

# Vliv použité suroviny na vybrané vlastnosti tavených sýrů

Bc. Ondřej Holas, DiS.

---

Diplomová práce  
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin  
akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Ondřej Holas  
Osobní číslo: T15279  
Studijní program: N2901 Chemie a technologie potravin  
Studijní obor: Technologie potravin  
Forma studia: prezenční

Téma práce: Vliv použité suroviny na vybrané vlastnosti tavených sýrů

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Charakterizujte chemické složení a vlastnosti mléčného tuku.
2. Popište výrobu tavených sýrů.
3. Charakterizujte faktory ovlivňující vlastnosti tavených sýrů.

### II. Praktická část

1. Vytvořte modelové vzorky tavených sýrů z různě vyzrálé suroviny. Pro výrobu jednotlivých šarží použijte různé zastoupení mléčného tuku z přírodního sýra a másla.
2. Porovnejte vlastnosti modelových tavených sýrů v průběhu skladování.
3. Vyhodnoťte výsledky, diskutujte je s literaturou a vyvoďte závěry.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] Kapoor, R., & Metzger, L. E. (2008). Process cheese: Scientific and technological aspects A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7, 194214.
- [2] LOPEZ, Christelle. Milk fat globules enveloped by their biological membrane: Unique colloidal assemblies with a specific composition and structure. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. 2011, 16(5), 391-404.
- [3] SINGH, Harjinder. The milk fat globule membrane A biophysical system for food applications. *Current Opinion in Colloid & Interface Science* [online]. 2006, 11(2-3), 154-163.
- [4] TAMIME, A. Y. *Processed cheese and analogues*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2011. Society of Dairy Technology series. ISBN 1405186429.

Vedoucí diplomové práce:

**doc. Ing. Vendula Pachlová, Ph.D.**  
Ústav technologie potravin

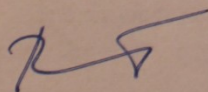
Datum zadání diplomové práce:

**3. února 2017**

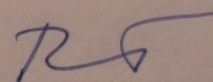
Termín odevzdání diplomové práce:

**28. dubna 2017**

Ve Zlíně dne 3. února 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*děkan*



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: ..... Obor: .....

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně .....

.....

---

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

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

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

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

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího 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). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

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

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

## ABSTRAKT

Cílem diplomové práce bylo studium vlivu stupně zralosti přírodního sýra a zdroje mléčného tuku (z přírodního sýra nebo másla) na vlastnosti tavených sýrů. Pro výrobu byl použit 14, 28, 56, a 84 dnů zralý přírodní sýr o různé tučnosti (50, 45, 40, 35, 30, 20, 10 a 1 % tvs.). Vzorke byly podrobeny základní chemické analýze (pH, obsah sušiny), dynamické oscilační reometrii a roztékavosti. Vlastnosti modelových vzorků tavených sýrů byly sledovány po dobu 56 dnů skladování. S délkou skladování tavených sýrů se zvyšovaly hodnoty elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) modelových vzorků. Na druhou stranu hodnoty elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) modelových vzorků tavených sýrů výrazně klesaly se stupněm zralosti suroviny. Byla také pozorována souvislost s dobou skladování tavených sýrů na jejich roztékavost. Nebyl prokázán vliv zdroje tuku na vlastnosti výrobku.

Klíčová slova: tavený sýr, přírodní sýr, tuk, viskoelastické vlastnosti, konzistence, roztékavost

## ABSTRACT

The aim of this thesis was to study the effect of different maturity natural cheese and source of milk fat (from natural cheese or butter) on properties of processed cheese. For the production was used the cheese with 14, 28, 56 and 84 maturity and variety of fat content (50, 45, 40, 35, 30, 20, 10, 1 % fdm). The samples were evaluated using basic chemical analysis (pH, dry matter content), the dynamic oscillatory rheometry and meltability. Properties of model samples processed cheese was monitored for 56 days storages. With a length of storage the values of elastic modulus of elasticity ( $G'$ ) of the model processed cheese samples were t increased. On the other hand the values of the elastic modulus elasticity ( $G'$ ) of the model processed cheese samples significantly decreased with the degree of ripeness material. It was also observed in connection with the storage time of processed cheese on their meltability. The effect of the fat source on the properties of the product has not been observed.

Keywords: Processed cheese, natural cheese, fat, viscoelastic properties, consistency, meltability

Tímto bych chtěl poděkovat doc. Ing. Vendule Pachlové, PhD., za odborné vedení, rady, připomínky a opravdu velkou trpělivost. Dále bych chtěl poděkovat Ing. et Ing. Ludmile Zálešákové za pomoc při měření diplomové práce Ing. Kateřině Moudré a Ing. Tomášovi Šopíkovi za pomoc při výrobě vzorků. A nakonec i rodině za psychickou i fyzickou podporu nejen při studiu.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 TAVENÉ SÝRY</b> .....	<b>11</b>
1.1 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ .....	12
1.2 TAVICÍ SOLI.....	13
1.2.1 Fosforečnanové tavicí soli.....	15
1.2.2 Citronanové tavicí soli .....	15
<b>2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KONZISTENCI TAVENÝCH SÝRŮ</b> .....	<b>17</b>
2.1 SUROVINOVÁ SKLADBA TAVENÉHO SÝRU .....	17
2.1.1 Přírodní sýr.....	17
2.2 OBSAH SUŠINY A TUKU V SUŠINĚ .....	18
2.2.1 Další mléčné suroviny.....	21
2.2.2 Přídavné látky .....	22
2.3 PH TAVENÉHO SÝRA .....	24
2.4 ZPRACOVÁNÍ TAVENINY .....	25
2.5 PODMÍNKY A DOBA SKLADOVÁNÍ.....	26
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>28</b>
<b>3 CÍLE PRÁCE</b> .....	<b>29</b>
<b>4 METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>30</b>
4.1 POPIS EXPERIMENTU.....	30
4.2 VÝROBA VZORKŮ TAVENÝCH SÝRŮ .....	30
4.3 ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA .....	32
4.3.1 Stanovení obsahu sušiny .....	32
4.3.2 Stanovení pH.....	32
4.4 DYNAMICKÁ OSCILAČNÍ REOMETRIE .....	32
4.5 ROZTÉKAVOST .....	33
<b>5 VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>34</b>
5.1 VÝSLEDKY CHEMICKÉ ANALÝZY.....	34
5.2 VÝSLEDKY DYNAMICKÉ OSCILAČNÍ REOMETRIE .....	40
5.3 VÝSLEDKY ROZTÉKAVOSTI .....	44
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>48</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>49</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>56</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>57</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>59</b>



## ÚVOD

Tavené sýry patří mezi nejmladší skupinu sýrů. Jejich historie započala ve Švýcarsku ve firmě Gerber. Důvod výroby tavených sýrů byla snaha o prodloužení trvanlivosti sýrů. Jejich výroba se rozšířila po celé Evropě a pak i po celém světě. Tavené sýry jsou v České republice stále velmi oblíbenou komoditou, díky jejich variabilitě vyráběných produktů a možností využití jak pro domácnost, tak pro veřejné stravování. Tavené sýry jsou vyráběny zahříváním směsi přírodních sýrů, másla, vody, tavicích solí a dalších komponent. Přírodní sýry se rozemelou a smíchají se s dalšími surovinami. Zahřejí se na tavicí teplotu 85 – 95 °C a stále míchají. Tímto se směs roztaví na homogenní taveninu. Za horka se také balí do různých druhů obalů a následně se vychladí.

Teoretická část diplomové práce zahrnuje dvě kapitoly. V první kapitole jsou popisovány základní charakteristiky a výroba tavených sýrů. Druhá kapitola popisuje faktory, ovlivňující konzistenci tavených sýrů, zejména vliv surovinového složení, pH, způsoby zpracování a způsobu skladování.

Cílem praktické části diplomové práce bylo studovat změny vlastností v závislosti na změně kombinace obsahu tuku pocházejícího z přírodního sýra a obsahu tuku standardizovaného pomocí másla. Byla provedena základní chemická analýza a reologická analýza modelových vzorků. Experimentální část zahrnovala výrobu modelových vzorků, byl použit sýr z nízkodohříváné sýřeniny o různé tučnosti (50, 45, 40, 35, 30, 20, 10 a 1 % tvs.) a různém stupni zralosti (14, 28, 56 a 84 dní od výroby). Jako tavicí soli byl použit monofosforečnan sodný, dihydrogenfosforečnan sodný, hydrogenfosforečnan sodný a polyfosforečnan. Celkem bylo vytvořeno 32 surovinových skladeb (o shodném obsahu sušiny a tuku v sušině) s různým zastoupením obsahu tuku pocházejícího z přírodního sýra. Vyrobené tavené sýry byly skladovány po dobu 56 dnů a na experiment byly odebírány vzorky vždy 1., 14., 28. a 56. den od výroby. V praktické části jsou shrnuty a diskutovány výsledky měření pH, obsahu sušiny a vybraných vlastností tavených sýrů.

## I. TEORETICKÁ ČÁST

## 1 TAVENÉ SÝRY

Tavené sýry se vyrábí od začátku 20. století. První tavený sýr vyrobila firma Gerber ve Švýcarsku v roce 1911. Tavený sýr vznikl snahou prodloužit trvanlivost přírodních sýrů, které byly expedovány lodní dopravou do USA. Během plavby nebyly skladovací prostory pro sýry dostatečně chlazeny a docházelo ke zhoršování jakosti. Jako tavicí sůl byl použit citronan sodný připravený za varu ve vodném prostředí z kyseliny citronové a uhličitanu sodného. [1]

První tavené sýry v Československu byly vyrobeny v roce 1923 firmou Bloch ve Vodňanech. Výroba tavených sýrů má v České republice tradici již od třicátých let minulého století, dnes patříme mezi jedny z nejznámějších výrobců tavených sýrů. Spotřeba tavených sýrů se v České republice za rok 2015 pohybuje podle statistického úřadu na hodnotě 2,0 kg na osobu za rok, tato hodnota je největší spotřeba na světě. [2,3]

Dle vyhlášky č. 397/2016 Sb. o požadavcích na mléko, mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje v aktuálním znění, jsou tavené sýry definovány, jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí. Pokud finální výrobek obsahuje více než 5 hmot. % laktosu, nejedná se již o tavený sýr, ale o tavený sýrový výrobek. [4]

Tavené sýry se podle výše uvedené vyhlášky dělí podle konzistence na roztíratelné a na tavené sýry s lomem [4]. Podle dnes již zrušené vyhlášky č. 77/2003 Sb. se tavené sýry rozdělovaly podle tuku v sušině na:

- Vysokotučné tavené sýry s obsahem tuku v sušině nejméně 60 hmot. %
- Nízkotučné tavené sýry s obsahem tuku v sušině méně jak 30 hmot. %

Sýry se také mohou rozdělovat podle složení na druhové a směsné. U druhových byl použit jen jeden druh sýru pro tavení. Směsné byly utaveny ze směsi různých druhů sýrů, aby vznikl tavený sýr s požadovanými vlastnostmi. Pokud do taveného sýru není přidána žádná další ochucující složka, jedná se o tavený sýr neochucený. Když je přidána ochucující složka v dostačujícím množství (koření a zelenina), jde již o tavený sýr ochucený. [4]

Ještě je zde třeba zmínit analogy tavených sýrů. U těchto výrobků byla část mléčné složky (kasein, tuk) nahrazena částečně nebo zcela surovinami rostlinného původu. K výrobě analogů se přistupuje, pokud chce výrobce snížit cenu, protože použité suroviny jsou levnější než mléčné bílkoviny a mléčný tuk. Někteří spotřebitelé analogy tavených sýrů vyhledávají pro snížený obsah tuku a cholesterolu, vyšší podíl nenasycených mastných kyselin [5]

## 1.1 Výroba tavených sýrů

Hlavní surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou různě prozřálé přírodní sýry (gouda, eidam, Moravský blok, čedar). Pro výrobu je možné použít přírodní sýry vzhledově nevhovující pro daný druh (sýry s trhlinami, se syrovátkovými sklípky nebo tzv. slepé sýry aj.) [6]. Důležitou složkou při výrobě jsou tavicí soli, jejich přidavek umožňuje vytvoření homogenní směsi. Jako tavicí soli jsou nejčastěji využívány sodné soli kyseliny fosforečné, polyfosforečnany a citronany. [7]

Dalšími surovinami při výrobě tavených sýrů pro úpravu vlastností je máslo a smetana (úprava tučnosti a chuti), tvaroh, sušená syrovátka, kaseináty (zvýšení sušiny), a reworky (dříve utavený sýr určený k přepracování). Dále se přidává voda, ochucující přísady (koření, zelenina), konzervanty a hydrokoloidy.

Do druhově pojmenovaných sýrů se smí přidávat přírodní sýr a mléčné komponenty pro úpravu množství tuku (máslo, máselný tuk, máselný koncentrát, smetana), jiné mléčné složky jsou zakázány přidávat. Pro druhově nepojmenované je možné přidávat ostatní mléčné složky do maximálního obsahu 5 hmot. % laktosy ve finálním výrobku. Sacharidy, které mají sladící účinek je zakázáno přidávat. [4]

Správná výrobní praxe vychází z výběru a přípravy surovin. Vyberou se vhodné přírodní sýry podle kvality a stupně prozřalosti. Sýry se dále upraví, odstraní se zrací fólie a v případě bílých sýrů se odsolí. Sýry se po upravení dezintegrují na válcových mlýnech na menší částice, aby se zvětšil specifický povrch sýra a tím i přestup tepla během tavicího procesu. Menší částice také daleko lépe interagují s ostatními komponentami, jako jsou tavicí soli. [8]

Tavené sýry mohou být vyráběny dvěma způsoby, kontinuálním a diskontinuálním, který v současnosti převažuje v České republice. Podle stanovené receptury se odváží jednotlivé složky (přírodní sýr, máslo, tavicí soli, aj.) a nadávkuje se do tavicího diskontinuálního zařízení (vsádkový způsob). U kontinuálního způsobu tavení je přidavek komponent řízen nastaveným programem. Pro správný tavicí proces je nutné přidat tavicí soli v množství 2 - 3 hmot. %. Důležité není jen množství tavicích solí, ale i složení směsi, protože se jimi ovlivňují výsledné vlastnosti tavených sýrů (pH, texturní parametry). [5]

Během tavení se mění struktura z heterogenní na lesklou homogenní hmotu s požadovanými vlastnostmi. Tavicí diskontinuální zařízení o objemu 70 - 200 l je vyhří-

váno parou v meziplášti a současně přímým vstřikem páry. Tavení probíhá za sníženého tlaku v rozmezí 80 - 105 °C s výdrží několika minut v závislosti na výrobním zařízení. Důležitým prvkem je také míchání během celého procesu tavení, které ovlivňuje množství a velikost tukových kuliček. Při vyšších otáčkách míchadla jsou tukové kuličky menší a více rozptýleny v celém objemu taveniny. Rychlost však nesmí být příliš vysoká, protože pak dochází k překrémování a výsledný tavený sýr je příliš viskózní. [5,9]

Z tavicího zařízení je horká tavenina přesunuta pomocí uzavřeného potrubního systému do plničky. Teplota taveniny by se měla pohybovat okolo 70 °C, protože při použití nižších teplot hrozí tuhnutí a zvyšuje se riziko případné mikrobiální kontaminace. V plničce je tavenina dávkována do jednotlivých balení a zabalena. Balí se nejčastěji do hliníkových vícevrstvých fólií, do tvaru trojúhelníků nebo jiných hranolků. Dalšími možnostmi je plnění dobře roztíratelných tavených sýrů do plastových vaniček a kyblíčků. Do plastových střívek se často plní krájitelné tavené sýry. [10,11]

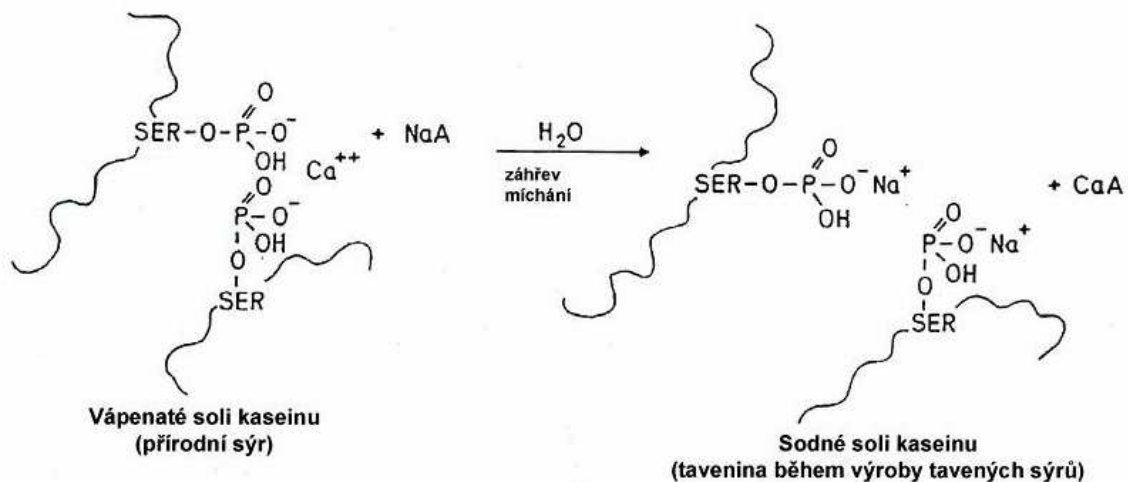
Po zabalení se výrobek musí ochladit. Roztíratelné tavené sýry se musí zchladit co nejrychleji, u krájitelných je možnost pomalejšího chlazení pro podpoření lepší krájitelnosti. Tavené sýry se skladují při chladírenských teplotách od 2 do 4 °C. [12]

## 1.2 Tavicí soli

Patří do skupiny přídatných látek a je zde povinnost označování číselným E kódem. Vyhláška ministerstva zdravotnictví č 4/2008 Sb., která stanovuje druhy a podmínky přídatných látek a extrakčních činidel při výrobě potravin definuje tavicí soli jako látky, které mění vlastnosti bílkovin při výrobě tavených sýrů za účelem zamezení oddělování tuku [13]. Podle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách, se tavicími solemi rozumí látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek. Maximální povolené množství představuje 20 000 mg · kg<sup>-1</sup> fosforečnanových tavicích solí (vyjádřené jako množství P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>). [14]

Při výrobě tavených sýrů bez použití tavicích solí dochází k agregaci bílkovin ve spodní části hmoty, oddělení vodní fáze ve středních vrstvách a oddělení tukové fáze na povrchu hmoty. Vzniklá směs je heterogenního charakteru, nikoliv požadované homogenní struktury. Vzniku tohoto technologického problému se zabraňuje přidávkem tavicích solí v množství 1 - 3 hmot. %. Jako tavicí soli se využívají vícesytné anionty a monovalentní

kationty. Monovalentní kationt je nejčastěji sodík [11]. Z dietetických důvodů je snaha nahrazovat sodné soli draselnými, draselné soli však negativně ovlivňují chuť (hořknutí sýrů) [15]. Polyvalentní anionty jsou fosforečnany a citronany. Tavicí soli mohou být kyselé nebo alkalické, mají pufrční schopnost a v širokém rozsahu regulují navázané vápenaté ionty v surovině. [5, 16]



Obr. 1. Schéma výměny vápenatých iontů za ionty sodíku při výrobě tavených sýrů. (A – aniont tavicí soli; NaA – sodná tavicí sůl, CaA – vápenatá tavicí sůl) [11]

Hlavní úkoly tavicích solí při výrobě tavených sýrů lze shrnout do následujících bodů: [7]

- Vyvázání vápenatých iontů a navázání iontů sodných nebo draselných.
- Hydratace a zvyšování rozpustnosti kaseinové matrice.
- Bobtnání kaseinové matrice a podpora tvorby gelu.
- Podpora emulgace tuku.
- Úprava a stabilizace pH taveniny.
- Při chladnutí formování vhodné struktury taveného sýra.

V literatuře se také uvádí další požadavky. Tavicí soli by měly být rozpustné ve vodě, splňovat zdravotní nezávadnost a neměly by negativně ovlivňovat sensorické vlastnosti [17].

Pokud se směs zahřívá, působí tavicí soli na vápník navázaný na kaseiny a převedou nerozpustný para-kasein vápenatý na rozpustný para-kasein sodný (Obr. 1). Ten již má dispergační účinek na proteinovou síť, dojde k rozptýlení agregátů kaseinů. Tato dispergace se nazývá peptonizace a roste při ní schopnost hydratace bílkovin. Dispergované kaseiny mají obnaženy hydrofilní a hydrofobní části a v heterogenním systému taveniny fungují jako emulgátory na fázovém rozhraní olej / voda [18]. Při použití vhodné směsi tavicích

solí se posouvá hodnota pH z 5,0 – 5,5 na optimální hodnotu 5,6 – 6,0. Pokud by pH zůstalo na hodnotě 5,2, výsledný tavený sýr by měl drobnou, moučnou až tuhou texturu. Kdyby se hodnota pH zvýšila nad 6,4, tak by byl výrobek příliš měkký, z důvodů vyšší afinity aniontů tavicích solí k vápenatým iontům. [19]

Tavicí soli samy a sobě nemají emulgační schopnosti, pouze vytváří prostředí pro uplatnění bílkovin jako emulgátorů. Konzistence tavených sýrů je emulgační významně ovlivněna. Když není tuk dostatečně emulgován, tak je finální výrobek měkčí [20]. Při použití citronanových solí je konzistence tavených sýrů pevná a lomivá, konzistence je nejspíše ovlivněna sníženou afinitou citronanů k vápenatým iontům. Během chlazení citronany disociují a uvolňují vápenaté ionty, ty se následně znovu tvoří vazby mezi kaseiny. Pro roztíratelné tavené sýry se používají fosforečnanové tavicí soli, mají totiž vyšší afinitu k vápenatým iontům. Na konzistenci má vliv i skladba surovin, zpracování a skladování. [21]

### 1.2.1 Fosforečnanové tavicí soli

Patří sem skupiny ortofosforečnanů (E 339), tvořeny jen jedním zbytkem kyseliny fosforečné  $(\text{PO}_4)^{3-}$ , pyrofosforečnany (E 450), obsahující dvě skupiny  $(\text{PO}_4)^{3-}$ , trifosforečnany (E451) a polyfosforečnany (E 452). [22]

Některé fosforečnany se vyznačují bakteriocidní a bakteriostatické účinky. Tavené sýry jsou obvykle vyráběny v pasteračním režimu, proto se nejedná o produkty sterilní. Tepelně jsou inaktivovány vegetativní bakteriální buňky, kvasinky a spory plísní. Spory bakterií však zničeny nejsou. Polyfosforečnany a orthofosforečnany mohou inhibovat růst některých kmenů rodu *Salmonella* nebo *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium sporogenes* a další. Chelatační účinky na vápenaté a hořečnaté kationty mají vliv na mikrobicidní účinky fosforečnanů, protože tyto dvoumocné kationty mají vliv na fyziologické funkce buněčné stěny mikroorganismů. [23, 24]

### 1.2.2 Citronanové tavicí soli

Citronany (E 331) mají menší afinitu k vápenatým iontům a menší schopnost hydrataci bílkovin, i proto jsou využívány k výrobě tavených sýrů s lomem nebo se kombinují s polyfosforečnany. Citronanové soli jsou méně často využívány, než fosforečnanové tavicí soli. [3, 25]

Nejvíce jsou využívány citronany trisodné, protože mono a disodné soli citronanů mají příliš okyselující účinek, vytvořila by se příliš nestabilní emulze, náchylná na uvolňování

vody a tuku. Monosodné a disodné soli citronanů se používají k úpravě pH taveniny, kde je vysoký podíl prozralého sýra. [22,26]



## 2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KONZISTENCI TAVENÝCH SÝRŮ

Pro spotřebitele a výrobce je velmi důležitým znakem konzistence, která je u organoleptických vlastností rozhodujícím faktorem. Konzistenci tavených sýrů můžeme ovlivnit několika vnějšími i vnitřními faktory, jako jsou [27]:

- obsah sušiny
- obsah tuku
- prozrálost přírodního sýra
- pH taveného sýra
- množství přítomných kationtů
- surovinovou skladbou
- podmínky skladování

Využitím těchto faktorů lze vyrobit tavené sýry, hodící se na různorodé použití (roztírání, krájení, plátkování, tekuté do omáček). [3, 12, 25, 28,29,30]

Jednotlivé faktory ovlivňující konzistenci tavených sýrů budou popsány dále.

### 2.1 Surovinová skladba taveného sýru

Použité suroviny u výroby tavených sýrů se zásadně podílí na utváření textury a konzistence. Mezi základní suroviny se řadí přírodní sýry, potravinářské přídatné látky (zejména tavící soli), mléčné suroviny a další povolené komponenty.

#### 2.1.1 Přírodní sýr

Jak již bylo řečeno, kvalitní výrobek se bez kvalitních surovin vyrobit nedá. Přírodní sýr jako surovina, významně ovlivňuje vlastnosti finálního výrobku. Proto je nutné pozorně vyhodnocovat jeho parametry (druh přírodního sýra, prozrálost, obsah vápníku a hodnota pH) [37]. Při technologii výroby tavených sýrů je však umožněno použití i sýrů, které mají různé mechanické vady, kvůli nimž by tyto přírodní sýry byly pro spotřebitelský prodej nepřijatelné. [3, 32]

V České republice jsou nejčastěji používány sýry holandského typu (eidam, gouda), méně jsou pak používány sýry historicky pocházející ze Švýcarska (ementál). Použití málo vyzrálých sýrů v surovinové skladbě sníží výrobcí náklady na výrobu, ale vyrobený tavený sýr postrádá charakteristickou chuť. Může za to nízká koncentrace senzoryicky aktivních látek, které se tvoří při zrání přírodních sýrů. Mladé sýry mají velmi dobrou vaznost vody,

a proto je výsledný výrobek tužší konzistence. Zralé sýry naopak usnadňují tavitelnost, jsou méně vazné, tavené sýry jsou pak se snadno roztíratelnou konzistencí a s chutí, charakteristickou po použití přírodním sýru. V praxi se velmi často používají směsi sýrů, protože s prodlužující dobou zrání přírodních sýrů klesá množství nehydrolyzovaného (intaktního) kaseinu. Snižuje se stabilita vytvořené emulze ve výrobku a může pak během skladování docházet k uvolňování vody. Další nevýhodou při zařazení velmi zralých sýrů mohou být negativní (hořké) sensorické vjemy. [7 28, 33]

Rozsah proteolytických změn je základním ukazatelem prozrálosti přírodních sýrů. Proteolýza je jeden z nejdůležitějších biochemických dějů, probíhající během zrání většiny přírodních sýrů. Během proteolýzy dochází k hydrolýze bílkovinných složek na peptidy a až na volné aminokyseliny. Dochází k ní působením pomocí zbytků nativních enzymů pocházejících z mléka, zbytků syřidla, exogenního systému enzymů ze zákysových kultur a nekulturních bakterií mléčného kvašení. [34, 35]

Z přírodních sýrů přechází do taveniny vápenaté ionty. Vyšší množství vápenatých iontů ovlivní výslednou konzistenci finálního výrobku. Čím je více vápenatých iontů přítomno, tím se jich více zapojí do tvorby proteinové matrice taveného sýra, intenzivněji ji zasítují. Následně dojde k vytvoření kompaktní gelové matrice taveného sýru. [25, 31]

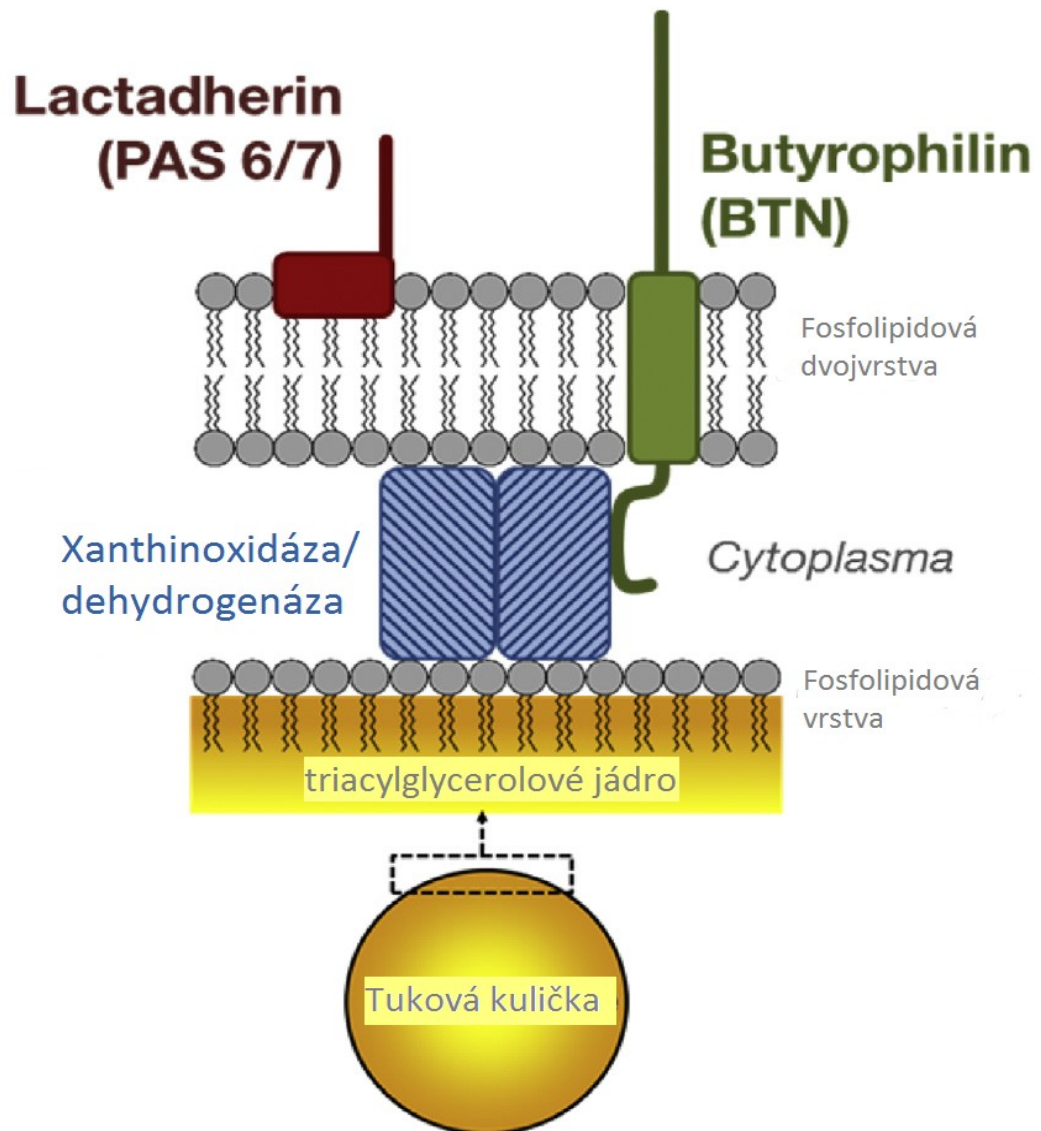
## 2.2 Obsah sušiny a tuku v sušině

Množství sušiny a tuku v sušině je faktor ovlivňující konzistenci tavených sýrů velmi výrazně. Velikost a množství tukových kuliček mohou hrát významnou roli v utváření konzistence. Během tavicího procesu dochází ke zvyšování stupně emulgace, neboli zvyšuje se počet tukových kuliček a současně se snižuje jejich velikost, tím získává výrobek tužší konzistenci [28]. Takovou konzistenci lze pozorovat i u tavených sýrů s nízkým obsahem tuku, často je to způsobeno nižší celkovou sušinou. Pokud se sníží obsah tuku, tak zároveň naroste koncentrace proteinů v gelu a zvýší se viskozita výrobku [33]. Z těchto důvodů je nutné velmi pečlivě sestavovat surovinovou skladbu, poměrové složení tavicích solí a technologii tavicího procesu. Při výrobě nízkotučných tavených sýrů dochází k určitým problémům jako je tvorba nežádoucí barvy, změna textury, špatná tavitelnost a tvorba velkého množství nápeků na stěnách výrobku. Momentální poznatky v technologii výroby tavených sýrů umožňují nahrazení mléčného tuku rostlinnými oleji, takto připravená tavenina je pak více tekutá a je vhodné přidat hydrokoloidy. Jak již bylo popsáno výše nelze tyto výrobky označit jako tavené sýry. Jedná se o analogy tavených sýrů. [28, 36, 37]]

Pro dosažení standardizované sušiny se přidává do surovinové skladby voda, která také působí jako rozpouštědlo. Voda s přibývajícím množstvím zvyšuje tavitelnost a snižuje tuhost tavených sýrů. Zahrnutím vody v surovinové skladbě způsobí, v závislosti na koncentraci tavicích solí, lepší reaktivitu vápenatých iontů a následně hydrataci dispergovaných kaseinových agregátů. Zároveň ale dochází k nárůstu velikosti tukových kuliček, které jsou hůře emulgovatelné. Zhoršení emulgace má zásadní vliv na konzistenci a trvanlivost tavených sýrů. [38, 39]

### **Membrány tukových kuliček**

Jak již bylo napsáno výše, máslem se smetanou se standardizuje obsah tuku. Současně dochází k ovlivnění chuti tavených sýrů. Tyto dvě suroviny obsahují větší množství tuku, ať již ve formě celých tukových kuliček nebo zakoncentrovaného tuku. Prekursory tukových kuliček jsou tvořeny v endoplazmatickém retikulu (ER) sekrečních epiteliálních buněk mléčné žlázy. Uvolňované kapičky lipidů jsou uvolňovány do cytosolu, kde jsou pokryty vrstvou fosfolipidů a produkty z ER. Proteiny, přítomné na povrchu kapky, mají hlavní roli při tvorbě struktury a vlastností kuliček. Mikro kuličky lipidů se spojují koalescencí do větších. Postupně jsou kuličky obklopovány fosfolipidovou dvojvrstvou (plasmatická membrána) a je dotvořena třívrstvá struktura membrány tukových kuliček (Obr. 2). Tato jedinečná membrána stabilizuje a chrání triacylglyceroly. Membrána tukových kuliček má emulgační a zdravotní účinky. Funkční vlastnosti membrány vedou k výzkumům izolace a následnou aplikací do funkčních potravin nebo jako emulgátor a pouzdro pro nutriční doplňky a léky. Obrovské množství informací o membráně tukových kuliček je z posledních 20 let. Byly identifikovány a charakterizovány hlavní proteiny tvořící tuto membránu. [40, 41, 42]



Obr. 2. Schéma obalu tukových kuliček [42]

Tukové kuličky jsou velikostí v rozmezí 0,2 až 15  $\mu\text{m}$ , průměrná velikost je 4  $\mu\text{m}$ . Tukové kuličky jsou složeny primárně z triacylglycerolů, pak minoritně z polárních lipidů, proteinů, glykoproteinů a enzymů [45]. Triacylglyceroly jsou především v jádru tukových kuliček, vyskytují se v tekuté a krystalické formě. Jádro představuje více jak 70 hmot. % globulí. Membrána tukových kuliček je složena převážně z polárních složek a odhaduje se, že hmotnost membrány je 2 až 6 hmot. % celkového tuku. Proteiny a fosfolipidy společně tvoří více než 90 hmot. % sušiny obalu globulí, relativní poměr těchto složek se může měnit v širokém rozmezí. Složky membrány mají na tukové kuličky stabilizační funkci. Mezi polární lipidy patří fosfoserin, sfingomyelin, lecitin, fosfatidylethanolamin, které mají emulgační schopnosti, jsou obsaženy v množství 2,6 až 8,9 mg na 1 g tuku. Mezi proteiny obsažené v membránách tukových kuliček můžeme naléznout mucin, xantin, lactadherin,

butyrophilin a další. Na povrchu tukových kuliček je obsaženo až 25 různých enzymů, polovina z nich jsou hydrolázy, oxidoreduktázy a transferázy. Nejhojnějšími enzymy jsou alkalická fosfatáza a xantinoxidáza. Membrány tukových kuliček jsou velmi citlivé na technologické procedury a na manipulaci s mlékem. Obaly často chybí u nešetrně zpracovaných výrobků. Při výrobě másla dochází k rozbití membrán tukových kuliček a k jejich následnému rozptýlení ve hmotě. Rozptýlení není stejnoměrné a část jich přechází do podmáslí. Proteiny přítomné v membráně tukových kuliček mohou být narušeny působením proteolytických enzymů. Hydrolýzou proteinů je narušena struktura membrány a dochází k jejímu rozložení. U zrajících sýrů, dochází k proteolytickému štěpení, působením mikrobiálních enzymů z čistých mlékářenských kultur. [40, 41, 43, 44]

### 2.2.1 Další mléčné suroviny

Do tavených sýrů lze přidávat mimo sýry přírodní, také další mléčné suroviny, např. rework, sušené odstředěné mléko, sušenou syrovátku, kasein, kaseináty, máslo, podmáslí, mléčný retentát (výrobek získaný zakoncentrováním mléčných proteinů na principu ultrafiltrace mléka nebo odstředěného mléka). Zmíněné látky jsou využívány z ekonomických důvodů, jako náhrada přírodních sýrů. Některé jsou vedlejšími produkty při výrobě potravin (podmáslí, syrovátka). Další suroviny se nevyužívají jen díky příznivé ceně, ale i díky vlastnostem využitelných při výrobě tavených sýrů. Kaseiny a kaseináty se mohou jevit jako dražší surovinou než je přírodní sýr, ale po přepočítání na sušinu a zohlednění dalších faktorů (vysoká stabilita, nízké přepravní náklady, snadná příprava a aplikovatelnost ve srovnání s přírodními sýry), mohou být ekonomicky výhodnější než tradiční suroviny. [11, 22, 28, 32, 46]

Tyto suroviny mohou při zakomponování do surovinové směsi významně ovlivnit konzistenci a viskoelastické vlastnosti tavených sýrů. Ze základních znalostí výše zmíněných surovin lze odvodit, jak budou ovlivňovat finální výrobek, jestli způsobí vyšší tekutost podmáslí nebo tuhost kaseináty. Musí se stále brát na zřetel, že se nejedná o čisté uniformní látky, ale o směs látek, které se mohou lišit v závislosti na způsobu výroby, délce a způsobu skladování. [46]

### **Rework**

Často se do tavené směsi přidává tzv. rework. Rework je již jednou utavený sýr, který nebyl zabalený a expedován. Konzistenci ovlivňuje především vlastnostmi, protože obsahuje tavící soli, byl už jednou utaven a již došlo k některým změnám: iontové výměně,

krémování, emulgaci tuku, atd. Rework z mladého přírodního sýra se obvykle využije do směsi s vysokým podílem velmi zralého sýra, protože napomáhá krémování s vhodnou finální konzistencí. Přesný mechanismus působení ještě není úplně popsán. Všechny druhy reworku zvyšují tuhost finálních výrobků. Podle některých studií se doporučuje přidávat rework v množství 2 - 15 hmot. %, jiné studie uvádějí, že lze použít až 20 hmot. % [28, 31]. Tyto údaje o množství a druhu reworku (podle prozrálosti původní suroviny) jsou však pouze na teoretické úrovni. V praxi jsou jako reworky používány neshodné výroby nebo zbytky taveniny ulpělé na stěnách výrobního zařízení z předešlé výroby. [3, 22]

### **Vedlejší produkty z jiných výrob**

Aplikace sušeného odstředěného mléka a syrovátky zlepšuje roztíratelnost tavených sýrů. Jejich přidavek však může být také technologicky nežádoucí. Tyto suroviny jsou bohaté na laktosu, přičemž je zvýšeno riziko neenzymatického hnědnutí během procesu tavení i během skladování. Přídavek těchto složek musí být přiměřený z důvodů Maillardových reakcí či tvorby krystalů laktosy [3, 22, 28, 47]. Výrobci také nesmí zapomínat na maximální množství laktosy, která je dána legislativně. Aby bylo možno označovat výrobek jako tavený sýr, nesmí být ve výrobku více než 5 hmot. % laktosy. [4]

Podmáslí se může přidávat do tavených sýrů ze dvou důvodů, z ekonomického a nutričního. Nutriční hodnoty jsou navýšeny díky přítomnosti plnohodnotných mléčných bílkovin, fosfolipidů, vitaminů a minerálních látek. Přídavkem podmáslí v tekuté a sušené formě se standardizuje obsah vody. [48]

### **Kaseiny a kaseináty**

Další surovinou přidávanou do surovinové skladby jsou kaseiny a kaseináty, hlavně pak kaseinát sodný a vápenatý. Kaseiny a kaseináty se vyznačují podobnou cenou (při přepočtu na sušinu) jako přírodní sýry, mají ale lepší emulgační schopnosti a stabilní obsah neporušeného kaseinu. Konzistence konečného výrobku může být různě ovlivněna, podle druhu použitého kaseinu nebo kaseinátu a také podmínkami, během kterých byly tyto suroviny vyrobeny. Přídavkem kaseinátů do surovinové směsi, se navýší množství intaktního kaseinu a tím se následnělepší schopnost emulgace. [22, 28]

#### **2.2.2 Přídavné látky**

##### **Tavicí soli**

Tavicí soli jsou přidávány do tavených sýrů, aby upravili prostředí při tavení, aby proteiny, jež jsou v polydisperzní soustavě přírodního sýra, mohly uplatnit emulgační schopnosti. Hlavní úkol tavicích solí je odštěpit vápník z proteinové matrice, hydratace, zvyšování rozpustnosti, peptizace a bobtnání bílkovin. Také mění hodnoty pH a při chlazení formují strukturu výsledného výrobku. [11, 17, 49]

Schopnost fosforečnanů navázat vápenatý kationt závisí na stupni dispergace kaseinů. Se zvýšením dispergace se zvýší i intenzita hydratace a emulgace v matrici. Tímto se přímo ovlivní výsledná tuhost tavených sýrů. Iontová výměna je ovlivněna i dalšími parametry, jako je pH systému nebo teplota. S rostoucí hodnotou pH a teplotou roste iontová výměna. [11]

Důležitý účinek tavicích solí je ovlivnění hodnoty pH, její stabilizace pufracími schopnostmi a také ovlivnění struktury taveného sýra. Optimální pH pro tavené sýry je 5,6 až 6,1 při nižším pH jsou tavené sýry rozpadavé, protože se uplatňují vyšší interakce bílkovin. Nad tímto limitem jsou tavené sýry nestabilní a dochází k oddělování vody z matrice, výrobky jsou nadměrně měkké až roztékavé [22]. Pufrací kapacita fosforečnanů s délkou řetězce klesá. Monofosforečnany vykazují vysokou pufrací schopnost, protože snadno disociují [50]. Nejčastěji používaný monofosforečnan je  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ . Draselné soli fosforečnanů se nepoužívají pro jejich negativní ovlivnění výsledné chuti (hořknutí výrobku). V praxi je nezbytné využít vhodnou kombinaci jednotlivých fosforečnanů, aby byla zajištěna optimální hodnota pH výrobku a optimální texturní vlastnosti. [51]

Schopnost peptizovat (dispergovat) bílkoviny vykazují především polyfosforečnany. Monofosforečnany tuto vlastnost postrádají, protože mají nižší afinitu k vápenatým iontům. S rostoucí koncentrací a délkou polyfosforečnanů, roste i jejich schopnost peptizace kaseinů. [32]

Fosforečnanové tavicí soli mohou ovlivňovat tvorbu gelu ve výsledném taveném sýru a tím i jeho tvrdost. Fosforečnany sice nejsou gelotvornými látkami, ale mohou podpořit síťování kaseinové matrice, které se následně projeví na konzistenci taveného sýra. Zesíťování podporují převážně di- a trifosforečnany buď přímo, nebo pomocí vápenatých můstků. Polyfosforečnany a orthofosforečnany mají tuto schopnost podporovat zesíťování menší. [11, 22]

Lineárně kondenzované polyfosforečnany se během výroby a skladování tavených sýrů hydrolyzují až na orthofosforečnany. Rozklad polyfosforečnanů na pyrofosforečnany je

velmi rychlý, poté se rychlost zpomaluje. Hydrolýza je ovlivněna několika faktory, jako je délka a teploty tavení, skladování, obsahem sušiny a délkou polyfosforečnanového řetězce [52]. Při zvyšování hodnot vyjmenovaných faktorů narůstá i rychlost hydrolýzy. Hydrolýzou se mění pufrční schopnosti tavicích solí a mění se i afinita k vápenatým iontům. Tímto může být ovlivněna hydratace kaseinů, výsledné pH taveného sýra nebo jeho tuhost. Při nadbytečném množství tavicích solí, pokud nedojde ke kompletnímu rozpuštění, vznikají jejich krystaly. [28, 22, 32]

### **Hydrokoloidy**

Přidáváním různých druhů hydrokoloidů do tavených sýrů nebo jejich analogů se zabývá celá řada publikací. Ve studiích byly z hydrokoloidů zkoušeny: želatina, škrob, pektin, karagenany, guma guar a lokustová guma. Ve většině studií docházelo po přidavku těchto látek k nárůstu tuhosti konzistence taveného sýra. Velikost nárůstu je samozřejmě závislá na druhu a koncentraci použitého hydrokoloidu. V průmyslové výrobě se nejčastěji používají polysacharidové hydrokoloidy, například karagenany, pektin, algináty, modifikované škroby, arabská a xanthanová guma, aj. [11, 53, 54]

Pomocí hydrokoloidů se zlepšuje pomocí vaznost vody v tavených sýrech, tvorba gelu a stabilizuje se vzniklá emulze, a tím se ovlivní výsledná konzistence taveného sýra [55, 56]. Hydrokoloidy jsou často nezbytné při nahrazování tradičních surovin, jako je přírodní sýr a mléčný tuk. Mohou se přidávat do maximálního množství 0,8 hmot. %. Prakticky se však přidávají jen v množství 0,1 až 0,3 hmot. %. Obvykle se použijí, když se zpracovává příliš zralý přírodní sýr, u kterého byl zjištěn vysoký stupeň proteolýzy a při výrobě již nemůže dojít k dostatečnému krémování (zvýšení viskozity díky hydrataci a bobtnání bílkovin). Aplikaci nacházejí také u tavených sýrů, s nízkým obsahem sušiny, aby došlo ke zvýšení tuhosti výrobku. [38, 53, 55, 57]

### **2.3 pH taveného sýra**

Aktivní kyselost neboli pH tavené sýra je ovlivněna kyselostí přírodního sýra (jeho zralostí a také použitou kulturou), dále koncentrací a složením tavicích solí, použitých pro vytvoření standardní taveniny. Kyselost je ovlivněna i přidavkem dalších surovin, jejich hodnotou pH. Výrazný vliv na snížení aktivní kyselosti směsi a také na výsledný tavený sýr má tvaroh. Když jsou přírodní sýry, použité při výrobě tavených sýrů starší (více prozralé), tak se posouvá aktivní kyselost finálního výrobku spíše do neutrální oblasti [58]. Hodnota pH



u tavených sýrů výrazně ovlivňuje i jejich texturní vlastnosti, je také ovlivněna do různé míry jednotlivými složkami ve směsi fosforečnanových tavicích solí. Monofosforečnany ovlivňují pH, difosforečnany a trifosforečnany podporují tvorbu gelu, polyfosforečnany zase podporují dispergaci kaseinů. Skladba směsi tavicích solí se upravuje podle hodnoty aktivní kyselosti surovin zařazených do surovinové skladby. [33, 39]

Aktivní kyselosti jednotlivých surovin určených k tavení (přírodní sýr, máslo, voda, a další) se pohybují obvykle okolo hodnot  $\text{pH} = 5,2$  až  $5,5$ . Optimální aktivní kyselost pro roztíratelný tavený sýr je v rozmezí hodnot  $\text{pH} 5,6$  a  $6,1$  [22]. Jak již bylo napsáno výše, použití tavicích solí není pouze k podpoření emulgačních účinků proteinů, ale musí upravovat a zároveň udržovat hodnotu  $\text{pH}$  taveniny na optimálních hodnotách. U tavených sýrů aktivní kyselostí pod optimální hodnotou, musí být počítáno s tužší konzistencí, než u výrobků, které mají aktivní kyselost vyšší [28]. Když se hodnota  $\text{pH}$  taveniny příliš přiblíží k izoelektrickému bodu kaseinu ( $\text{pI} \approx 4,6$ ), tak se začínají uplatňovat interakce mezi proteiny a vzniká tužší finální produkt. Naopak u výrobků s vyšším  $\text{pH}$  než je  $\text{pH}$  optimální (nad  $6,1$ ), dochází k poklesu elektrostatických interakcí, narůstá negativní náboj proteinů a proteinové řetězce se od sebe odpuzují. Proteinová síť je oslabená, méně kompaktní a výrobek se projevuje měkkou až roztékavou konzistencí. [11, 39, 51]

Vlivem aktivní kyselosti na reologické vlastnosti tavených sýrů se zabývalo několik autorových kolektivů. V těchto studiích byl přídavek a poměr tavicích solí konstantní. Z těchto studií vychází, že s rostoucí hodnotou aktivní kyselosti klesá elasticita proteinové matrice. [22] Podobné výsledky byly získány i u vzorků nízkotučných tavených sýrů (obsah tuku  $12$  hmot. %) [39]. Jiné výsledky ale vycházely u vzorků tavených sýrů o tučnosti  $0,6$  hmot. %, kdy tuhost s hodnotou  $\text{pH}$  narůstala. [53]

## 2.4 Zpracování taveniny

Tuhost a elasticita tavených sýrů se zvyšuje s délkou a teplotou tavení a jejich roztíratelnost se zhoršuje [3]. Swenson a kol. ve své studii uvádí opačnou závislost, jeho tým však používal ke svému měření odtučněný tavený sýr [53]. Sýry byly taveny při teplotách vyšších jak  $95$  °C. Docházelo k poklesu tuhosti výrobků, stejné vlastnosti jsou pozorovatelné u tavených sýrů vyráběných UHT záhřevem [29]. Při dlouhém působení teplot  $70$  až  $90$  °C, může dojít k překrémování, kdy vzniká produkt velmi tuhý a nestabilní se sklonem k synerezi. [22, 25]

Dalším faktorem je míchání směsi surovin při samotném tavicím procesu. Může způsobit změny ve finální konzistenci výrobku. Garimella a kol popisují změny v konzistenci ihned po výrobě v závislosti na rychlosti míchání. Byly testovány 2 rychlosti míchání 450 a 1050 otáček za minutu (rpm). Při vyšších otáčkách míchadla byl finální výrobek tužší konzistence. Vzorčky byly podrobeny elektronové mikroskopii s cílem posoudit velikost tukových kuliček. Při otáčkách 1050 rpm, byly tukové kuličky menší, než při použití rychlosti míchání 450 rpm. Při vyšších otáčkách došlo současně k navýšení počtu tukových kuliček rozbitím těch velkých. [22, 61]

Doba tavení je také významný faktor ovlivňující konzistenci tavených sýrů. Při delším tavení dochází k přílišnému zmenšení tukových kuliček a výsledný produkt je pak tvrdší konzistence. [62, 63]

Rychlost chlazení výrobku po výrobě je další parametr ovlivňující výslednou konzistenci tavených sýrů. Při zchlazení ihned po výrobě vzniká dobře roztíratelná konzistence a při pomalejším chlazení vznikají výrobky s vyšší tuhostí. Proteiny v matrici interagují mezi sebou a vznikají další a pevnější vazby. Tyto vazby vznikají i při rychlém zchlazení, ale ve velmi omezeném množství, proto je u roztíratelných tavených sýrů důležité rychlé zchlazení na chladírenskou teplotu. [63]

## 2.5 Podmínky a doba skladování

Během skladování tavených sýrů dochází v proteinové matrici k rozličným změnám, které mohou pozměnit konzistenci výrobku. Obvykle dochází k postupnému nárůstu tuhosti [64]. Změna tuhosti konzistence je částečně způsobena hydrolýzou polyfosforečnanových tavicích solí, které byly použity pro výrobu tavených sýrů. Proces hydrolýzy začíná již při procesu tavení a dále pokračuje během skladování. Polyfosforečnany jsou postupně degradovány až na jednoduché fosforečnany. Když se snižuje počet fosforových skupin v řetězci, dochází také ke snižování afinity k vápenatým kationtům a postupně se uvolňují z tavicích solí. Uvolněné vápenaté kationty se opětovně naváží na proteinovou matrici a dojde k nárůstu tuhosti taveného sýru [64]. Z pohledu rostoucí délky skladování, je ovlivněno hydrolýzou i snižování pH výrobku, které také způsobuje vyšší tuhost finálního výrobku. Polyfosforečnany jsou zcela zhydrolyzovány po 7 až 10 týdnech skladování. [28, 32, 65, 64,]

Během skladování dochází také k odparu vody, to vede k tuhnutí struktury. Odpařování vody je podstatně ovlivněno délkou a teplotou uskladnění. Typem obalového materiálu se špatnými bariérovými vlastnostmi se může rychlost odpařování zvýšit. Např. tavený sýr balený do plátků a skladovaný při 20 °C během jednoho měsíce, ztratí 2 až 5 g·kg<sup>-1</sup> vody. [64]

Působením činnosti enzymů může nastat opačný trend, zlepšení roztíratelnosti. Během tavení je většina enzymového aparátu inaktivována. V průběhu skladování se mohou uplatňovat termostabilní proteolytické enzymy, které mohou štěpit proteiny v matici a tím dojde ke zvýšení roztíratelnosti tavených sýrů. [28, 64]

Awad a kol. uvádí, že se tuhost tavených sýrů zvyšuje s délkou skladování. Tento fakt vysvětluje snížením hodnoty pH, která je způsobena hydrolýzou tavicích solí. Významnější změny byly pozorovány u vzorků, které byly skladovány při pokojové teplotě 20 °C, než u vzorků skladovaných při chladírenských teplotách 7 °C [50]. Studium konzistence sterilovaných tavených sýrů se zabýval Buňka a kol., vzorky uchovávali po dobu 2 let při teplotě 8 a 23 °C. Tavené sýry skladované při 8 °C vykazovaly v průběhu skladování vzrůstající tuhost, u vzorků uchovávaných při 23 °C došlo po roce skladování k poklesu tuhosti. [65]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 CÍLE PRÁCE

Cílem této práce bylo studium změn vlastností tavených sýrů v závislosti na změně kombinace obsahu tuku pocházejícího z přírodního sýra a obsahu tuku standardizovaného pomocí másla. Naplnění tohoto cíle bylo rozděleno do dílčích úkolů:

- Vyrobit modelové vzorky tavených sýrů s konstantním poměrem tuku a sušiny, které obsahují různou koncentraci obalových materiálů tukových kuliček pocházejících z přírodního sýra
- Pozorovat vliv obalů tukových kuliček a stupně prozrálosti přírodních sýrů na vlastnosti modelových vzorků.
- Pozorovat změny vlastností modelových vzorků tavených sýrů v průběhu skladování.

## 4 METODIKA PRÁCE

### 4.1 Popis experimentu

Pro praktickou část této diplomové práce byly vyrobeny modelové vzorky tavených sýrů, které se lišily kombinací obsahu tuku pocházejícího z přírodního sýra a obsahu tuku standardizovaného pomocí másla. Modelové šarže s rozdílným zastoupením tuku pocházejícího z másla byly vyrobeny také v průběhu zrání základní suroviny – přírodního sýra. Celkem bylo vyrobeno 32 modelových šarží tavených sýrů, které se lišily (i) poměrem tuku z přírodního sýra a másla a (ii) stupněm zralosti přírodních sýrů. Všechny modelové šarže tavených sýrů byly vyrobeny s konstantním obsahem sušiny 35 % hmot. a obsahem tuku 50 % hmot. Modelové vzorky byly podrobeny základní chemické analýze, dále dynamické oscilační reometrii a roztékavosti. Všechny parametry byly u tavených sýrů sledovány 1. den po utavení pak 14., 28. a 56. den skladování.

### 4.2 Výroba vzorků tavených sýrů

Pro výrobu modelových vzorků tavených sýrů 35 hmot. % sušiny a 50 hmot. % tuku v sušině byly použity následující suroviny:

- přírodní nízkodohřívavý sýr o různé tučnosti (50, 45, 40, 35, 30, 20, 10 a 1 % tvs) a o různém stupni prozrálosti (14, 28, 56 a 84 dní od výroby)
- máslo čerstvé ( $\approx$  82 hmot. % tuku v sušině)
- pitná voda
- fosforečnanové tavicí soli (Fosfa, ČR):  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ , polyfosfát se střední délkou řetězce (20)

Výroba tavených sýrů byla provedena pomocí přístroje Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Halmen, Německo). Do tavicího kotle byl vložen rozkrájený přírodního sýra o definované tučnosti a byl po dobu 30 sekund dezintegrován při 3000 rpm. Po rozmělnění bylo přidáno máslo, tavicí soli a voda dle vypočtené surovinové skladby pro danou šarži. Tavení probíhalo za podtlaku při 3000 rpm do dosažení cílové tavicí teploty 85 °C s výdrží 3 minuty. Celková doba jednoho tavení trvala přibližně 15 minut. Připravená horká utavená směs byla ihned rozdělena do 16 polypropylenových kelímků. Po naplnění byly kelímky uzavřeny zažehlením hliníkovou fólií, popsány kódem výroby a číslem pořadí kelímku při dávkování. Šarže vzorků tavených sýrů byly pro zjednodušení popisovány písmeny od

začátku abecedy (od A po H) a číslem, které znázorňuje hmot. % tuku v sušině přírodního sýra (50, 45, ..., 1), kde vzorek označený A50 byl vyroben z přírodního sýra o tučnosti 50 % tvs, naopak H1 byl vyroben z přírodního sýra o tučnosti 1 %tvs. V Tabulce 1 je uvedeno značení vzorků tavených sýrů s ukázkou modelové skladby surovin pro jejich výrobu. Modelové vzorky tavených sýrů byly zchlazeny a po vychladnutí byly skladovány při teplotě  $6 \pm 2$  °C v chladničce.

*Tabulka 1. Modelová skladba použitých surovin pro výrobu tavených sýrů z přírodních sýrů zralých 14 dnů*

	přírodní sýr			máslo		voda	tavicí soli*
	přídavek [g]	sušina [%]	tvs [%]	přídavek [g]	tuk [%]	přídavek [g]	přídavek 3,05% na celkovou hmotu [g]
A50	300,00	53,83	51,55	14,00	82,00	210,00	16,5
B45	300,00	52,08	47,52	31,00	82,00	220,00	17,3
C40	300,00	51,74	43,00	50,00	82,00	245,00	18,7
D35	300,00	50,13	39,40	63,00	82,00	250,00	19,3
E30	300,00	49,63	30,22	100,00	82,00	305,00	22,2
F20	300,00	57,22	18,79	125,00	82,00	320,00	23,4
G10	300,00	46,32	12,95	160,00	82,00	365,00	26,0
H1	300,00	42,38	1,18	187,00	82,00	370,00	27,0

\* tavicích soli byly vždy aplikovány v konstantním poměru

Vzorky byly odebírány podle předem daného schématu (viz. Tabulka 2). Během každého odběrového dne bylo stanoveno pH, sušina, viskoelastické vlastnosti a roztékavost modelového vzorku taveného sýru. Základní chemická analýza byla provedena až po stanovení viskoelastivity a roztékavosti. Mezi jednotlivými stanoveními byly vzorky uchovávány v chladničce při teplotě  $6 \pm 2$  °C, aby nedošlo ke změně sledovaných parametrů.

*Tabulka 2. Rozdělení řady 16 vzorků pro jednotlivé odběrové dny\**

	1. den	14. den	28. den	56. den
viskoelastická	1 + 8	2 + 7	3 + 6	4 + 5
roztékavost	9 + 16	10 + 15	11 + 14	12 + 13

\* jednotlivá čísla značí pořadí kelímku při plnění taveným sýrem

### 4.3 Základní chemická analýza

Chemickou analýzou byla u modelových vzorků tavených sýrů sledována hodnota pH a obsah sušiny a jejich závislost na době skladování. Vzorky byly měřeny vždy 1., 14., 28. a 56. den skladování při teplotě  $6 \pm 2$  °C.

#### 4.3.1 Stanovení obsahu sušiny

Obsah sušinu byl vyjádřen jako hmotnostní podíl látek po vysušení vzorku do konstantní hmotnosti ( $m_{po\ suš.}$ ) ku hmotnosti před sušením ( $m_{před\ suš.}$ ) (rovnice 1). Obsah sušiny byl vyjádřen v procentech hmotnosti. Vzorky byly vysoušeny při  $105 \pm 2$  °C v horkovzdušné sušárně po dobu 5 hodin. Stanovení obsahu sušiny bylo provedeno podle normy ČSN EN ISO 5534 Sýry a tavené sýry – Stanovení celkové sušiny ve 3 opakováních pro každý odběrový den. [66]

$$sušina = \frac{m_{po\ suš.}}{m_{před\ suš.}} \cdot 100 \quad (1)$$

#### 4.3.2 Stanovení pH

Hodnota pH modelových vzorků tavených sýrů byla měřena pomocí vpichového pH-metru typu Spear se skleněnou elektrodou (Eutech Instrumens, Oakton Malaysia) při laboratorní teplotě. Měřily se vždy 2 vzorky z každé šarže ve třech opakováních. pH je definováno jako záporný dekadický logaritmus koncentrace oxoniových iontů neboli  $pH = -\log[H_3O^+]$ . Měřicí zařízení pracuje s předpokládanou chybou  $\pm 0,01$  jednotek stupnice pH.

### 4.4 Dynamická oscilační reometrie

Reologické vlastnosti vyrobených modelových vzorků byly stanovovány pomocí dynamické oscilační reometrie (Thermo Scientific Haake RheoStress 1) s měřicí geometrií deska-deska (průměr 40 mm, štěrbina 1 mm). Vzorek byl nanesen mezi statickou a oscilující desku reometru a na okraje vzorku byl aplikován silikonový olej zabraňující odparu vlhkosti z měřeného materiálu. Měření probíhalo za konstantních podmínek, tzn. při teplotě  $20,0 \pm 0,1$  °C, frekvencích 0,01 – 100 Hz a tlaku 20,0 Pa. Podmínky byly nastaveny tak, aby stanovení probíhalo v lineární oblasti viskoelasticity vzorků. Na reometru byly stanovovány elastický a ztrátový modul pružnosti.



## 4.5 Roztékavost

Roztékavost jako pojem vychází z anglického *meltability*, patří mezi funkční vlastnosti tavených sýrů stejně jako jejich analogů a patří mezi texturní vlastnosti. Roztékavost lze popsat jako snadnost toku sýra po novém zahřátí. Hodnocení roztékavosti bylo provedeno pomocí upraveného Schreiber testu. Na skleněnou podložku byla nanesena stejnoměrná vrstva vzorku a následně byl vzorek vložen do předem vyhřáté horkovzdušné sušárny na  $23,2 \pm 2$  °C po dobu 5 minut. Po ochlazení byly vzorky vyfotografovány a výsledky byly vyjádřeny jako stupeň roztékavosti  $S_R$  (rovnice 2) [67]. Stupeň roztékavosti byl dán poměrem plochy vzorku po záhřevu ( $S_1$ ) ku ploše vzorku před záhřevem ( $S_2$ ). Každý vzorek byl měřen dvakrát v jednom odběrovém dni.

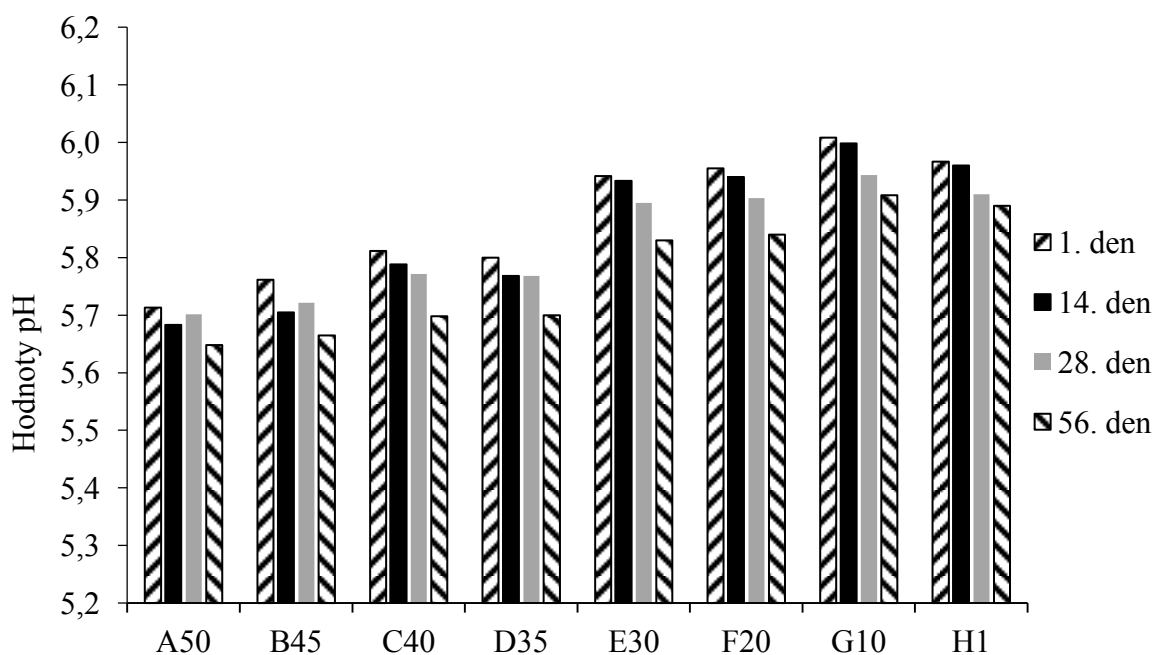
$$S_R = \frac{S_1}{S_2} \cdot 100 \quad (2)$$

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

V rámci této diplomové práce byly měřeny základní chemické parametry, viskoelastické vlastnosti a roztékavost modelových vzorků tavených sýrů a jejich závislost na délce skladování.

### 5.1 Výsledky chemické analýzy

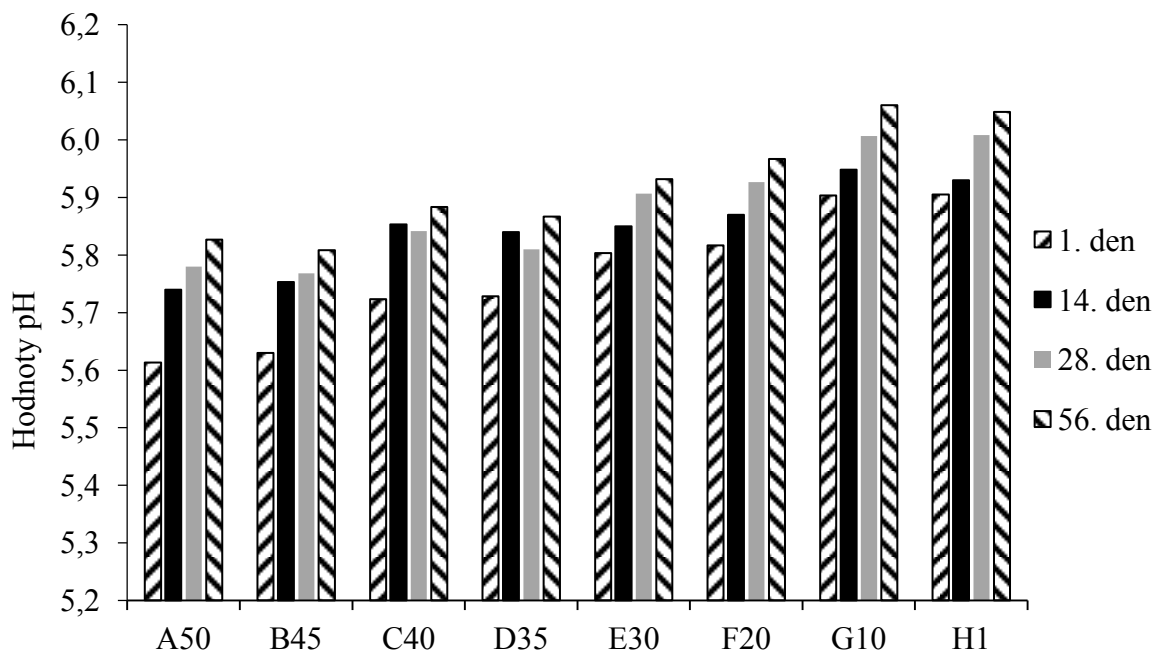
Chemickou analýzou byla u modelových vzorků tavených sýrů sledována hodnota pH a obsah sušiny a jejich závislost na době skladování. Vzorky byly měřeny vždy 1., 14., 28. a 56. den skladování při teplotě  $6 \pm 2$  °C. Níže (Obrázek 3 až 6) jsou vyobrazeny průměrné hodnoty pH. Optimální hodnota pH pro roztíratelné tavené sýry je 5,6 až 6,1 [22]. Dále (Obrázek 7 až 10) jsou pak vyobrazeny hodnoty stanovení obsahu sušiny.



Obr. 3. Hodnoty pH tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 14 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů)

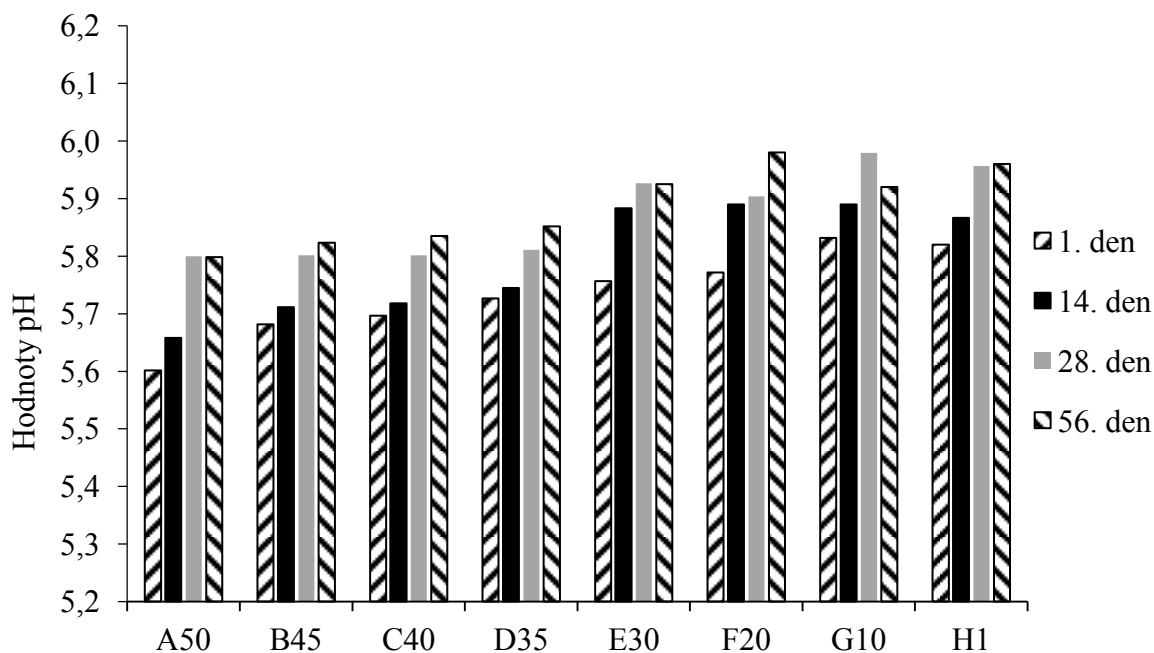
Na základě získaných dat (Obrázek 3) lze konstatovat, že hodnota pH u modelových vzorků vyrobených z přírodních sýrů zralých 14 dnů, postupně klesala až do posledního sledovaného dne skladování (56. den). Na druhou stranu hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů narůstaly v závislosti na rostoucím přídavku másla během výroby, resp. s klesajícím obsahem tuku v přírodním sýru. Ve srovnání s ostatními modelovými vzorky byly nejvyšší hodnoty pH v případě vzorku G10 po dobu celého skladování šarží vyrobe-

ných z přírodního sýra o zralosti 14 dnů (první skladovací den  $6,01 \pm 0,01$ , po 56 dnech skladování pokles na  $5,91 \pm 0,01$ ). Nejnižší hodnota pH byla stanovena pro první měřicí den u A50  $5,71 \pm 0,01$  a pH klesalo až k hodnotě  $5,65 \pm 0,01$ , stanovené 56. den skladování.



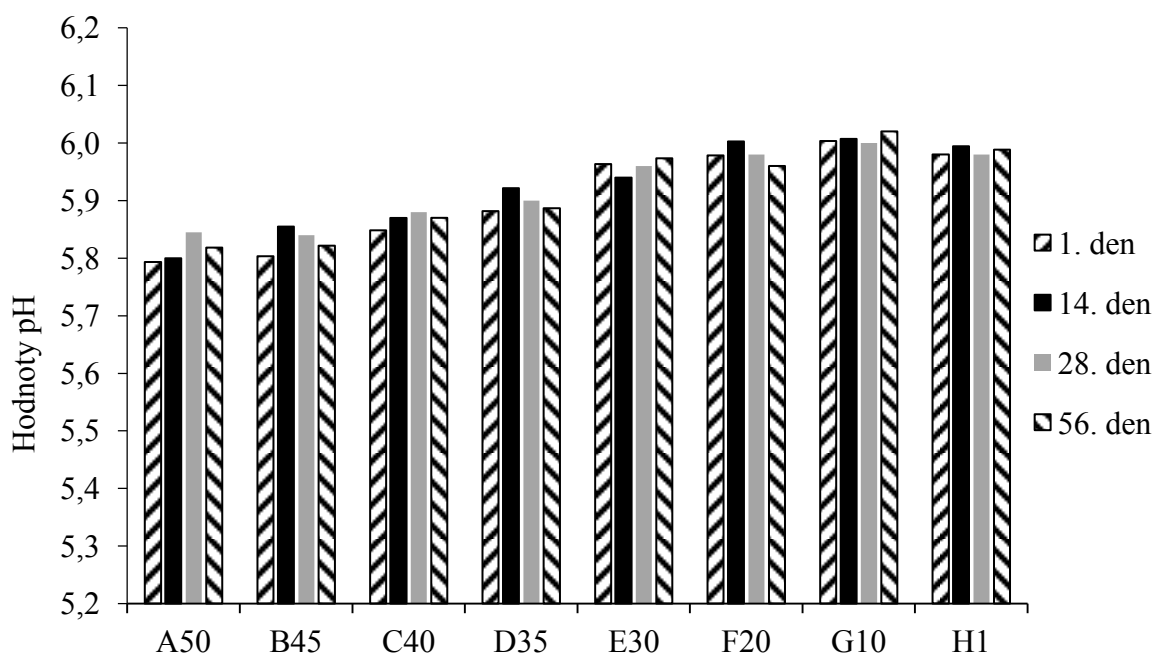
Obr. 4. Hodnoty pH tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 28 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů)

Z Obrázku 4 také vyplývá, že dochází k nárůstu hodnot pH modelových vzorků tavených sýrů v závislosti na snižujícím se obsahu tuku v použitém přírodním sýru ve zralosti 28 dnů. Nejnižší hodnoty pro první den skladování byly opět naměřeny u vzorku A50  $5,61 \pm 0,01$  a nejvyšší pH bylo u vzorku H10  $5,91 \pm 0,01$ . Ve srovnání se vzorky tavených sýrů vyrobených z přírodního sýra o zralosti 14 dnů, byl pozorován opačný trend vývoje pH v závislosti na době skladování. Hodnoty pH narůstaly s dobou skladování u všech tavených sýrů, přičemž nejvyšší hodnoty pH byly stanoveny na konci skladovacího experimentu, po 56 dnech skladování všech modelových vzorků vyrobených ze suroviny o zralosti 28 dnů.



Obr. 5. Hodnoty pH tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 56 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů)

V případě modelových tavených sýrů vyrobených z přírodních sýrů o zralosti 56 dní (Obrázek 5) byl pozorován stejný trend, jako u modelových vzorků vyrobených ze suroviny zralé 28 dnů měly (Obrázek 4). Nejnižší hodnoty pH pro první den skladování byly opět stanoveny u vzorku A50  $5,60 \pm 0,01$  a nejvyšší pH u vzorku G10  $5,83 \pm 0,01$ , přičemž s klesajícím obsahem tuku v přírodním sýru jako surovině rostla hodnota pH vyrobeného taveného sýra. Nárůst hodnot pH po dobu skladování byl rovněž podobný jako u modelových šarží vzorků vyrobených z přírodních sýrů o zralosti 28 dnů.



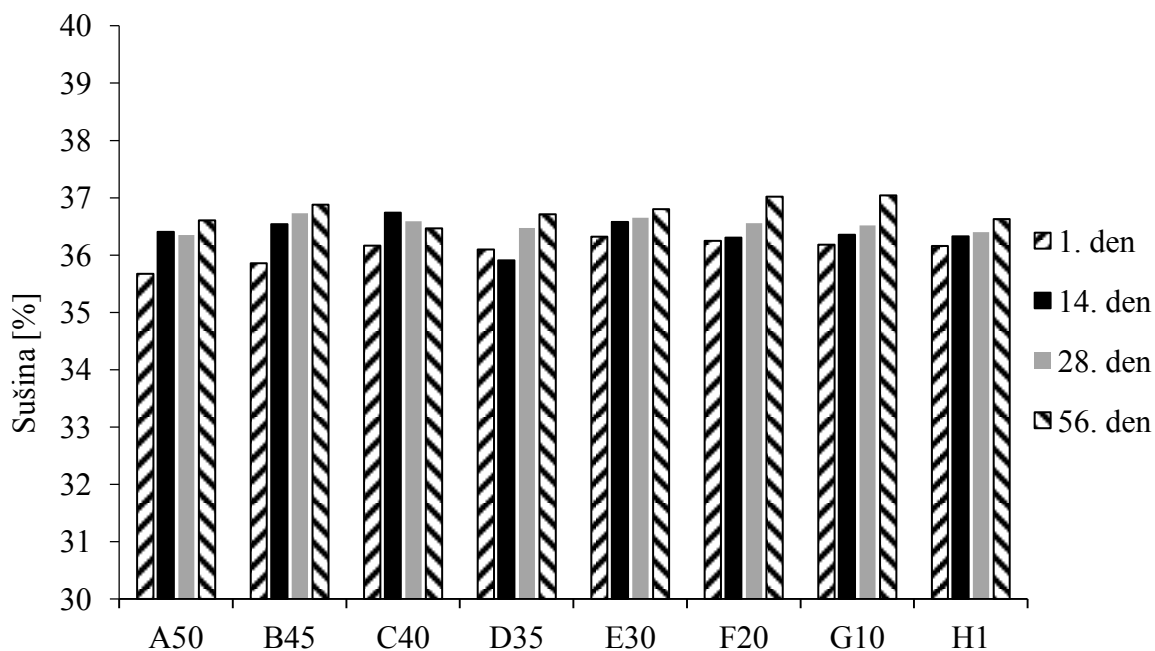
Obr. 6. Hodnoty pH tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 84 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů)

Na Obrázku 6 je znázorněn vývoj hodnot pH pro modelové vzorky vyrobené z 84 dnů zralých přírodních sýrů. I v případě těchto modelových šarží byl vidět obdobný vývoj hodnot pH v závislosti na tučnosti použitého přírodního sýra, který byl sledovaný i u ostatních modelových vzorků (zejména vyrobených ze suroviny o zralosti 28 a 56 dnů). Nicméně nebyly pozorovány výrazné změny pH v průběhu skladování jednotlivých šarží. Nejnížší hodnoty pH byly naměřeny u tavených sýrů vyrobených ze suroviny o nejvyšším obsahu tuku (pro první skladovací den u vzorku A50  $5,70 \pm 0,01$ ) a nejvyšší hodnota pH byla u vzorku G10 ( $6,00 \pm 0,01$ , 1. den po výrobě). Po 56 dnech skladování bylo nejnižší pH stanoveno u vzorků A50 a B45  $5,82 \pm 0,01$  a nejvyšší pH bylo stanoveno u vzorku G10  $6,02 \pm 0,01$ .

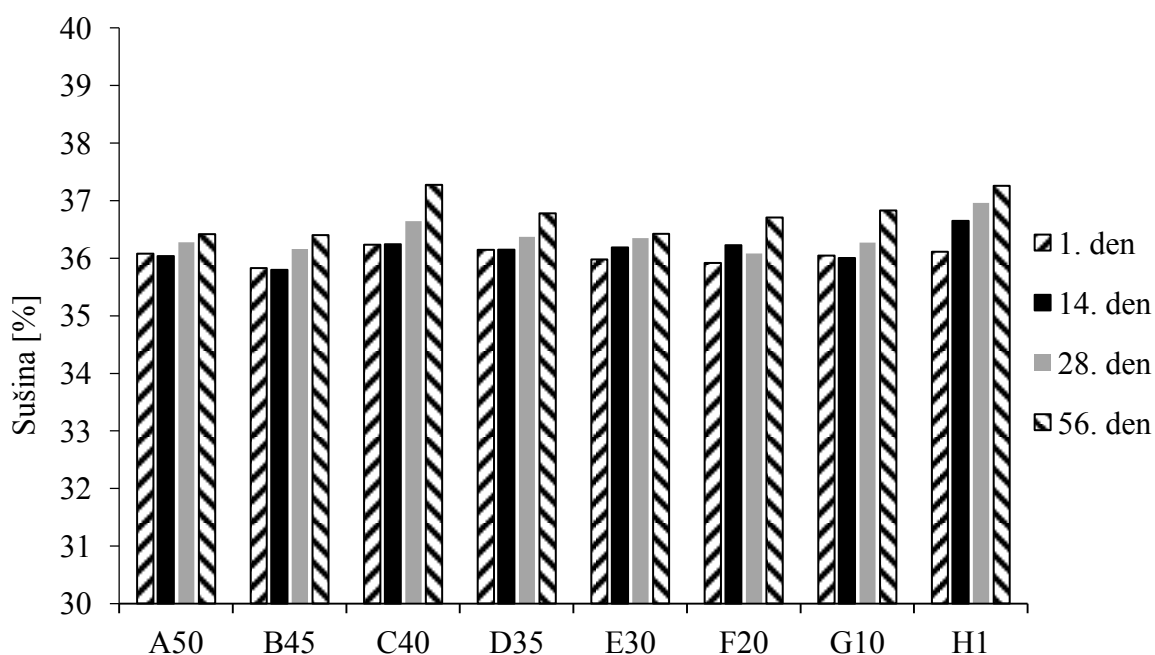
Pokles pH v průběhu skladování (Obrázek 3) lze vysvětlit hydrolýzou fosforečnanových tavicích solí v průběhu skladování [50]. Již během výroby tavených sýrů dochází k rozkladu polyfosforečnanů, rozkládají se postupně až na monofosforečnany, které mají rozdílnou pufrční schopnost. Důsledkem hydrolýzy polyfosforečnanů je pokles afinity tavicích solí k vápenatým iontům a snížená pufrční schopnost, což způsobí pokles pH. Toto popisují práce Muslow a kol. a Shirashoji a kol. [25, 28]

Změny hodnot pH tavených sýrů v závislosti na stupni zralosti použitých přírodních sýrů, mohou být způsobeny hlavně mikrobiálním rozkladem kyseliny mléčné v přírodních sý-

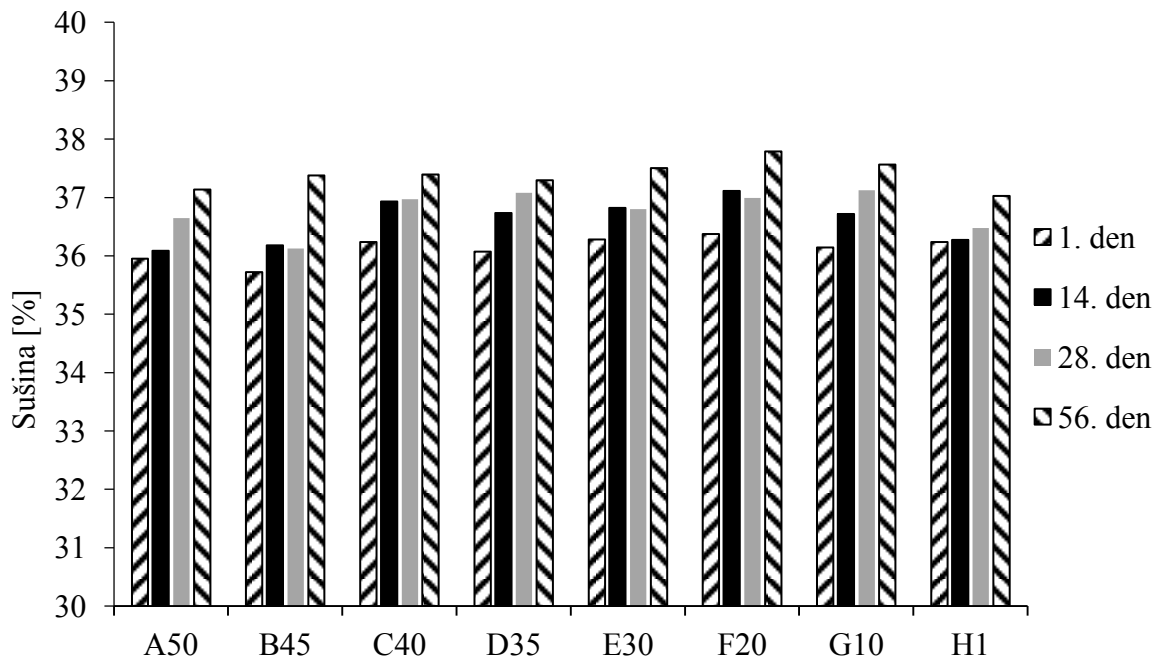
rech a proteolýzou kaseinů a vzniku volným aminokyselin a jejich rozkladných produktů (amoniak, aminy, atd.) během zrání přírodních sýrů [68]. Toto je jedna možná varianta chování hodnoty pH. Dalším důvodem může být přidavek polyfosforečnanu P20, který zvyšuje intenzitu negativního náboje na proteinové matici, čímž dochází k tvorbě uvolněné matrice s vyšší hodnotou pH. [17, 25, 69]



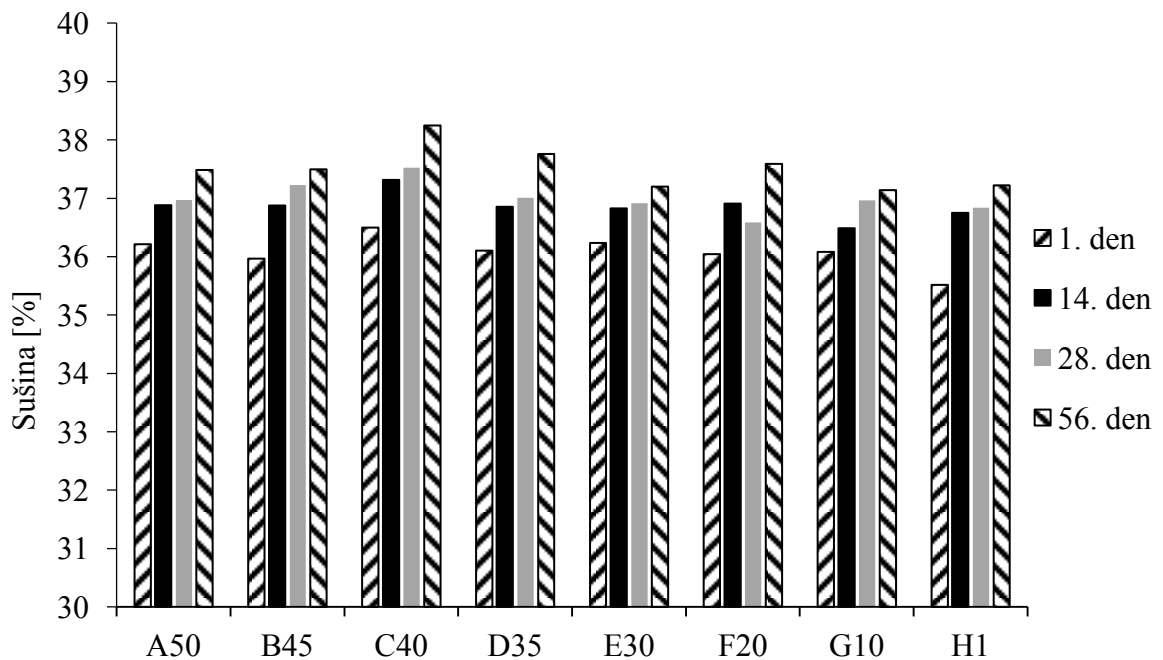
Obr. 7. Hodnoty sušiny tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 14 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů)



Obr. 8. Hodnoty sušiny tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 28 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů)



Obr. 9. Hodnoty sušiny tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 56 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů)



Obr. 10. Hodnoty sušiny tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 84 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů)

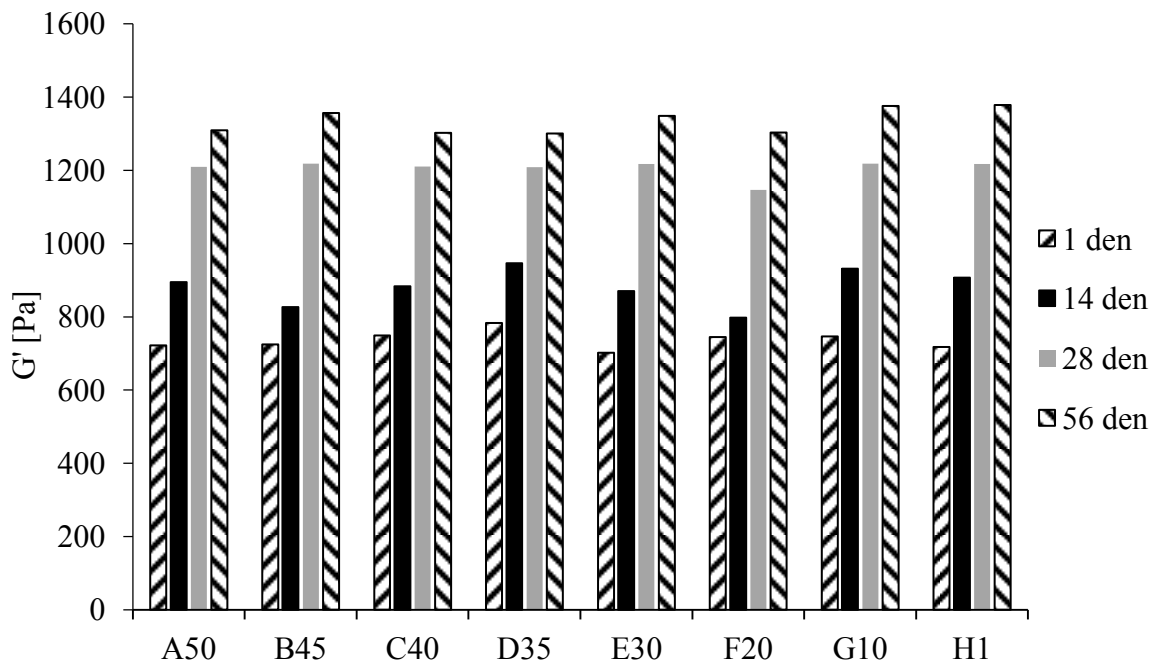
Z Obrázků 7 až 10 je patrný jednoznačný vývoj sušiny pro všechny modelové vzorky. S dobou skladování rostlo množství sušiny ve všech modelových vzorcích tavených sýrů bez ohledu na stupeň zralosti suroviny. První den skladování byla průměrná sušina pro vzorky vyrobené ze 14 dní zralých přírodních sýrů  $36,1 \pm 0,2$  hmot. %, tato hodnota se moc neliší u všech šarží modelových vzorků pro první den skladování. Další stanovení sušiny proběhlo 14. den skladování a průměrná hodnota sušiny již byla  $36,3 \pm 0,3$  hmot. %. V dalším skladování docházelo pouze k mírnému nárůstu sušiny (do 56. dne skladování). U vzorků vyrobených z 28 dnů zralého přírodního sýra byla sušina 1. den po utavení  $36,1 \pm 0,1$  hmot. %, po 14 dnech skladování byl průměrný obsah sušiny  $36,2 \pm 0,3$  hmot. %, při dalším stanovení (28. den skladování) byla průměrná hodnota sušiny  $36,4 \pm 0,3$  hmot. %. Na konci skladování (56. den) byla sušina na hodnotě  $36,8 \pm 0,4$  hmot. %. Totožný trend vývoje obsahu sušiny byl sledován také v případě tavených sýrů vyrobených z přírodních sýrů o zralosti 56 dní (po prvním dni skladování průměrný obsah sušiny  $36,0 \pm 0,2$  hmot. %, za 14 dnů byla průměrná sušina  $36,6 \pm 0,4$  hmot. %, po skladování 28 dnů byla stanovena sušina  $36,8 \pm 0,4$  hmot. % a 56. den skladování naměřena  $37,4 \pm 0,3$  hmot. %). Průměrné hodnoty sušiny u modelových vzorků tavených sýrů vyrobených z přírodních sýrů o zralosti 84 dnů byly pro 1. skladovací den  $36,1 \pm 0,2$  hmot. %, 14. den skladování  $36,9 \pm 0,3$  hmot. %, po 28 dnech skladování  $37,0 \pm 0,3$  a po 56 dnech skladování  $37,5 \pm 0,4$  hmot. %.

V průběhu skladování docházelo k nárůstu sušiny. Prozálost suroviny ani různý přídavek másla a v něm přítomných obalů tukových kuliček, neměl zásadní vliv na výslednou sušinu tavených sýrů. Nárůst sušiny během skladování byl pravděpodobně způsoben odparem vlhkosti ze vzorků. Odpar vody lze částečně omezit vhodným obalovým materiálem o nízké prostupnosti par nebo plněním vyšší vrstvy taveniny do skladovacích kelímků. Zajištění konstantní hodnoty sušiny je důležité pro dosažení standardnosti tavených sýrů, protože obsah sušiny má významný vliv na reologické vlastnosti tavených sýrů [38].

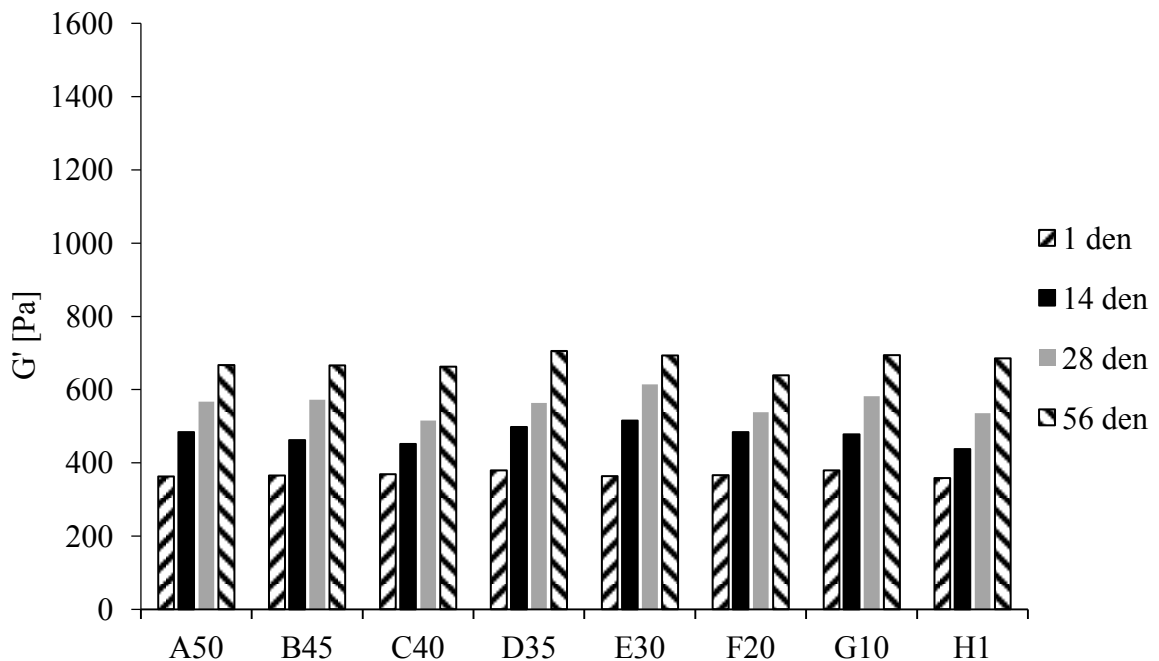
## 5.2 Výsledky dynamické oscilační reometrie

Na Obrázcích 11 až 14 jsou zobrazeny výsledky elastického ( $G'$ ) modulu pružnosti u modelových vzorků tavených sýrů v průběhu skladování (56 dnů). Při reologickém měření byl stanoven i ztrátový ( $G''$ ) modul pružnosti a tangenta fázového posunu. Pro lepší přehlednost dat byl vybrán jen elastický modul pružnosti při 1 Hz. Pro názornější porovnání vývoje parametru elastického modulu pružnosti, bylo použito jednotného rozsahu stupnice.

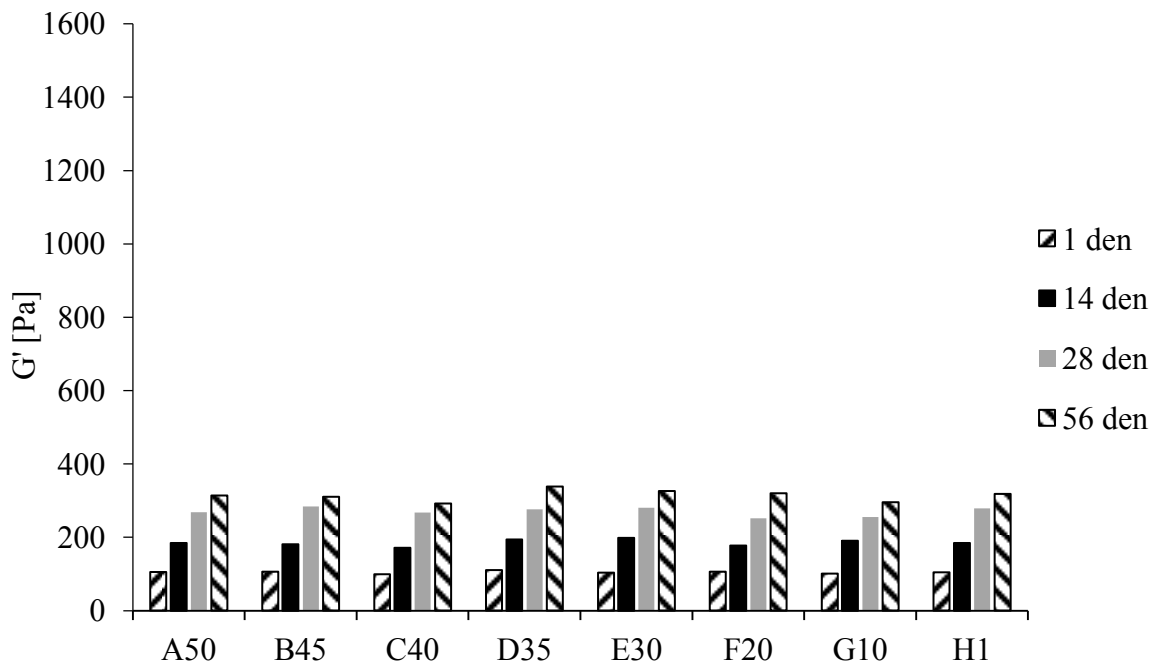




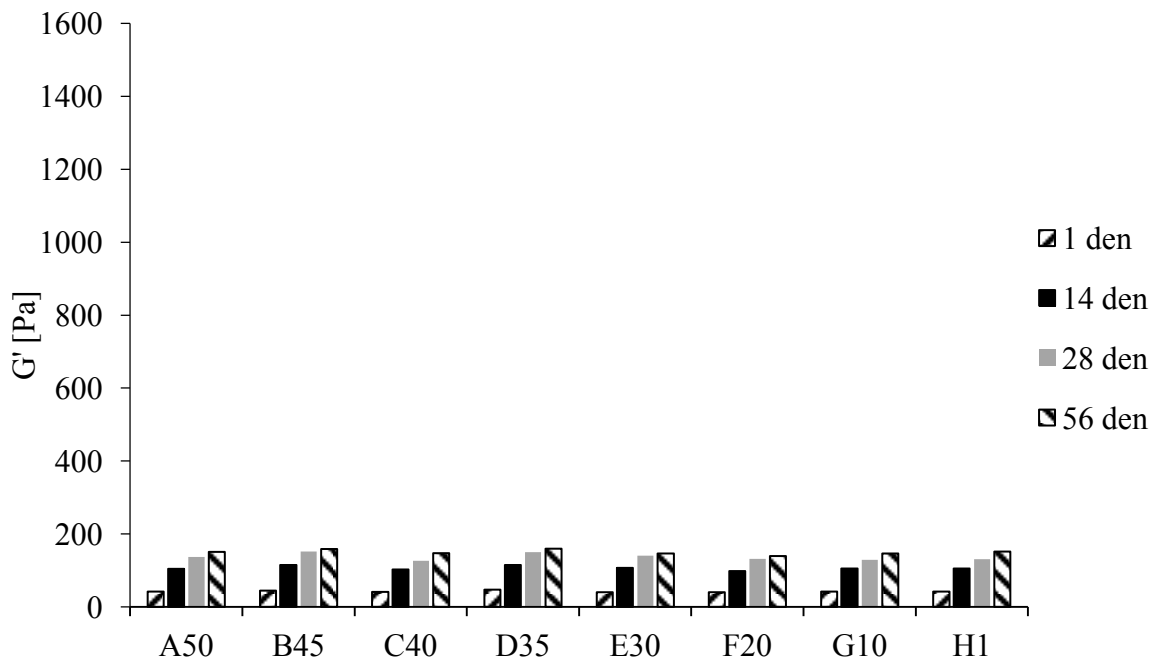
Obr. 11. Hodnoty elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 14 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů)



Obr. 12. Hodnoty elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 28 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů)



Obr. 13. Hodnoty elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 56 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů)



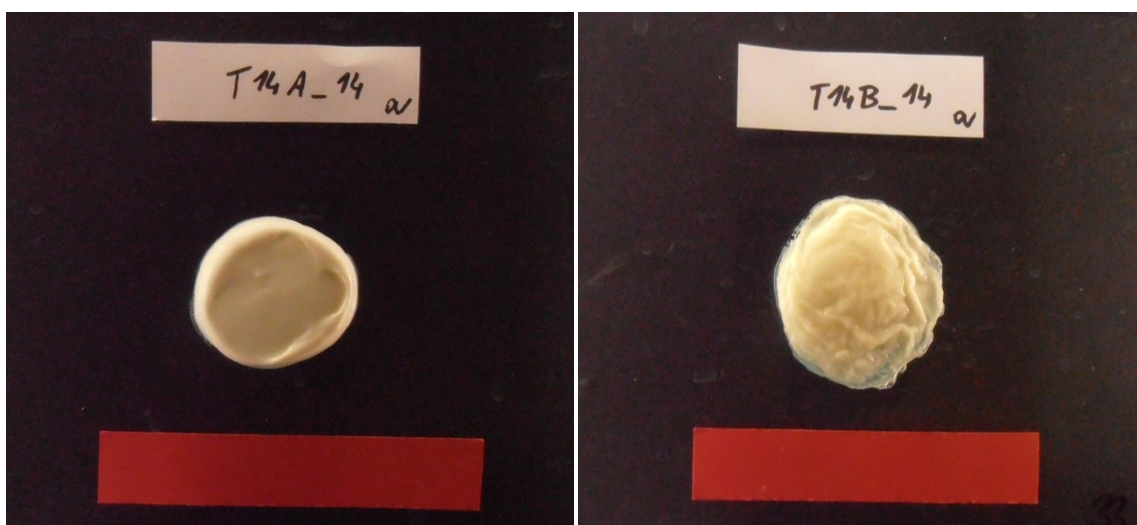
Obr. 14. Hodnoty elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 84 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů)

Z výsledků zobrazených na Obrázcích 11 až 14 můžeme konstatovat, že viskoelastické vlastnosti tavených sýrů nejsou závislé na množství obalů tukových kuliček. Nebyl tedy prokázán vliv původu tuku (resp. vliv kombinace tuku z přírodního sýra a másla) na reologické vlastnosti tavených sýrů. Modelové šarže, které byly vyrobeny ze suroviny o stejném stupni zralosti, a které se lišily zastoupením tuku z přírodních sýrů a másla, vykazovaly obdobný vývoj hodnot elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) v průběhu skladování. Z Obrázků 11 až 14 je ale současně patrný narůstající trend hodnot elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) v průběhu skladování modelových vzorků tavených sýrů. Tento jev je nejspíše ovlivněn nárůstem obsahu sušiny a rozkladem polyfosforečnanů na monofosforečnany, které již nemají takovou afinitu k vápenatým iontům, ty se následně opět naváží na proteinovou matici a vznikají silnější gely. Vazba vápenatých iontů na proteinovou matici během skladování, způsobuje silnější projev synergeze a v tavených sýrech pak narůstá elastický modul pružnosti. Toto tvrzení souhlasí dle studií Dimitreli, Lu a kol., Salek a kol., Buňka a kol. a Nagyová a kol. [27, 52, 60, 69]

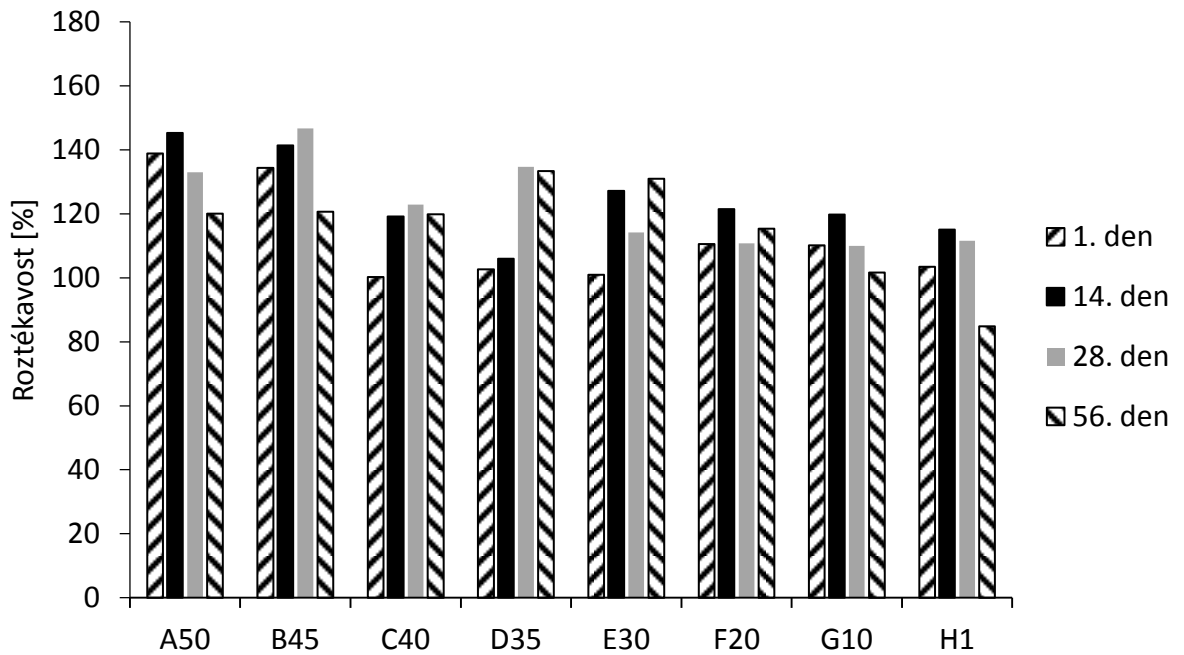
Současně byl pozorován významný vliv stupně zralosti suroviny (taveného sýra) na reologické vlastnosti modelových vzorků tavených sýrů. Nejvyšší hodnoty elastického modulu pružnosti byly stanoveny u modelových vzorků, vyrobených ze sýra zralého pouze 14 dnů ( $G'$  nad 700 Pa, 1. den po výrobě). Při použití suroviny s rozdílem zralosti pouhých 14 dnů (použitá surovina přírodní sýry 14 a 28 dnů zralé) byl sledován pokles ztrátového modulu tavených sýrů okolo 50 % (pokles  $G'$  ~700 Pa na ~360 Pa; vztaženo k hodnotám získaných první den po výrobě tavených sýrů). Se stupněm zralosti přírodních sýrů, použitých pro výrobu, docházelo k dalšímu dramatickému poklesu ztrátového modulu pružnosti (pokles  $G'$  na hodnotu ~40 Pa u šarží tavených sýrů vyrobených ze suroviny o zralosti 84 dní; stanoveno 1. den po výrobě tavených sýrů). Zvyšování tekutosti neboli snižování viskozity je způsobeno proteolýzou kaseinové matrice v přírodních sýrech [9]. Během zrání přírodních sýrů dochází k vytváření proteinových frakcí o kratší délce, což v důsledku vede k vytvoření proteinové matrice tavených sýrů s menší tuhostí Salek a kol. [69]. Tavený sýr vyrobený z prozřálé suroviny není při chlazení schopen vytvořit kompaktní gel a výrobek je pak tekutý až rozbředlý. Pro omezení tohoto jevu je možné kombinovat přírodní sýry o různém stupni zralosti, popř. použít kaseináty. [3, 28, 32, 70]

### 5.3 Výsledky roztékavosti

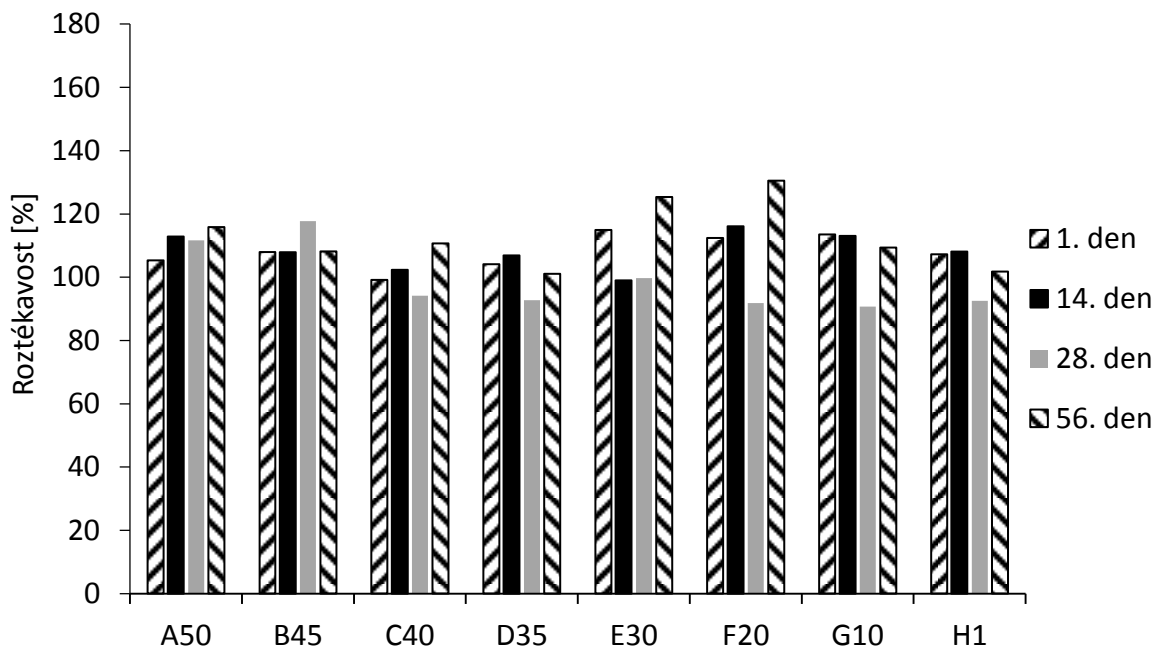
Jako příklad roztečení vzorků tavených sýrů jsou na Obrázku 15 zobrazeny fotografie modelového taveného sýra po 14 dnech skladování, který byl vyroben z přírodního sýra (tučnost 50 % tvs) o zralosti 14 dnů. Vlevo je znázorněn tavený sýr před působením tepla, který byl použit jako standard pro výpočet. V pravé části obrázku je zobrazen tavený sýr po rozpečení. Fotografie pořízené pro stanovení roztékavosti byly vyhodnoceny (rovnice 2) a výsledky byly uvedeny do grafů (Obr. 16 až 19), které prezentují vliv složení surovinové skladby na roztékavost.



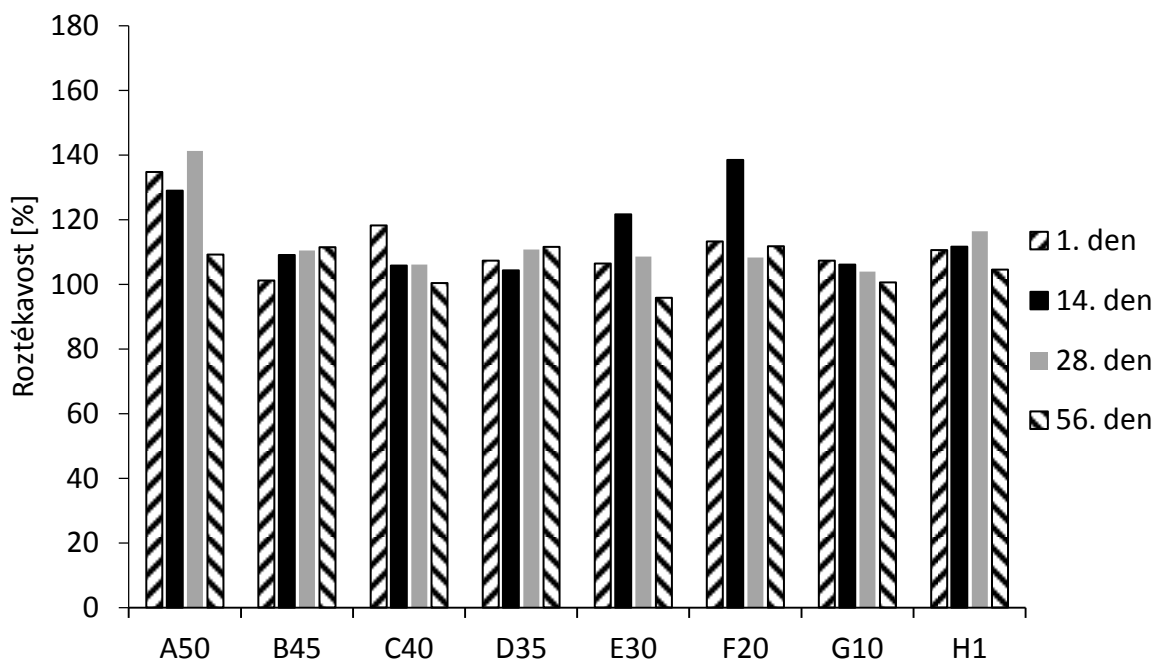
Obr. 15. Fotografie z měření roztékavosti modelových vzorků tavených sýrů. Vlevo vzorek před působením tepla, vpravo vzorek po působení tepla



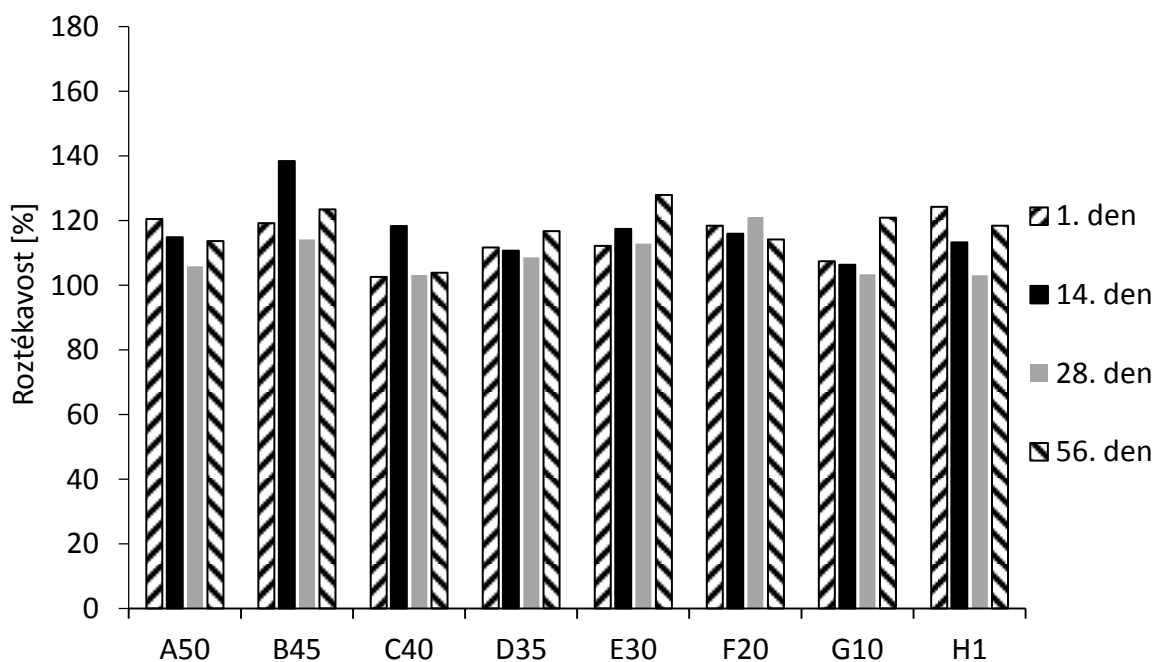
Obr. 16. Hodnoty roztékavosti tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 14 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů)



Obr. 17. Hodnoty roztékavosti tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 28 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů)



Obr. 18. Hodnoty roztěkavosti tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 56 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů)



Obr. 19. Hodnoty roztěkavosti tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 84 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů)

Z grafů pro roztěkavosti modelových vzorků tavených sýrů bohužel není vidět jasný trend. Z výsledků pro tavené sýry, které byly vyrobeny z přírodních sýrů o zralosti 14 dnů (Obrázek 16) lze pozorovat souvislost mezi přidavkem másla a obsahem tuku v přírodním

sýru jako surovině. S rostoucím přídavkem másla se snižovala roztékavost. Za toto chování tavených sýrů nejspíše mohou tukové kuličky, které byly v matici přírodního sýra. Tyto tukové kuličky pravděpodobně mohou intenzivněji rušit kontinuitu proteinové matrice přírodních sýrů s nízkým stupněm zralosti, a tím pak vzniká měkčí a roztíratelnější tavený sýr, jak uvádí Černíková a kol. [71]. Při použití přírodních sýrů o nižší tučnosti, roste množství proteinů, zvyšuje se schopnost emulgace systému jak uvádí Lee a kol [72]. U zralejších přírodních sýrů, pravděpodobně v důsledku proteolýzy během zrání, dochází ke snižování rozdílu v roztékavosti mezi jednotlivými šaržemi, vyrobených z různě tučných přírodních sýrů [73]. U větší části ostatních vzorků je viditelný klesající trend roztékavosti s dobou skladování. Tento jev je nejspíše ovlivněn nárůstem obsahu sušiny a rozkladem polyfosforečnanů na monofosforečnany, které již nemají takovou afinitu k vápenatým iontům, ty se následně opět naváží na proteinovou matici a vznikají silnější gely, které nepodléhají takovým změnám během záhřevu. Pro jasnější odhalení úlohy obalů tukových kuliček bych doporučil standardizaci hodnot pH u sledovaných šarží tavených sýrů, které ovlivňují texturní vlastnosti tavených sýrů a mohou mít zásadní vliv i na roztékavost. [27, 52, 60, 69]

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo posoudit vlastnosti tavených sýrů v závislosti na kombinaci obsahu tuku pocházejícího z přírodního sýra a obsahu tuku standardizovaného pomocí másla.

- S klesajícím obsahem tuku z přírodního sýra, rostla hodnota pH modelových vzorků tavených sýrů.
- V průběhu skladování docházelo k nárůstu obsahu sušiny u všech sýrů.
- S délkou skladování tavených sýrů se zvyšovaly hodnoty elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) modelových vzorků.
- Hodnoty elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) modelových vzorků tavených sýrů výrazně klesaly se stupněm zralosti suroviny.
- Nebyl prokázán vliv původu tuku v surovinové skladbě modelových vzorků tavených sýrů na viskoelastické vlastnosti.
- Byla pozorována souvislost mezi dobou skladování a roztékavostí.

Na závěr lze konstatovat, že vlastnosti tavených sýrů jsou zejména ovlivněny stupněm zralosti přírodního sýra, než původem mléčného tuku, použitého pro standardizaci tavených sýrů.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] KOPÁČEK, J., LIKLER, L., Tavené sýry – švýcarský vynález, ale tak trochu český fenomén. *Potravinářská revue*, 2010, č. 6, s. 33-35.
- [2] ZADRAŽIL, Karel. *Mlékařství: (přednášky)*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, 2002, 127 s. ISBN 8086642151.
- [3] KAPOOR, R., METZGER, L. E. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects – A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2008, vol. 7, No. 2, p. 194-214.
- [4] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje.
- [5] BUŇKA, F., ČERNÍKOVÁ, M., HLADKÁ, K., BUŇKOVÁ, L., Základní charakteristika tavených sýrů a jejich analogů. *Potravinářská revue*, 2010, č. 6, s. 29-32.
- [6] GAJDŮŠEK, S. *Mlékařství II*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1998, 135 s.
- [7] TAMIME, A. Y. *Processed cheese and analogues*. Ames: Wiley-Blackwell, 2011, 350 s.
- [8] FOX, P. F. *Cheese: chemistry, physics, and microbiology*. Volume 2, Major cheese groups. 3rd ed. San Diego: Academic, 2004, 434 s.
- [9] LEE, S. K., et al. *Changes in the rheology and microstructure of processed cheese during cooking*. *LWT-Food Science and Technology*, 2003, 36.3: 339-345.
- [10] GUNASEKARAN, Sundaram a M. Mehmet AK. *Cheese rheology and texture*. Boca Raton, FL: CRC Press, c 2003, 437 s.
- [11] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., KRÁČMAR, S. *Základní principy výroby tavených sýrů*, Folia MZLU, Brno, II, 2009.
- [12] ZHONG, Qixin; DAUBERT, Christopher R.; VELEV, Orlin D. Cooling effects on a model rennet casein gel system: part I. Rheological characterization. *Langmuir*, 2004, 20.18: 7399-7405.
- [13] Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin. Sbírka zákonů České republiky.

- [14] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách. *Úřední věstník Evropské unie*. 2008, L 354 s.
- [15] HOFFMANN, Wolfgang, Juliane GÄRTNER, Kristina LÜCK, Norbert JOHANNSEN a Andrea MAURER. Effect of emulsifying salts containing potassium on the quality of block-type processed cheese: Scientific and Technological Aspects—A Review. *International Dairy Journal* . 2012, vol. 25, issue 1, s. 66-72
- [16] ŠUSTOVÁ, Květoslava a Vladimír SÝKORA. *Mlékárenské technologie*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova univerzita, 2013, 223 s. ISBN 9788073757045
- [17] MIZUNO, R., LUCEY J. A. Properties of Milk Protein Gels Formed by Phosphates. *Journal of Dairy Science*. 2007, vol. 90, No. 10, p. 4524-4531
- [18] CUNHA, Clarissa R. a Walkiria H. VIOTTO. Casein Peptization, Functional Properties, and Sensory Acceptance of Processed Cheese Spreads Made with Different Emulsifying Salts: a review. *Journal of Food Science*. 2010, vol. 75, issue 1, 113-120
- [19] OLIVEIRA, M. Nogueira; USTUNOL, Z.; TAMIME, A. Y. Manufacturing Practices of Processed Cheese. *Processed Cheese and Analogues*, 2011, 148-178
- [20] SÁDLÍKOVÁ, Ivana, et al. The effect of selected phosphate emulsifying salts on viscoelastic properties of processed cheese. *LWT-Food Science and Technology*, 2010, 43.8: 1220-1225
- [21] FOX, P, John W FUQUAY a Hubert ROGINSKI. *Encyclopedia of dairy sciences*. Amsterdam: Academic Press, 2003, lx, 557 s.
- [22] GUINEE, T. P., CARIĆ, M., KALÁB, M. *Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products*. In Fox, P.F. (Ed.) *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. vol. 2, 3rd ed. Elsevier Applied Science, London and New York, 2004. p. 349-394.
- [23] BUŇKOVÁ, L., PLEVA, P., BUŇKA, F., VALÁŠEK, P., KRÁČMAR, S. Antibacterial effects of commercially available phosphates on selected 9 2 microorganisms. *Acta univ. agric. et Silv. Mendel. Brun.*, 2008, vol. LVI, no. 5, p. 19-24.
- [24] MOLINS, R. A. *Phosphates in food*. Boca Raton: CRC Press, 1991. 261 p. ISBN 084934588X

- [25] SHIRASHOJI, N., JAEGGI, J.J., LUCEY, J.A. Effect of Trisodium Citrate Concentration and Cooking Time on the Physicochemical Properties of Pasteurized Process Cheese. *J. Dairy Sci.*, 2006, vol. 89, no.1, p. 15-28.
- [26] LUCEY, J. A. a S. KALIAPPAN. Functionality of Ingredients: Emulsifying Salts. *Processed Cheese and Analogues*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2011-06-10, s. 110
- [27] BUŇKA F., BUŇKOVÁ L., Faktory ovlivňující konzistenci tavených sýrů. *Potravinářská revue*, 2012, 29-31
- [28] MULSOW, B.B., JAROS, D., ROHM, H. *Processed Cheese and Cheese Analogues*. In Tamime, A.Y. (Ed.) *Structure of Dairy Products*, 1st ed. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, 2007. p. 210-235
- [29] DIMITRELI, G., THOMAREIS, A.S. Texture evaluation of block-type processed cheese as a function of chemical composition and in relation to its apparent viscosity. *J. Food Eng.*, 2007, vol. 79, no. 4, p. 1364-1373
- [30] DIMITRELI, G., THOMAREIS, A.S. Effect of chemical composition on the linear viscoelastic properties of spreadable-type processed cheese. *J. Food Eng.*, 2008, vol. 84, no. 3, p. 368-374.
- [31] KAPOOR, R., METZGER, L. E., BISWAS, A. C. a MUTHUKUMMARAPPAN, K. Effect of Natural Cheese Characteristics on process Cheese Properties, *Journal of Dairy Science*, 2007, 90, 1625–1634.
- [32] CARIĆ, M. a KALÁB, M.. *Processed cheese products*. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. 2, Major Cheese Groups, 2nd ed. P.F.Fox, ed., Chapman & Hall, London, 1997, 467-505.
- [33] BRICKLEY, C. A., AUTY, M. A. E., PIRANO, P., McSWEENEY, P. L. H. The Effect of Natural Cheddar Cheese Ripening on the Functional and Textural Properties of the Processed Cheese Manufactured Therefrom. *Journal of Food Science*. 2007, vol. 72, p. 483-490.
- [34] FOX, P.F. a McSWEENEY, P.L.H. Proteolysis in cheese during ripening, *Food Reviews International*, 1996, 12, 457 – 509.
- [35] FORDE, A. a FITZGERALD, G.F. Biotechnological approaches to the understanding and improvement of mature cheese flavour. *Current Opinion in Biotechnology*, 2000, 11, 484–489.

- [36] SKLENÁŘOVÁ K., VÍTOVÁ, E., BUŇKA, F., DIVIŠOVÁ, R., Srovnání analytické a senzorické chutnosti tavených sýrových analogů. *Chemické listy*. 2012, vol. 106, s. 571.
- [37] BACHMANN, H. P. Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal*, 2001, 11, p. 505–515
- [38] LEE, S. K., ANEMA, S., KLOSTERMEYER, H. The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science and Technology*, 2004. Vol. 39, p. 763-771
- [39] LEE, S. K., KLOSTERMEYER, H. The effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese Spreads. *LWT – Food Science and Technology*, 2001. Vol. 63, No. 5, p. 288-292.
- [40] LOPEZ, Christelle. Milk fat globules enveloped by their biological membrane: Unique colloidal assemblies with a specific composition and structure. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. 2011, 391-404
- [41] SINGH, Harjinder. The milk fat globule membrane - A biophysical system for food applications. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. 2006, 154-163
- [42] HOLZMÜLLER, Wolfgang a Ulrich KULOZIK. Technical difficulties and future challenges in isolating membrane material from milk fat globules in industrial settings – A critical review. *International Dairy Journal* 2016, 51-66
- [43] MICHALSKI, Marie-Caroline, Bénédicte CAMIER, Jean-Yves GASSI, Valérie BRIARD-BION, Nadine LECONTE, Marie-Hélène FAMELART a Christelle LOPEZ. Functionality of smaller vs control native milk fat globules in Emmental cheeses manufactured with adapted technologies. *Food Research International* 2007, 191-202
- [44] LIVNEY, Yoav D., Emmanuelle RUIMY, Aiqian M. YE, Xiangqian ZHU a Harjinder SINGH. A milkfat globule membrane-inspired approach for encapsulation of emulsion oil droplets. *Food Hydrocolloids* 2017 121-129
- [45] PHAN, T.T.Q., T.T. LE, P. VAN DER MEEREN a K. DEWETTINCK. Comparison of emulsifying properties of milk fat globule membrane materials isolated from different dairy by-products. *Journal of Dairy Science* 2014, 4799-4810
- [46] FRENCH, S.J., LEE, K.M., DECASTRO, M., HARPER, W.J. Effects of Different Protein Concentrates and Emulsifying Salt Conditions on the Characteristics

- of a Processed Cheese Products. *Milchwiss.-Milk Sci. Int.*, 2002, vol. 57, no. 2, p. 79-83
- [47] LAZÁRKOVÁ, Zuzana, František BUŇKA, Leona BUŇKOVÁ, Felix HOLÁŇ, Stanislav KRÁČMAR a Jan HRABĚ. The effect of different heat sterilization regimes on the quality of canned processed cheese. *Journal of Food Process Engineering*. 2011, vol. 34, iss. 6, s. 1860-1878.
- [48] HENNING, D.R., BAER, R.J., HASSAN, A.N., DAVE, R. Major Advances in Concentrated and Dry Milk Products, Cheese, and Milk Fat-Based Spreads. *J. Dairy Sci.*, 2006, vol. 89, no. 4, p. 1179-1188
- [49] MAYER, K. Helmut. Bitterness in Processed Cheese Caused by an Overdose of a Specific Emulsifying Agent *International Dairy Journal*. 2001, s. 533-542
- [50] AWAD, R.A., Abd El-HAMID, L.B., El-SHABRAWY, S.A., SINGH, R.K. Texture and Microstructure of Block Type Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures. *LWT-Food Sci. Technol.*, 2002, vol. 35, no. 1, p. 54-61.
- [51] MARCHESSEAU, S., GASTALDI, E., LAGAUDE, A. a CUQ, J.L. Influence of pH on Protein Interactions and Microstructure of Process Cheese. *Journal of Dairy Science*, 1997, 80 (8), 1483–1489.
- [52] NAGYOVÁ G., BUŇKA F., KUCHAR D., GRÜBER T., Vliv fosforečnanového řetězce na texturní vlastnosti tavených sýrů. *Mlékařské listy*, 2012, 133
- [53] SWENSON, B.J., WENDORFF, W.L., LINDSAY, R.C. Effects of ingredients on the Functionality of Fat-free Process Cheese Spreads. *J. Food Sci.*, 2000, vol. 65, no. 5, p. 822-825
- [54] PHILLIPS, G. O., WILLIAMS, P. A. *Handbook of hydrocolloids*. Woodhead Publishing Limited and CRC Press. Boca Raton, 2009
- [55] LIU, H., XU, X.M., GUO, S.D. Comparison of full-fat cheese analogues with or without pectin gel through microstructure, texture, rheology, thermal and sensory analysis. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2008, vol. 43, no. 9, p. 1581-1592
- [56] GUSTAW, W., MLEKO, S. The effect of polysaccharides and NaCl on physical properties of processed cheese analogs containing whey proteins. *Milchwiss.-Milk Sci. Int.*, 2007, vol. 62, no. 1, p. 59-62

- [57] ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., PAVLÍNEK, V., BŘEZINA, P., HRABĚ, J., VALÁŠEK, P. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. *Food Hydrocolloids*, 2008, vol. 22, no. 6, p. 1054-1061
- [58] LU Y., SHIRASHOJI N., LUCEY J. A., Effect of pH on the Textural Properties and Meltability of Pasteurized Process Cheese Made with Different Type of Emulsifying Salts. *Journal of Food Science*. 2008, vol. 73, 363-369
- [59] BRICKLEY, C. A., GOVINDASAMY-LUCEY, S., JAEGGI, J. J., JOHNSON, M. E., McSWEENEY, P. L. H., LUCEY, J. A. Influence of Emulsifying Salts on the Textural Properties of Nonfat Process Cheese Made from Direct Acid Cheese Bases. *Journal of Dairy Science*. 2008, vol. 91, No. 1, s. 39-48.
- [60] DIMITRELI G., Effect of temperature and chemical composition on processed cheese apparent viscosity. *Journal of Food Engineering*. 2004, vol. 64, 265-271
- [61] GARIMELLA PURNA, S.K., POLLARD, A., METZGER, L.E. Effect of Formulation and manufacturing Parameters on Process Cheese Food Functionality – I. Trisodium Citrate. *J. Dairy Sci.*, 2006, vol. 89, no. 7, p. 2386-2396
- [62] BOWLAND, L. Eilene a Allen E. FOEGEDING. Small Strain Oscillatory Shear and Microstructural Analyses of a Model Processed Cheese. *Journal of Dairy Science*. 2001, roč. 84, č. 11, s. 2372-2380
- [63] ZHONG, Q., C.R. DAUBERT aI. FARKAS. Cooling Effects on Processed Cheese Functionality. *Journal of Food Process Engineering* 2004, s. 392-412
- [64] SCHÄR, W., BOSSET, J.O. Chemical and Physicochemical Changes in Processed Cheese and Ready-made Fondue during Storage. A Review. *LWT Food Sci. Technol.*, 2002, vol. 35, no. 1, p. 15-20.
- [65] BUŇKA, F., ŠTĚTINA, J., HRABĚ, J. The Effect of Storage Temperature and Time on the Consistency and Color of Sterilized Processed Cheese. *Eur. Food Res. Technol.*, 2008, vol. 228, no. 2, p. 223-229
- [66] ČSN EN ISO 5534, Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda), Český normalizační institut, Praha, 2005, 12 s.
- [67] ALTAN A., TURHAN M., GUNASEKARAN S. Short Communication: Comparison of Covered and Uncovered Schreiber Test for Cheese Meltability Evaluation. *Journal of Dairy Science*, 2005, vol. 88, 857-861

- [68] FENELON, Mark A a Timothy P GUINEE. Primary proteolysis and textural changes during ripening in Cheddar cheeses manufactured to different fat contents. *International Dairy Journal* 2000, 10(3), 151-158
- [69] SALEK, Richardos Nikolaos, Michaela ČERNÍKOVÁ, Vendula PACHLOVÁ, Zuzana BUBELOVÁ, Veronika KONEČNÁ a František BUŇKA. Properties of spreadable processed Mozzarella cheese with divergent compositions of emulsifying salts in relation to the applied cheese storage period. *LWT - Food Science and Technology* 2017, 77, 30-38
- [70] GUINEE, T.P., AUTY, M.A.E. a FENELON, M.A. The effect of fat content on the rheology, microstructure and heat-induced functional characteristics of Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, 2000, 10.
- [71] ČERNÍKOVÁ, Michaela, Jana NEBESÁŘOVÁ, Richardos Nikolaos SALEK, Lada ŘIHÁČKOVÁ a František BUŇKA. Microstructure and textural and viscoelastic properties of model processed cheese with different dry matter and fat in dry matter content. *Journal of Dairy Science* 2017
- [72] LEE, Siew Kim, Henning KLOSTERMEYER a Skelte G. ANEMA. Effect of fat and protein-in-water concentrations on the properties of model processed cheese. *International Dairy Journal* 2015, 50, 15-23
- [73] HLADKÁ, Kristýna, Zdeňka RANDULOVÁ, Bohuslava TREMLOVÁ, Petr PONÍŽIL, Pavel MANČÍK, Michaela ČERNÍKOVÁ a František BUŇKA. The effect of cheese maturity on selected properties of processed cheese without traditional emulsifying agents. *LWT - Food Science and Technology* 2014, 55, 650-656

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

tv <sub>s</sub>	tuk v sušině
fdm	fat in dry matter
hmot. %	hmotnostní procento
rpm	otáčky za minutu
S <sub>R</sub>	stupeň roztékavost
G′	elastický modul pružnosti
G″	ztrátový modul pružnosti
Hz	Herz
Pa	Pascal



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1. Schéma výměny vápenatých iontů za ionty sodíku při výrobě tavených sýrů. (A – aniont tavicí soli; NaA – sodná tavicí sůl, CaA – vápenatá tavicí sůl) [11] .....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 2. Schéma obalu tukových kuliček [42] .....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 3. Hodnoty pH tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 14 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů) .....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 4. Hodnoty pH tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 28 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů) .....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 5. Hodnoty pH tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 56 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů) .....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 6. Hodnoty pH tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 84 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů) .....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 7. Hodnoty sušiny tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 14 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů) .....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 8. Hodnoty sušiny tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 28 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů) .....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 9. Hodnoty sušiny tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 56 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů) .....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 10. Hodnoty sušiny tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 84 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů) .....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 11. Hodnoty elastického modulu pružnosti (<math>G'</math>) tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 14 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů) .....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 12. Hodnoty elastického modulu pružnosti (<math>G'</math>) tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 28 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů) .....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 13. Hodnoty elastického modulu pružnosti (<math>G'</math>) tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 56 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů) .....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 14. Hodnoty elastického modulu pružnosti (<math>G'</math>) tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 84 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů) .....</i>	<i>42</i>

- Obr. 15. Fotografie z měření roztékavosti modelových vzorků tavených sýrů. Vlevo vzorek před působením tepla, vpravo vzorek po působení tepla..... 44*
- Obr. 16. Hodnoty roztékavosti tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 14 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů) ..... 45*
- Obr. 17. Hodnoty roztékavosti tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 28 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů) ..... 45*
- Obr. 18. Hodnoty roztékavosti tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 56 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů) ..... 46*
- Obr. 19. Hodnoty roztékavosti tavených sýrů připravených z přírodních sýrů zralých 84 dnů v závislosti na použitých surovinách a délce skladování (56 dnů) ..... 46*

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1. Modelová skladba použitých surovin pro výrobu tavených sýrů z přírodních sýrů zralých 14 dnů.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabulka 2. Rozdělení řady 16 vzorků pro jednotlivé odběrové dny *</i>	<i>31</i>