního zařízení Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Německo) dle přiložených receptur, které nebyly předem známy a byly upravovány v průběhu experimentů (viz dále). Nadávkované suroviny byly rozmíchány při počtu otáček 600 za minutu po dobu jedné minuty při  $40 \pm 2$  °C. Dále byla směs surovin odvzdušněna a následně tavena po dobu 15 min při teplotě  $90 \pm 2$  °C při počtu otáček 3000 za minutu. Utavená směs byla nalévána do plastových vaniček nebo kelímků, které se ihned po té uzavíraly hliníkovými víčky. Po zchlazení na pokojovou teplotu byly jednotlivé vzorky uchovávány po dobu 60 dnů při chladírenské teplotě  $6 \pm 2$  °C.

Jako výchozí receptura byla dána receptura 1, která je uvedena v Tabulce 3. Bylo použito 100 g kazeinátu sodného, 820 g deoizované vody, 50 g tuku (másla nebo slunečnicového oleje). Množství tavicích solí bylo určeno na 3 % hmotnostní, přičemž byl využit polyfosforečnan sodný (POLY), difosforečnan sodný (TSPP), hydrogenfosforečnan sodný (DSP) a dihydrogenfosforečnan sodný (SDP) v poměru 2:2:3:3. Celkové množství přidávaného tuku a tavicích solí bylo zachováno v průběhu celého experimentu.

Tabulka 3: Přehled surovinové skladby – množství kazeinátu sodného, másla/slunečnicového oleje, tavicích solí a deonizované vody – základních receptur (receptura 1, 2, 3).

Receptura		1	2	3
Surovina		Množství [g]	Množství [g]	Množství [g]
Kazeinát sodný		100	145	145
Másla/olej		50	50	50
	Polyfosforečnan sodný	6	6	6
	Difosforečnan sodný	6	6	-
Tavicí soli	Hydrogenfosforečnan sodný	9	-	-
	Dihydrogenfosforečnan sodný	9	18	18
	Dihydrogendifosforečnan sodný	-	-	6
Deonizovaná voda		820	775	775
Celkem		1000	1000	1000

Podle receptury 1 bylo následně vyrobeno celkem 14 šarží vzorků (A1–F2) (Tabulka 4), přičemž byl upravován poměr kazeinátu sodného a vody s cílem získat optimální konzistenci



roztíratelného výrobku. Každá taková kombinace byla vyrobena s máslem i slunečnicovým olejem. Přehled vyrobených šarží vzorků, množství použitého kazeinátu sodného, vody a druh použitého tuku je uveden v Tabulce 4. Modelové vzorky s poměrem kazeinátu sodného a vody 1,0:5,3 byly vyrobeny ve dvou opakováních s použitím másla (D1, D3) i slunečnicového oleje (D2, D4).

Tabulka 4: Přehled modelových vzorků (A1–F2) vyrobených dle receptury 1 za použití kazeinátu sodného a deionizované vody v různém poměru (K:H<sub>2</sub>O) a másla (M) nebo slunečnicového oleje (O).

Vzorek	Kazeinát [g]	Voda [g]	K:H <sub>2</sub> O	Tuk
A1	100	820	1,0:8,2	M
A2	100	820	1,0:8,2	O
B1	115	805	1,0:7,0	M
B2	115	805	1,0:7,0	O
C1	130	790	1,0:6,1	M
C2	130	790	1,0:6,1	O
D1	145	775	1,0:5,3	M
D2	145	775	1,0:5,3	O
D3	145	775	1,0:5,3	M
D4	145	775	1,0:5,3	O
E1	155	765	1,0:4,9	M
E2	155	765	1,0:4,9	O
F1	165	755	1,0:4,6	M
F2	165	755	1,0:4,6	O

Na základě vizuálního zhodnocení (senzorické analýzy) a stanovení pH u sady vzorků A1–F2 byla optimalizována surovinová skladba modelových vzorků a byla sestavena receptura 2, jejíž složení je uvedeno v Tabulce 3. Množství kazeinátu sodného bylo zvýšeno o 45 g na úkor vody, dále bylo také upraveno zastoupení tavicích solí vzhledem k nevyhovujícímu pH předchozích řad vzorků (A1–F2). Namísto DSP bylo přidáno dvojnásobné množství SDP, zastoupení tavicích solí bylo tedy POLY:TSPP:SDP v poměru 1:1:3.

Dle receptury 2 byly následně vyrobeny dvě šarže vzorků (G1 a G2), jejichž složení je uvedeno v Tabulce 5. Poměr kazeinátu sodného a vody zůstal zachován.

Tabulka 5: Přehled modelových vzorků (G1, G2) vyrobených dle receptury 2 za použití kazeinátu sodného a deionizované vody v různém poměru (K:H<sub>2</sub>O) a másla (M) nebo slunečnicového oleje (O).

Vzorek	Kazeinát [g]	Voda [g]	K:H <sub>2</sub> O	Tuk
G1	145	775	1,0:5,3	M
G2	145	775	1,0:5,3	O

V tomto případě byla konzistence vzorků přijatelná, avšak hodnota pH vzorků řady G1 a G2 byla stále nevyhovující. Bylo tedy opět upraveno zastoupení tavicích solí – namísto TSPP byl ve stejném množství přidán dihydrogendifosforečnan sodný (DSPP), výsledné zastoupení tavicích solí bylo tedy POLY:SDP:DSPP v poměru 1:3:1. Surovinová skladba receptury 3 je uvedena v Tabulce 3.

Na základě receptury 3 byly vyrobeny 4 šarže tavených produktů (H1–I2). Vzhledem k přijatelnosti konzistence u vzorků E1 a E2 (které však měly nevhodné pH; receptura 1) byly dle receptury 3 vyrobeny i modelové vzorky se zvýšeným obsahem kazeinátu sodného o 10g (I1 a I2). Složení modelových vzorků H1–I2 je uvedeno v Tabulce 6.

Tabulka 6: Přehled modelových vzorků (H1–I2) vyrobených dle receptury 3 za použití kazeinátu sodného a deionizované vody v různém poměru (K:H<sub>2</sub>O) a másla (M) nebo slunečnicového oleje (O).

Vzorek	Kazeinát [g]	Voda [g]	K:H <sub>2</sub> O	Tuk
H1	145	775	1,0:5,3	M
H2	145	775	1,0:5,3	O
I1	155	765	1,0:4,9	M
I2	155	765	1,0:4,9	O

Jelikož pH a konzistence vzorků řady I1 a I2 byla shledána jako vyhovující, byla stejná surovinová skladba použita pro testování vlivu přídatných látek – hydrokoloidů. K testování byl vybrán  $\kappa$ -karagenan a lokustová guma. Hydrokoloidy byly aplikovány vždy v koncentraci 0,1 % hmotnostních, což odpovídá přídatku 1 g do surovinové skladby – tato receptura byla označena jako receptura 4.

Byly tedy vyrobeny 4 šarže tavených produktů vždy s použitím másla nebo slunečnicového oleje a danou přídatnou látkou (KAR-1–LG-2). Součástí této série byly i kontrolní vzorky

(X1 s X2) vyrobené bez použití hydrokoloidů. Výčet jednotlivých šarží vzorků vyrobených za přídavku másla nebo oleje a vybraných hydrokoloidů je uveden v Tabulce 7.

Tabulka 7: Přehled modelových vzorků (X1 a X2, KAR-1–LG-2) vyrobených dle receptury 4 za použití másla (M) nebo slunečnicového oleje (O) a přídavku 0,1 % (hmot.)  $\kappa$ -karagenanu (K) nebo lokustové gumy (L).

Vzorek	Kazeinát [g]	Voda [g]	Tuk	Potravinářská přídavná látka
X1	155	765	M	-
X2	155	765	O	-
KAR-1	155	765	M	K
KAR-2	155	765	O	K
LG-1	155	765	M	L
LG-2	155	765	O	L

### 4.3 Metody stanovení

U modelových vzorků A1–G2 byla provedena základní chemická analýza (stanovení pH a obsahu sušiny) vždy po 7 dnech od výroby. Další analýzy nebyly vzhledem k nevyhovující konzistenci a/nebo hodnotě pH prováděny.

U modelových vzorků H1–I2 bylo pH stanoveno po vychladnutí modelových vzorků v den výroby. Následně byly tyto vzorky (H1–I2) stejně jako vzorky KAR-1–LG-2 (včetně kontrol X1 a X2) skladovány po dobu 60 dnů, přičemž 15., 30., a 60. den od výroby byla prováděna základní chemická analýza a byly měřeny texturní vlastnosti daných modelových vzorků.

#### 4.3.1 Základní chemická analýza

Základní chemická analýza, které byly podrobeny všechny vyrobené vzorky, se sestávala se stanovení pH a obsahu sušiny.

Stanovení pH bylo prováděno pomocí vpichového pH metru pH Spear (Eutech instruments, Oakton, Malaysia) při laboratorní teplotě (24 °C) a to 6 náhodnými vpichy do různých míst reprezentativního vzorku z každé šarže. Měření bylo provedeno u všech šarží vzorků ve dvou opakováních, vyhodnocovány byly vždy průměrné hodnoty.

Obsah sušiny byl stanovován vysoušením homogenizovaného vzorku do konstantního úbytku hmotnosti v elektrické sušárně a následným výpočtem na základě rozdílů hmotností

dle normy ČSN EN ISO 5534 (Česko, 2005). Obsah sušiny byl u každé šarže vzorků stanoven třikrát, níže uváděné výsledky jsou vždy průměrové hodnoty daných měření.

#### 4.3.2 Analýza texturního profilu

Pro měření analýzy texturního profilu vzorků byl použit přístroj TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd, Velká Británie). Před samotným měřením byl přístroj kalibrován a v případě potřeby byl upraven povrch vzorku tak, aby byl rovný. Analýza texturních vlastností byla provedena penetrací do hloubky 10 mm. Pro stanovení texturního profilu byla použita válcová sonda o průměru 20 mm a rychlost penetrace činila  $1 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ . Výsledkem měření je zátěžová (penetrační) křivka závislosti síly na čase, na jejímž základě byly vyhodnocovány tyto parametry:

- Tvrdost – maximální hodnota píku síly během prvního penetračního cyklu (hodnota  $F_{\max}$ );
- Soudržnost neboli kohezivnost – vypočtená jako poměr plochy druhého a prvního píku zátěžové křivky – podíl ploch  $A2/A1$ ;
- Relativní lepivost – vypočtená jako podíl záporné hodnoty plochy  $A3$  a plochy prvního píku zátěžové křivky – podíl ploch  $(-A3)/A1$ .

Stanovení bylo u každé šarže vzorků provedeno dvakrát, ve výsledkové části je vždy uvedena průměrná hodnota. Výsledky měření byly zpracovány v programu Exponent Lite (Stable Micro Systems Ltd).

#### 4.3.3 Senzorická analýza

Senzorická analýza zahrnovala vizuální stanovení konzistence vyrobených modelových vzorků ( $A1$ – $F2$ ) během optimalizace konzistence (poměru kazeinátu sodného a vody) vyráběných roztíratelných tavených produktů. K hodnocení konzistence bylo použito následně uvedené hodnotitelské schéma:

- 1 Zcela tekutá, rozbředlá
  - 2 Tekutá
  - 3 Tekutější
  - 4 Optimální, roztíratelná
  - 5 Mírně tužší, stále roztíratelná
  - 6 Tuhá s lomem
  - 7 Velmi tuhá, drobivá
-

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledkovou část této práce lze rozdělit na dvě sekce. V první části byla optimalizována konzistence a pH tavených produktů na bázi kazeinu sodného s využitím másla nebo slunečnicového oleje. V druhé části práce byly sledovány vlastnosti vybraných produktů (s vhodnou konzistencí a hodnotou pH) během skladování a také vliv vybraných hydrokoloidů ( $\kappa$ -karagenanu a lokustové gummy).

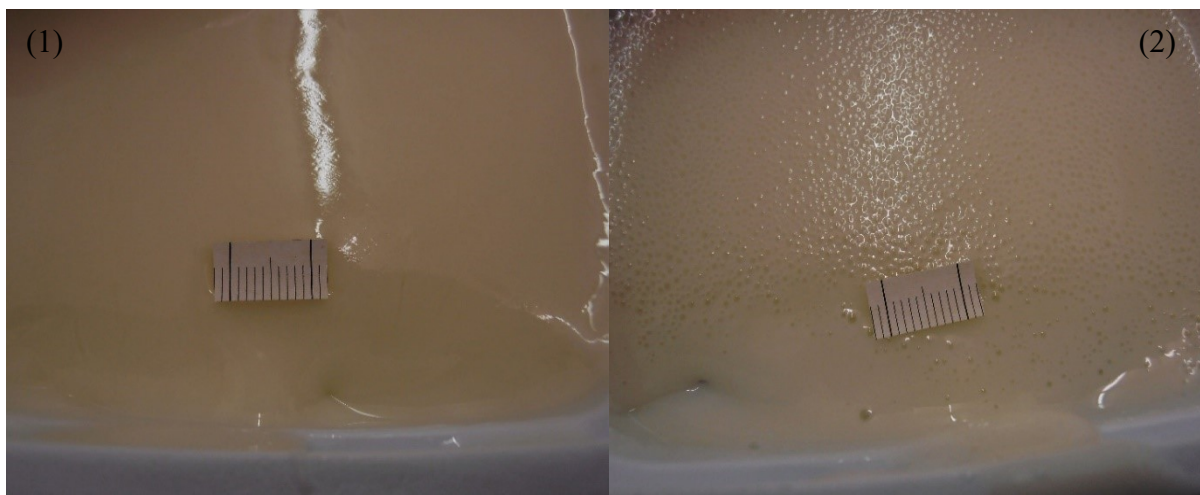
Rozdíly ve stanovených parametrech ve srovnání s jinými dostupnými odbornými publikacemi mohou být způsobeny použitím odlišných druhů rostlinných tuků a také zdrojů proteinů, tzn. rozdílné matrice. Kombinaci kazeinátu sodného a slunečnicového oleje použili při výrobě modelových tavených produktů Lee and Klostermeyer (2001), jejichž práce se však zabývala změnou vlastností těchto produktů v závislosti na pH. Slunečnicový olej při výrobě analogů roztíratelných sýrů využívali například Shabani *et al.* (2016), kteří zkoumali vliv zpracovatelských parametrů a obsahu slunečnicového oleje na vlastnosti analogů.

### 5.1 Optimalizace pH a konzistence tavených produktů

U modelových vzorků z řad A1–G2 (receptura 1 a 2) byla po 7 dnech od výroby vizuálně hodnocena konzistence modelových vzorků a provedena základní chemická analýza, která zahrnovala stanovení pH a obsahu sušiny. Vzhledem k nevhodnému pH pro roztíratelné tavené produkty nebyly u těchto vzorků prováděny další analýzy.

Modelové vzorky A1–F2 byly vyráběny s různým zastoupením kazeinátu sodného a vody, vždy s použitím másla nebo slunečnicového oleje, za účelem získání optimální konzistence výrobku. K hodnocení konzistence byla použita stupnice 1–7, která je uvedena v kapitole 4.3.3 Senzorická analýza. Zařazení modelových vzorků (A1–F2) dle jejich konzistence je shrnuto v Tabulce 8.

Konzistence modelových vzorků A1 a A2, které byly vyrobené dle receptury 1 za použití 100 g kazeinátu sodného a 790 g vody a 50 g másla (A1) nebo oleje (A2), byla zcela tekutá, lepkavá, těmito vzorky nebylo možné provést řez (viz Obrázek 2). Vzorky B1–C2, které byly vyrobeny za použití 115 g respektive 130 g kazeinátu sodného a 805 g respektive 790 g vody a 50 g másla (B1, C1) nebo oleje (B2, C2), byly oproti optimální konzistenci tekutější, lepkavé (viz Obrázek 3, 4). Konzistence těchto produktů (A1–C2) byla určena jako nevhodná pro roztíratelný tavený výrobek.



Obrázek 2: Vzorky A1, A2 vyrobené dle receptury 1 za použití 100 g kazeinátu sodného, 820 g vody (1,0:8,2) a 50 g másla (1) nebo oleje (2).



Obrázek 3: Vzorky B1, B2 vyrobené dle receptury 1 za použití 115 g kazeinátu sodného, 805 g vody (1,0:7,0) a 50 g másla (1) nebo oleje (2).



Obrázek 4: Vzorky C1, C2 vyrobené dle receptury 1 za použití 130 g kazeinátu sodného, 790 g vody (1,0:6,1) a 50 g másla (1) nebo oleje (2).

Standartní (optimální) konzistenci pro roztíratelné výrobky měly modelové vzorky řady D1–D4, tedy vzorky, které byly vyrobeny dle receptury 1 za použití 145 g kazeinátu sodného, 775 g vody a 50 g másla (D1, D3) nebo oleje (D2, D4). Struktura výrobků byla pevná a soudržná, vhodná pro roztíratelný tavený výrobek (viz Obrázek 5, 6).



Obrázek 5: Vzorky D1, D2 vyrobené dle receptury 1 za použití 145 g kazeinátu sodného, 775 g vody (1,0:5,3) a 50 g másla (1) nebo oleje (2).





Obrázek 6: Vzorky D3, D4 vyrobené dle receptury 1 za použití 145 g kazeinátu sodného, 775 g vody (1,0:5,3) a 50 g másla (1) nebo oleje (2).

Konzistence vzorků E1 a E2, jejichž surovinová skladba zahrnovala 155 g kazeinátu sodného a 765 g vody a 50 g másla (E1) nebo slunečnicového oleje (E2), byla označena jako mírně tužší, avšak stále roztíratelná (viz Obrázek 7). Tato konzistence byla, stejně jako u vzorků D1–D4, označena za vhodnou pro roztíratelné tavené výrobky. Při dalším zvýšení množství kazeinátu na 165 g na úkor vody (vzorky F1–másla, F2–slunečnicový olej) byly získány produkty s velmi tuhou, až drobivou konzistencí (viz Obrázek 8). Příliš tuhá konzistence nebyla shledána jako vyhovující pro roztíratelné tavené výrobky.



Obrázek 7: Vzorky E1, E2 vyrobené dle receptury 1 za použití 155 g kazeinátu sodného, 765 g vody (1,0:4,9) a 50 g másla (1) nebo oleje (2).





Obrázek 8: Vzorky F1, F2 vyrobené dle receptury 1 za použití 165 g kazeinátu sodného, 755 g vody (1,0:4,6) a 50 g másla (1) nebo oleje (2).

Optimální poměr kazeinátu sodného a vody byl tedy stanoven na 1,0:5,3, respektive 1,0:4,9. Z vizuálního hodnocení konzistence jednotlivých tavených produktů, které je uvedeno výše, vyplývá, že nebyla zaznamenána významná odlišnost konzistence modelových vzorků v závislosti na použitém tuku – másla nebo slunečnicového oleje – v jinak identické surovinové skladbě. Všechny takto vyrobené vzorky byly během hodnocení konzistence zařazeny do stejných kategorií. Přehled zařazení modelových vzorků A1–F2 do kategorií dle jejich konzistence je uveden dále v Tabulce 8.

V první experimentální části byla také zjišťována vhodná kombinace fosforečnanových tavicích solí, která zajistí optimální pH výše uvedených tavených produktů, vzhledem k tomu, že jednotlivé tavicí soli se vyznačují různými hodnotami pH (Guinee, 2017). U modelových vzorků vyrobených dle receptury 1, tedy vzorků řad A1–F2, kde bylo zastoupení tavicích solí POLY:TSPP:DSP:SDP (2:2:3:3), se hodnota pH pohybovala v rozmezí 6,67–6,83 (Tabulka 8). Úpravou zastoupení tavicích solí (POLY:TSPP:SDP v poměru 1:1:3; Tabulka 3) v receptuře 2 došlo u vzorků F1 a F2 k poklesu pH na průměrnou hodnotu 6,32 (Tabulka 8). Optimální pH roztíratelných tavených sýrů a jejich analogů se dle odborné literatury pohybuje v intervalu 5,6–6,0 (někteří autoři jej uvádí s drobnými odchylkami). Hodnoty pH ovlivňují strukturu tavených sýrů a jejich analogů, při zvyšujícím se pH dochází ke zvýšené hydrataci kazeinu v důsledku snížených elektrostatických interakcí, dále je zvyšován negativní náboj kazeinů, čímž dochází k jejich odpuzování. Naopak, poklesne-li pH výrobku k izoelektrickému bodu kazeinu, interakce mezi proteiny jsou výrazně zesíleny. Výrobky

s nižším pH se proto vyznačují přílišnou tvrdostí a drobitostí, naopak při relativně vyšším pH je konzistence velmi měkká a elastická (Marchesseau *et al.*, 1997, Lee and Klostermeyer, 2001, Buňka *et al.*, 2009). Stampanoni and Noble (1991) a Lee and Klostermeyer (2001) dále uvádí, že se snižujícím pH se zvyšuje tvrdost analogů sýrů. Porovnání vlastností tavených produktů na základě rozdílného pH však nebylo cílem této práce.

Vhodných hodnot pH tavených produktů bylo dosaženo u vzorků H1–I2, které byly vyrobeny dle receptury 3 s další změnou tavicích solí (POLY:SDP:DSPP v poměru 1:3:1; Tabulka 3), stejně jako u vzorků vyrobených pro testování vlivu hydrokoloidů (X1 a X2, KAR-1–LG-2; stejná směs tavicích solí). Zde byly hodnoty pH stanovovány během skladování každý 15., 30. a 60. den po výrobě a pohybovaly se v rozmezí 5,73–5,91 (Tabulka 9, 11), což odpovídá výše uvedenému intervalu udávaného v odborné literatuře.

U vzorků A1–G2 nebyly pozorovány významné rozdíly pH mezi jednotlivými řadami vzorků vyrobených s použitím másla nebo slunečnicového oleje (za jinak stejných podmínek) (Tabulka 8). Stejný trend byl pozorován i dále u vzorků vyrobených dle receptur 3 a 4 (Tabulka 10, 12). Tento poznatek je v souladu s Hanáková *et al.* (2013), kdy bylo při výrobě analogů tavených sýrů použito máslo nebo kokosový či palmový olej, Cunha *et al.* (2010), kteří používali jako částečnou (25%, 50%) náhradu mléčného tuku hydrogenovaný rostlinný tuk, i Cunha *et al.* (2013), kteří k výrobě analogů využívali máselný olej, částečně hydrogenovaný sójový tuk a sójový olej.

Obsah sušiny se u vzorků řad A1–G2 zvyšoval se vzrůstajícím množstvím kazeinátu sodného a se snižujícím se obsahem vody v surovinové skladbě výrobků. Vliv na obsah sušiny měl také typ použitého tuku. V případě použití slunečnicového oleje byl obsah sušiny až o jednotku vyšší ve srovnání se vzorky o stejném složení vyrobených za použití stejného množství másla (Tabulka 8), což je způsobeno rozdílným složením použitých tuků, kdy máslo obsahuje přibližně 80 % hmotnostních tuku (82 % hmotnostních sušiny) (Hanáková *et al.*, 2013), přičemž v případě slunečnicového oleje se jedná o 100% tuk. Stejný trend byl pozorován i dále u vzorků vyrobených dle receptur 3 a 4 (Tabulka 11, 12).

Tabulka 8: Stanovení pH a obsahu sušiny [%] modelových vzorků A1–G2 vyrobených dle receptury 1 a 2 za použití kazeinátu sodného a deionizované vody v různém poměru, másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) 7. den po výrobě.

Vzorek	pH	Obsah sušiny [%]	Konzistence
A1	6,79 ± 0,01	21,09 ± 0,39	1
A2	6,82 ± 0,04	20,60 ± 0,11	1
B1	6,76 ± 0,05	21,08 ± 0,01	3
B2	6,81 ± 0,02	21,96 ± 0,09	3
C1	6,77 ± 0,12	22,63 ± 0,18	3
C2	6,80 ± 0,03	23,26 ± 0,24	3
D1	6,75 ± 0,05	24,27 ± 0,21	4
D2	6,67 ± 0,06	25,34 ± 0,13	4
D3	6,79 ± 0,02	24,34 ± 0,14	4
D4	6,77 ± 0,01	25,13 ± 0,25	4
E1	6,83 ± 0,01	25,77 ± 0,13	5
E2	6,80 ± 0,01	26,41 ± 0,19	5
F1	6,79 ± 0,01	26,01 ± 0,13	7
F2	6,79 ± 0,01	27,33 ± 0,15	7
G1	6,35 ± 0,02	23,35 ± 0,13	4
G2	6,29 ± 0,01	23,90 ± 0,24	4

1–Zcela tekutá, rozbředlá; 2–Tekutá; 3–Tekutější; 4–Optimální, roztíratelná; 5–Mírně tužší, stále roztíratelná; 6–Tuhá s lomem; 7–Velmi tuhá, drobná

## 5.2 Vlastnosti tavených produktů během skladování

Modelové vzorky řady H1–I2, jež byly vyrobeny dle receptury 3, které měly optimální konzistenci pro roztíratelný tavený výrobek a také vhodné pH, které bylo stanoveno v den výroby po vychladnutí modelových vzorků (1. den), byly skladovány po dobu 60 dnů, přičemž každý 15., 30. a 60. den byla provedena základní chemická analýza (stanovení pH a obsahu sušiny) a měřeny vybrané texturní vlastnosti (tvrdost, soudržnost, relativní lepivost) vzorků.

Hodnoty pH vzorků řady H1–H2 během skladování mírně kolísaly, nebyl však pozorován jednotný vzrůstající či klesající trend. Hodnoty naměřené v průběhu skladování jsou uvedeny v Tabulce 9. Obsah sušiny vzorků řady H1–H2 byl v průběhu skladování konstantní, mírně snížení bylo pozorováno 60. den skladování u vzorků H2, I1 a I2 (Tabulka 10).

Tabulka 9: pH modelových vzorků H1–I1 vyrobených dle receptury 3 za použití kazeinátu sodného a deionizované vody v poměru 1,0:5,3 (H), respektive 1,0:4,9 (I) a másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovené 0., 15., 30. a 60. skladování.

Měření	H1	H2	I1	I2
1. den	5,84 ± 0,01	5,85 ± 0,02	5,85 ± 0,01	5,87 ± 0,01
15. den	5,83 ± 0,01	5,79 ± 0,01	5,77 ± 0,02	5,79 ± 0,01
30. den	5,91 ± 0,01	5,85 ± 0,01	5,73 ± 0,04	5,74 ± 0,01
60. den	5,85 ± 0,02	5,83 ± 0,01	5,81 ± 0,03	5,81 ± 0,01

Tabulka 10: Obsah sušiny [%] modelových vzorků H1–I2 vyrobených dle receptury 3 za použití kazeinátu sodného a deionizované vody v poměru 1,0:5,3 (H), respektive 1,0:4,9 (I) a másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovený 15., 30. a 60. skladování.

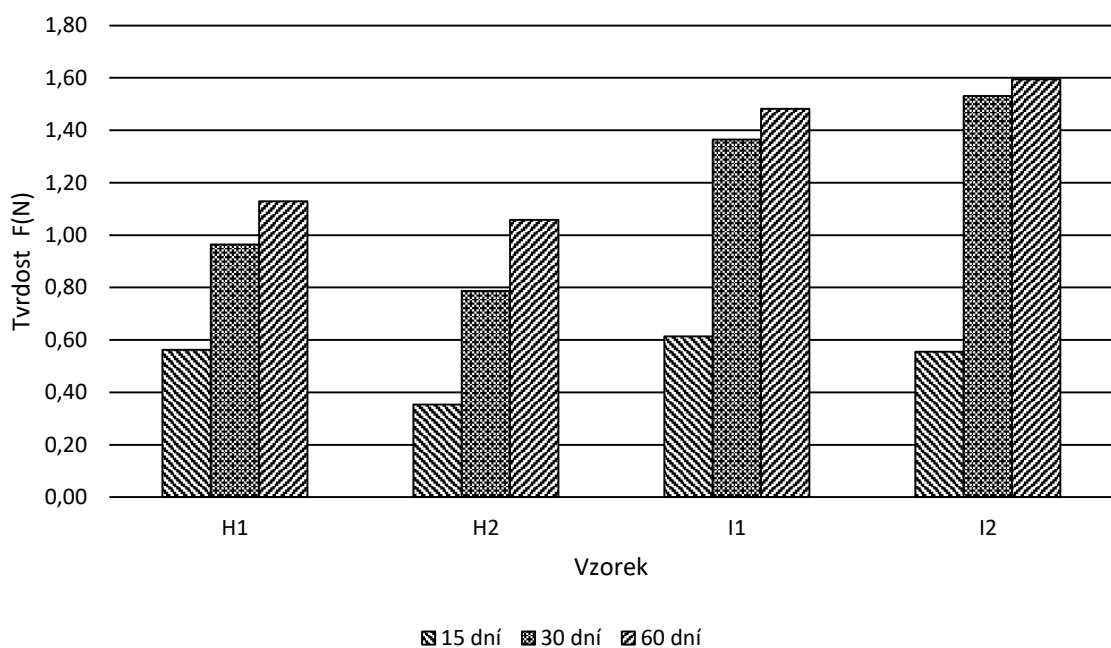
Měření	H1	H2	I1	I2
15. den	22,80 ± 0,12	23,48 ± 0,03	23,87 ± 0,11	24,83 ± 0,29
30. den	22,78 ± 0,25	23,25 ± 0,03	23,77 ± 0,15	24,74 ± 0,08
60. den	21,88 ± 0,21	23,08 ± 0,15	23,25 ± 0,15	24,33 ± 0,21

Tvrдость vzorků H1–I2 měla s prodlužující se délkou skladování vzrůstající tendenci (Obrázek 9), což je připisováno zejména hydrolýze polyfosforečnanových tavicích solí společně s dotvářením kazeinové matrice (Awad *et al.*, 2002, Schär and Bosset, 2002). Významný růst tvrdosti vzorků byl zaznamenán zejména během prvního měsíce skladování (mezi 15. a 30. dnem měření). Tvrдость vzorků řady I byla vyšší než u vzorků H, což může být přikládáno vyššímu obsahu bílkovin (kazeinátu sodného) v surovinové skladbě výrobků, které působí jako emulgátory. Vyšší stupeň emulgace tuků zajišťuje tvorbu relativně menších tukových kuliček, které tak méně narušují proteinovou matici taveného produktu (Kapoor and Metzger, 2008, Noronha *et al.*, 2008). Vyšší tvrдость analogů tavených sýrů se zvyšujícím se obsahem proteinů zaznamenali ve své práci Sołowiej *et al.* (2014, 2015), kteří k výrobě použili sladký a kyselý kazein v kombinaci s WPC nebo WPI a bezvodý máselný tuk.

Tvrдость vzorků řady H1 (vyrobených za použití másla) byla ve srovnání se vzorky H2 (vyrobených za použití slunečnicového oleje) vyšší, avšak u vzorků I1 byla tvrдость 30. a 60. den nižší ve srovnání se vzorky I2. Lobato-Calleros *et al.* (1998) uvádí, že tvrдость analogů tavených sýrů roste se zvyšujícím se podílem nasycených mastných kyselin v použitém tuku, což potvrzuje i Hanáková *et al.* (2013). Vzhledem k tomu, že u másla je poměr nasycených, mononenasycených a polynenasycených 63:34:3 (Hanáková, 2013) a ve slunečnicovém oleji

přibližně 12:33:55 (Grompone, 2005), lze u vzorků vyrobených za použití slunečnicového oleje očekávat nižší tvrdost. Podle Hennelly *et al.* (2005) a Černíková *et al.* (2017) má však na tvrdost (analogů) tavených sýrů vliv obsah sušiny (respektive vlhkosti; se zvyšujícím se obsahem sušiny vzrůstá tvrdost tavených produktů, respektive se vzrůstající vlhkostí tvrdost klesá), který je vyšší u vzorků vyrobených za použití slunečnicového oleje.

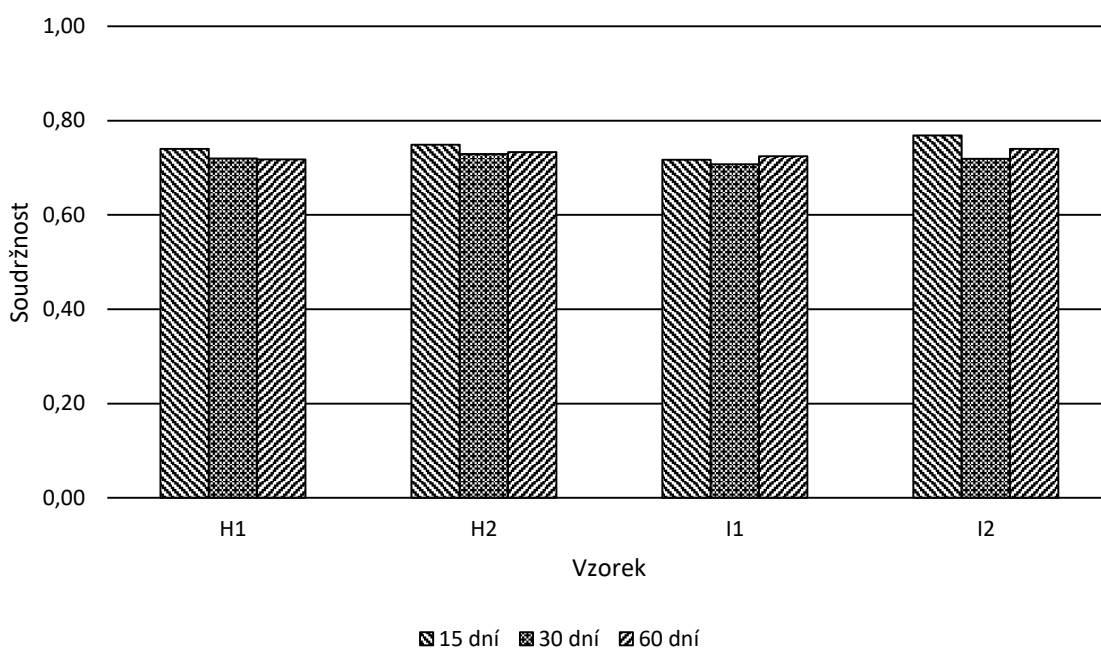
Na výsledné tvrdosti výše zmíněných modelových vzorků se tedy vzhledem k zachování konstantního přídatku tuku (másla nebo slunečnicového oleje) do surovinové skladby tavených produktů podílejí dva protichůdně působící vlivy. Je možné předpokládat, že při srovnatelných hodnotách sušiny by mohly být hodnoty tvrdosti u všech produktů vyrobených s použitím slunečnicového oleje (H2 i I2) nižší.



Obrázek 9: Tvrdost [N] modelových vzorků H1–I2 vyrobených dle receptury 3 za použití kazeinátu sodného a deionizované vody v poměru 1,0:5,3 (H), respektive 1,0:4,9 (I) a másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovená 15., 30. a 60. skladování.

Soudržnost modelových vzorků z řad H1–I2 dosahovala přibližně stejných hodnot během celé doby skladování (Obrázek 10), délka skladování neměla tedy na soudržnost tavených produktů vliv. Soudržnost modelových vzorků dle výsledků měření nebyla ovlivněna množstvím kazeinátu sodného (bílkovin) v surovinové skladbě, což je v souladu s poznatky

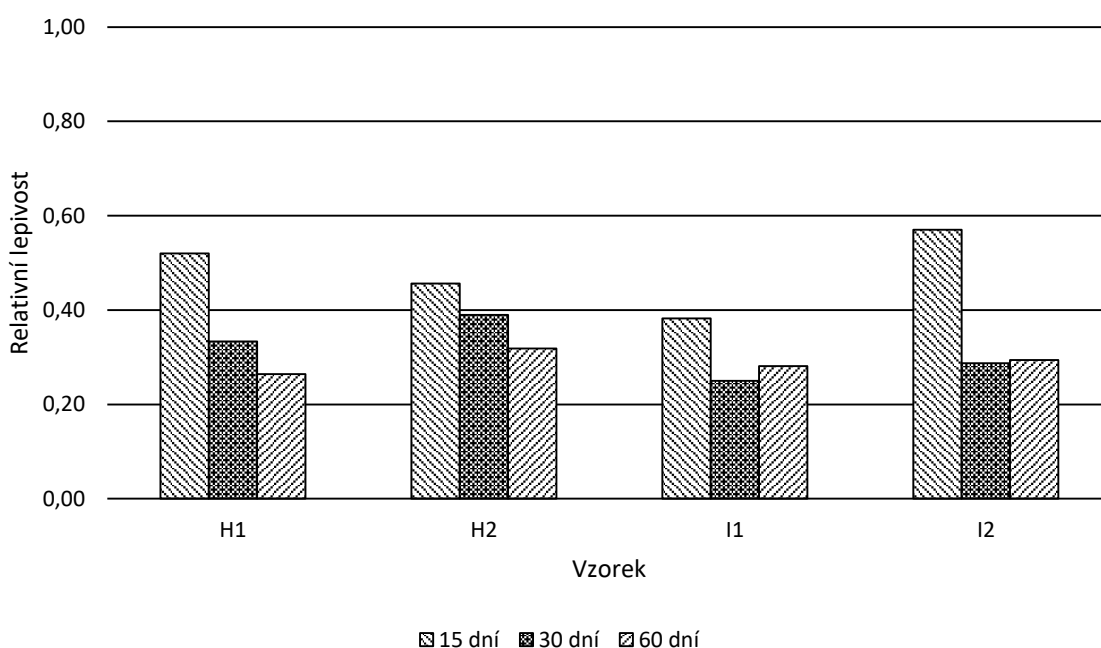
Sołowiej *et al.* (2014) při použití sladkého kazeinu. Vliv na soudržnost nebyl zaznamenán ani s použitím různého druhu tuku (máslo nebo slunečnicový olej). Podle Černíková *et al.* (2017) nemá ani obsah sušiny vliv na soudržnost tavených sýrů, výsledky tedy pravděpodobně nebyly ovlivněny rozdílným obsahem sušiny daných vzorků.



Obrázek 10: Soudržnost modelových vzorků H1–I2 vyrobených dle receptury 3 za použití kazeinátu sodného a deionizované vody v poměru 1,0:5,3 (H), respektive 1,0:4,9 (I) a másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovená 15., 30. a 60. skladování.

V případě relativní lepivosti vzorků H1–I2 byl v průběhu skladování pozorován spíše klesající trend (viz Obrázek 11), což je v souladu s poznatky Ciprysová *et al.* (2011), kteří k výrobě analogů tavených sýrů využili Eidamskou cihlu a kokosový, mléčný, palmový tuk nebo směsný rostlinný polotuhý olej. Nejvyšší hodnoty lepivosti byly u všech vzorků naměřeny 15. den po jejich výrobě. V případě vzorků z řad H1 a H2 relativní lepivost dále klesala až do 60. dne od skladování. U vzorků I1 a I2 byl při měření po 60 dnech od výroby pozorován nepatrný nárůst relativní lepivosti oproti předchozímu měření. Sołowiej *et al.* (2014, 2015) ve své práci zaznamenali nárůst lepivosti vzorků se zvyšujícím se podílem proteinů v surovinové skladbě produktů (za použití sladkého, kyselého kazeinu, WPC nebo WPI), v této práci však nebyl tento jev prokázán. Cunha *et al.* (2010, 2013) zaznamenali nárůst lepivosti u vzorků, kde byl zcela či částečně mléčný tuk nahrazen rostlinným. Vliv

použitého druhu tuku (máslo nebo slunečnicový olej) na zvýšení relativní lepivosti v této práci nebyl jednoznačně prokázán, hodnoty relativní lepivosti vzorků H2 vyrobených s přidavkem slunečnicového oleje byly 15. den měření nižší ve srovnání se vzorky H1; u vzorků I2 byly 30. a 60. den měření byly pozorovány obdobné hodnoty jako u vzorků I1. Podle Černíková *et al.* (2017) dochází k poklesu relativní lepivosti tavených sýrů s narůstajícím obsahem sušiny ve vzorcích, proto je zde možné opět předpokládat jisté ovlivnění výsledků vyšším obsahem sušiny u vzorků vyrobených ze slunečnicového oleje (H2, I2), u kterých by hodnoty relativní lepivosti mohly být při stejných hodnotách sušiny vyšší.



Obrázek 11: Relativní lepivost vzorků H1–I2 vyrobených dle receptury 3 za použití kazeinátu sodného a deonizované vody v poměru 1,0:5,3 (H), respektive 1,0:4,9 (I) a másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovená 15., 30. a 60. skladování.

Pro stanovení vlivu potravinářských přídatných látek – hydrokoloidů ( $\kappa$ -karagenanu a lokustové gummy) byly vyrobeny modelové vzorky dle receptury 4, přičemž obsah hydrokoloidů byl vždy 0,1 % hmotnostních, což odpovídalo přidavku 1 g látky do surovinové skladby produktů. Hydrokoloidy jsou látky s vysokou schopností vázat vodu, v analogiích sýrů se používají pro zlepšení texturních vlastností nebo jako náhrada tuku v nízkotučných výrobcích a umožňují tak snížit jejich energetickou hodnotu (Sołowiej and Nastaj, 2015, Błaszak *et al.*, 2018.).

Hodnoty pH modelových vzorků vyrobených s přidavkem hydrokoloidů (KAR-1–LG-2) během skladování mírně kolísaly, nebyl však, stejně jako u kontrolních vzorků (X1, X2), sledován jednoznačně klesající či vzrůstající trend. Hodnoty pH tavených produktů KAR-1–LG-2 se pohybovaly v podobných intervalech jako u kontrolních vzorků (Tabulka 11), přidavek  $\kappa$ -karagenanu nebo lokustové gumy tedy neměl na hodnotu pH vliv, což je v souladu s poznatky Hanáková *et al.* (2013).

Obsah sušiny u vzorků KAR-1–LG-2 během skladování lze považovat za konstantní (Tabulka 12). Vzorky vyrobené s použitím uvedených přídatných látek měly mírně vyšší obsah sušiny jako vzorky kontrolní, s výjimkou vzorku KAR-1 60. den měření, kde obsah sušiny odpovídal kontrolnímu vzorku.



Tabulka 11: pH modelových vzorků X1, X2 (kontrola) a KAR-1–LG-2 vyrobených dle receptury 4 za přídavku  $\kappa$ -karagenanu (KAR) nebo lokustové gumy (LG) a s použitím másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovené 15., 30. a 60. skladování.

Měření	X1	X2	KAR-1	KAR-2	LG-1	LG-2
15. den	5,80 ± 0,04	5,84 ± 0,01	5,80 ± 0,03	5,80 ± 0,01	5,82 ± 0,01	5,83 ± 0,01
30. den	5,82 ± 0,03	5,78 ± 0,02	5,77 ± 0,01	5,77 ± 0,01	5,74 ± 0,04	5,75 ± 0,01
60. den	5,89 ± 0,03	5,84 ± 0,01	5,81 ± 0,02	5,80 ± 0,01	5,74 ± 0,01	5,77 ± 0,01

Tabulka 12: Obsah sušiny [%] modelových vzorků X1, X2 (kontrola) a KAR-1–LG-2 vyrobených dle receptury 4 za přídavku  $\kappa$ -karagenanu (KAR) nebo lokustové gumy (LG) a s použitím másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovené 15., 30. a 60. skladování.

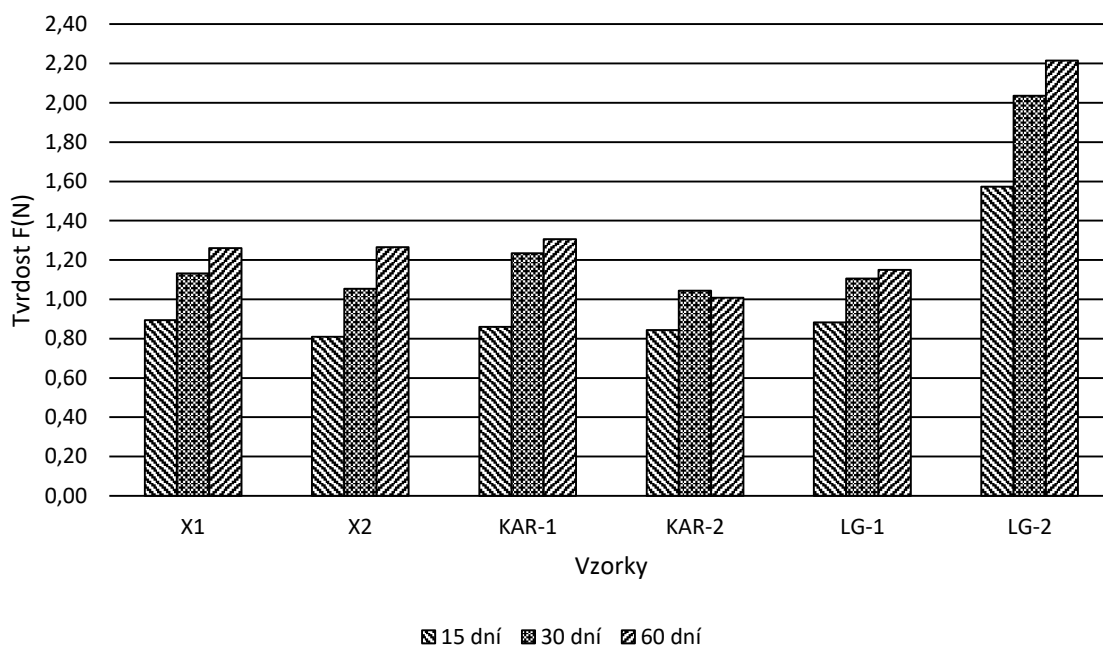
Měření	X1	X2	KAR-1	KAR-2	LG-1	LG-2
15. den	23,20 ± 0,06	24,01 ± 0,25	23,53 ± 0,20	24,35 ± 0,01	23,87 ± 0,14	24,47 ± 0,12
30. den	23,18 ± 0,13	23,99 ± 0,03	23,24 ± 0,13	24,37 ± 0,01	23,51 ± 0,08	24,28 ± 0,26
60. den	23,25 ± 0,09	24,03 ± 0,13	23,21 ± 0,03	24,06 ± 0,16	23,61 ± 0,26	24,55 ± 0,05

Tvrдост modelových vzorků z řad X1, X2, KAR-1–LG-2 měla vzrůstající tendenci, s výjimkou vzorků KAR-2, kde byla tvrdost vzorků 60. den mírně nižší ve srovnání s předchozím měřením. Vzorky vyrobené s použitím  $\kappa$ -karagenanu (KAR-1, KAR-2) vykazovaly vyšší nebo srovnatelnou tvrdost s kontrolními vzorky (X1, X2) s výjimkou vzorku KAR-2, kde byly 60. den naměřeny hodnoty nižší. U modelových vzorků vyrobených za přídavku lokustové gummy byl v případě vzorků vyrobených za použití másla (LG-1) sledován stejný trend, jako u vzorků vyrobených s přídavkem  $\kappa$ -karagenanu. K výraznému nárůstu tvrdosti vzorků došlo u vzorků LG-2, kde byl k výrobě použit slunečnicový olej a lokustová guma (Obrázek 12).

Gustaw and Mleko (2007) a Hanáková *et al.* (2013) sledovali u analogů tavených sýrů s přídavkem hydrokoloidů signifikantní nárůst jejich tvrdosti, nejvyšší tvrdost byla zaznamenána při přídavku  $\kappa$ -karagenanu. Při relativně nižší koncentraci hydrokoloidů v surovinové skladbě (0,7 % hm.) byla nejvyšší tvrdost pozorována u vzorků s přídavkem lokustové gummy; při použití  $\kappa$ -karagenanu se tvrdost vzorků zvyšovala s jeho narůstající koncentrací (do 0,21 % hm.) (Gustaw and Mleko, 2007). V této práci se použitá koncentrace  $\kappa$ -karagenanu (0,1 % hm.) jeví jako nedostačující pro zvýšení tvrdosti uváděného modelového systému. Podobný jev pozorovali Černíková *et al.* (2008) u tavených sýrů s obsahem  $\kappa$ -karagenanu 0,05 % hmotnostních, což vysvětlují tím, že pravděpodobně existuje minimální koncentrace pro účinnou tvorbu karagenanové sítě. U vzorků KAR-1 (vyrobených s máslem) však byla tvrdost vyšší než u vzorků KAR-2, což je možné přikládat zapojení reziduí obalů tukových kuliček (obal tukových kuliček je tvořen fosfolipidy, bílkoviny, lipoproteiny aj.) do emulgace tuku (Bylund, 2015).

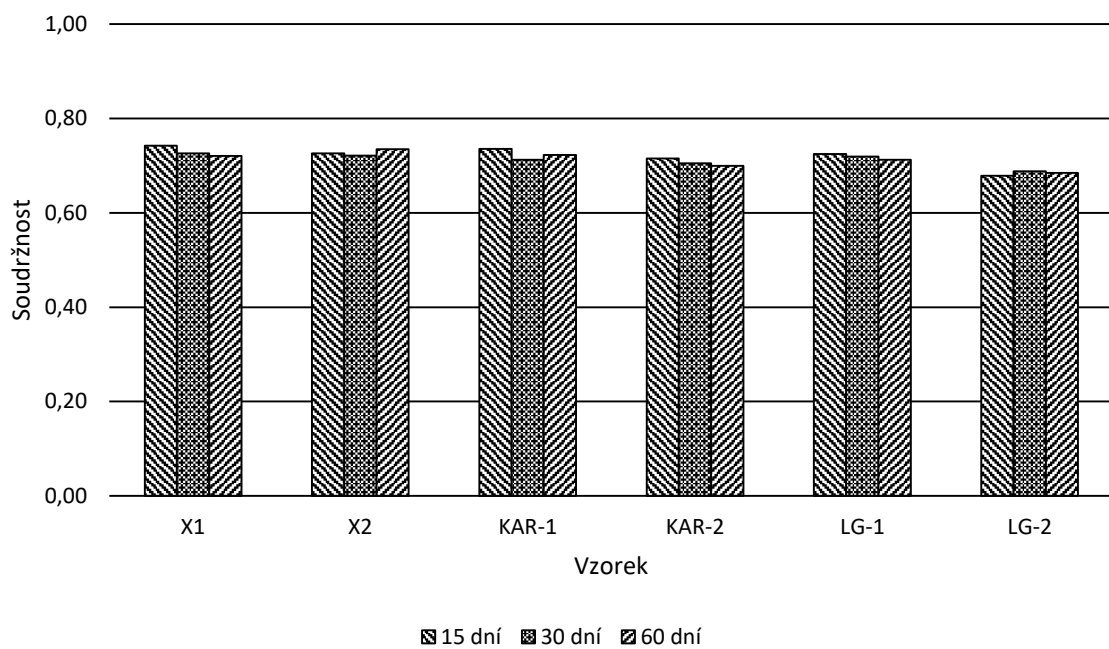
Výrazný nárůst tvrdosti byl zaznamenán s použitím lokustové gummy a slunečnicového oleje. Lokustová guma nemá na rozdíl od  $\kappa$ -karagenanu schopnost tvořit gel, vytváří však vysoce viskózní roztoky (Wielinga, 2009). I když jsou polysacharidy považovány spíše za stabilizátory emulzí, některé z nich vykazují povrchovou aktivitu, která může být spojována například s proteinovou „částí“ některých polysacharidů (Černíková *et al.*, 2010). S účinnější emulgací tuků lze přepokládat tvorbu relativně menších tukových kuliček v tavených produktech, což je spojováno se zvýšením jejich tvrdosti (Kapoor and Metzger, 2008, Noronha *et al.*, 2008).

Jak již bylo řečeno výše, výsledky mohou být ovlivněny také vyšším obsahem sušiny modelových vzorků vyrobených za použití slunečnicového oleje, což může zapříčinit zvýšení jejich tvrdosti (Černíková *et al.*, 2017).



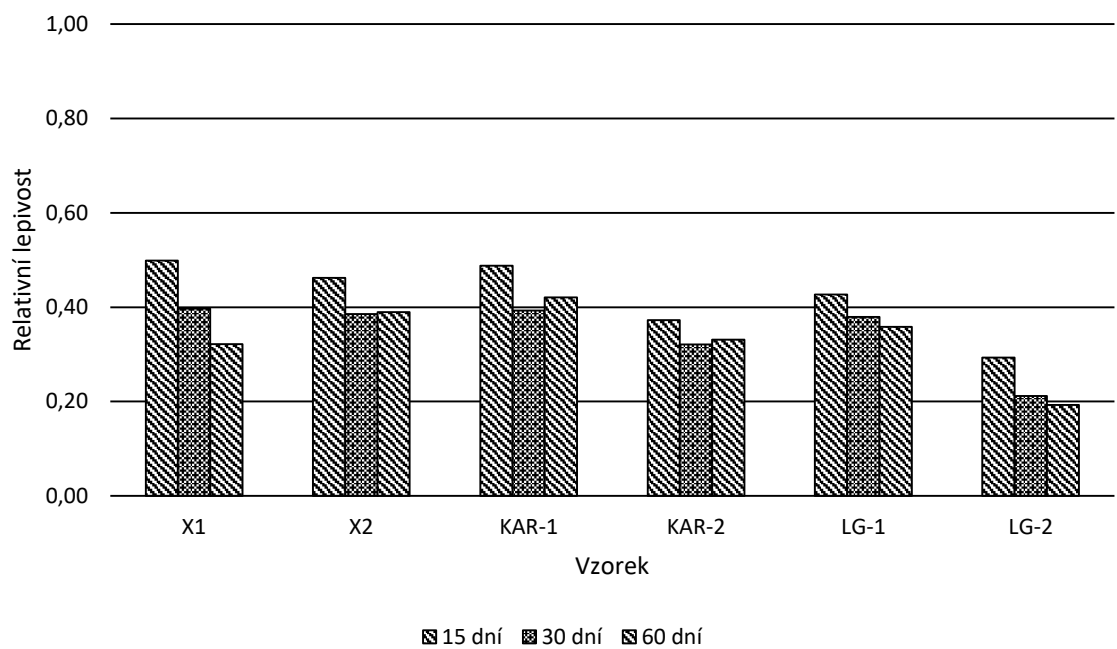
Obrázek 12: Tvrdość vzorků X1, X2 (kontrola) a KAR-1–LG-2 vyrobených dle receptury 4 za přídavku  $\kappa$ -karagenanu (KAR) nebo lokustové gummy (LG) a s použitím másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovené 15., 30. a 60. skladování.

Hodnoty soudržnosti se u vzorků X1, X2 a KAR-1–KAR-2 během skladování výrazně neměnily. Soudržnost modelových vzorků nebyla po přídavku 0,1 %  $\kappa$ -karagenanu nebo lokustové gummy do surovinové skladby výrobků významně ovlivněna, tyto hydrokoloidy tedy soudržnost tavených produktů neměly vliv.



Obrázek 13: Soudržnost vzorků X1, X2 (kontrola) a KAR-1–LG-2 vyrobených dle receptury 4 za přidavku  $\kappa$ -karagenanu (KAR) nebo lokustové gummy (LG) a s použitím másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovená 15., 30. a 60. skladování.

Relativní lepivost vzorků X1 a X2, KAR-1–KAR-2 vykazovala v průběhu skladování spíše klesající tendenci. V případě kontrolních vzorků X2 a vzorků KAR-1 a KAR-2 byly hodnoty relativní lepivosti stanovené 60. den měření mírně vyšší, než hodnoty z 30. dne měření. Ve srovnání s kontrolními vzorky byly zjištěny nižší hodnoty relativní lepivosti u vzorků KAR-2 a LG-2, tedy u vzorků, vyrobených s daným hydrokoloidem v kombinaci se slunečnicovým olejem. U vzorků vyrobených s použitím másla (KAR-1, LG-1) byly hodnoty relativní lepivosti obdobné jako u vzorků kontrolních. Podle Gustaw and Mleko (2007) je s přidavkem hydrokolooidů snížena adhezivnost analogů tavených sýrů, přičemž nejnižší hodnoty lepivosti zaznamenali u vzorků vyrobených s využitím  $\kappa$ -karegenanu v nejvyšší použité koncentraci (0,21 % hm.). Snížení relativní lepivosti vzorků s přidavkem  $\kappa$ -karegenanu pozoroval i Sołowiej (2012), který sledoval změny vlastností analogů tavených sýrů vlivem různého zastoupení zmíněného hydrokolooidu a kyselého kazeinu. Jak již bylo uvedeno, hodnoty relativní lepivosti se snižují se vzrůstajícím obsahem sušiny, který je vyšší u modelových vzorků vyrobených za použití slunečnicového oleje, lze proto i zde předpokládat jisté ovlivnění naměřených výsledků (Černíková *et al.*, 2017).



Obrázek 14: Relativní lepivost vzorků X1, X2 (kontrola) a KAR-1–LG-2 vyrobených dle receptury 4 za přídavku  $\kappa$ -karagenanu (KAR) nebo lokustové gumy (LG) a s použitím másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovená 15., 30. a 60. skladování.

## ZÁVĚR

Tato diplomová práce si kladla za cíl optimalizovat surovinovou skladbu (poměr kazeinátu sodného a vody; zastoupení tavicích solí) tavených produktů na bázi mléčných složek za použití sušeného kazeinátu sodného a másla nebo slunečnicového oleje tak, aby byly získány produkty s konzistencí a pH vhodným pro roztíratelné tavené produkty. Vzorky s vhodnou konzistencí a pH byly skladovány po dobu 60. dnů, kdy byla během skladování prováděna základní chemická analýza a stanovení vybraných texturních vlastností, přičemž byl sledován vliv použitého tuku, doby skladování a dále přídavku hydrokoloidů do surovinové skladby tavených výrobků.

Na základě výsledků získaných v experimentální části této práce je možné vyvodit tyto závěry:

- optimální konzistence roztíratelných tavených produktů byla získána při použití kazeinátu sodného a vody v poměru 1,0:5,3, respektive 1,0:4,9;
  - vhodných hodnot pH pro roztíratelné tavené výrobky bylo dosaženo za použití tavicích solí POLY:SDP:DSPP v poměru 1:3:1;
  - s narůstající délkou skladování docházelo ke zvýšení tvrdosti všech modelových vzorků, přičemž relativní lepivost modelových vzorků měla spíše klesající tendenci a soudržnost nebyla dobou skladování ovlivněna;
  - druh použitého tuku ani přídavek hydrokoloidů neměl vliv na pH modelových vzorků,
  - nebyl prokázán jednoznačný vliv použitého tuku na vybrané texturní vlastnosti vzorků, což by však mohlo být způsobeno rozdílným obsahem sušiny (který byl vyšší u vzorku vyrobených ze slunečnicového oleje) jednotlivých šarží modelových vzorků;
  - přídavek 0,1 % hmotnostních  $\kappa$ -karagenanu jednoznačně nezvýšil tvrdost všech modelových vzorků, jeho koncentrace se proto jeví jako nedostačující pro uvedené tavené produkty,
  - s přídavkem stejného množství lokustové gummy došlo k výraznému navýšení tvrdosti vzorků vyrobených za použití slunečnicového oleje,
  - s přídavkem hydrokoloidů byla snížena relativní lepivost tavených produktů vyrobených za použití slunečnicového oleje.
-

Závěrem lze říci, že by bylo vhodné provést další, rozsáhlejší experimenty s upravenou surovinovou skladbou tavených produktů tak, aby byly získány modelové vzorky s konstantním obsahem sušiny a mohl být tak lépe určen zejména vliv použitého tuku na vybrané vlastnosti tavených produktů. Dále by bylo vhodné testovat vliv různých koncentrací hydrokolidů, aby byla určena vhodná koncentrace těchto látek právě pro modelový systém uváděný v této práci.

---

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- Awad, R. A., Abdel-Hamid, L. B., El-Shabrawy, S. A., Singh, R. K. (2002). Texture and microstructure of block type processed cheese with formulated emulsifying salt mixtures. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 35, 54–61.
- Bachmann, H. S. (2001). Cheese analogues: A review. *International Dairy Journal*, 11, 505–515.
- Barkouti, A., Turchiuli, C., Carcel, J. A., Dumoulin, E. (2013). Milk powder agglomerate growth and properties in fluidized bed agglomeration. *Dairy Science & Technology*, 93, 523–535.
- Belitz, H., Grosch, W., Schieberle, P. (2009). *Food chemistry*. Fourth edition. Berlin: Springer, 1070 s.
- Błaszak, B., Gozdecka, G., Shyichuk, A. (2018). Carrageenan as a functional additive in the production of cheese and cheese-like products. *Acta Scientiarum Polonorum-Technologia Alimentaria*, 17, 107–116.
- Brennan, J. G. (2006). *Food processing handbook*. Weinheim: Wiley-VCH, 528 s.
- Buňka, F., Buňková, L. (2009). Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Potravinářská revue*, 1, 13–16.
- Buňka, F., Buňková, L., Kráčmar, S. (2009). *Základní principy výroby tavených sýrů*. Brno: MZLU, 70 s.
- Buňka, F., Černíková, M., Hladká, K., Buňková, L. (2010). Základní charakteristika tavených sýrů a jejich analogů. *Potravinářská revue*, 6, 29–32.
- Buňka, F., Hrabě, J. (2006). Tavené sýry. *Potravinářská revue*, 3, 13–16.
- Bylund, G. (1995). *Dairy processing handbook*. Lund: Tetra Pak Processing Systems AB, 436 s.
- Bylund, G. (2015). *Dairy processing handbook*. Second edition. Lund: Tetra Pak Processing Systems AB, 486 s.
- Černíková, M., Buňka, F., Pavlínek, V., Březina, P., Hrabě, J., Valášek, P. (2008). Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. *Food Hydrocolloids*, 22, 1054–1061.
-



- Černíková, M., Buňka, F., Pospiech, M., Tremlová, B., Hladká, K., Pavlínek, V., Březina, P. (2010). Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal*, 20, 336–343.
- Černíková, M., Nebesářová, J., Salek, R. N., Řiháčková, L., Buňka, F. (2017). Microstructure and textural and viscoelastic properties of model processed cheese with different dry matter and fat in dry matter content. *Journal of Dairy Science*, 100, 4300–4307.
- Česko (2005). ČSN EN ISO 5534 (571003) Sýry a tavené sýry - Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda), Praha: Český normalizační institut.
- Česko (2016). Vyhláška č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. *Sbírka zákonů České republiky*.
- Ciprysová, Z., Buňka, F., Tremlová, B., Randulová, Z., Janiš, R. (2011). Texturní vlastnosti analogů tavených sýrů v závislosti na druhu použitého tuku s různým zastoupením mastných kyselin. *Mlékařské listy*, 129, I–II.
- Cunha, C. R., Dias, A. I., Viotto, W. H. (2010). Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. *Food Research International*, 43, 723–729.
- Cunha, C. R., Grimaldi, R., Alcantara, M. R., Viotto, W. H. (2013). Effect of the type of fat on rheology, functional properties and sensory acceptance of spreadable cheese analogue. *International Journal of Dairy Technology*, 66, 54–62
- Drake, M. A., Miracle, R. E., Wright, J. M. (2014). Sensory properties of dairy proteins. In: Singh, H. Boland, M., Thompson, A. (Eds.), *Milk proteins: From expression to food*. Second edition. Amsterdam: Academic Press, 473–492.
- Evropa (2008). Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008, o potravinářských přídatných látkách, v platném znění. *Úřední věstník Evropské unie*.
- Evropa (2013). Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1308/2013 ze dne 17. prosince 2013, kterým se stanoví společná organizace trhů se zemědělskými produkty a zrušují nařízení Rady (EHS) č. 922/72, (EHS) č. 234/79, (ES) č. 1037/2001 a (ES) č. 1234/2007, v platném znění. *Úřední věstník Evropské unie*.
- Gabites, J. R., Abrahamson, J., Winchester, J. A. (2008). Design of baghouses for fines collection in milk powder plants. *Powder Technology*, 187, 46–52.
-

- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40, 1107–1121.
- Grompone, M. A. (2005). Sunflower Oil. In: Shahidi, F. (Ed.), *Bailey's industrial oil and fat products: Edible oil and fat products: Specialty oils and oil products*. Sixth edition. Hoboken.: John Wiley, 655–730.
- Guinee, T. P. (2011a). Effects of natural cheese characteristics and processing conditions on rheology and texture: The functionality of cheese components in the manufacture of processed cheese. In: Tamime, A. Y. (Ed.), *Processed cheese and analogues*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 81–109.
- Guinee, T. P. (2011b). Cheese Analogues. In: Fuquay, J. W., Fox, P. F., McSweeney, P. L. H. (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Sciences, Volume 1, Second edition.* San Diego: Academic Press, 814–821.
- Guinee, T. P. (2017). Pasteurized processed and imitation cheese products. In: McSweeney, P. L. H., Fox, P. F., Cotter, P. D., Everett, D. W. (Eds.), *Cheese: Chemistry, physics and microbiology*. Boston: Elsevier, 1133–1184.
- Gustaw, W., Mleko, S. (2007). The effect of polysaccharides and sodium chloride on physical properties of processed cheese analogs containing whey proteins. *Milchwissenschaft*, 62, 59–62.
- Hanáková, Z., Buňka, F., Pavlínek, V., Hudečkhová, L., Janiš, R. (2013). The effect of selected hydrocolloids on the rheological properties of processed cheese analogues made with vegetable fats during the cooling phase. *International Journal of Dairy Technology*, 66, 484–489.
- Havea, P. (2006). Protein interactions in milk protein concentrate powders. *International Dairy Journal*, 16, 415–422.
- Hennelly, P. J., Dunne, P. G., O'Sullivan, M., O'Riordan, D. (2005). Increasing the moisture content of imitation cheese: Effects on texture, rheology and microstructure. *European Food Research and Technology*, 220, 415–420.
- Hogekamp S., Schubert H. (2003). Rehydration of food powders. *Food Science and Technology*, 9, 223–235.
-

Huffman, L. M., Harper, W. J. (1999). Maximizing the value of milk through separation technologies. *Journal of Dairy Science*, 82, 2238–2244.

Chandan, R. S., Kilara, A. (2016). Dairy-based ingredients. In: Chandan, R. C., Kilara, A., Shah, N. P. (Eds.), *Dairy processing and quality assurance*. Second edition. Hoboken: Wiley Blackwell, 197–219.

Chever, S., Méjean, S., Dolivet, A., Mei, F., Den Boer, C. M., Le Barzic, G., Jeantet, R., Schuck, P. (2017). Agglomeration during spray drying: Physical and rehydration properties of whole milk/sugar mixture powders. *LWT - Food Science and Technology*, 83, 33-41.

Jelen, P. (2009). Dried whey, whey proteins, lactose and lactose derivative products. In: Tamime, A. Y. (Ed.), *Dairy powders and concentrated products*. Chichester.: Wiley-Blackwell, 255–267.

Kapoor, R., Metzger, L. E. (2008). Process cheese: Scientific and technological aspects – A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7, 194-214.

Kilara, A. (2011). Processing principles of dairy ingredients. In: Chandan, R. C., Kilara, A. (Eds), *Dairy ingredients for food processing*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 103–122.

Kilara, A. (2016). Whey and whey products. In: Chandan, R. C., Kilara, A., Shah, N. P. (Eds.), *Dairy processing and quality assurance*. Second edition. Hoboken: Wiley Blackwell, 349–366.

Lee, S. K., Klostermeyer, H. (2001). The effect of pH on the rheological properties of reduced-fat model processed cheese spreads. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 34, 288–292.

Lobato-Calleros, C., Vernon-Carter, E. J., Hornelas-Urbe, Y. (1998). Microstructure and texture of cheese analogs containing different types of fat. *Journal of Texture Studies*, 29, 569–586.

Lucey, J. A. (2014). Milk protein gels. In: Singh, H., Boland, M., Thompson, A. (Eds.), *Milk proteins: From expression to food*. Second edition. Amsterdam: Academic Press, 493–523.

Lucey, J. A., Maurer-Rothmann, A., Kaliappan, S. (2011). Functionality of ingredients: Emulsifying salts. In: Tamime, A. Y. (Ed.), *Processed cheese and analogues*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 110–132.

---

- Marchesseau, S., Gastaldi, E., Lagaude, A., Cuq, J. L. (1997). Influence of pH on protein interactions and microstructure of process cheese. *Journal of Dairy Science*, 80, 1483–1489.
- Masotti, F., Cattaneo, S., Stuknytė, M., De Noni, I. (2018). Status and developments in analogue cheese formulations and functionalities. *Trends in Food Science & Technology*, 74, 158–169.
- Mistry, V. V., Maubois, J. L. (2017). Application of membrane separation technology to cheese production. In: McSweeney, P. L. H., Fox, P. F., Cotter, P. D., Everett, D. W. (Eds.), *Cheese: Chemistry, physics and microbiology*. Boston: Elsevier, 677–697.
- Moejes, S. N., van Boxtel, A. J. B. (2017). Energy saving potential of emerging technologies in milk powder production. *Trends in Food Science & Technology*, 60, 31-42.
- Mujumdar, A. S., Huang, L., Dong Chen, X. (2010). An overview of the recent advances in spray-drying. *Dairy Science & Technology*: 90, 211-224.
- Noronha, N., O'Riordan, E. D., O'Sullivan, M. (2008). Influence of processing parameters on the texture and microstructure of imitation cheese. *European Food Research and Technology*, 226, 385-393.
- O'Riordan, E. D., Duggan, E., O'Sullivan, M., Noronha, N. (2011). Production of analogue cheeses. In: Tamime, A. Y. (Ed.), *Processed cheese and analogues*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 219–244.
- O'Regan, J., Ennis, M. P., Mulvihill, D. M. (2009). Milk proteins. In: Phillips, G. O., Williams, P. A. (Eds.), *Handbook of hydrocolloids*. Second edition. Cambridge, UK: Woodhead Publishing, 298–358.
- O'Sullivan, J. J., Norwood, E., O'Mahony, J. A., Kelly, L. A. (2019). Atomisation technologies used in spray drying in the dairy industry: A review. *Journal of Food Engineering*, 243, 57–69.
- Ramírez, C. A., Patel, M., Blok, K. (2006). From fluid milk to milk powder: Energy use and energy efficiency in the European dairy industry. *Energy*, 31, 1984–2004.
- Rollema, H. S., Muir, D. D. (2009). Casein and related products. In: Tamime, A. Y. (Ed.), *Dairy powders and concentrated products*. Chichester: Wiley-Blackwell, 235–254.
- Shabani, J., Sarfarazi, M., Mirzaei, H., Jafari, S. M. (2016). Influence of the sunflower oil content, cooking temperature and cooking time on the physical and sensory properties of
-

spreadable cheese analogues based on UF white-brined cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 69, 576–584.

Sharma, A., Jana, A. H., Chavan, R. S. (2012). Functionality of milk powders and milk-based powders for end use applications– a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11, 518-528.

Schär, W., Bosset, J. O. (2002). Chemical and physico-chemical changes in processed cheese and ready-made fondue during storage – a review. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 35, 15–20.

Schuck, P. (2002). Spray drying of dairy products: State of the art. *Lait*, 82, 375–382.

Schuck, P. (2011). Milk powder: Physical and functional properties of milk powders. In: John W. Fuquay, Patrick F. Fox, Paul L. H. McSweeney, *Encyclopedia of dairy sciences*, San Diego: Academic Press, 117–124.

Sikand, V., Tong, P. S., Roy, S., Rodriguez-Saona, L. E., Murray, B. A. (2011). Solubility of commercial milk protein concentrates and milk protein isolates. *Journal of Dairy Science*, 94, 6194–6202.

Sikand, V., Tong, P. S., Walker, J. (2008). Impact of protein standardization of milk powder with lactose or permeate on whey protein nitrogen index and heat classification. *Dairy Science & Technology*, 88, 105–120.

Singh, P. K., Singh, H. (2016). Dry milk products. In: Chandan, R. C., Kilara, A., Shah, N. P. (Eds.), *Dairy processing and quality assurance*. Second edition. Hoboken,: Wiley Blackwell, 333–348.

Skanderby, M., Westergaard, V., Partridge, A., Muir, D. D. (2009). Dried milk products. In: Tamime, A. Y. (Ed.), *Dairy powders and concentrated products*. Chichester.: Wiley-Blackwell, 180–234.

Sołowiej B. (2012). Effect of  $\kappa$ -carrageenan on physicochemical properties of processed cheese analogues. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 2, 107–118.

Sołowiej, B., Cheung, I. W. Y., Li-Chan, E. C. Y. (2014). Texture, rheology and meltability of processed cheese analogues prepared using rennet or acid casein with or without added whey proteins. *International Dairy Journal*, 37, 87–94.

---

- Solowiej, B., Glibowski, P., Muszynski, S., J. Wydrych, J., Gawron, A., Jelinski, T. (2015). The effect of fat replacement by inulin on the physicochemical properties and microstructure of acid casein processed cheese analogues with added whey protein polymers. *Food Hydrocolloids*, 44, 1–11
- Sołowiej, B., Nastaj, M. (2016). Relevance and Production of Dairy Analogues and Re-structured Dairy Products. Reference module in food science. Elsevier Academic Press, 1–6.
- Stampanoni, C. R., Noble, A. C. (1991). The influence of fat and salt on the perception of selected taste and texture attributes of cheese analogs. A scalar study. *Journal of Texture Studies*, 22, 367–380.
- Tamime, A. Y. (2011). Processed cheese and analogues: An overview. In: Tamime, A. Y. (Ed.), *Processed cheese and analogues*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 1–24.
- Tamime, A. Y., Muir, D. D., Wszolek, M., Domagala, J., Metzger, L., Kneifel, W., Dürrrschmid, K., Domig, K. J., Hill, A., Smith, A., Guinee, T. P., Auty, M. A. E. (2011). Quality control in processed cheese manufacture. In: Tamime, A. Y. (Ed.), *Processed cheese and analogues*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 245–338.
- Wielinga, W. C. (2009). Galactomannans. In: Phillips, G. O., Williams, P. A. (Eds.), *Handbook of hydrocolloids*. Second edition. Cambridge, UK: Woodhead Publishing, 228–251.
-

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

DSP	hydrogenfosforečnan sodný
DSPP	dihydrogendifosforečnan sodný
Met	methionin
MPC	mléčný proteinový koncentrát
MPI	mléčný proteinový izolát
Phe	fenylalanin
POLY	polyfosforečnan sodný
SDP	dihydrogenfosforečnan sodný
TSP	difosforečnan sodný
WPC	syrovátkový proteinový koncentrát
WPI	syrovátkový proteinový izolát
WPNI	index syrovátkového bílkovinného dusíku

---

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

- Obrázek 1: Schéma rozdělení imitací (náhražek) sýrů, upraveno dle Bachmann (2001).....29
- Obrázek 2: Vzorky A1, A2 vyrobené dle receptury 1 za použití 100 g kazeinátu sodného, 820 g vody (1,0:8,2) a 50 g másla (1) nebo oleje (2). .....46
- Obrázek 3: Vzorky B1, B2 vyrobené dle receptury 1 za použití 115 g kazeinátu sodného, 805 g vody (1,0:7,0) a 50 g másla (1) nebo oleje (2). .....46
- Obrázek 4: Vzorky C1, C2 vyrobené dle receptury 1 za použití 130 g kazeinátu sodného, 790 g vody (1,0:6,1) a 50 g másla (1) nebo oleje (2). .....47
- Obrázek 5: Vzorky D1, D2 vyrobené dle receptury 1 za použití 145 g kazeinátu sodného, 775 g vody (1,0:5,3) a 50 g másla (1) nebo oleje (2). .....47
- Obrázek 6: Vzorky D3, D4 vyrobené dle receptury 1 za použití 145 g kazeinátu sodného, 775 g vody (1,0:5,3) a 50 g másla (1) nebo oleje (2). .....48
- Obrázek 7: Vzorky E1, E2 vyrobené dle receptury 1 za použití 155 g kazeinátu sodného, 765 g vody (1,0:4,9) a 50 g másla (1) nebo oleje (2). .....48
- Obrázek 8: Vzorky F1, F2 vyrobené dle receptury 1 za použití 165 g kazeinátu sodného, 755 g vody (1,0:4,6) a 50 g másla (1) nebo oleje (2). .....49
- Obrázek 9: Tvrdost [N] modelových vzorků H1–I2 vyrobených dle receptury 3 za použití kazeinátu sodného a deonizované vody v poměru 1,0:5,3 (H), respektive 1,0:4,9 (I) a másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovená 15., 30. a 60. skladování.....53
- Obrázek 10: Soudržnost modelových vzorků H1–I2 vyrobených dle receptury 3 za použití kazeinátu sodného a deonizované vody v poměru 1,0:5,3 (H), respektive 1,0:4,9 (I) a másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovená 15., 30. a 60. skladování. ....54
- Obrázek 11: Relativní lepivost vzorků H1–I2 vyrobených dle receptury 3 za použití kazeinátu sodného a deonizované vody v poměru 1,0:5,3 (H), respektive 1,0:4,9 (I) a másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovená 15., 30. a 60. skladování. ....55
- Obrázek 12: Tvrdost vzorků X1, X2 (kontrola) a KAR-1–LG-2 vyrobených dle receptury 4 za přídavku  $\kappa$ -karagenanu (KAR) nebo lokustové gummy (LG) a s použitím másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovené 15., 30. a 60. skladování. ....59
-



- Obrázek 13: Soudržnost vzorků X1, X2 (kontrola) a KAR-1–LG-2 vyrobených dle receptury 4 za přídavku  $\kappa$ -karagenanu (KAR) nebo lokustové gummy (LG) a s použitím másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovená 15., 30. a 60. skladování. ....60
- Obrázek 14: Relativní lepivost vzorků X1, X2 (kontrola) a KAR-1–LG-2 vyrobených dle receptury 4 za přídavku  $\kappa$ -karagenanu (KAR) nebo lokustové gummy (LG) a s použitím másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovená 15., 30. a 60. skladování. ....61
-

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1:	Obsah tuku v sušených mléčných výrobcích (Česko, 2016). ....	17
Tabulka 2:	Složení sladké a kyselé syrovátky (Jelen, 2009).....	19
Tabulka 3:	Přehled surovinové skladby – množství kazeinátu sodného, másla/slunečnicového oleje, tavicích solí a deionizované vody – základních receptur (receptura 1, 2, 3). ....	40
Tabulka 4:	Přehled modelových vzorků (A1–F2) vyrobených dle receptury 1 za použití kazeinátu sodného a deionizované vody v různém poměru (K:H <sub>2</sub> O) a másla (M) nebo slunečnicového oleje (O).....	41
Tabulka 5:	Přehled modelových vzorků (G1, G2) vyrobených dle receptury 2 za použití kazeinátu sodného a deionizované vody v různém poměru (K:H <sub>2</sub> O) a másla (M) nebo slunečnicového oleje (O).....	42
Tabulka 6:	Přehled modelových vzorků (H1–I2) vyrobených dle receptury 3 za použití kazeinátu sodného a deionizované vody v různém poměru (K:H <sub>2</sub> O) a másla (M) nebo slunečnicového oleje (O).....	42
Tabulka 7:	Přehled modelových vzorků (X1 a X2, KAR-1–LG-2) vyrobených dle receptury 4 za použití másla (M) nebo slunečnicového oleje (O) a přídavku 0,1 % (hmot.) κ-karagenanu (K) nebo lokustové gummy (L). ....	43
Tabulka 8:	Stanovení pH a obsahu sušiny [%] modelových vzorků A1–G2 vyrobených dle receptury 1 a 2 za použití kazeinátu sodného a deionizované vody v různém poměru, másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) 7. den po výrobě.....	51
Tabulka 9:	pH modelových vzorků H1–I1 vyrobených dle receptury 3 za použití kazeinátu sodného a deionizované vody v poměru 1,0:5,3 (H), respektive 1,0:4,9 (I) a másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovené 0., 15., 30. a 60. skladování. ....	52
Tabulka 10:	Obsah sušiny [%] modelových vzorků H1–I2 vyrobených dle receptury 3 za použití kazeinátu sodného a deionizované vody v poměru 1,0:5,3 (H), respektive 1,0:4,9 (I) a másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovený 15., 30. a 60. skladování. ....	52

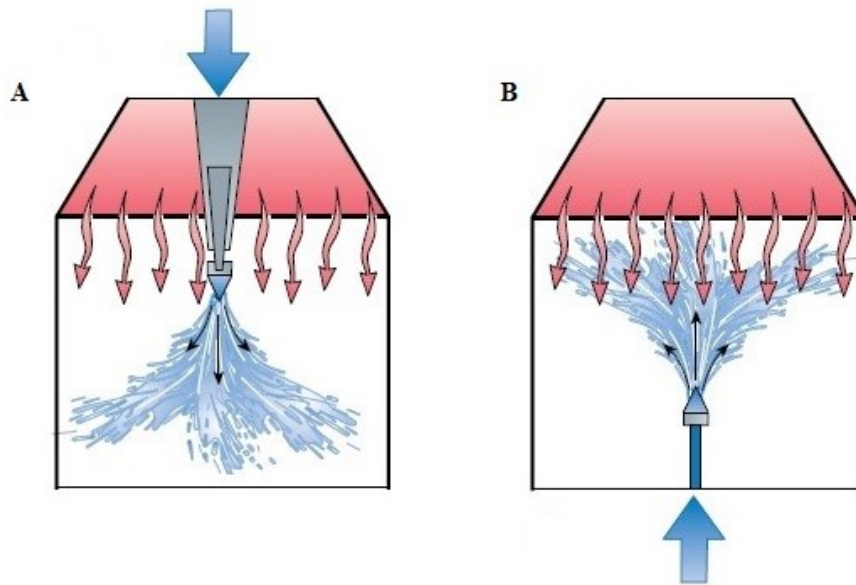
- Tabulka 11: pH modelových vzorků X1, X2 (kontrola) a KAR-1–LG-2 vyrobených dle receptury 4 za přídavku  $\kappa$ -karagenanu (KAR) nebo lokustové gummy (LG) a s použitím másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovené 15., 30. a 60. skladování.  
.....57
- Tabulka 12: Obsah sušiny [%] modelových vzorků X1, X2 (kontrola) a KAR-1–LG-2 vyrobených dle receptury 4 za přídavku  $\kappa$ -karagenanu (KAR) nebo lokustové gummy (LG) a s použitím másla (označení 1) nebo slunečnicového oleje (označení 2) stanovené 15., 30. a 60. skladování.  
.....57
-

**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha P I:	Schéma uspořádání souproudeho a protiproudeho sprejového sušení .....	77
Příloha P II:	Rámcové schéma uspořádání jednostupňové sprejové sušárny.....	78
Příloha P III:	Rámcové schéma uspořádání dvoustupňové sprejové sušárny.....	79
Příloha P IV:	Rámcové schéma uspořádání třístupňové sprejové sušárny s integrovaným fluidním ložem a s integrovaným pásem.....	80
Příloha P V:	Požadavky na potravinářský kazein.....	82
Příloha P VI:	Požadavky na potravinářský kazeinát.....	83

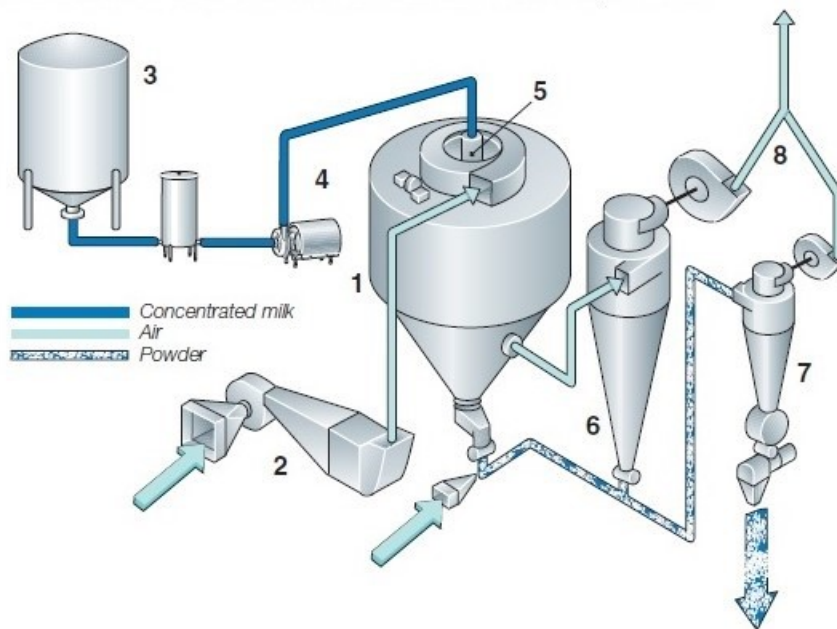
---

## PŘÍLOHA P I: SCHÉMA USPOŘÁDÁNÍ SOUPROUDÉHO A PROTIPROUDÉHO SPREJOVÉHO SUŠENÍ



Upraveno dle Bylund (1995)

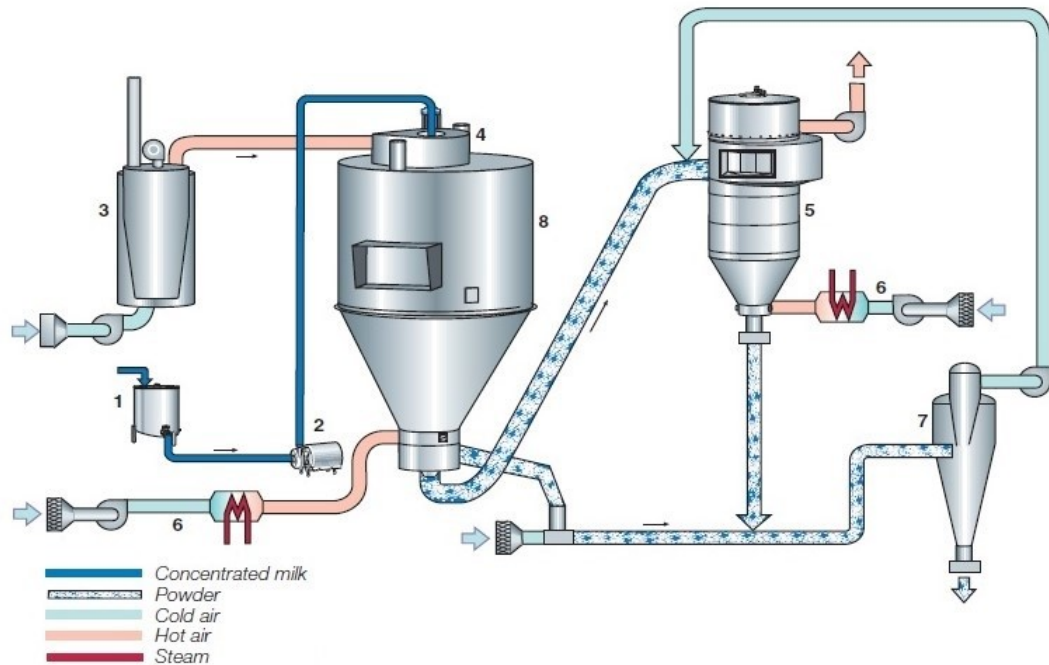
## PŘÍLOHA P II: RÁMCOVÉ SCHÉMA USPOŘÁDÁNÍ JEDNOSTUPŇOVÉ SPREJOVÉ SUŠÁRNY



Upraveno dle Bylund (2015)

- 1 Sušicí věž
- 2 Ohříváč vzduchu
- 3 Nádrž na koncentrované mléko
- 4 Čerpadlo
- 5 Atomizér
- 6 Hlavní cyklon
- 7 Cyklon
- 8 Vzduchové sací ventilátory a filtry

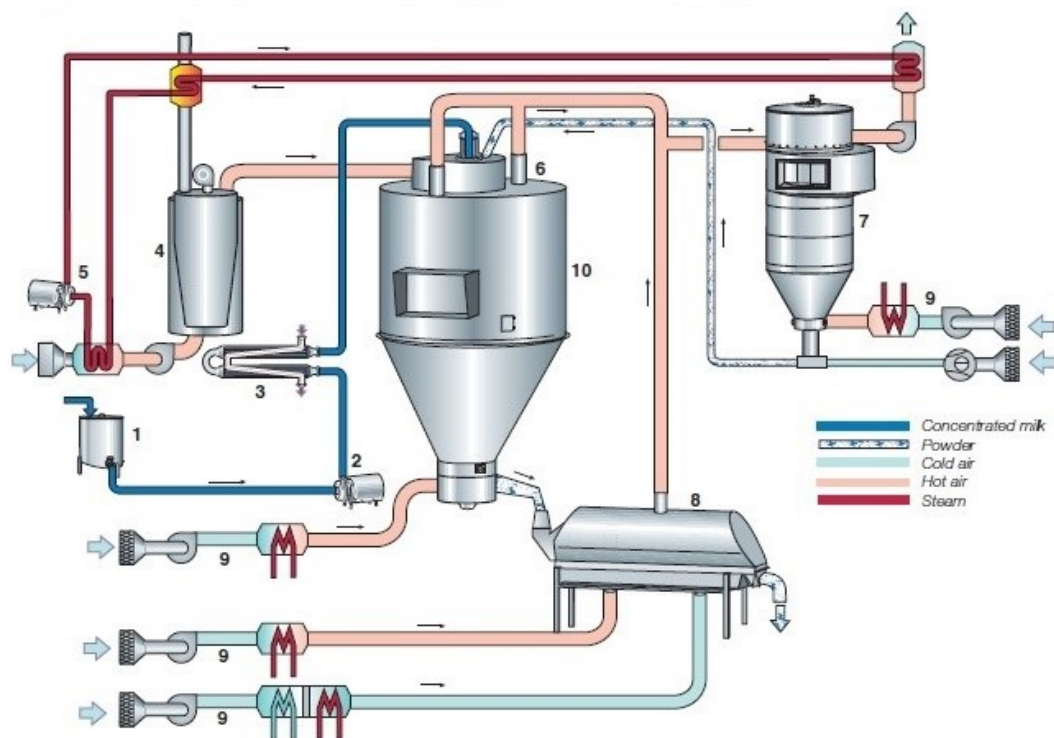
## PŘÍLOHA P III: RÁMCOVÉ SCHÉMA USPOŘÁDÁNÍ DVOUSTUPŇOVÉ SPREJOVÉ SUŠÁRNY



Upraveno dle Bylund (2015)

- 1 Vyrovnávací nádrž na koncentrované mléko
- 2 Čerpadlo
- 3 Ohřívač vzduchu
- 4 Atomizér
- 5 Filtr pro regeneraci jemných částic
- 6 Vzduchové ventilátory a ohřívače
- 7 Cyklon
- 8 Sušicí komora s integrovaným vibrofluidním žlabem

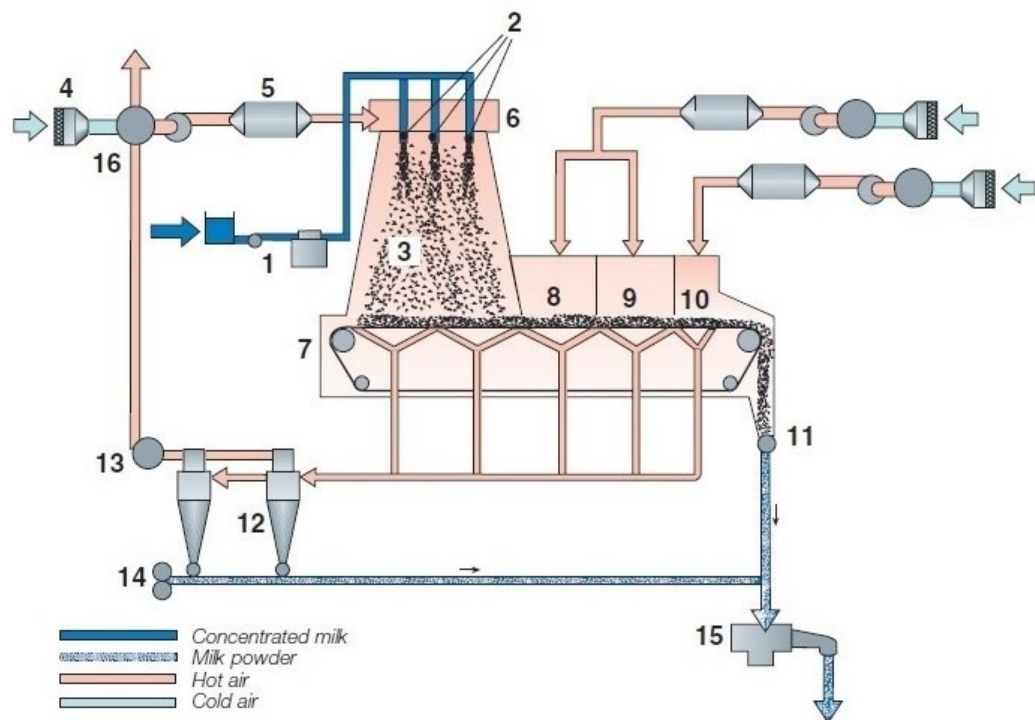
## PŘÍLOHA P IV: RÁMCOVÉ SCHÉMA USPOŘÁDÁNÍ TŘÍSTUPŇOVÉ SPREJOVÉ SUŠÁRNY S INTEGROVANÝM FLUIDNÍM LOŽEM A S INTEGROVANÝM PÁSEM



Upraveno dle Bylund (2015)

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1 Vyrovňovací nádrž                    | 7 Filtr pro regeneraci jemných částic |
| 2 Čerpadlo                             | 8 Fluidní lože                        |
| 3 Trubkový výměník tepla pro predehřev | 9 Vzduchové ventilátory a ohřivače    |
| 4 Ohřivač vzduchu                      | 10 Sušicí věž                         |
| 5 Oběhové čerpadlo                     |                                       |
| 6 Atomizér                             |                                       |





Upraveno dle Bylund (2015)

- |                                 |                                      |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| 1 Vysokotlaké napájecí čerpadlo | 10 Chladicí komora                   |
| 2 Atomizér                      | 11 Vypouštění prášku                 |
| 3 Primární sušící komora        | 12 Cyklony                           |
| 4 Vzduchové filtry              | 13 Ventilátory                       |
| 5 Ohříváč / chladič             | 14 Systém pro obnovu sušených částic |
| 6 Rozvaděč vzduchu              | 15 Systém prosévání                  |
| 7 Vibrofluidní žlab             | 16 Systém rekuperace tepla           |
| 8 Zadržovací komora             |                                      |
| 9 Konečná sušící komora         |                                      |

**PŘÍLOHA P V: POŽADAVKY NA POTRAVINÁŘSKÝ KAZEIN**

	Sladký (v % hmot.)	Kyselý (v % hmot.)
Obsah vlhkosti	méně než 12,0 včetně	méně než 12,0 včetně
Obsah bílkoviny v sušině z toho obsah kazeinu	více než 84,0 včetně než 95,0 včetně	více než 90,0 včetně než 95,0 včetně
obsah mléčného tuku	méně než 2,0 včetně	méně než 2,0 včetně
Obsah bezvodé laktózy	méně než 1,0 včetně	méně než 1,0 včetně
Titrační kyselost		méně než 0,27 ml 1 N roztoku NaOH na 1 g včetně
Obsah popela (včetně P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	více než 7,5 včetně	méně než 2,5 včetně
Obsah sedimentu (připálené částice)	méně než 15 mg v 25 g	méně než 22,5 mg v 25 g
Přítomnost látek cizího původu		nepřítomny ve 25 g
Maximální obsah olova		0,75 mg/kg
Vůně		bez cizích pachů
Barva		bílá až krémově bílá
Vzhled	připouští se hrudky, které lze rozmělnit mírným tlakem	

Upraveno dle vyhlášky č. 397/2016 Sb. (Česko, 2016)

**PŘÍLOHA P VI: POŽADAVKY NA POTRAVINÁŘSKÝ KAZEINÁT**

	Kazeináty
Obsah vlhkosti	méně než 8,0 včetně
Obsah kazeinu přepočteného na suchý extrakt	více než 88,0 včetně více než 95,0 včetně
Obsah mléčného tuku	méně než 2,0 včetně
Obsah bezvodé laktózy	méně než 1,0 včetně
Hodnota pH	6,0 až 8,0
Obsah sedimentu (připálené částice)	méně než 22,5 mg v 25 g
Přítomnost látek cizího původu	nepřítomny ve 25 g
Maximální obsah olova	0,75 mg/kg
Vůně	velmi slabá cizí vůně nebo zápach
Barva	bílá až krémově bílá
Vzhled	připouští se přítomnost hrudek, které lze rozmělnit mírným tlakem
Rozpustnost	téměř zcela rozpustný v destilované vodě, s výjimkou kazeinátu vápenatého

Upraveno dle vyhlášky č. 397/2016 Sb. (Česko, 2016)