

Reologické vlastnosti tavených sýrů v průběhu chlazení

Bc. Barbora Kozubíková

Diplomová práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Barbora Kozubíková**
Osobní číslo: **T17525**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Reologické vlastnosti tavených sýrů v průběhu chlazení**

Zásady pro vypracování

Experimentální práce

1. Vyroberte modelové vzorky tavených sýrů za různých procesních podmínek
2. Vyrobené vzorky chlaďte za řízených podmínek
3. Sledujte změny viskoelastických vlastností
4. Výsledky vhodně diskutujte

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] PISKA, I., ŠTĚTINA, J. Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering* [online]. 2004, 61, 551-555. ISSN: 0260-8774.
- [2] SUBRAMANIAN, R., MUTHUKUMARAPPAN, K., GUNASEKARAN, S. Linear viscoelastic properties of regular- and reduced-fat pasteurized process cheese during heating and cooling. *International Journal of Food Properties* [online]. 2006, 9(3), 377-393. ISSN: 1094-2912.
- [3] CIPRYSOVÁ, Z., BUŇKA, F., PAVLÍNEK, V., HUDEČKOVÁ, L., JANIŠ, R. The effect of selected hydrocolloids on the rheological properties of processed cheese analogues made with vegetable fats during cooling. *International Journal of Dairy Technology* [online]. 2013, 66(4), 484-489. ISSN: 1364-727X.
- [4] McSWEENEY, P. L. H., FOX, P. F., COTTER, P. D., EVERETT, D. W. *Cheese – Chemistry, Physics Microbiology* (4th Edition) Elsevier Academic Press, [online]. 2017. 1302. EL. ISBN 978-0-12-417017-9.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Richardos Nikolaos Salek, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **17. února 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 17. února 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato diplomová práce vypracovaná v rámci studia Chemie a technologie potravin na Technologické fakultě Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně se zabývá reologickými vlastnostmi tavených sýrů v průběhu chlazení. Teoretická část diplomové práce uvádí charakteristiku tavených sýrů, zabývá se jejich výrobou a faktory, jež ovlivňují jejich konzistenci. Praktická část práce popisuje přípravu modelových tavených sýrů a informuje o výsledcích chemické a reologické analýzy. Chemická a reologická analýza byla provedena po 1, 14, 28 a 60 dnech skladování. Reologická analýza v průběhu chlazení byla provedena pro teplotní interval od 80 °C do 8 °C.

Klíčová slova: tavený sýr, reologické vlastnosti, chlazení, skladování

ABSTRACT

This diploma thesis, written within the Chemistry and Food Technology studies at Faculty for Technology, Tomas Bata University in Zlín, deals with rheological characteristics of processed cheese during the cooling process. The theoretical part of the thesis presents characteristics of processed cheese, deals with its production and factors, which influence its consistency. The practical part describes a preparation of processed cheese models and informs about results of a chemical and a rheological analysis. The chemical and the rheological analysis was carried out after 1, 14, 28 and 60 days of storage. The rheological analysis during the cooling process was carried out for a temperature interval from 80 °C to 8 °C.

Keywords: processed cheese, rheological characteristics, cooling, storage

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěla moc poděkovat panu doktorovi R. N. Salkovi, za odborné konzultace, cenné rady a připomínky v průběhu vypracování této diplomové práce. Dále moje poděkování patří mojí rodině, která mi vytvořila klidné prostředí a poskytla nezbytnou podporu.

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| ÚVOD | 9 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 10 |
| 1 TAVENÉ SÝRY A JEJICH HISTORIE | 11 |
| 1.1 CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ | 12 |
| 1.2 ROZDĚLENÍ TAVENÝCH SÝRŮ | 13 |
| 2 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ | 14 |
| 2.1 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ | 14 |
| 2.1.1 Tavicí soli..... | 16 |
| 2.1.1.1 Tavicí soli na bázi fosforečnanů | 17 |
| 2.1.1.2 Tavicí soli na bázi citronanů..... | 17 |
| 2.1.2 Potravinářské přídatné látky..... | 18 |
| 2.1.2.1 Barviva..... | 20 |
| 2.1.2.2 Kyseliny | 20 |
| 2.1.2.3 Konzervanty..... | 20 |
| 2.1.2.4 Stabilizátory | 20 |
| 2.1.2.5 Zahušťovadla | 21 |
| 2.1.2.6 Hydrokoloidy | 21 |
| 2.1.3 Rework (nátavek)..... | 23 |
| 2.2 PROCES TAVENÍ..... | 23 |
| 3 KONZISTENCE TAVENÝCH SÝRŮ | 26 |
| 3.1 VYBRANÉ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KONZISTENCI TAVENÝCH SÝRŮ | 26 |
| 3.1.1 pH tavených sýrů..... | 26 |
| 3.1.2 Stupeň prozrálosti přírodního sýru..... | 27 |
| 3.1.3 Teplota a doba skladování..... | 27 |
| 4 CHLAZENÍ TAVENÝCH SÝRŮ | 29 |
| II PRAKTICKÁ ČÁST | 31 |
| 5 CÍL PRÁCE | 32 |
| 6 METODIKA A MATERIÁL PRÁCE | 33 |
| 6.1 CHEMICKÁ ANALÝZA | 34 |
| 6.2 STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU SUŠINY | 34 |
| 6.3 STANOVENÍ HODNOTY PH | 35 |
| 6.4 REOLOGICKÁ ANALÝZA..... | 36 |
| 7 VÝSLEDKY A DISKUZE | 38 |
| 7.1 VÝSLEDKY CHEMICKÉ ANALÝZY | 38 |
| 7.2 VÝSLEDKY DYNAMICKÉ OSCILAČNÍ REOMETRIE | 40 |
| 7.2.1 Chlazení..... | 40 |
| 7.2.2 Skladování..... | 45 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 7.3 | DISKUZE..... | 47 |
| 8 | ZÁVĚR..... | 50 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... | 51 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK..... | 58 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ..... | 59 |
| | SEZNAM TABULEK..... | 60 |
| | SEZNAM PŘÍLOH..... | 61 |

ÚVOD

Tavené sýry patří k velmi oblíbeným mléčným produktům, což dokazuje mimo jiné i jejich vysoká spotřeba. Například v České republice dosahuje až 2 kg na osobu za rok, což Českou republiku řadí ve spotřebě tavených sýrů na první světovou příčku.

Přednosti tavených sýrů spočívají v jejich praktickém spotřebitelském balení, roztíratelné konzistenci, dlouhé trvanlivosti a v širokém spektru chuťových variací, které tavené sýry nabízejí.

Cílem této diplomové práce bylo zjistit změny viskoelastických vlastností modelových tavených sýrů v průběhu chlazení a skladování.

Teoretická část diplomové práce je rozdělena do čtyř kapitol. První kapitola popisuje tavené sýry a jejich historii, charakteristiku tavených sýrů, rozdělení tavených sýrů. Druhá kapitola pojednává o technologii výroby tavených sýrů a zároveň se zabývá surovinami pro jejich výrobu, kterými jsou vedle sýrů a tuků také tavicí soli či potravinářské přídatné látky. Následující kapitola je věnována vybraným faktorům ovlivňujících konzistenci u tavených sýrů. Závěrečná kapitola teoretické části přináší informace týkající se chlazení tavených sýrů.

Praktická část diplomové práce se skládá ze dvou kapitol. První z nich, metodika a materiál práce, popisuje přípravu a průběh jednotlivých analýz. Byla provedena chemická analýza, při níž proběhlo stanovení celkového obsahu sušiny a stanovení hodnot pH modelových tavených sýrů. Pomocí reologické analýzy byly zjištěny jejich viskoelastické vlastnosti jak v průběhu chlazení, tak i skladování. Druhá kapitola praktické části přináší pohled na získané výsledky, které jsou v rámci diskuze porovnány s výsledky publikovaných prací.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TAVENÉ SÝRY A JEJICH HISTORIE

Historie výroby taveného sýru se datuje od roku 1911, když Walter Gerber a Fritz Stettler ze Švýcarska roztavili švýcarský sýr s použitím citronanu sodného jako emulgační soli, aby vytvořili hladký, homogenní produkt s prodlouženou trvanlivostí a našli tak alternativní využití přírodního sýru. V roce 1916 J. L. Kraft ze Spojených států začíná dávat tavený sýr Cheddar do plechovek s cílem zvýšit jeho skladovatelnost. Následně byl tento tavený sýr dodáván vojskům během I. Světové války. J. L. Kraftovi a pracovníkům z Phenix Cheese Co. byly v letech 1916 až 1938 uděleny patenty na výrobu taveného sýru ve Spojených státech [1].

Francie byla další zemí, která tavený sýr začala v roce 1917 vyrábět. Veselá kráva, jejíž výrobu tam v roce 1921 „odstartovali“, je známá dodnes. Dalšími zeměmi, které se začaly zabývat výrobou tavených sýrů, byly Německo v roce 1920 a Československo v roce 1923, kde první tavené sýry začala vyrábět firma Bloch ve Vodňanech [1].

Dnes se celosvětově vyrábí přibližně 2,5 mil. tun tavených sýrů a tavených sýrových pomazánek za rok. Největšími producenty tavených sýrů byly v roce 2016 Spojené státy americké a Evropská unie. Mezi naše nejznámější výrobce patří tavinry: Savencia Fromage & Dairy Czech Republic a.s, Salix s.r.o., TANY s.r.o., Madeta a.s. či Bel Sýry Česko a.s. v Želetavě [1,2].

V České republice bylo v roce 2017 vyrobeno 15,1 tisíc tun taveného sýru, vývoz tvořil 4,1 tisíc tun a dovoz 8,7 tisíc tun. Spotřeba taveného sýru v České republice tak činí přes 2 kg na osobu a rok, což Českou republiku řadí ve spotřebě tavených sýrů na první světovou příčku [3].



Obr. 1: Ukázka prvního balení taveného sýru [1]

1.1 Charakteristika tavených sýrů

Dle vyhlášky č. 397/2016 Sb. Ministerstva zemědělství v platném znění je tavený sýr definován jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí. Sýr se označuje názvem druhu (tavený sýr, tavený sýrový výrobek), obsahem tuku nebo tuku v sušině a obsahem sušiny. Případně je doplněna informace o použité ochucující složce. "Tavený sýrový výrobek" je produkt, který obsahuje více než 5 % laktózy. Přípustná odchylka množství sušiny u tavených sýrů může dosahovat nejvýše plus 4 % od údaje uvedeného na obalu. Záporné technologické tolerance se nepřipouští [4].

Předpisy Evropské unie určují jak požadavky na tepelné ošetření mléka a mléčných výrobků, tak udávají i definici tavicích solí. Teploty ošetření mléka a mléčných výrobků jsou stanoveny nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004, v platném znění. Toto nařízení stanovuje podmínky pasterace a také ošetření velmi vysokou teplotou (UHT). Pasterací se rozumí tepelné ošetření, kdy je dosaženo teploty 63 °C po dobu 30 minut nebo teploty 72 °C po dobu 15 sekund. Podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách, v platném znění, jsou tavicí soli látky, které převádějí proteiny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek. Tavicí soli patří mezi tzv. potravinářské přídatné látky. Ty lze pro různé druhy potravin používat v definovaném maximálním povoleném množství nebo v množství *quantum satis* (skutečnost, kdy není stanovena žádná maximální číselná hodnota). V seznamu potravinářských přídatných látek Evropské unie vedeném v přílohách II a III jsou potravinářské přídatné látky vedeny pod specifickým kódem (E kód). Tavicí soli používané k výrobě tavených sýrů (typu fosforečnanového) mají kódy E 338 – E 452 a lze je používat v množství maximálně 20 000 mg·kg⁻¹. Lze využít také citronany s kódovým označením E 331 – E 333 a E 380 a to v množství *quantum satis* [5,6].

Tradiční tavený sýr je vyroben ze směsi sýrů (např. Eidamská cihla, Ementál, Čedar, Moravský blok), tuku (např. máslo, smetana) pitné vody a emulgačních solí (např. sodné soli citronanů, fosforečnanů nebo polyfosforečnanů) případě ochucujících složek (např. šunka, niva, zelenina). Směs složek se míchá za sníženého parciálního tlaku a zahřívá se, až se dosáhne teploty tavení (obvykle mezi 90 a 100 °C). Následně se tato teplota udržuje po určitou dobu a má charakter pasterace. Po tavení se roztavená směs formuje, balí (např. kelímky, Alu-folie) a následně se ochladí obvykle pod 8 °C [2,7,8].

1.2 Rozdělení tavených sýrů

- 1) Tavené sýry se rozdělují podle obsahu tuku v sušině:
 - vysokotučné 60-70 %
 - plnotučné 45-55 %
 - polotučné 40% a méně
 - nízkotučné do 20 %
- 2) Podle použitých surovin
 - druhově pojmenovaný tavený sýr (základní surovina musí být jen sýr)
 - druhově nepojmenovaný tavený sýr (mohou být přidávány další složky jako máslo, máselný tuk, smetana, máselný koncentrát)
- 3) Podle použití ochucovacích přísad
 - neochucené
 - ochucené
- 4) Podle konzistence
 - roztíratelný
 - s lomem

[2,4,9]

Tab. 1: Členění sýrů na druhy, skupiny a poddruhy [10]

| | | |
|------------|------------------------------|----------------------------|
| SÝR | přírodní | čerstvý |
| | | zrající |
| | | zrající pod mazem |
| | | zrající v celé hmotě |
| | | s plísní na povrchu |
| | | s plísní uvnitř hmoty |
| | | dvouplísňový |
| | | v solném nálevu, bílý |
| | | pařený |
| | tvrdost | extra tvrdý (ke strouhání) |
| | | tvrdý |
| | | polotvrdý |
| | | poloměkký |
| | | měkký |
| | tavený | roztíratelný |
| | | s lomem |
| | tavený sýrový výrobek | |
| | syrovátkový | |

2 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ

Tavené sýry jsou komplexní systémy složené z bílkovin, tuku, minerálních solí a dalších ingrediencí. Jejich vlastnosti jsou ovlivněny mnoha proměnnými, jako je složení a povaha přírodního sýru, množství, složení a vzájemný poměr tavicích solí, výrobními postupy a dalšími faktory. Základem technologie výroby tavených sýrů je správné sestavení vstupních surovin podle daných receptur, které si tavní sýry převážně ponechávají jako „výrobní tajemství“. Příslušná receptura obvykle tvoří několik základních ingrediencí, kde největší podíl mají přírodní sýry, dále to jsou: máslo, pitná voda, smetana, sušené mléko, tvaroh a ochucující složka. Další částí technologického procesu je příprava zahrnující očištění, rozkrájení, rozemletí přírodního sýru, přidavek tavicích solí a dalších surovin dle receptury. Nakrájené sýry se melou na mlecích soupravách (válnové mlýny, kutry, koloidní mlýnky) a následně se dávkuje do tavicího zařízení. Ohřev na tavicí teplotu probíhá buď přímým vstřikem páry do díla nebo mezipláštěm. Po průběhu tavicího procesu se zkontroluje konzistence taveniny. Jestliže viskozita směsi vyhovuje, může se tavenina přepravit k balícím zařízením. Horká tavenina se nalévá do formovacích a balících strojů. Po zabalení se tavené sýry vychladí. Vzniklá tavenina musí být hladká s požadovanou viskozitou, z které nesmí být uvolňovány kapénky tuku, nesmí se rozpadat a lepit na obal. [2,9,11,12,13]

2.1 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

V České republice se nejčastěji pro výrobu tavených sýrů používají přírodní sýry, které se vyrábějí převážně z kravského mléka obsahujícího kaseinové a syrovátkové bílkoviny vznikající procesem tzv. sladkého srážení. Tento proces spočívá v aplikaci specifických enzymů a vysrážení kaseinové bílkoviny (α_1 -, α_2 -, β - a κ -kasein) z mléka. V průběhu zrání přírodních sýrů dochází ke změnám jejich organoleptických (biochemické a mikrobiologické pochody) a fyzikálně-chemických vlastností. K výrobě tavených sýrů jsou používány přírodní sýry v různých stupních zralosti. Nepříliš prozřálé přírodní sýry, které mají nižší výrobní náklady, tvoří stabilní matici, jsou tuhé a chuťově nevýrazné. Prozřálé přírodní sýry jsou dobře tavitelné, tvoří obvykle nestabilní síť a mají plnou chuť a výraznější aroma. Kombinací těchto přírodních sýrů získáme optimální směs pro výrobu tavených sýrů. Mezi nejčastěji používanými surovinami pro výrobu tavených sýrů se používají směsi sýrů holandského typu s nízkodohřívanou sýřeninou, mezi které řadíme sýry eidamského typu, pro něž je charakteristické sýření s přidavkem smetanového zákysu při

teplotě 30-33 °C a praní zrna za účelem snížení obsahu laktózy (tím se reguluje kyselost a vlastnosti sýrů). Sýřenina se s prací vodou přehřívá na 34-40 °C, podíl odpuštěné syrovátky je 20-40 % z celkového objemu mléka, přídavek vody je 50-80 % z odpuštěné syrovátky. Po vypuštění zrna na vany se provádí předlisování (20-30 minut) s tlakem 0,005-0,020 MPa, za vlastní lisování se považuje dalších 30 minut při postupně zvyšovaném tlaku do 0,040 MPa. Sýry se vyrábějí ve tvaru bochníku, koule, bloku. Sýry eidamského typu mají jemně nakyslou sýrovou chuť, ojedinělá (menší) oka a různou tučnost i smyslové vlastnosti. Sýry zrají v obalu a jejich minimální doba zrání je 5 týdnů. Typická chuť a vůně se projevuje až po 2 měsících. Mezi tyto sýry řadíme Eidam a Goudu (jejich názvy vznikly od holandských míst původu) [9]. Dále tam řadíme sýry typu Čedar. Tyto sýry se vyrábějí s vysokým stupněm prokysání během jejich zpracování, tzv. čedarizací. Při výrobě se přidává do mléka vyšší procento smetanového zákysu (až 2 %), dále se přidávají termofilní kultury *Lactococcus lactis*, *Streptococcus durans*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus helveticus* a *Lactococcus casei* v množství 0,02-0,03 %. Čedarizuje se při teplotě 32-33 °C 2-4 hodiny. Vypuštěné zrno se při teplotě dosoušení (40 °C) předlisuje v blocích, které se překládají, krájejí na menší hranoly, přitom probíhá prokysávání a odkapání syrovátky. Prokysaná sýřenina se pak mele na kousky, které se pak promíchávají se solí (2-5 %). Prosolené zrno se plní do forem vystlaných mulem a lisuje se. Sýry mohou být ve tvaru válce (sýry z farmy) nebo ve tvaru bloku (průmyslově vyrobené), balí se do voskových zracích obalů nebo fólií a zrají v chladném sklepě 5 - 12 měsíců. Původ těchto sýrů pochází z Velké Británie a názvy sýrů jsou odvozené podle místa původu (Cheddar, Chester, Leicester, Derby a Gloucester) [9,14].

Sýry s vysokodohřívanou sýřeninou jako jsou sýry typu Moravský bochník se vyrábějí ve formě bloku a zrají ve fólii z plastu při teplotě 12-14 °C, hmotnost bochníku je 12-25 kg. Moravský bochník má pevné a pružné těsto, malé množství ok (nebo žádná), jejich nasládlá chuť je málo výrazná. Používají se na plátkování nebo jako tavírenská surovina [9].

Další důležitou složkou jsou tavicí soli (kapitola 2.1.1), následuje pitná voda a další ingredience mléčného a nemléčného původu [8,13].

- 1) Ingredience mléčného původu: máslo, smetana, sušené mléko, sušená syrovátka, mléčný tuk, tvaroh
- 2) Ingredience nemléčného původu: maso, šunka, zelenina, bylinky, houby, koření, mořské plody [8]

Mezi ingredience nemléčného původu můžeme zařadit: antioxidanty (β -karoten), barviva, kyseliny, konzervanty, stabilizátory a zahušťovadla [6,8].

2.1.1 Tavicí soli

Používají se při výrobě tavených sýrů k zamezení oddělování tuku. Tavicí soli jsou jednou z nejdůležitějších přísad při výrobě taveného sýru, protože pokud by se tavicí soli při výrobě nepoužily, došlo by vlivem záhřevu a mechanického namáhání ke sledu reakcí, u kterých by byla nehomogenní hmota rozdělena na hydrofilní a hydrofobní část. Ve výrobě tavených sýrů mají tavicí soli několik zásadních funkcí (schopnost výměny iontů, stabilizaci pH, tvorby trojrozměrné struktury – krémování). Schopnost iontové výměny patří k nejdůležitějším vlastnostem tavicích solí, která je ovlivněna celou řadou faktorů (zajišťují iontovou výměnu vápenatých iontů v mléčné bílkovině za ionty sodné). Při výrobě tavených sýrů mohou být tavicí soli rozděleny do dvou typů: fosforečnany a citronany. K dosažení homogenní a stabilní struktury tavených sýrů je zapotřebí kombinovat dvě nebo více tavicích solí do směsi, aby se dosáhlo optimálních emulgačních charakteristik. Celkové množství tavicích solí se může pohybovat až do 3,5 % w/w v závislosti na parametrech hotového výrobku, surovinové směsi a použitých tavicích solí. V současné době jsou dávky tavicích solí pod 3,0 % w/w. V praxi se obvykle používá tavicí sůl, která je složená ze směsi tavicích solí. Určení vhodné směsi tavicích solí závisí na konkrétní surovinové skladbě a pH dané směsi, ale také na požadované konzistenci. K dalším faktorům, které mají vliv na skladbu tavicích solí, se řadí typ výrobního zařízení, způsob dopravy taveniny k balicím strojům, technologie balení, průběh chlazení taveniny atd. Konkrétní typy průmyslových tavicích solí nejsou výrobcům tavených sýrů obvykle dodávány jako jednotlivé fosforečnany nebo citronany, ale jako směsi několika látek. Přesné složení tavicích solí a míscí poměry jednotlivých látek jsou obchodním tajemstvím výrobců nebo dodavatelů tavicích solí. Tyto komerční směsi výrobci či dodavatelé charakterizují pouze pomocí účinnosti výrobku (výměny iontů, krémování, úprava pH). K dodavatelům tavicích solí v České republice patří MILCOM servis a.s. a společnost Fosfa a.s., která fosforečnany vyrábí. Správnou skladbu tavicích solí zajišťují zkušenosti tavicírenských mistrů, kteří musí vybrat správnou směs, tak aby finální tavený sýr měl požadované vlastnosti (konzistenci) [8,15,16,17].

2.1.1.1 Tavicí soli na bázi fosforečnanů

Fosforečnany (PO_4^{3-}) jsou soli odvozené od kyseliny trihydrogenfosforečné (H_3PO_4), které vzniknou odtržením tří atomů vodíku. Fosforečnany v tavených sýrech jsou schopné na sebe z prostředí vázat monovalentní a polyvalentní kationty kovů. Tyto tavicí soli mají podstatný vliv na vlastnosti proteinů (hydratace zvyšuje rozpustnost proteinů, podporuje tvorbu gelu, bobtnání bílkovin a emulgaci tuku) [16,18].

Fosforečnany při výrobě tavených sýrů lze rozdělit:

1. Monofosforečnany
2. Difosforečnany
3. Trifosforečnany
4. Polyfosforečnany

Soli kyseliny fosforečné obsahující jednu skupinu (PO_4^{3-}) nazývané jako (ortofosforečnany) do kterých se řadí látky: dihydrogenfosforečnan sodný (NaH_2PO_4), monohydrogenfosforečnan sodný (Na_2HPO_4), fosforečnan sodný (Na_3PO_4). Při vysoké teplotě může docházet ke ztrátám vody dvou různých ortofosforečnanů a může dojít k jejich kondenzaci. Pyrofosforečnany jsou kondenzované fosforečnany obsahující dvě skupiny (PO_4^{3-}). Difosforečnany, které se používají, při výrobě tavených sýrů patří látky: dihydrogendifosforečnan sodný ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$), monohydrogendifosforečnan sodný ($\text{Na}_3\text{HP}_2\text{O}_7$), difosforečnan sodný ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), polyfosforečnany vznikají polymerací ortofosforečnanů a delších řetězců fosforečnanů, čímž vznikají polymery s více jak dvěma fosfory v molekule [16].

2.1.1.2 Tavicí soli na bázi citronanů

Citronany jsou soli odvozené od trikarboxylové kyseliny citronové. Citronan sodný (E331) je bílá látka (krystalické nebo zrnkovité struktury), která se může vyskytovat i ve formě prášku s lehkou slanou chutí. V tavených sýrech plní funkci tavicí soli pro zlepšení roztíratelnosti. Tato látka je na vzduchu stálá a je bez zápachu. Citronan trojsodný se používá jako emulgační činidlo v procesu výroby sýrů, protože má nízkou afinitu k vápenatým iontům a nízkou schopnost zvýšit hydrataci bílkovin a tím se velmi blíží chováním ortofosforečnanům. Citran monosodný i disodný způsobuje rozklad emulze během tavení sýru kvůli vysoké kyselosti, vzniká nestabilní emulze, která velmi snadno uvolňuje vodu. Z těchto důvodů se obě látky používají pouze pro korekci příliš vysokého

pH u taveniny. Citran trojsodný se používá zvláště ve směsích s jinými tavicími solemi (polyfosforečnany). Při výrobě tavených sýrů jsou v největším množství použity tavicí soli fosforečnanů a citronanů, ale výjimku může tvořit kyselina vinná a její soli, u které je známo použití v případě tzv. „fondue“ [16,19,20].

2.1.2 Potravinářské přídatné látky

Potravinářské přídatné látky, ale také aroma, se přidávají pravidelně do surovinové skladby při výrobě tavených sýrů s cílem zvýšení kvality (prodloužení trvanlivosti, zlepšení vůně, chuti, barvy, textury, výživové hodnoty a technologických vlastností). Podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/ 2008 o potravinářských přídatných látkách jsou přídatné látky definovány jako látky, které nejsou obvykle určeny ke spotřebě jakožto potravina a není také používána jako charakteristická složka potraviny, zda má či nemá výživovou hodnotu, a jejíž záměrné přidání do potraviny z technologického důvodu při výrobě, zpracování, přípravě, úpravě, balení, dopravě nebo skladováním nebo pravděpodobně bude mít za následek, že se tato látka nebo její vedlejší produkty stanou přímo či nepřímo složkou této potraviny.

Při výrobě taveného sýru můžeme přidávat tyto složky: barviva, konzervanty, kyseliny, stabilizátory, zahuš'ovadla, želírující látky a aroma [6,13,21].

Při výrobě tavených sýrů používáme povolené množství potravinářských přídatných látek podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/ 2008 o potravinářských přídatných látkách, které se dělí na kategorie:

- 1) Skupina I. - quantum satis-skutečnost, že není stanovena žádná maximální číselná hodnota. Tyto látky se používají v souladu se správnou výrobní praxí (v množství nikoli větším, než je nezbytné pro dosažení zamýšleného účelu) a za předpokladu, že spotřebitel není uveden v omyl (Kyselina citronová (E330), Karagenan (E407), Estery mono a diglyceridů mastných kyselin (E472 e) atd.)
- 2) Skupina II. - potravinářská barviva, pro které není stanoveno nejvyšší množství (Amoniakový karamel (E150c), paprikový extrakt, Kapsanthin, Kapsorubin (E160c), Betanin (E 162) atd.).
- 3) Skupina III. - potravinářská barviva, pro která je stanovena kombinovaný maximální limit (Kyselina karmínová, karmíny (E 120) atd.).
- 4) Ostatní přídatné látky, jejichž regulace může být kombinována (Dusitan sodný (E 250), Nisin (E 234) atd.) [6].

Aromatické látky podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1334/ 2008 o látkách určených k aromatizaci a některých složkách potravin vyznačujících se aromatem jsou aromatické látky definovány jako chemické látky vyznačující se aromatem.

Látky určené k aromatizaci se dělí na:

- 1) Přírodní aromatické látky (přírodně se vyskytují a lze je najít v přírodě).
- 2) Aromatické přípravky (produkty jiné než aromatické látky, získávané z potravin nebo rostlinného či živočišného materiálu).
- 3) Látky určené k aromatizaci získané tepelným postupem (produkty získané tepelným postupem ze směsi složek (jedna obsahuje dusík a druhá je redukujícím cukrem), které se samy nemusí nutně vyznačovat aromatem).
- 4) Kouřové aromatické přípravky
- 5) Prekurzory určené k aromatizaci (nemusí se vyznačovat aromatem, přidávají se za účelem aromatizace prostřednictvím rozkladu nebo reakcí s ostatními složkami při zpracování potravin).
- 6) Jiné látky určené k aromatizaci (k přidávání do potravin za účelem dodání vůně nebo chuti, nespádají pod aromatické látky a prekurzory určené k aromatizaci).
- 7) Složky potravin vyznačující se aromatem (složka potravin je jiná než u látek určených k aromatizaci, používají se za účelem dodání vůně, chuti nebo jejich úpravy).

Látky určené k aromatizaci se vyrábí z materiálu rostlinného, živočišného, mikrobiologického nebo nerostného původu.

Aromatizaci lze docílit i vhodným fyzikálním procesem (záměrně neupravuje chemickou podstatu složek látek určených k aromatizaci).

Látky určené k aromatizaci musejí být v souladu se schválenými specifikacemi. Musí obsahovat údaje, podle kterých látku odpovídajícím způsobem identifikují (včetně původu). Látky určené k aromatizaci se mohou používat, pokud vyhovují požadavkům EFSA na bezpečnost (toxikologické testy). Tyto látky mohou obsahovat potravinářské přídatné látky povolené podle nařízení (ES) č. 1333/2008. Aromatickým látkám nejsou přiřazeny E-kódy [22].

2.1.2.1 *Barviva*

Barviva patří mezi látky, které potravině dodávají barvu nebo barvu obnovují. Barviva se získávají z potravin a dalších jedlých materiálů extrakcí fyzikální nebo chemické povahy, která má za následek selektivní oddělení pigmentů vzhledem k výživovým nebo aromatickým složkám. Mezi nejčastěji používaná barviva v tavených sýrech patří: annatto, paprikový extrakt, kapsanthin, kapsorubin [6].

Příklady používaných barviv [6]:

- Paprikový extrakt
- Kapsanthin
- Kapsorubin (E 160c)
- Amoniakový karamel (E150c)
- Betanin (E 162)
- Kyselina karmínová, karmíny (E 120)

2.1.2.2 *Kyseliny*

Kyseliny jsou látky, které zvyšují kyselost potravin nebo jí udělují kyselou chuť [6].

Příklady používaných kyselin [6]:

- Citronová (E330)
- Fosforečná (E338)

2.1.2.3 *Konzervanty*

Konzervanty jsou látky, které prodlužují trvanlivost potravin tím, že je chrání proti zkáze způsobené mikroorganismy nebo které chrání potraviny před růstem patogenních mikroorganismů. Například při výrobě tavených sýrů mohou být přidány: kyselina sorbová, nisin [6]

Příklady používaných konzervantů [6]:

- Dusitan sodný (E 250)
- Nisin (E 234)

2.1.2.4 *Stabilizátory*

Stabilizátory jsou látky, které umožňují udržovat fyzikálně-chemický stav potravin. Umožňují udržet jednotný rozptyl dvou nebo více navzájem se nesměšujících látek v potravinách. Jsou to látky, které stabilizují, udržují nebo zintenzivňují stávající barvu

potravin, a také látky, které zvyšují pojivost určité potraviny. Například při výrobě tavených sýrů mohou být přidány stabilizátory: estery mono a diglyceridů mastných kyselin [6].

Příklady používaných stabilizátorů [6]:

- Estery mono a diglyceridů mastných kyselin a, b, c, d, e, f (E472), (E472e)

2.1.2.5 Zahušť'ovadla

Zahušť'ovadla jsou látky zvyšující viskozitu potraviny. Příklady používaných zahušť'ovadel [6,23]:

- Karboxymethylcelulóza (E466)

2.1.2.6 Hydrokoloidy

Hydrokoloidy jsou biopolymery sacharidické nebo bílkovinné povahy, vykazující vysokou vaznost vody a schopnost tvorby gelu. Získávají se extrakcí rostlin (obilné guma, arabská guma, pektinové látky, glukomannany, galaktomannany, atd.) mořských řas (agar, karagenan, algináty, furcellaran) a mikroorganismů (dextran, xanthan, gellan, welanová guma, atd). Mezi nejvíce používané hydrokoloidy v tavených sýrech patří: agar, furcellaran, karagenany, škroby, arabská guma, pektiny, kazeinany. V potravinářském (mlékárenském) průmyslu jsou využívány z důvodu udržení požadované stability, textury a konzistence taveného sýra. V praxi jsou hydrokoloidy používány samostatně či ve směsích v maximálních koncentracích do 1 % w/w [8,24,25].

Agar

Agar je polysacharid, který řadíme do hydrokoloidů. Tento polysacharid je extrahován z červených řas *Rhodophyceae* rodu *Gracilaria*, *Gelidium* nebo *Pterocladia*. V potravinářství je agar využíván pro jeho schopnost tvořit gel, který vzniká ochlazením horkého vodného roztoku. Tyto agarové gely jsou reverzibilní (rozpustí se při ohřevu a u ochlazení opět tvoří gel bez změn jeho mechanických vlastností). Ve studené vodě je agar rozpustný, zatímco v horké vodě kvůli hydrataci vytváří náhodné spirály [25].

Karagenany

Patří z hlediska mlékárenského průmyslu k nejvyužívanějším polysacharidům (lineární polysacharid) Karagenany se extrahují z červených mořských řas (*Rhodophyceae*). Nejčastěji se jedná o řasy rodu *Euchema* (produktem řas κ - a λ - karagenan) *Gigartina*, *Chondrus* (produktem řas κ - a ι - karagenany), které se navzájem liší strukturou. Karagenany se skládají z β -D-galaktopyranózy a 3,6 -anhydro- α -D-galaktopyranózy (disacharid karabióza) spojenými vzájemně β -(1 \rightarrow 4) glykozidickými vazbami. Karabiózy jsou spojovány glykozidickými α -(1 \rightarrow 3) vazbami. Jednotlivé molekuly mohou nebo nemusí nést sulfátovou skupinu. Dle poměru hydroxylových a sulfátových skupin a 3,6-anhydrogalaktózových zbytků se liší fyzikálně-chemické vlastnosti jednotlivých typů karagenanů, které mají vliv na teplotu, iontovou sílu a pH prostředí. Tyto parametry určují teplotu přechodu (coil-to-helix transition), která se pohybuje v rozmezí od 35 do 55 °C. Při dosažení této teploty přecházejí κ - a ι - karagenany z neuspořádané formy do formy uspořádané, při níž dochází k tvorbě gelu. Lambda-karagenan je situovaný pouze v neuspořádané podobě a vytváří pouze viskózní disperze. V potravinářství se karagenany řadí mezi potravinářské přídatné látky (E 407). Mezi nejčastěji využívané patří κ -kappa, ι -iota a λ -lambdakaragenan. V potravinářství při výrobě tavených sýrů se mohou karagenany používat: pro zvýšení tuhosti konečného výrobku, stabilizaci struktury tavených sýrů v případě snížení obsahu přírodního sýru a ke snížení lepivosti taveno sýru k obalu. Karagenany v tavených sýrech se používají v koncentracích 0,1 – 1,0 % w/w [8,25,26,27].

Tab. 2: *Přídavné látky a jejich maximální množství v tavených sýrech [6]*

| Číslo označení E | Název | Maximální množství (mg/kg nebo mg/l) | Poznámky | Omezení | |
|------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|--|----------------------------|
| Skupina I | Přídavné látky | | | | |
| Skupina II | Barviva v quantum satis | quantum satis | | pouze ochucené tavené sýry | |
| E 100 | Kurkumin | 100 | Maximální přípustné množství jednotlivě nebo v kombinaci: E 100, E 102, E 120, E 122, E 160e a E 161b. | pouze ochucené tavené sýry | |
| E 102 | Tartrazin | 100 | | | |
| E 120 | Košenila, kyselina karmínová, karmíny | 100 | | Maximální limit pro hliník pocházející z přídavné látky E 120 košenila, kyselina karmínová, karmíny, ve formě hliníkových laků, je 1,5 mg/kg. Nesmí se používat žádné jiné hliníkové laky. Pro účely čl. 22 odst. 1 písm. g) tohoto nařízení se uvedený limit použije od 1. února 2013. Pouze ochucené tavené sýry | |
| E 122 | Azorubin (Carmoisin) | 100 | | | |
| E 160e | β -apo-8'-karotenal (C30) | 100 | | | pouze ochucené tavené sýry |
| E 161b | Lutein | 100 | | | |
| E 160d | Lykopen | 5 | | | pouze ochucené tavené sýry |

Tab. 2 (pokračování): *Přídavné látky a jejich maximální množství v tavených sýrech* [6]

| Číslo označení E | Název | Maximální množství (mg/kg nebo mg/l) | Poznámky | Omezení |
|------------------|---|--------------------------------------|--|---------|
| E 160a | Karoteny: i) směs karotenů ii) β -karoten | quantum satis | | |
| E 160c | Paprikový extrakt, kapsanthin, kapsorubin | quantum satis | | |
| E 160b | Annatto, bixin, norbixin | 15 | | |
| E 200 – 203 | Kyselina sorbová – sorbany | 2.000 | Přídavné látky lze přidat jednotlivě nebo v kombinaci. Maximální množství se vztahuje na součet a množství jsou vyjádřena jako volné kyseliny. | |
| E 234 | Nisin | 12,5 | Tato látka se může nacházet v některých sýrech v důsledku procesů fermentace. | |
| E 338 – 452 | Kyselina fosforečná – fosforečnany – di-, tri- a polyfosforečnany | 20.000 | Přídavné látky lze přidat jednotlivě nebo v kombinaci. Maximální množství je vyjádřeno jako P2O5. | |
| E 427 | Guma Cassia | 2.500 | | |
| E 551 - 553 | Oxid křemičitý – křemičitany | 10.000 | Přídavné látky lze přidat jednotlivě nebo v kombinaci. | |

2.1.3 Rework (nátavek)

Jedná se o taveninu nebo tavený sýr, kde proběhlo tepelné ošetření za přítomnosti tavicích solí. Jsou dva způsoby zařazení do surovinové skladby: ulpělý zbytek taveniny z minulého výrobního cyklu, případně záměrným přídavkem taveného sýru. Funkce v tavičenské výrobě je zjemňování výsledné taveniny [13,28].

2.2 Proces tavení

Surovina s přísadami, která je připravena na tavení se vloží do tavičky. Jestliže se proces tavení bude provádět diskontinuálním způsobem (častější) je tavička opatřená duplikátorovým pláštěm, ve kterém probíhá vyhřívání parou. Tavička sýrů kromě duplikátorového pláště je vybavena přímým vstřikem páry a nožem, který zajišťuje rozmělnění vstupních surovin na homogenní směs. Dobře rozmělněná homogenní směs pak snižuje dobu tavení a zajišťuje hladší konzistenci výrobku. Tavení probíhá za vakua, kde se vytváří podtlak 0,04-0,05 MPa. Teplota tavení se stanovuje přibližně od 71 °C až do 115 °C záleží na druhu sýru a způsobu tavení, obvykle se využívá teplota mezi 90-105 °C. Doba tavení je pak 5-15 minut. V případě použití kontinuální výrobní linky je příprava surovin podobná jako u prvního procesu. Surovinová skladba se musí nejprve předeheat na

teplotu v rozmezí 70-90°C, následuje posunutí do UHT-jednotky, kde ohřev pokračuje přímým vstřikem páry na tavicí teplotu. Za UHT-jednotkou je zařazen výdržník, kde tavenina stráví několik sekund (2-3 s), následuje velmi rychlé vakuové chlazení 78-90°C. Tento proces trvá jen několik sekund, proto je důležitá homogenizace k zajištění dostatečného krémování a vytvoření požadované struktury taveného sýru. Kontinuálním způsobem tavení lze provést sterilaci taveniny při teplotě 120°C na několik sekund a tím prodloužit dobu trvanlivosti, zde je ovšem ovlivněna do jisté míry konzistence výrobku [8,13,29].

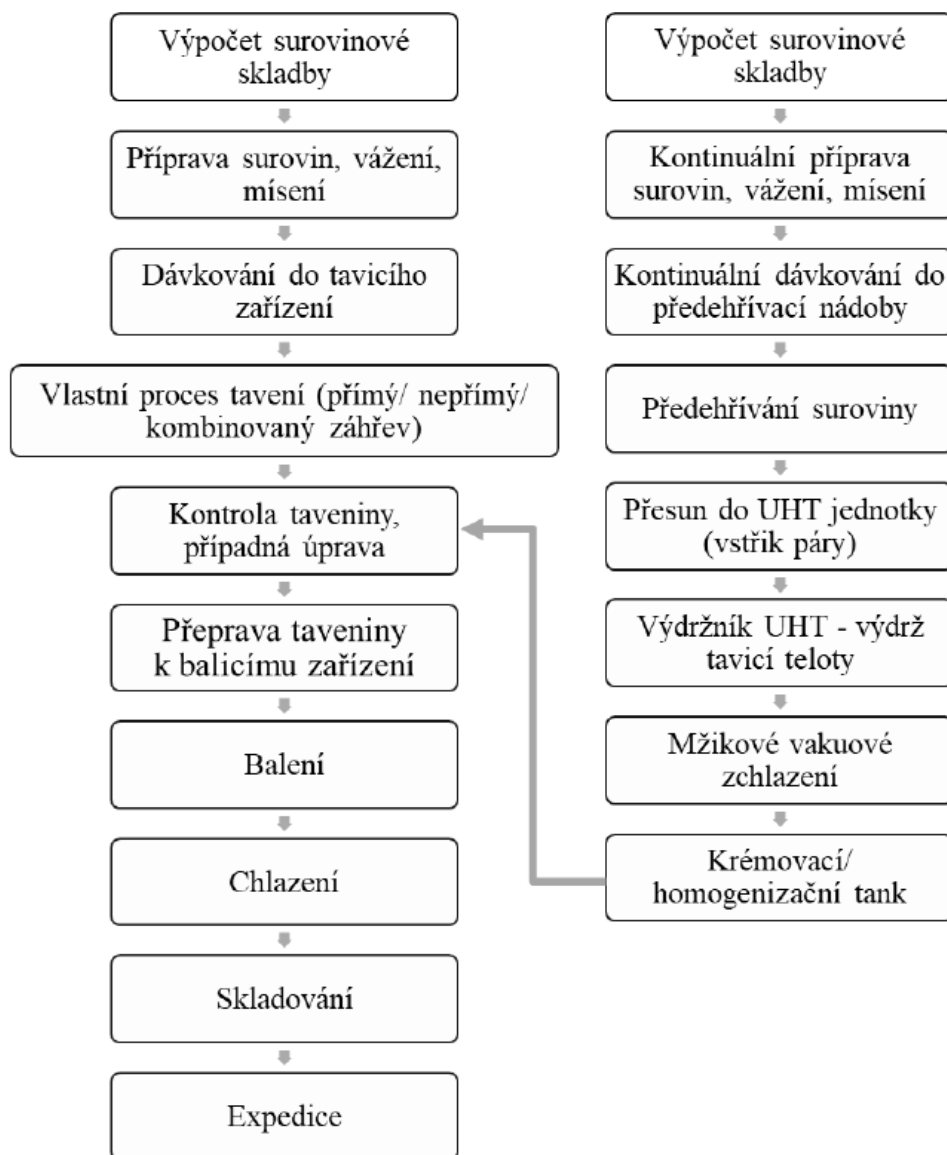
Dalším důležitým rysem při tavení sýrů je pH taveniny. Při výrobě taveného sýru dochází k vazbě vápníku na fosforečnan nebo citronan sodný. Tavicí soli v průběhu procesu tavení zajišťují iontovou výměnu vápenatých iontů v mléčné bílkovině za ionty sodné. Mléčné bílkoviny začínají být rozpustnější a jsou schopny emulgovat tuk, podílet se na vazbě vody a upravit hodnotu pH. Optimální hodnoty pH finálního produktu se zpravidla pohybují v intervalu 5,60-6,10. Velmi nízké hodnoty pH ($\text{pH} < 5,40$) vedou k tvrdším výrobkům. Vysoké hodnoty pH ($\text{pH} > 6,10$) obvykle způsobují mikrobiologické problémy. Hodnota pH prostředí ovlivňuje intenzitu výměny iontů ve fosforečnanech a tím i stupeň rozptýlení kaseinu [30].

Ve srovnání s přírodními sýry mají tavené sýry nižší výživovou hodnotu způsobenou vyšší teplotou zpracování (tavení) a přidavkem tavicích solí, což má za následek snížení obsahu vitamínů a biologických hodnot bílkovin. Hodnocení využitelnosti vápníku z tavených sýrů se v literatuře liší. Obecně se vápník vázaný na mléčnou bílkovinu (kasein) považuje za nejlépe využitelnou formu. Přidavkem tavicích solí se zvýší obsah fosforu ve výrobku, a tím se posunuje poměr přijatého vápníku a fosforu do oblasti škodlivých pro tvorbu a obnovu kostí a zubů [31].

Fosfor je v kombinaci s vápníkem základní živinou. Optimální poměr Ca : P ve stravě je 1 : 1. U taveného sýru s vysokým množstvím fosforečnanů je poměr Ca : P odlišný (1 : 1,5 až 1 : 3,0), což může mít vliv na osteoporózu. Tradiční emulgační soli obsahují vysokou koncentraci sodíku (až do 30 % w/w). Vysoké množství příjmu sodíku je v dnešní době z výživového hlediska považováno za rizikový faktor pro vznik mnoha nemocí [31,32].



Obr. 2: Ukázka zařízení na výrobu tavených sýrů diskontinuálním způsobem [33]



Obr. 3: Schéma výroby diskontinuálního a kontinuálního způsobu výroby tavených sýrů [8]

3 KONZISTENCE TAVENÝCH SÝRŮ

Kromě chuti a vůně se konzistence řadí mezi důležité organoleptické znaky tavených sýrů, na které kladou výrobci i spotřebitelé velký důraz. Konzistence je ovlivněna množstvím faktorů od použitých surovin a ochucujících přísad po podmínky působící během výroby tavení.

Hlavní faktory ovlivňující konzistenci tavených sýrů lze rozdělit do tří skupin:

1. Surovinová skladba a výsledné parametry taveného sýru (vliv obsahu sušiny, tuku, proteinů, vliv hodnoty pH, stupeň zralosti základní suroviny, použití hydrokoloidů, koncentrace a složení tavicích solí)
2. Parametry procesu při výrobě (rychlost míchání, doba výdrže, dosažená teplota při tavení a rychlost chlazení)
3. Podmínky během skladování (teplota, čas)

[34,35]

3.1 Vybrané faktory ovlivňující konzistenci tavených sýrů

V následujícím oddílu jsou stručně popsány vybrané faktory ovlivňující konzistenci tavených sýrů, jakými jsou pH tavených sýrů, stupeň prozrálosti přírodního sýru, teplota a doba skladování. Procesu chlazení, který do těchto faktorů rovněž spadá, je věnována celá kapitola 4.

3.1.1 pH tavených sýrů

Významným faktorem ovlivňujícím konzistenci tavených sýrů je pH taveniny. Optimální hodnoty pH u tavených sýrů se pohybují v intervalu od 5,60 do 6,10, kdy dochází při výrobě tavených sýrů k tvorbě trojrozměrné struktury, která udrží v proteinové matici tukové kuličky a může zabránit zčásti agregaci proteinů. Při nízkých hodnotách pH ($\text{pH} < 5,40$) dochází k drobení sýrů, zatímco vysoké hodnoty pH ($\text{pH} > 6,10$) vedou ke vzniku sýrů měkkých až roztékavých s mikrobiologickými problémy. Přidáním tavicích solí se mírně zvyšuje pH z hodnot 5,2–5,5 na 5,6–6,0, dochází k zintenzivnění záporného náboje proteinů a peptidů a k podpoře dezintegrace proteinové matrice. Hodnota pH prostředí ovlivňuje intenzitu výměny iontů ve fosforečnanech a tím stupeň rozptýlení kaseinu [8,30,36].

3.1.2 Stupeň prozrálости přírodního sýru

Dalším faktorem, jenž ovlivňuje konzistenci, je stupeň prozrálости přírodního sýru. Při procesu zrání dochází k proteolýze. Během tohoto procesu je bílkovinná složka (kasein) hydrolyzovaná na peptidy a volné aminokyseliny. Na tomto procesu se podílejí:

- Enzymy (zbytková aktivita nativních mléčných enzymů)
- Syřidla
- Zákysové a nezákysové bakterie mléčného kvašení

Konzistenci tavených sýrů významně ovlivňuje poměr rozštěpeného a intaktního kaseinu [37]. Čím je podíl intaktního kaseinu vyšší, tím je konzistence díky lepší vaznosti vody tužší a tedy vhodnější ke krájení. Vyšší podíl intaktního kaseinu (70-95%) mají mladé neprozralé přírodní sýry [38]. Finální produkty z nich získané se ovšem vedle tužší konzistence vyznačují také prázdňou chutí. Jejich výhodou jsou však nižší náklady na suroviny. Naproti tomu ze středně prozralých sýrů s vyšší stupněm proteolýzy (podíl intaktního kaseinu je 60-75 %) lze získat výrobky, jejichž konzistence je jemná, vhodná k roztírání a sensoricky aktivní látky v nich obsažené jim dodávají plnější aroma [38].

V praxi se často používá směs méně i více prozralých sýrů. Pokud by byly použity pouze starší sýry s vysokým stupněm proteolýzy, došlo by k nestabilitě proteinové matrice a konzistence finálního výrobku by byla roztékavá [37,39]. Obsahuje-li surovinová skladba více prozralých přírodních sýru, je nutné dodat i intaktní kasein v podobě mladých sýrů či tvarohu.

3.1.3 Teplota a doba skladování

Při procesu skladování dochází k mírnému procesu tuhnutí. Zvyšování tuhosti je v prvních měsících intenzivnější, pokud je vyšší teplota okolí. Kombinace faktorů ovlivňující skladování:

- 1) Hydrolyza tavicích solí.
- 2) Změny disociace tavicích solí, případně dalších sloučenin.
- 3) Mírné snížení hodnot pH tavených sýrů.
- 4) Polymorfismus mléčného tuku včetně pokračujících změn krystalické formy.

Dobu minimální trvanlivosti a podmínky skladování si určuje výrobce sám. Doba minimální trvanlivosti se pohybuje mezi 2-6 měsíci. Doporučená teplota skladování bývá v rozmezí 2-8 °C, ale může být i vyšší (do 25 °C). Vyšší teplota skladování však může vést

i ke změně barvy tavených sýrů, případně ztrátě některých nutričně významných látek [8,13].

Vlivem teploty a chemického složení na zdánlivou viskozitu taveného sýru (Goudy) se zabývali Dimitreli a Thomareis (2004). Došli k závěru, že při zvýšení teploty tavení dochází ke snížení viskozity taveniny, což může vést k tuhosti konečného výrobku [40].

Z práce Swenson *et al.* (2000) vyplynulo, že teplota má vliv na konzistenci odtučněných tavených sýrových pomazánek. V rozsahu od 60-80 °C tuhost odtučněných tavených sýrových pomazánek zvyšující se teplotou tavení klesla, ale při dalším nárůstu teploty (z 80 na 90 °C) byl zjištěn nepatrný nárůst tuhosti u odtučněných tavených sýrových pomazánek [41].

4 CHLAZENÍ TAVENÝCH SÝRŮ

Proces chlazení, jenž následuje po procesu balení, se řadí mezi poslední operace při výrobě tavených sýrů. Rychlost chlazení je důležitým parametrem, který ovlivňuje finální konzistenci a roztíratelnost hotových výrobků. Pomalé chlazení vede ke vzniku příliš tuhých sýrů. Naproti tomu sýry, které nejsou dostatečně tuhé a pružné, vznikají následkem velmi rychlého chlazení. Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, na konečné konzistenci výrobku (tvrdý, poloměkký, roztíratelný tavený sýr) se podílí vedle rychlosti chlazení řada dalších faktorů.

Během chlazení tvoří kaseinové bílkoviny jemně zesítěnou strukturu gelu, kde se fixují i tukové kuličky. V průběhu chlazení se také uvolní část vápenatých iontů z tavicích solí, které podporují síťování matrice prostřednictvím vápenatých můstků. Krystalizace tuku v nové matici, která je tvořena interakcí protein-protein, přispívá k vytváření struktury během chlazení. Nově vytvořené emulgované tukové kuličky se stávají nedílnou součástí proteinové matrice pomocí různých molekulárních interakcí s para-kaseinanovou maticí. V porovnání s přírodními sýry jsou proteinové frakce u tavených sýrů jemnější a rovnoměrněji je rozložen i tuk, který je v průměru ve srovnání s přírodními sýry menší [18,42,43].

Práce Piska a Štětina (2004) je jednou z mála prací, která se zabývá vlivem rychlosti chlazení tavených sýrů. Jejich práce se zaměřuje na vliv zralosti sýru a rychlosti ochlazení směsi roztaveného sýru na strukturu a reologické vlastnosti výsledných tavených sýrů. Z jejich studie vyplývá, že zvýšený podíl zralé suroviny vede ke snížení tuhosti tavených sýrů, který je vyjádřen reologickými parametry (komplexní modul, mezní výtlak) a texturními parametry (tvrdost, gumovitost). Vysoká rychlost chlazení vede rovněž ke snížení tuhosti tavených sýrů a ke zvýšení lepivosti na hliníkovou fólii. Vliv rychlého ochlazení na texturu a reologické vlastnosti byl významnější než vliv zralosti suroviny [44]. Toto chování potvrzují také výsledky studie Zhong *et al.* (2004), která se zabývala vlivem chladících účinků na funkčnost taveného sýru [45].

Účinkem vybraných hydrokoloidů na reologické vlastnosti analogů tavených sýrů vyrobených z rostlinných tuků během chladicí fáze se ve své studii zabývali, Hanáková *et al.* (2013). Byly zjištěny změny reologických vlastností při procesu chlazení (pozorováno pomocí dynamické oscilační reometrie) v závislosti na typu použitého tuku (máslu, kokosový tuk a palmový olej). Během chlazení při poklesu teploty z 85 °C na 10 °C

rychlostí 2 °C za minutu, byl ve všech testovaných vzorcích pozorován nárůst komplexního modulu pružnosti. Nejvyšší hodnoty komplexního modulu pružnosti byly naměřeny u vzorku, který obsahoval kokosový olej, zatímco nejnižší hodnoty komplexního modulu pružnosti byly naměřeny u vzorku obsahujícího olej palmový. Bez ohledu na typ použitého tuku bylo u všech vzorků s přidavkem 1% (w/w) hydrokoloidů pozorováno zvýšení tvrdosti. Nejvyšší hodnoty tvrdosti i komplexního modulu pružnosti byly naměřeny u vzorků obsahujících κ - a β -karagenan. Dále následovaly vzorky obsahující α -karagenan. U vzorků s obsahem κ - a β -karagenan došlo během chlazení ke skokovému zvýšení komplexního modulu pružnosti, což je přisuzováno tvorbě vlastní trojrozměrné sítě, viz Černíková *et al.* Naproti tomu nejnižší hodnoty tvrdosti a komplexního modulu pružnosti byly naměřeny u vzorků s přidavkem karubinu a arabské gumy [32,46].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo sledovat změny reologických vlastností v průběhu chlazení modelových tavených sýrů.

Diplomová práce byla rozdělena na část teoretickou a část praktickou.

Cíle teoretické části:

1. charakterizovat tavené sýry
2. popsat technologii výroby tavených sýrů
3. popsat vybrané technologické parametry (chlazení), které mají vliv na konzistenci tavených sýrů.

Cíle praktické části:

1. vyrobit modelové vzorky tavených sýrů
2. vyrobené vzorky chladit za řízených podmínek
3. sledovat změny viskoelastických vlastností
4. vyhodnotit výsledky a formulovat závěry

6 METODIKA A MATERIÁL PRÁCE

Experiment byl proveden na Ústavu technologie potravin, Fakulty technologické na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně. Nejdříve byly vyrobeny modelové vzorky tavených sýrů podle daných receptur a při definované teplotě tavení, rychlosti míchání a rozdílné doby výdrže tavicí teploty. Dále byla u těchto vzorků provedena chemická a reologická analýza po 1., 14., 28, 60 dnech skladování. Modelové vzorky pro tuto diplomovou práci byly vyrobeny ze sýru Eidamská cihla, u kterého byl obsah tuku v sušině 30 % (w/w) a celkový obsah sušiny 50 % (w/w) – výrobce: LACRUM s.r.o., Velké Meziříčí. Modelové vzorky byly vyrobeny s různým obsahem sušiny a různým obsahem tuku v sušině (viz kapitola 7 Výsledky a Diskuze), u kterých byly následně provedeny potřebné analýzy. Kromě přírodních sýrů bylo součástí surovinové skladby čerstvé máslo (Lacrum), které obsahovalo 84 % (w/w) sušiny a 82 % (w/w) tuku. Dále byla přidána pitná voda a směs tavicích solí, jejich poměrové zastoupení tavicích solí bylo následující, 39 % Na_2HPO_4 , 18 % NaH_2PO_4 , 21 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ a 22 % sodné soli POLY 69. Po připravení a přesném nadávkování jednotlivých surovin k výrobě tavených sýrů následovalo jejich tavení, které se provádělo na přístroji Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Halmen, Německo) s nepřímým zahřevem. Přírodní sýr nakrájený na kostky s délkou hrany přibližně 2 cm byl v tavicím kotli rozměňován při 3000 otáček za minutu po dobu 30 sekund. K rozmělněnému přírodnímu sýru bylo přidáno stanovené množství másla, tavicích solí a pitné vody. Tavicí kotel s veškerou surovinovou skladbou byl následně uzavřen víkem, dále bylo ve vnitřním prostoru kotle pomocí vývěvy dosaženo podtlaku. Po vytvoření podtlaku bylo nutné uzavřít odvzdušňovací ventil. Při rychlosti míchání 3000 otáček za minutu prostřednictvím nožů bylo zahájeno zahřívání surovin na teplotu 90 °C, které bylo dosaženo po uplynutí 22 minut nepřetržitého míchání. Výsledkem tohoto procesu byl vyrobený tavený sýr, jehož menší část byla odebrána na dynamickou oscilační reometrii a zbytek taveniny se dávkoval do připravených polypropylenových kelímků, které byly následně uzavřeny a zažehleny hliníkovým víčkem, jež bylo řádně označeno. Tyto vzorky byly pozvolna chlazeny a následně skladovány při teplotě 6 ± 2 °C.



Obr. 3: Ukázka vyrobeného taveného sýru v polypropylenových kelímcích s nažehleným hliníkovým víčkem (foto autor práce)

6.1 Chemická analýza

Vyrobené modelové vzorky tavených sýrů byly ve stanovených dnech, tedy v 1., 14., 28. a 60. dnu od výroby podrobeny základní chemické analýze, kdy bylo provedeno stanovení hodnot pH a celkového obsahu sušiny ve vzorcích.

6.2 Stanovení celkového obsahu sušiny

Hmotnostní podíl látek zbývajících po kompletním vysušení vzorku je označováno jako celkový obsah sušiny a bývá vyjadřován v % hmotnosti. Z každého vzorku byla třikrát navážena hmotnost ± 3 g s přesností na čtyři desetinná místa. Vzorek s požadovanou hmotností byl jednotlivě vkládán do hliníkových misek, které obsahovaly mořský písek a tyčinku a byly předem vysušeny při teplotě 102 ± 2 °C a poté ochlazeny na laboratorní teplotu. Vzorky navážené do takto připravených hliníkových misek byly po dosažení teploty 102 ± 2 °C sušeny do konstantního úbytku hmotnosti, který nastal zhruba po 3 hodinách sušení. Po dobu chlazení byly vzorky v miskách umístěny v exsikátoru, po ochlazení vzorků byla na analytických vahách odečtena hmotnost, aby bylo možné podle dvou následujících rovnic (1,2) vypočítat obsah sušiny ve vzorcích:

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100 \quad (1)$$

W ... obsah vody [% (w/w)]

m_1 ... hmotnost hliníkové misky s mořským pískem před sušením [g]

m_2 ... hmotnost hliníkové misky s mořským pískem a vzorkem taveného sýru před sušením [g]

m_3 ... hmotnost hliníkové misky s mořským pískem a vzorkem taveného sýru po sušení [g]

$$S = 100 - W \quad (2)$$

S ... obsah sušiny [% (w/w)]



Obr. 4: Ukázka vzorků (před sušením) s požadovanou hmotností, které byly jednotlivě vkládány do hliníkových misek obsahující mořský písek a tyčinku (foto autor práce)

6.3 Stanovení hodnoty pH

Měření hodnot pH bylo prováděno při teplotě okolí 22 ± 1 °C pomocí vpichového pH metru (Hanna Instruments HI 99161 Waterproof Portable pH Meter, For Food and Dairy Products) špička elektrody pH metru byla přímo vpichována do každého vzorku. Každý vzorek byl proměřen na šesti náhodně zvolených místech jednoho balení, vzhledem k existujícímu riziku vzniku odchylek a působení různých faktorů ovlivňujících hodnoty pH od počátku výroby až po otevření balení.

6.4 Reologická analýza

Reologie je důležitou metodou pro identifikaci textur a strukturálních vlastností sýru. Zabývá se deformací vzorku využitím různých druhů nástrojů. Výsledky deformačních testů vysvětlují vliv složení, modifikací procesu, skladování atd. Dále je studován vliv složení surovinové směsi na reologické vlastnosti tavených sýrů. Mezi tyto vlivy patří: prozrálost základních surovin, vliv obsahu vlhkosti a sušiny, obsah tuků a proteinů, složení tavicích solí a jejich koncentrace, koncentrace hydrokoloidů, vliv hodnoty pH taveniny. Správný výběr přírodního sýru při výrobě je důležitým faktorem pro získání potřebných viskoelastických vlastností v konečném výrobku. Výzkumníci zdůrazňují, že fyzikálně-chemické vlastnosti přírodního sýru (obsah vápníku, fosforu, zbytková laktóza a pH) výrazně ovlivňují funkční a reologické vlastnosti, zvláště u viskoelastické charakteristiky procesu. Mezi často používané metody patří dynamická oscilační reometrie, která je určena pro měření viskoelastických vlastností tavených sýrů. K měření texturních vlastností se používá texturní profilová analýza, která je často používána při texturních vlastnostech taveného sýru (metoda imituje namáhání potraviny při konzumaci) [13,47,48,49,50].

Vliv na reologické vlastnosti tavených sýrů studovali například ve své práci Bowland a Foegeding (1999), kteří se zaměřili na dobu zpracování modelových tavených sýrů při teplotě 80 °C. Doba zpracování byla rozdělena na 10, 20 a 30 minut. Z jejich práce vyplynulo, že s rostoucí dobou zpracování taveniny se zvyšuje i pevnost gelu konečného produktu [51].

V této diplomové práci byla reologická analýza prováděna prostřednictvím dynamické oscilační reometrie, kde je důležitá řízená deformace zkoumaného vzorku. Probíhá v malém rozsahu deformací. Při výše zmíněné deformaci se analyzuje charakter a chování látek při jejich toku. Při dynamické oscilační reometrii se podle dané frekvence stanovují moduly pružnosti elastický (G') a ztrátový (G''), které pak slouží k výpočtu komplexního modulu pružnosti (G^*) podle následujícího vzorce:

$$G^* = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2} \quad (3)$$

K popisu vzorků tavených sýrů se používá mimo modulů pružnosti také velikost úhlu fázového posunu (δ). Pro zjištění tohoto úhlu je nutná znalost hodnoty elastického a ztrátového modulu pružnosti. Tangens úhlu fázového posunu se pak vypočítá dle následujícího vztahu:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{G''}{G'} \quad (4)$$

Dynamická oscilační reometrie byla provedena u všech vyrobených modelových vzorků tavených sýrů, prostřednictvím dynamického oscilačního smykového reometru Thermo ScientificTM (RheoStress1, HAAKE, Brémy, Německo), Analýza probíhala při teplotě $20,0 \pm 0,1$ °C a před každým dalším měřením probíhala temperace pomocí teplotního senzoru, který spojoval přístroj s vodní lázní. Pro popsání viskoelastických vlastností vzorků tavených sýrů byla použita geometrie deska – deska, kde deska měla průměr 35 mm a nastavení výšky štěrbiny bylo seřízeno na 1 mm. Měření probíhalo při zvoleném rozmezí frekvencí 0,05–100,00 Hz a amplitudě smykového napětí 20 Pa. Na spodní desku reometru bylo nanášeno přiměřené množství zkoumaného vzorku, poté bylo zahájeno klesání horní desky, aby byla vytvořena 1 mm vysoká štěrbina. Pomocí špachtle pak bylo jemně odstraněno přebytečné množství taveného sýru, které desky vytlačily, následně byl nanášen olej, aby tavený sýr neosychal. Poté proběhla relaxace dlouhá 5 minut a následně pak samotná analýza elastického a ztrátového modulu pružnosti.

Pro popsání chlazení byla použita geometrie válec ve válci, kde vnitřní průměr válce byl 34 mm a štěrbina byla 7,2 mm široká. Frekvence oscilace byla 0,1 Hz a amplituda smykového napětí činila 2 Pa. Část horké taveniny byla po utavení nalita do válce po vyznačenou rysku a následně byla vložena do vytemperované geometrie (80 °C). Následně proběhlo chlazení na teplotu 8 °C. Mezi základní sledované parametry patřily elastický (G') a ztrátový (G'') modul pružnosti.

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

Za účelem provedení jednotlivých analýz byly vyrobeny 4 druhy tavených sýrů:

- 35/40
- 35/50
- 40/40
- 40/50

První číslo udává plánovaný celkový obsah sušiny v hmotnostních procentech (% w/w) a druhé číslo udává plánovaný obsah tuku v sušině rovněž v hmotnostních procentech (% w/w). Surovinová skladba jednotlivých druhů tavených sýrů je uvedena v příloze I.

7.1 Výsledky chemické analýzy

Výsledky chemické analýzy jsou uvedeny na následující straně v tabulce 3. Vždy u dvou vzorků jednotlivých druhů tavených sýrů bylo po době skladování 1, 14, 28 a 60 dní provedeno měření hodnot pH včetně měření teploty a byl stanoven celkový obsah sušiny.

Naměřené hodnoty pH se pohybují v rozmezí od 5,67 do 5,92. Spadají tedy do rozmezí hodnot pH od 5,6 do 6,1, které je pro roztíratelné tavené sýry ideální [48].

Během skladování nebyly pozorovány výrazné změny v hodnotách pH. Pouze je vidět malý nárůst u doby skladování 28 dní a poté pokles na nejnižší hodnoty v rámci jednotlivých sýrů u doby skladování 60 dní.

Hodnoty celkového obsahu sušiny odpovídají plánovaným parametrům a tedy zvolené surovinové skladbě. Hodnoty, které byly naměřeny u jednotlivých vzorků, byly v rámci daného druhu taveného sýru obdobné. Vzorky bylo tedy možné vzájemně porovnávat



Obr. 5: Přístroj Hanna Instruments HI 99161 použitý k měření pH (foto autor práce)

Tab. 3: Výsledky chemické analýzy v závislosti na době skladování

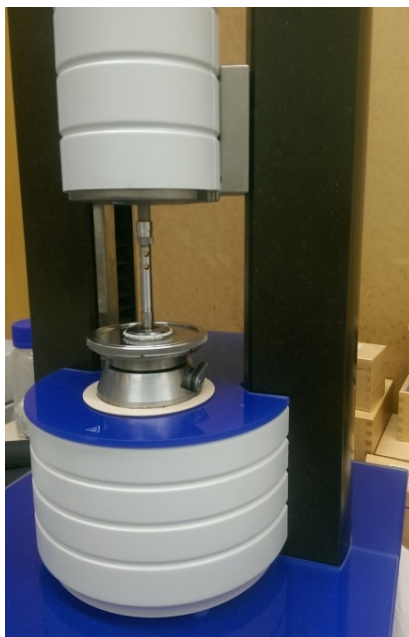
| Druh taveného sýru | Doba skladování [počet dní] | | | | | |
|--------------------|-----------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------|--------------|--------------------------|
| | 1 | | | 14 | | |
| | Hodnota [pH] ¹⁾ | Teplota [°C] | Obsah sušiny min/max [%] | Hodnota [pH] ¹⁾ | Teplota [°C] | Obsah sušiny min/max [%] |
| 35/40 | 5,91±0,01 | 21,2 | min. 37,92 max. 39,32 | 5,80±0,01 | 21,2 | min. 37,93 max. 38,32 |
| 35/50 | 5,79±0,01 | 22,2 | min. 37,71 max. 38,86 | 5,79±0,01 | 22,6 | min. 36,80 max. 37,21 |
| 40/40 | 5,70±0,02 | 22,0 | min. 42,41 max. 43,55 | 5,70±0,01 | 22,2 | min. 42,34 max. 43,58 |
| 40/50 | 5,76±0,01 | 21,4 | min. 42,18 max. 42,97 | 5,76±0,01 | 22 | min. 41,42 max. 42,10 |

| Druh taveného sýru | Doba skladování [počet dní] | | | | | |
|--------------------|-----------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------|--------------|--------------------------|
| | 28 | | | 60 | | |
| | Hodnota [pH] ¹⁾ | Teplota [°C] | Obsah sušiny min/max [%] | Hodnota [pH] ¹⁾ | Teplota [°C] | Obsah sušiny min/max [%] |
| 35/40 | 5,86±0,02 | 21,3 | min. 37,62 max. 38,32 | 5,78±0,01 | 21,5 | min. 36,47 max. 38,10 |
| 35/50 | 5,80±0,01 | 21,6 | min. 37,11 max. 37,40 | 5,69±0,01 | 21,9 | min. 37,55 max. 38,12 |
| 40/40 | 5,73±0,02 | 22,4 | min. 42,97 max. 44,15 | 5,60±0,02 | 21,7 | min. 40,99 max. 42,64 |
| 40/50 | 5,79±0,01 | 22,1 | min. 41,22 max. 42,74 | 5,68±0,01 | 22,1 | min. 40,02 max. 41,33 |

¹⁾ Průměrná hodnota pH z 12 měření daného druhu taveného sýru ± výběrová směrodatná odchylka (pro daný druh taveného sýra byly vždy proměřeny 2 vzorky - t.j. 6 měření v jedné vaničce)

7.2 Výsledky dynamické oscilační reometrie

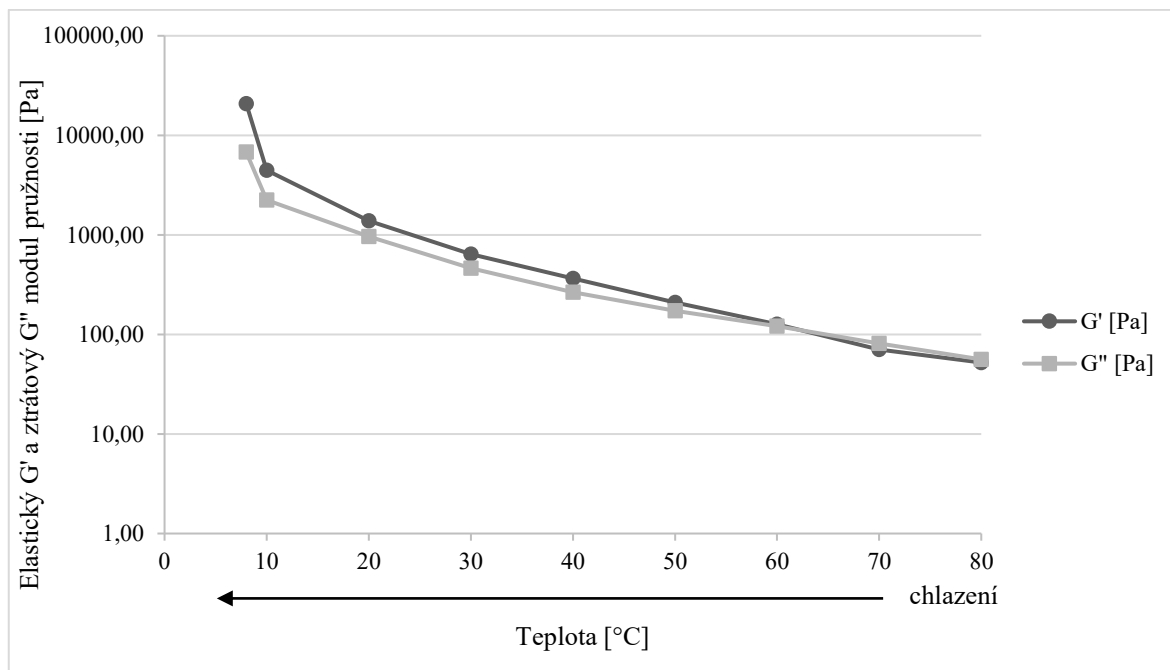
Výsledky dynamické oscilační reometrie byly určeny v průběhu chlazení a skladování a jsou uvedeny v odstavcích 7.2.1 a 7.2.2. Jak bylo uvedeno v odstavci 6.4, k měření byl použit dynamický oscilační smykový reometr Thermo ScientificTM (RheoStress1, HAAKE, Brémy, Německo) v konfiguraci válec ve válci pro chlazení a deska-deska pro skladování.



Obr. 6: *Provádění dynamické oscilační reometrie na přístroji Thermo ScientificTM (RheoStress1, HAAKE, Brémy, Německo) pro zjištění viskoelastických vlastností jednotlivých modelových vzorků tavených sýrů (foto autor práce)*

7.2.1 Chlazení

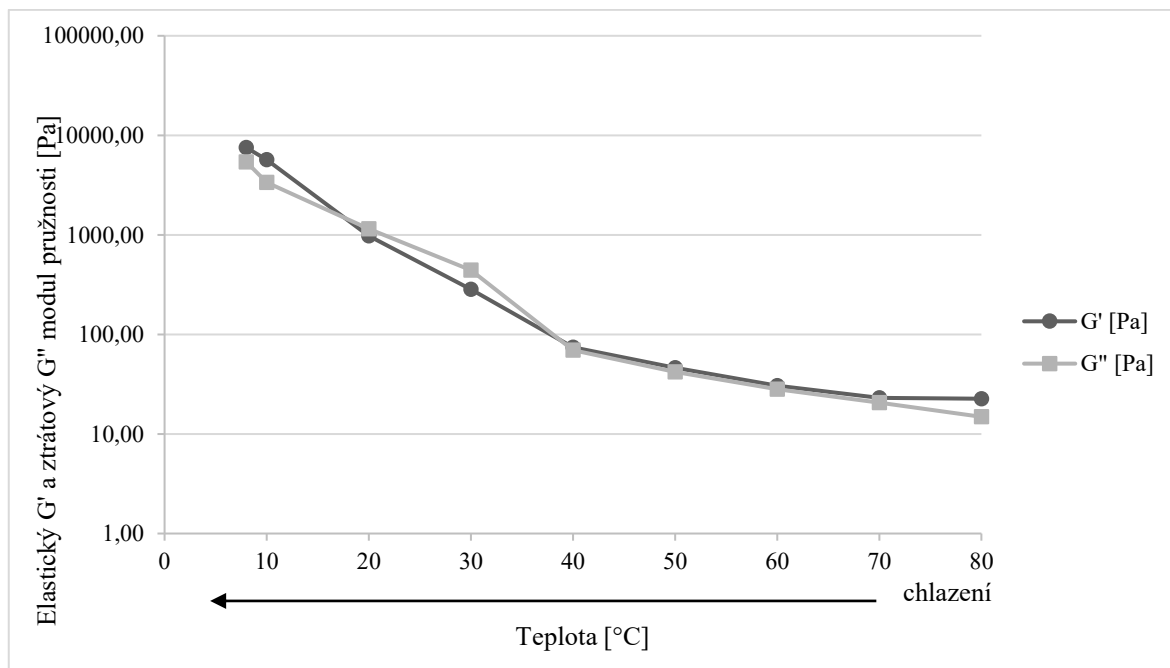
Výsledky dynamické oscilační reometrie v průběhu chlazení jsou uvedeny v grafech na obr. 7 až 10 a tabulkách 4 až 7. U všech 4 druhů tavených sýrů bylo provedeno stanovení hodnot elastického G' a ztrátového G'' modulu pružnosti a výpočet tangenty fázového posunu $\tan \delta$. Tyto hodnoty byly stanoveny pro teploty od 80 do 10 °C v intervalu 10 °C a dále pro teplotu 8 °C. Měření probíhala za frekvence 0,1 Hz. Přesné hodnoty elastického G' a ztrátového G'' modul pružnosti k jednotlivým grafům (obr. 7-10) jsou uvedeny v příloze PII.

Obr. 7: Elastický G' a ztrátový G'' modul pružnosti – druh taveného sýru 35/40

Tab. 4: Tangenta fázového posunu – druh taveného sýru 35/40

| Druh taveného sýru | Teplota [°C] | $\text{tg } \delta$ |
|--------------------|--------------|---------------------|
| 35_40 | 80 | 1,08 |
| | 70 | 1,15 |
| | 60 | 0,96 |
| | 50 | 0,82 |
| | 40 | 0,73 |
| | 30 | 0,72 |
| | 20 | 0,70 |
| | 10 | 0,51 |
| | 8 | 0,32 |

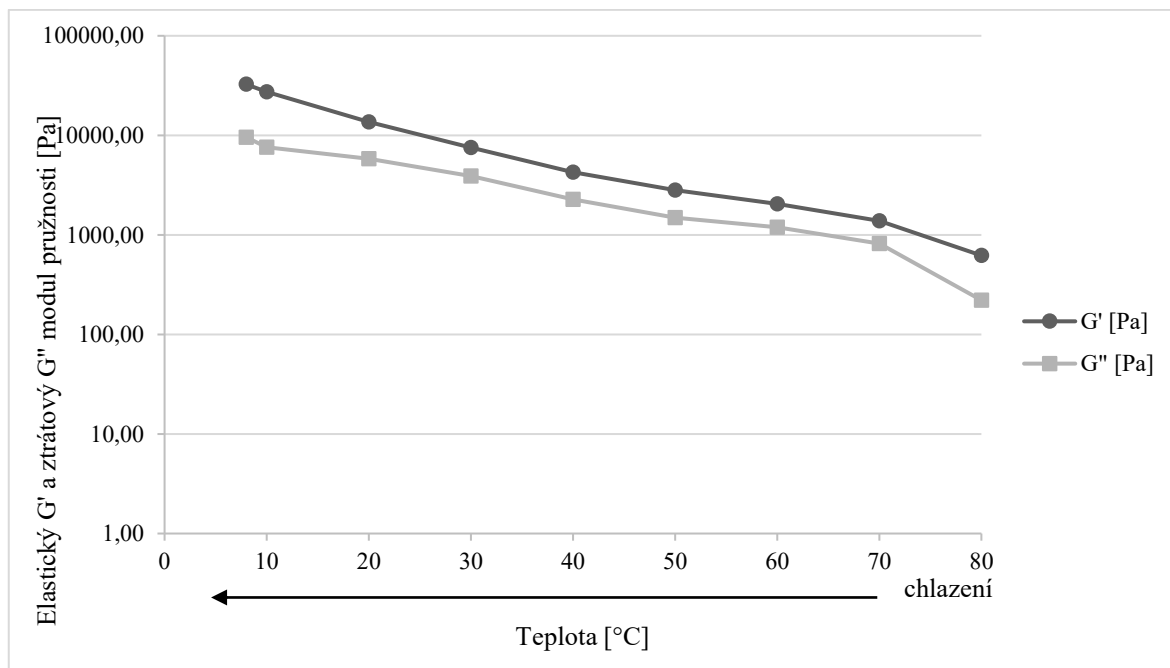
Graf na obr. 7 znázorňuje průběh chlazení u taveného sýru 35/40. Počáteční hodnota tangenty fázového posunu při teplotě 80 °C byla 1,08. V této fázi ještě převládala v tavenině viskózní složka nad složkou elastickou. K přechodu taveniny do charakteru gelu došlo v intervalu teplot 60-70 °C. Dochází zde k protnutí elastického a ztrátového modulu pružnosti. Dále již převládala elastická složka. V intervalu teplot 8-10 °C byl pozorován výraznější nárůst obou modulů pružnosti.

Obr. 8: Elastický G' a ztrátový G'' modul pružnosti – druh taveného sýru 35/50

Tab. 5: Tangenta fázového posunu – druh taveného sýru 35/50

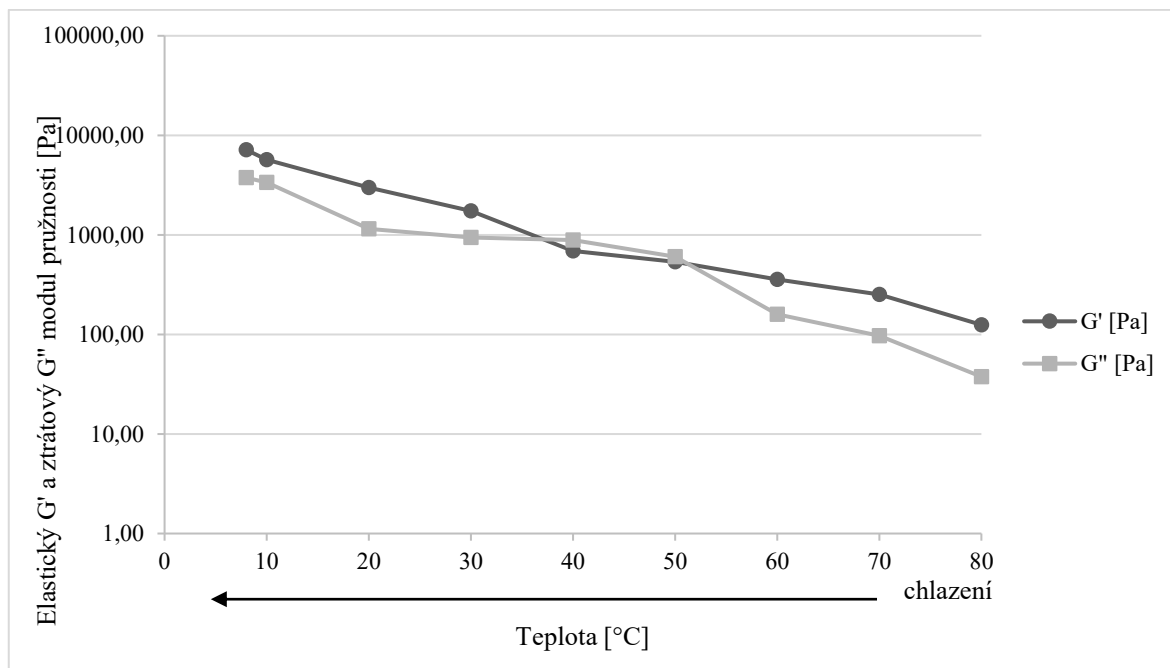
| Druh taveného sýru | Teplota [°C] | tg δ |
|--------------------|--------------|-------------|
| 35_50 | 80 | 0,66 |
| | 70 | 0,90 |
| | 60 | 0,92 |
| | 50 | 0,91 |
| | 40 | 0,93 |
| | 30 | 1,56 |
| | 20 | 1,18 |
| | 10 | 0,59 |
| 8 | 0,72 | |

Graf na obr. 8 znázorňuje průběh chlazení u taveného sýru 35/50. Sýr měl tuhou konzistenci a již při teplotě 80 °C převládala elastická složka taveniny nad složkou viskózní. Během chlazení se ztrátový modul pružnosti dostává v intervalu teplot 20-30 °C nad modul elastický. Obdobné chování, ale v jiném teplotním intervalu, bylo pozorováno i u sýru 40/50. Oba sýry mají oproti sýrům 35/40 a 40/40 výrazně větší podíl tuku (viz surovinová skladba v Příloze I), což mohlo mít vliv na zvýšení tlumících vlastností taveniny během snižující se teploty.

Obr. 9: *Elastický G' a ztrátový G'' modul pružnosti – druh taveného sýru 40/40*Tab. 6: *Tangenta fázového posunu – druh taveného sýru 40/40*

| Druh taveného sýru | Teplota [°C] | tg δ |
|--------------------|--------------|-------------|
| 40_40 | 80 | 0,36 |
| | 70 | 0,59 |
| | 60 | 0,59 |
| | 50 | 0,53 |
| | 40 | 0,53 |
| | 30 | 0,52 |
| | 20 | 0,43 |
| | 10 | 0,28 |
| | 8 | 0,29 |

Graf na obr. 9 znázorňuje průběh chlazení u taveného sýru 40/40. Při teplotě 80 °C již převládala elastická složka nad složkou viskózní. Ztrátový modul pružnosti měl v rámci celého sledovaného průběhu chlazení (teplota od 80 °C do 8 °C) nižší hodnotu než modul elastický, přičemž kopíroval jeho tvar. V nárůstu modulů pružnosti nebyly pozorovány výraznější výkyvy.



Obr. 10: *Elastický G' a ztrátový G'' modul pružnosti – druh taveného sýru 40/50*

Tab. 7: *Tangenta fázového posunu – druh taveného sýru 40/50*

| Druh taveného sýru | Teplota [°C] | tg δ |
|--------------------|--------------|-------------|
| 40_50 | 80 | 0,30 |
| | 70 | 0,39 |
| | 60 | 0,45 |
| | 50 | 1,12 |
| | 40 | 1,28 |
| | 30 | 0,54 |
| | 20 | 0,39 |
| | 10 | 0,59 |
| | 8 | 0,52 |

Graf na obr. 10 znázorňuje průběh chlazení u taveného sýru 40/50. Jak bylo zmíněno výše, sýr 40/50 měl obdobné chování jako sýr 35/50 (oba s výrazně větším podílem tuku, viz surovinová skladba v Příloze I). Již při teplotě 80 °C převládala elastická složka taveniny nad složkou viskózní. Během chlazení se ztrátový modul pružnosti dostává v intervalu teplot 40-50 °C nad modul elastický.

7.2.2 Skladování

Výsledky dynamické oscilační reometrie v průběhu skladování jsou uvedeny v tabulce 8 na následující straně. U všech 4 druhů tavených sýrů bylo provedeno stanovení hodnot elastického G' a ztrátového G'' modulu pružnosti a hodnoty viskozity η . Hodnoty byly stanoveny po době skladování 1, 14, 28 a 60 dní. Měření probíhala za teploty $20,0 \pm 0,1$ °C, přičemž hodnoty jednotlivých veličin jsou vždy uvedeny pro frekvence 0,1; 1,0; 10,0 a 100,0 Hz.

Vývoj elastického modulu pružnosti (pro referenční frekvenci 0,1 Hz) je u jednotlivých druhů tavených sýrů odlišný. U sýrů 35/40 a 40/50 byl pozorován nárůst do 28. dne a poté menší pokles mezi 28. a 60. dnem. U sýru 35/50 byl pozorován pokles mezi 1. a 14. dnem a poté postupný nárůst do 60. dne. Postupný nárůst elastického modulu pružnosti u sýru 40/40 byl přerušen mezi 14. a 28. dne, kdy v poměru k naměřeným hodnotám dochází k menšímu poklesu. Vývoj ztrátového modulu pružnosti (pro referenční frekvenci 0,1 Hz) se chová v porovnání k elastickému modulu pružnosti analogicky, pouze u sýru 40/40 byl po počátečním nárůstu pozorován mezi 14. a 60. dnem pokles. Podíváme-li se na poměr elastického G' a ztrátového G'' modulu pružnosti, můžeme vidět, že jen u sýru 35/50, dle měření provedených v 1. a 14. dnu, převládala viskózní složka nad složkou elastickou. Později už převážila složka elastická a sýr měl charakter gelu. Ostatní sýry měly tuto charakteristiku již od počátku skladování.

Při porovnání měření provedených v 1. a 60. dnu můžeme konstatovat, že u všech druhů tavených sýrů byl pro referenční frekvenci 0,1 Hz pozorován během skladování nárůst tuhosti.

Tab. 8: Výsledky oscilační reometrie v průběhu skladování

| Druh taveného sýru | Frekvence [Hz] | Doba skladování [počet dní] | | | | | |
|--------------------|----------------|-----------------------------|----------|---------------|----------|----------|---------------|
| | | 1 | | | 14 | | |
| | | G' [Pa] | G'' [Pa] | η [Pa s] | G' [Pa] | G'' [Pa] | η [Pa s] |
| 35_40 | 0,1 | 1218,55 | 1135,57 | 2650,97 | 1451,22 | 1264,58 | 3063,56 |
| | 1,0 | 3750,21 | 2499,25 | 717,26 | 4241,50 | 2687,50 | 799,16 |
| | 10,0 | 8568,24 | 4172,45 | 151,68 | 9302,39 | 4439,25 | 164,05 |
| | 100,0 | 20009,55 | 4644,42 | 32,69 | 17281,92 | 6382,36 | 29,32 |
| 35_50 | 0,1 | 134,02 | 137,94 | 306,10 | 84,56 | 104,51 | 213,96 |
| | 1 | 457,23 | 461,19 | 103,36 | 336,67 | 390,88 | 82,10 |
| | 10 | 1545,27 | 1292,54 | 32,06 | 1283,30 | 1169,23 | 27,63 |
| | 100 | 7990,13 | 2721,76 | 13,43 | 6049,63 | 2666,66 | 10,52 |
| 40_40 | 0,1 | 7265,86 | 4039,97 | 13231,33 | 9174,06 | 4403,99 | 16196,19 |
| | 1 | 15039,64 | 6263,29 | 2592,91 | 16948,74 | 6401,75 | 2883,48 |
| | 10 | 26600,07 | 8855,71 | 446,20 | 27969,24 | 8704,06 | 466,20 |
| | 100 | 42717,86 | 13841,93 | 71,47 | 43154,37 | 14736,30 | 72,58 |
| 40_50 | 0,1 | 1610,07 | 1401,50 | 3397,32 | 1748,48 | 1437,81 | 3602,85 |
| | 1 | 4655,94 | 2921,84 | 874,84 | 4846,73 | 2873,52 | 896,76 |
| | 10 | 10289,60 | 4869,58 | 181,18 | 10142,43 | 4624,59 | 177,41 |
| | 100 | 20064,17 | 6401,22 | 33,52 | 20668,38 | 6324,62 | 34,40 |
| Druh taveného sýru | Frekvence [Hz] | Doba skladování [počet dní] | | | | | |
| | | 28 | | | 60 | | |
| | | G' [Pa] | G'' [Pa] | η [Pa s] | G' [Pa] | G'' [Pa] | η [Pa s] |
| 35_40 | 0,1 | 2546,42 | 1871,34 | 5029,45 | 1598,46 | 1329,74 | 3309,23 |
| | 1,0 | 6548,21 | 3642,28 | 1192,55 | 4630,75 | 2856,04 | 865,91 |
| | 10,0 | 12954,52 | 5857,52 | 226,27 | 10264,12 | 4879,06 | 180,88 |
| | 100,0 | 21520,00 | 8342,66 | 36,73 | 19551,87 | 6787,88 | 32,94 |
| 35_50 | 0,1 | 98,27 | 89,95 | 212,03 | 184,33 | 182,87 | 413,25 |
| | 1 | 322,31 | 294,62 | 69,50 | 659,50 | 585,20 | 140,33 |
| | 10 | 1028,78 | 809,80 | 20,84 | 1996,95 | 1532,48 | 40,06 |
| | 100 | 5701,20 | 941,54 | 11,88 | 9587,59 | 7007,06 | 18,90 |
| 40_40 | 0,1 | 8751,58 | 3867,05 | 15227,74 | 11707,79 | 3759,20 | 19570,49 |
| | 1 | 15858,77 | 5897,76 | 2692,89 | 20430,38 | 6782,52 | 3426,10 |
| | 10 | 26199,92 | 8482,81 | 438,30 | 32341,46 | 9788,39 | 537,79 |
| | 100 | 40621,16 | 12916,85 | 67,84 | 46335,94 | 15861,75 | 77,95 |
| 40_50 | 0,1 | 2780,27 | 2088,35 | 5534,18 | 2082,88 | 1630,97 | 4210,38 |
| | 1 | 7348,34 | 4134,78 | 1341,96 | 5534,13 | 3190,63 | 1016,68 |
| | 10 | 15236,93 | 7193,17 | 268,17 | 11679,44 | 4878,31 | 201,45 |
| | 100 | 21356,13 | 9758,02 | 37,37 | 20158,87 | 6262,56 | 33,60 |

7.3 Diskuze

Na základě výsledků získaných při chemické analýze byl u zkoumaných tavených sýrů pozorován po 60 dnech skladování mírný pokles hodnot pH. Dle literatury se jedná o obvyklý jev. Např. Schär a Bosset [52] uvádí, že za snižujícím se pH stojí postupná hydrolýza polyfosfátových tavicích solí. Schär a Bosset [52] dále uvádí, že čím jsou hodnoty pH tavených sýrů nižší, tím intenzivněji hydrolýza probíhá. Výkyv hodnot pH směrem nahoru pozorovaný po 28 dnech skladování lze na základě prací McSweeney [53] a Fox *et al.* [54] vysvětlit proteolýzou proteinů a tvorbou volných aminokyselin. Naměřené hodnoty pH se pohybovaly v poměrně úzkém rozmezí od 5,67 do 5,92. Naproti tomu v práci Mynarčíková [48] bylo pozorováno poměrně široké rozmezí v důsledku použití rozdílných tavicích solí. To potvrzují získané výsledky, neboť u tavených sýrů použitých v této práci bylo složení tavicích solí neměnné včetně poměrů jejich jednotlivých složek v rámci surovinové skladby. Celkově nižší hodnoty pH mohou dle Nagyová *et al.* [55] souviset s délkou řetězce fosforečnanů a s tím souvisejícím uvolňováním vodíkových kationtů do taveniny. Na základě prací Carić *et al.* [56] a Carić a Kaláb [57] se u tavených sýrů považuje za ideální rozmezí hodnot pH od 5,6 do 6,1. Všechny naměřené hodnoty, viz výše, se v tomto rozmezí pohybovaly.

Během chlazení bylo sledováno chování elastického G' a ztrátového G'' modulu pružnosti. Stejně tak byla sledována hodnota tangenty fázového posunu $\tan \delta$. Pokud hodnoty ztrátového modulu pružnosti G'' převyšují hodnoty elastického modulu pružnosti G' , je hodnota tangenty fázového posunu $\tan \delta > 1$. V takové situaci má tavenina charakter, jenž se blíží více kapalině než pevné látce. Ideálně viskózní látka má zpožděnou reakci na namáhání a veškerá do ní vložená energie se přeměňuje na teplo [48]. Jakmile začnou převyšovat hodnoty elastického modulu pružnosti G' nad hodnotami ztrátového modulu pružnosti G'' , začne se vytvářet trojrozměrná síť a charakter chování taveniny se blíží gelu. Práce Mezger [58] popisuje stav, kdy dojde k protnutí elastického G' a ztrátového G'' modulu pružnosti, hodnota tangenty fázového posunu je tedy rovna 1, jako bod gelovatění. Taková ideálně elastická látka má okamžitou reakci na namáhání a veškerá do ní vložená energie je využita pro návrat látky do původní podoby. Při pohledu na získané výsledky, lze konstatovat, že vzorky měly již na počátku chlazení (teplota 80 °C) tuhou konzistenci. Kromě taveného sýru 35/40 převyšovala u všech ostatních sýrů na počátku chlazení již hodnota elastického modulu pružnosti G' nad hodnotami ztrátového modulu pružnosti G'' . U taveného sýru 35/40 bylo dosaženo bodu gelovatění v teplotním intervalu

60-70 °C. Zajímavý jev byl pozorován u tavených sýrů 35/50 a 40/50. Během chlazení se u nich ztrátový modul pružnosti krátkodobě dostal nad modul elastický. Možným vysvětlením je, že oba sýry měly oproti sýrům 35/40 a 40/40 výrazně větší podíl tuku v surovinové skladbě, což mohlo mít vliv na zvýšení tlumících vlastností taveniny během snižující se teploty.

Konzistenci tavených sýrů ovlivňuje mimo jiné také tavicí teplota, délka záhřevu či rychlost míchání. V této práci byla zvolena tavicí teplota 90°C, která byla dosažena po 22 minutách nepřetržitého míchání při rychlosti 3000 otáček za minutu. Zvyšující se teplota, či prodlužující se délka záhřevu vedou ke zvýšení tuhosti tavených sýrů. Jejich roztíratelnost naproti tomu klesá. To však neplatí při použití tavicích teplot přesahujících 95°C. V tom případě dochází ke snížení tuhosti působením hydrolýzy polyfosforečnanů a dále k poklesu hydratace kaseinových frakcí a zrychlení agregace bílkovin [38,59]. Rychlostí míchání se zabývá práce Rayan *et al.* [60]. Uvádí, že při vyšší rychlosti míchání dochází k rovnoměrnějšímu rozprostření tukových částic, jež mají zároveň menší velikost. Podíváme-li se na tavicí proces, tak jeho přílišná délka může vést k over-creamingu. Výsledkem je pak tuhý nestabilní produkt uvolňující vodu [48].

V průběhu skladování, jak je uvedeno v komentáři k výsledkům, byl u všech druhů tavených sýrů pro referenční frekvenci 0,1 Hz pozorován během skladování nárůst tuhosti (porovnání hodnot v 1. a 60. dnu). Tento jev lze přisoudit postupnému poklesu obsahu vody a hydrolýze polyfosforečnanů. Práce Ney [61] uvádí, že u plátkového taveného sýru může při teplotě skladování 20 °C dojít kvůli odparu vody za 1 měsíc k hmotnostnímu úbytku $2 - 5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Zvýšením tuhosti způsobeným hydrolýzou polyfosforečnanů se zabývá studie Tamine *et al.* [62]. Postupný rozpad polyfosforečnanů vede podle ní k uvolňování vápenatých iontů z tavicích solí a jejich zapojování do proteinové matrice má za následek rovněž zvýšení tuhosti.

V průběhu skladování může dojít také k senzorickým vadám na výrobku. Jednou z takových vad může být například krystalizace tavicích solí, či laktózy. Krystalizace tavicích solí může nastat v případě, že tavicí soli jsou špatně rozpuštěny, popřípadě je jejich koncentrace příliš vysoká. Na výrobku se tato krystalizace v případě citronanových tavicích solí projeví ve formě mramorování, zatímco u fosforečnanových tavicích solí takzvanou písčitostí. Ke krystalizaci laktózy dochází rovněž při její vyšší koncentraci (více než 5 % (w/w) konečného produktu). Další senzorickou vadou, která se může projevit především při zvýšené teplotě skladování, je změna barvy (zabarvení do růžova, či do

hněda). To je způsobeno Maillardovými reakcemi. Jejich intenzita může být zesílena i tím, pokud chlazení probíhá příliš pomalu [43,44,48,56,63]. Práce Kristensen *et al.* [64] se dále věnovala sledování, jak souvisí oxidační stabilita tavených sýrů se skladovací teplotou. Signifikantní nárůst druhotných produktů oxidace tuků byl však zjištěn až při skladovací teplotě 37 °C.

8 ZÁVĚR

Znalost vývoje reologických vlastností tavených sýrů v průběhu chlazení, je důležitá jak z pohledu technologického či výrobního, tak i z pohledu spotřebitelského. Neboť vedle chuti a vůně je konzistence dalším parametrem, který je pro konečného zákazníka podstatný. Počet prací, které se tímto tématem zabývají, je však omezený. To je hlavním důvodem, proč se reologické vlastnosti tavených sýrů v průběhu jejich chlazení staly jedním z témat určených pro diplomové práce. Výsledky této práce lze shrnout do následujících bodů:

- Ze zvolených surovinových skladeb (viz Příloha PI) byly získány výrobky, jejichž pH se pohybovalo v rozmezí od 5,67 do 5,92, což je pro tavené sýry ideální.
- Výrobky měly již na počátku chlazení (80 °C) poměrně tuhou konzistenci, kdy hodnoty elastického modulu pružnosti G' převyšovaly nad hodnotami ztrátového modulu pružnosti G'' . Pouze u taveného sýru s celkovým obsahem sušiny 35 % w/w a obsahem tuku v sušině 40 % w/w převyšoval na počátku ztrátový modul pružnosti G'' a bod gelovatění sledován v teplotním intervalu 60-70 °C.
- Nejvyšších hodnot tuhosti bylo dosaženo u taveného sýru s celkovým obsahem sušiny 40 % w/w a obsahem tuku v sušině 40 % w/w.
- U tavených sýrů s celkovým obsahem sušiny 35 a 40 % w/w a obsahem tuku v sušině 50 % w/w se během chlazení ztrátový modul pružnosti krátkodobě dostal nad modul elastický. Zde se výrazně větší podíl tuku v surovinové skladbě mohl podepsat na zvýšení tlumících vlastností taveniny během snižující se teploty.
- Při porovnání 1. a 60. dnu byl u všech vzorků během skladování pozorován nárůst tuhosti způsobený pravděpodobně postupným poklesem obsahu vody a hydrolýzou polyfosforečnanů.

Věřím, že výsledky této práce mohou být využity jak odbornou veřejností, tak také studenty technologických fakult při plánování dalších analýz.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] **Svět potravin.** 100 let od zahájení výroby tavených sýrů. [Online] 22.9. 2011. <https://www.svet-potravin.cz/clanek/100-let-od-zahajeni-vyroby-tavenych-syru>.
- [2] **SALIX.** Mlékárna a tavnírna sýrů SALIX. *Tavené sýry*. [Online] Salix s.r.o., 2019. <https://www.salix-syry.cz/>.
- [3] **Kopáček, J.** Současný stav mlékárenství a sýrařství z pohledu IDF World Dairy Summit 2017. *Výroba sýrů a tvarohů v České republice*. [Online] Českomoravský svaz mlékárenský z.s., 24. 1 2018. <http://umtk.vscht.cz/cps/wp-content/uploads/2018/01/Sou%C4%8Dasn%C3%BDstav-sv%C4%9Btov%C3%A9ho-ml%C3%A9ka%C5%99stv%C3%AD-....-p%C5%99ehl%C3%ADdky-V%C5%A0CHT.pdf>.
- [4] **Česká republika.** Vyhláška č. 397/2016 Sb. ze dne 12. prosince 2016: Vyhláška o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. *Zákony pro lidi*. [Online] [Citace: 8. Leden 2020.] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397?text=taven%C3%A9+s%C3%BDry>.
- [5] **Evropská unie.** Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu. *Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004*. [Online] EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2004/853/oj/?locale=cs>.
- [6] **Evropská unie.** Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách. *EUR-Lex*. [Online] 2008. https://web.vscht.cz/~kocourev/files/Reg_1333-2008-aditiva.pdf.
- [7] **Hladká, K., Randulová, Z., Tremlová, B., Ponížil, P., Mančík, P., Černíková, M., Buňka, F.** The effect of cheese maturity on selected properties of processed cheese without traditional emulsifying agents. [Online] Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014.
- [8] **Černíková, M.** Vybrané faktory působící na konzistenci tavených sýrů. [Online] Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2018. ISBN 978-80-7454-728-7.
- [9] **Janštová, B.** *Technologie mléka a mléčných výrobků*. Brno : Veterinární a farmaceutická univerzita, 2012. stránky 109,110. ISBN 978-80-7305-637-7.

- [10] **Česká republika.** Vyhláška o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. *Vyhláška č. 397/2016 Sb.* [Online] Zákony pro lidi, 1. 1 2017. <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397?text=taven%C3%A9+s%C3%BDry>.
- [11] **Gupta, V., Reuter, H.** Processed cheese foods with added whey protein concentrates. [Online] Hal archives-ouvertes, 1992. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00929287/document>.
- [12] **Kadlec, P.** *Technologie potravin II.* Praha : Vysoká škola Chemicko-technologická, 2002. stránky 80,81. ISBN 80-7080-510-2.
- [13] **Buňka, F.** Vědecké spisy VUT v Brně. *Tavené sýry a faktory ovlivňující jejich konzistenci.* [Online] VUT v Brně, Fakulta technologická, 2017. ISBN 978-80-214-5460-6.
- [14] **Donald, J. M., Brym, M.** Dairy Processing and Quality Assurance. *12 Cheese.* [Online] Western Dairy Center, Dairy Technology Innovation Laboratory, Utah State University, Logan, UT, USA, 2016. <https://books.google.cz/books?id=jknHCgAAQBAJ&pg=PA287&lpg=PA287&dq=Donald+J.+McMahon,+Maria+Brym+12+Cheese&source=bl&ots=Ru02eEGde7&sig=ACfU3U3o5RE6s7sfx2LC-Cqroba2CL7d6g&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKEwjit-G3o5XpAhXNCuwKHQ5tC6sQ6AEwC3oECAoQAQ#v=onepage&q=Donald%2>.
- [15] **Awad, R. A., Abdel-Hamid, L. B., El-Shabrawy, S. A., Singh, R. K.** Physical and Sensory Properties of Block Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures. [Online] International Journal of Food Properties, 6. 2 2007.
- [16] **Buňka, F., Buňková, L.** Potravinářská Revue, Odborný časopis pro výživu, výrobu potravin a obchod. *Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů.* [Online] Potravinářská Revue, 2009. <http://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/PZ/RE1-2009%20oprava.pdf>.
- [17] **SZPI.** Státní zemědělská a potravinářská inspekce. *Přidatné látky (aditiva).* [Online] Státní zemědělská a potravinářská inspekce, 18. 7 2017. <http://www.szpi.gov.cz/clanek/pridatne-latky-aditiva.aspx?q=JmNobnVtPTEmaGw9MTMzMy8yMDA4>.
- [18] **Loupancová, B.** Studium faktorů ovlivňujících tvorbu těkavých aromaticky aktivních látek v přírodních materiálech. [Online] Vysoké učení technické v Brně, Fakulta

technologická, 2012. <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/5356/final-thesis.pdf?sequence=9&isAllowed=y>.

[19] **Carić, M., Gantar, M., Kaláb, M.** Effects of Emulsifying Agents on the Microstructure and Other Characteristics of Process Cheese - A Review. [Online] Food Structure, 1985. <https://pdfs.semanticscholar.org/1027/1daaf4f1c15022c304eaa9542241bdae5257.pdf>.

[20] N. N. E331 - Citronany sodné. *FÉR potravina*. [Online] FÉR potravina. <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E331>.

[21] **Odstrčil, J., Odstrčilová, M.** *Chemie potravin*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006. ISBN 80-7013-435-6.

[22] **Evropská unie.** Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1334/2008 ze dne 16. prosince 2008 o látkách určených k aromatizaci a některých složkách potravin vyznačujících se aromatem pro použití v potravinách nebo na jejich povrchu. *EUR-Lex*. [Online] [Citace: 15. Říjen 2019.] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1334&from=EN>.

[23] N. N. E466 - Karboxymethylcelulóza. *FÉR potravina*. [Online] FÉR potravina. <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E466>.

[24] **Hanáková, Z.** The Effect of Selected Hydrocolloids on the Rheological Properties of Processed Cheese Analogues Made with Vegetable Fats During the Cooling Phase. [Online] International Journal of Dairy Technology, 2013. <https://publikace.k.utb.cz/handle/10563/1003499>.

[25] **Záblacká, D.** *Vliv furcellaranu na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů během skladování*. [Diplomová práce] Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, 2018.

[26] **Fang, W., Qigen, T., Jie, L., Yiqing, X., Fzheng, R.** Effect of Carrageenan on Physicochemical and Functional Properties of Low-Fat Colby Cheese. [Online] Journal of food science, 2016.

[27] **Hanáková, Z.** Vybrané faktory ovlivňující texturní vlastnosti analogů tavených sýrů. [Online] Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2012. http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/22546/han%c3%a1kov%c3%a1_2012_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- [28] **Kapoor, R., Metzger, L. E.** Process Cheese: Scientific and Technological Aspects-A Review. [Online] Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2008. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x>.
- [29] **Fadaei, A. M. V.** The effect of homogenization on texture of reduced dry matter processed cheese. [Online] Food Science and Technology, 2017. https://www.researchgate.net/publication/320628040_The_effect_of_homogenization_on_texture_of_reduced_dry_matter_processed_cheese.
- [30] **Buňka, F., Doudová, L., Weiserová, E., Černíková, M., Kuchař, D., Slavíková, Š., Nagyová, G., Ponížil, P., Grüber, T., Michálek, J.** *The effect of concentration and composition of ternary emulsifying salts on the textural properties of processed cheese spreads*. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014.
- [31] **Dostálová, J., Čurda, L., Obermeier, O.** Zpravodaj pro školní stravování č. 2. *Význam tavených sýrů ve výživě, Tavené sýry*. [Online] Společnost pro výživu, 2010. <http://www.vyzivaspol.cz/wp-content/uploads/2015/09/zpravodaj-2-2010.pdf>.
- [32] **Černíková, M., Buňka, F., Pospiech, M., Tremlová, B., Hladká, K., Pavlínek, V., Březina, P.** Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. [Online] Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010.
- [33] **Tomášková, P.** *Tavené sýry s ochucujícími složkami*. [Diplomová práce] Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014.
- [34] **Černíková, M., Pachlová, V., Holas, O., Moudrá, K., Slintáková, K., Buňka, F.** The Effect of Dairy Fat Source on Viscoelastic Properties of Full-Fat Processed Cheese Spreads. [Online] European Journal of Lipid Science and Technology, 2018.
- [35] **Buňka, F., Pavlínek, V., Hrabě, J., Rop, O., Janiš, R., Krejčí, J.** Effect of 1-Monoglycerides on Viscoelastic Properties of Processed Cheese. [Online] International Journal of Food Properties, 2007.
- [36] **Macků, I.** Visokoelastické a senzorické vlastnosti tavených sýrů s přidavkem pektinu. [Online] Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/9597/mack%c5%af_2009_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [37] **Kapoor, R., Metzger, L. E.** Process Cheese: Scientific and Technological Aspects. *Food Sci. Food Saf.* 2008, Sv. 7, stránky 194-214.

[38] **Guinee, T. P., Carić, M., Kaláb, M.** Cheese: Chemistry, Physice and Microbiology. *Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products*. [Online] Elsevier, 2004. ISBN 0-1226-3653-8.

[39] **Meyer, A.** *Processed Cheese Manufacture*. London : Food Trade Press, 1973.

[40] **Dimitreli, G., Thomareis, A. S.** Effect of temperature and chemical composition on processed cheese apparent viscosity. [Online] Technological Educational Institute (TEI) of Thessaloniki, Greece, 2004.

[41] **Swenson, B. J., Wendorff, W. L., Lindsay R. C.** Effects of Ingredients on the Functionality of Fat-free Process Cheese Spreads. *JFS: Food Chemistry and Toxicology*. [Online] Journal of Food Science, 2000. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2621.2000.tb13594.x?casa_token=shfiZTOEHnQAAAAA:sKQezVU58sklB6Xc9r9KE_ly_BhD8zMUR_FeUcHtwQp0bwdWsIddT8_zQiOvEicCziyTiklyPZMHH-84.

[42] **Nogueira de Oliveira, M., Ustunol, Z., Tamime, A. Y.** Manufacturing Practices of Processed Cheese. *Processed Cheese and Analogues*. [Online] 2011. ISBN 978-1-4051-8642-1.

[43] **Tamime, A. Y.** Processed Cheese and Analogues. *Effects of Natural Cheese Characteristics and Processing Conditions on Rheology and Texture: The Functionality of Cheese Components in the Manufacture of Processed Cheese*. [Online] 2011. ISBN 978-1-4051-8642-1.

[44] **Piska, I., Štětina, J.** Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. [Online] Department of Dairy and Fat Technology, Institute of Chemical Technology, Prague, 2004.

[45] **Zhong, Q., Daubert, Ch. R., Farkas, B. E.** Cooling effects on processed cheese functionality. [Online] 2005.

[46] **Hanáková, Z., Buňka, F., Pavlínek, V., Hudečková, L., Janiš, R.** The effect of selected hydrocolloids on the rheological properties of processed cheese analogues made with vegetable fats during the cooling phase. [Online] International Journal of Dairy Technology, 2013.

- [47] **Joshi, N. S., Jhala, R. P., Muthukumarappan, K., Acharya, M. R., Mistry, V. V.** Textural and Rheological Properties of Processed Cheese. [Online] International Journal of Food Properties, 2007. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1081/JFP-200032962>.
- [48] **Mynarčíková, L.** *Změna viskoelastických vlastností tavených sýrů v důsledku použití různých tavicích solí*. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014.
- [49] **Biswas, A. C., Muthukumarappan, K., Metzger, L. E.** Dynamic rheological properties of process cheese. *Effect of Ca and P content, residual lactose, salt-to-moisture ratio and cheese temperature*. [Online] International Journal of Food Properties, 2008. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10942910701558645>.
- [50] **Biswas, A. C., Muthukumarappan, K., Metzger, L. E.** *Effect of Ca and P content, residual lactose, and salt-to-moisture ratio on the model parameters of process cheese linear viscoelastic properties*. místo neznámé : International Journal of Food Properties, 2008.
- [51] **Bowland, E. L., Foegeding, E. A.** Factors Determining Large-Strain (Fracture) Rheological Properties of Model Processed Cheese. [Online] Department of Food Science, 1999.
- [52] **Schär, W., Bosset, J. O.** Chemical and Physicochemical Changes in Processed Cheese and Ready-made Fondue during Storage. *LWT - Food Science and Technology*. 2002, Sv. 35.
- [53] **McSweeney, P. L. H.** Biochemistry of Cheese Ripening: Introduction and Overview. *In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Third edition, Volume 1: General Aspects*. [Online] Elsevier Ltd., 2004.
- [54] **Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., Cogan, T. M., Guinee, T. P.** Fundamentals of Cheese Science. [Online] Aspen Publishers, Inc., 2000.
- [55] **Nagyová, G., Buňka, F., Salek, R. N., Černíková, M., Mančík, P., Grüber, T., Kuchař, D.** Use of Sodium Polyphosphates with Different Linear Lengths in the Production of Spreadable Processed Cheese. *Journal of Dairy Science, vol. 97.* [Online] 2014.
- [56] **Carić, M., Guinee, T. P., Kaláb, M.** Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. *In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, vol. 2*. [Online] 2004. ISBN 0-1226-3653-8.

- [57] **Carić, M., Kaláb, M.** Processed cheese products. *In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, vol. 2.* [Online] 1997.
- [58] **Mezger, T.** The Rheology Handbook: For Users of Rotational and Oscillatory Rheometers. [Online] Hannover: Vincentz Network, 2006. ISBN:3-87870-174-8.
- [59] **Buňka, F., Štětina, J., Hrabě, J.** The Effect of Storage Temperature and Time on the Consistency and Color of Sterilized Processed Cheese. [Online] European Food Research and Technology, 2008.
- [60] **Rayan, A. A., Kaláb, M., Ernstrom, C. A.** Microstructure of process cheese. [Online] Scanning Electron Microscopy, 1980.
- [61] **Ney, K. H.** Geraet zur Messung des Biegebruchverhaltens von Schmelzkaesescheiben. *Alimenta, vol. 2.* [Online] 1988.
- [62] **Tamime, A. Y., Kaláb, M., Davies, G., Younis, M. F.** Microstructure and firmness of processed cheese manufactured from Cheddar cheese and skim milk powder cheese base. [Online] Food Structure, 1990.
- [63] **Forman, L.** Mlékárenské technologie II. [Online] VŠCHT, Praha, 1996. ISBN 80-70-7080-250-2.
- [64] **Kristensen, D., Hansen, E., Arndal, A., Trinderup, R. A., Skibsted, L. H.** Influence of light and temperature on the colour and oxidative stability of processed cheese. [Online] Food Chemistry, Journal of Dairy Science, 2001.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|-------------|--|
| a.s. | akciová společnost |
| Alu | hliníkový/vyrobený z hliníku |
| atd. | a tak dále |
| č. | číslo/čísla |
| EFSA | European Food Safety Authority (Evropský úřad pro bezpečnost potravin) |
| ES | Evropské společenství |
| G' | elastický modul pružnosti |
| G'' | ztrátový modul pružnosti |
| G* | komplexní modul pružnosti |
| mil. | milion/milionů |
| η | viskozita |
| s.r.o. | společnost s ručením omezeným |
| Sb. | Sbírka zákonů |
| $tg \delta$ | tangenta fázového posunu |
| tzv. | takzvaný/takzvaně |
| UHT | Ultra High Temperature (vysokoteplotní) |
| w/w | hmotnostní procenta |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obr. 1: Ukázka prvního balení taveného sýru [1]..... | 11 |
| Obr. 2: Ukázka zařízení na výrobu tavených sýrů diskontinuálním způsobem [33]..... | 25 |
| Obr. 3: Ukázka vyrobeného taveného sýru v polypropylenových kelímcích s nažehleným hliníkovým víčkem (foto autor práce)..... | 34 |
| Obr. 4: Ukázka vzorků (před sušením) s požadovanou hmotností, které byly jednotlivě vkládány do hliníkových misek obsahující mořský písek a tyčinku (foto autor práce)..... | 35 |
| Obr. 5: Přístroj Hanna Instruments HI 99161 použitý k měření pH (foto autor práce)..... | 38 |
| Obr. 6: Provádění dynamické oscilační reometrie na přístroji Thermo Scientific TM (RheoStress1, HAAKE, Brémy, Německo) pro zjištění viskoelastických vlastností jednotlivých modelových vzorků tavených sýrů (foto autor práce)..... | 40 |
| Obr. 7: Elastický G' a ztrátový G'' modul pružnosti – druh taveného sýru 35/40..... | 41 |
| Obr. 8: Elastický G' a ztrátový G'' modul pružnosti – druh taveného sýru 35/50..... | 42 |
| Obr. 9: Elastický G' a ztrátový G'' modul pružnosti – druh taveného sýru 40/40..... | 43 |
| Obr. 10: Elastický G' a ztrátový G'' modul pružnosti – druh taveného sýru 40/50..... | 44 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| Tab. 1: Členění sýrů na druhy, skupiny a poddruhy [10]..... | 13 |
| Tab. 2: Přídavné látky a jejich maximální množství v tavených sýrech [6]..... | 22 |
| Tab. 3: Výsledky chemické analýzy v závislosti na době skladování..... | 39 |
| Tab. 4: Tangenta fázového posunu – druh taveného sýru 35/40..... | 41 |
| Tab. 5: Tangenta fázového posunu – druh taveného sýru 35/50..... | 42 |
| Tab. 6: Tangenta fázového posunu – druh taveného sýru 40/40..... | 43 |
| Tab. 7: Tangenta fázového posunu – druh taveného sýru 40/50..... | 44 |
| Tab. 8: Výsledky oscilační reometrie v průběhu skladování..... | 46 |

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA PI: Surovinové skladby

PIa) Surovinová skladba sýru 35/40

PIb) Surovinová skladba sýru 35/50

PIc) Surovinová skladba sýru 40/40

PIId) Surovinová skladba sýru 40/50

PŘÍLOHA PII: Výsledky dynamické oscilační reometrie v průběhu chlazení – Elastický G' a ztrátový G'' modul pružnosti