

Vliv sterilačního záhřevu na reologické a texturní vlastnosti tavených sýrových výrobků

Bc. Tereza Šmigurová

Diplomová práce
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2020/2021

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

Jméno a příjmení: **Bc. Tereza Šmigurová**
Osobní číslo: **T19477**
Studijní program: **N0721A210004 Technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Vliv sterilačního záhřevu na reologické a texturní vlastnosti tavených sýrových výrobků**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část:

1. Charakterizujte tavené sýry a tavené sýrové omáčky (vlastnosti, výroba).
2. Popište sterilační záhřev a zaměřte se na dopady, které má sterilace na mléčné výrobky (zejména s ohledem na konzistenci).

II. Praktická část:

1. Vyroberte tavené sýry a tavené sýrové omáčky s různým obsahem tuku a sušiny a podrobte je sterilačnímu záhřevu.
2. Proveďte reologickou a texturní analýzu pasterovaných i sterilovaných produktů.
3. Získané výsledky vyhodnoťte, diskutujte je s odbornou literaturou a vyvoďte závěry.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] Lazárková, Z., Buňka, F., Buňková, L., Valášek, P., Kráčmar, S., Hrabě, J. Application of different sterilising modes and the effects on processed cheese quality. *Czech Journal of Food Sciences*, 2010, 28, 3, s. 168 –176. ISSN 1805-9317
- [2] Lazárková, Z., Buňka, F., Buňková, L., Holáň, F., Kráčmar, S., Hrabě, J. The effect of different heat sterilization regimes on the quality of canned processed cheese. *Journal of Food Process Engineering*, 2011, 34, s. 1860 –1878. ISSN 1745-4530
- [3] Bubelová, Z., Tremlová, B., Buňková, L., Pospiech, M., Vitová, E., Buňka, F. The effect of long-term storage on the quality of sterilized processed cheese. *Journal of Food Science and Technology*, 2015, 52, 8, s. 4985 –4993. ISSN 0022-1155
- [4] Lazárková, Z., Buňková, L., Macků, I. Vliv 24měsíčního skladování na senzoričnou jakost sterilovaných tavených sýrů. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 2009, Mimoriade číslo, s. 349 –355. ISSN 1336-9245
- [5] Buňka, F., Štětina, J., Hrabě, J. The effect of storage temperature and time on the consistency and color of sterilized processed cheese. *European Food Research and Technology*, 2008, 228, 2, s. 223 –229. ISSN 1438-2385
- [6] Tamime, A.Y. *Processed Cheese and Analogues*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 2011. ISBN: 978-1-4051-8642-1

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zuzana Lazárková, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **14. května 2021**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 8. února 2021

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

V této práci byl zkoumán vliv sterilace (122 °C, 40 min) na texturní a reologické vlastnosti tavených sýrových výrobků. V práci bylo analyzováno 18 vzorků (16 tavených sýrů a 2 tavené sýrové omáčky), které se lišily obsahem sušiny a tuku v sušině. Texturní parametry jako žvýkatelnost a gumovitost se zdají být sterilací ovlivnitelné. Po sterilaci byl elastický modulus vyšší než ztrátový modulus. Vliv sterilace na úhel fázového posunu a komplexní viskozitu nebyl jednoznačný. Byl ale pozorován vliv obsahu sušiny a tuku na texturní a reologické vlastnosti sýrových výrobků.

Klíčová slova: tavené sýry, tavené sýrové omáčky, sušina, tuk v sušině, texturní analýza, reologie

ABSTRACT

The dependence of sterilization process (122 °C, 40 min) on textural and rheological properties of processed cheese products (different dry matter and fat content) were examined in this study. It was analysed 18 samples (16 processed cheese and 2 processed cheese spreads). Samples differed in dry matter content and fat in dry matter content. Textural parameters like chewiness and gumminess are seem to be depend on sterilization. After sterilization the elastic modulus was above the loss modulus. The effect of the sterilization was not obvious in phase angle and komplex viscosity values. Moreover, it was discovered an influence of dry matter and fat content on textural and rheological properties of processed cheese products.

Keywords: processed cheese, processed cheese spreads, dry matter, fat in dry matter content, textural analysis, rheology

Chtěla bych poděkovat své vedoucí Ing. Zuzaně Lazárkové, Ph.D. za vedení, odborné rady a čas, který mi věnovala při psaní mé diplomové práce. Také bych chtěla poděkovat svým blízkým za podporu a trpělivost při studiu.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 TAVENÉ SÝRY A TAVENÉ SÝROVÉ OMÁČKY	11
1.1 LEGISLATIVNÍ CHARAKTERISTIKA VÝROBKŮ.....	11
1.2 SÝROVÉ ANALOGY	12
1.3 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK	13
1.3.1 Suroviny pro výrobu	13
1.3.2 Technologie výroby	16
2 STERILACE	19
2.1 TEORETICKÉ ZÁKLADY STERILACE	21
2.2 PRAKTICKÉ PROVEDENÍ STERILACE	23
2.3 VLIV STERILACE NA MLÉČNÉ VÝROBKY	25
2.3.1 Cukry	27
2.3.2 Bílkoviny	29
2.3.3 Tuk	32
2.3.4 Vitaminy a minerální látky.....	32
II PRAKTICKÁ ČÁST	34
3 CÍL PRÁCE	35
4 METODIKA	36
4.1 POPIS EXPERIMENTU.....	36
4.2 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ.....	36
4.3 POUŽITÉ METODY ANALÝZY	38
4.3.1 Chemická analýza	38
4.3.2 Texturní profilová analýza	38
4.3.3 Reologická analýza	39
5 VÝSLEDKY A DISKUZE	41
5.1 CHEMICKÁ ANALÝZA	41
5.2 TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA	43
5.3 REOLOGICKÁ ANALÝZA.....	49
ZÁVĚR	58
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	59
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	66
SEZNAM OBRÁZKŮ	68
SEZNAM TABULEK	69
SEZNAM PŘÍLOH	70

ÚVOD

Tavené sýrové výrobky jsou díky vlastnostem celosvětově populární. Jejich obliba je dána jak širokou škálou podob a chuťových variant, tak širokým spektrem využití. Základní surovinou jsou přírodní sýry. Nepostradatelnou složkou tavených výrobků jsou tavicí soli, které se velkou měrou podílejí na jejich celkové podobě. Výsledná konzistence tavených sýrových výrobků mimo tavicích solí závisí na stupni prozrálosti vstupní suroviny, přidaných ingrediencích a celkovém obsahu sušiny a tuku.

Tato diplomová práce byla zaměřena na posouzení vlivu sterilace na texturní a viskoelastické vlastnosti tavených sýrových výrobků. Tavené sýrové výrobky byly připraveny z přírodního sýru, másla, tavicích solí a pitné vody. U části modelových vzorků byla provedena sterilace v autoklávu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TAVENÉ SÝRY A TAVENÉ SÝROVÉ OMÁČKY

Výroba tavených sýrových omáček je spíše zahraniční záležitostí. Nicméně je možné se setkat s výrobky zmrazenými, polotekutými nebo výrobky ve formě suchých směsí. Tavené sýrové výrobky si svou oblibu, mimo širokou škálu chuťových variací, získaly i díky svému roztíratelnému charakteru (Buňka, 2009, Spreer, 1998). Přívětivé je i malé spotřebitelské balení. Tavené sýrové omáčky tvoří stabilní emulze typu O/V. Základní složku sýrových omáček tvoří přírodní nebo tavené sýry. Obsah vlhkosti se pohybuje v rozmezí 40 – 60 %, obsah tuku činí alespoň 20 % hm. Hodnota pH by neměla být menší jak čtyři (Guinee, 2004). Vzhledem k ekonomickým nákladům a omezené trvanlivosti surovin sahají výrobci po odřezcích přírodních sýrů, dehydratovaných sýrech (sýrové prášky), sušeném mléku anebo proteinových prášcích (koncentrát nebo izolát syrovátkové bílkoviny) (Buňka, 2009). Vzhledem k složení lze tyto výrobky dále dělit do několika skupin. Ve Spojených státech se tavené sýrové produkty dělí do čtyř skupin. Řazení závisí na složení a použitých ingrediencích. Čtyřmi kategoriemi jsou: pasterované tavené sýry, pasterované tavené sýrové pokrmy, pasterované tavené sýrové pomazánky a pasterované směsné sýry. Do jakési doplňkové kategorie se řadí výrobky na bázi taveného sýra, např.: dipy a omáčky (Guinee, 2004). Syrovátkové proteiny obsahují laktoferin vázající volné železo. Laktoferin vykazuje také antibakteriální, antivirové, protinádorové a antifungální vlastnosti. Jelikož syrovátkové koncentráty ovlivňují vzhled, texturu a reologické vlastnosti potravinových systémů je důležitý jejich správný výběr (Szafránska, 2020, Corredig, 2009). Dalšími ingrediencemi jsou tavicí soli, hydrokoloidy, mléčný kasein a tuk (Buňka, 2009). Existují studie, kde byl mléčný tuk nahrazen např. organickým kokosovým olejem. V případě začlenění rostlinné složky do surovinové skladby, se hovoří o tzv. analogu (Szafránska, 2020).

1.1 Legislativní charakteristika výrobků

Sýrové omáčky nemají pevně dané legislativní parametry. Do jejich surovinové skladby je tedy možné přidat jak složky mléčného, tak složky nemléčného původu. Aby mohl být výrobek nazýván „taveným sýrovým výrobkem“, musí dle vyhlášky č. 397/ 2016 Sb. o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje splňovat jistá kritéria. Tavený sýrový výrobek je tedy mléčný výrobek, který byl tepelně ošetřen tavením, obsahuje více než 5 % hm. laktózy a obsažený sýr tvoří minimálně 50 % hm. sušiny. Vyhláška povoluje použití másla, máselného tuku, smetany, máselného koncentrátu

a ostatních mléčných složek. Dále se smí aplikovat jedlá sůl, bakteriální kultury, enzymy, cukry, koření, sezónní zelenina a ostatní zdravotně nezávadné suroviny (Česko, 2016, Szafránska, 2020).

Tavený sýr může být označen tímto pojmem, pokud byl tepelně upraven tavením. Dle vyhlášky 397/2016 Sb. se tavený sýr řadí do druhu sýr, skupiny tavený a podskupiny roztíratelný s lomem. U tavených sýrů nesmí být, na rozdíl od tavených sýrových výrobků, přidán cukr a ostatní mléčné složky s výjimkou surovin pro standardizaci. Pro standardizaci je povolen přídavek másla, máselného tuku, smetany a máselného koncentrátu. Přidána může být jedlá sůl, bakteriální kultury, zdravotně nezávadné enzymy se specifickými účinky, koření a sezónní zelenina a ostatní zdravotně nezávadné potraviny. Vyhláška dále rozděluje tavené sýry na druhově pojmenované a druhově nepojmenované. U druhově pojmenovaného sýru je máslo, máselný tuk, smetana a máselný koncentrát povolen jen pro standardizační účely a nesmí se přidávat ostatní mléčné složky. U druhově nepojmenovaných tavených sýrů se smí přidávat máslo, máselný tuk, smetana a máselný koncentrát ne jen pro účely standardizaci a ostatní mléčné složky, lze přidávat tak aby obsah laktózy nepřesáhl 5 % hm. Tavený sýr smí obsahovat laktózu do 5 % hm. Oproti tomu, tavený mléčný výrobek může mít ve svém složení více jak 5 % hm. laktózy (Česko, 2016).

1.2 Sýrové analogy

Smyslem náhrady živočišných složek za rostlinné jsou finanční a nutriční důvody. Výhodami nahrazení mléčného tuku rostlinnými oleji jsou: nahrazení dražší složky za levnější, nižší náklady na výrobní zařízení, jednoduchost a rychlost výroby z lehce dostupných surovin, snadný zásah do receptury. Výsledkem mohou být nízkotučné výrobky nebo výrobky s nízkým obsahem soli. (Tamime, 2011). Pro výrobu analogů jsou využívány různé ingredience jako odstředěné mléko, přírodní sýr, voda, máslový olej, kasein, kaseináty, rostlinné oleje a bílkoviny (Giunee, 2004).

Výrobek, kde byl mléčný tuk částečně nebo zcela nahrazen tukem rostlinným, nesmí být označen slovem „sýr“. Aby nedocházelo ke klamání spotřebitele, je nutné při prodeji sýrových analogů výrobky viditelně odlišit. Státní zemědělská a potravinářská inspekce doporučuje např. označení „alternativa mléčného výrobku“ (SZPI, 2008)

Pro výrobu analogů se používá voda, tavicí soli, bílkoviny a tuk. Výroba se liší v závislosti na surovinové skladbě a používaném typu bílkovin. Voda se smíchá s práškovým kaseinem

za přítomnosti tavicích solí při cca 50 °C. Tavicí soli zvýší pH díla na hodnotu 8 – 9, což vede k lepší výměně vápenatých a sodných iontů. Kasein ve směsi funguje jako emulgátor. Postupně bobtná a váže na sebe částice tuku a vody. Po přidavku tuku se pomocí páry zvýší teplota na 80 °C. Proces tavení a míchání trvá do vzniku hladké homogenní struktury. Následujícím krokem je úprava pH (může být použita kyselina citronová). Produkt je rychle zchlazen a skladován při chladírenských podmínkách (Tamime, 2011).

U sýrových pokrmů je v porovnání s tavenými sýry povolen vyšší obsah vody a menší obsah tuku. Sýrové pokrmy nesmí přesáhnout víc jak 44 % vlhkosti a nesmí mít méně jak 23 % mléčného tuku. Jejich konzistence je měkčí s jemnější chutí. Přípravovány jsou při vyšších teplotách a výsledné pH je nižší. Přidávat se mohou různé přísady jako mléko, smetana, podmáslí, albumin ze syrovátky nebo nízkotučný sýr. Syrovátková sušina by neměla překročit 5 – 8 %. Při vyšším obsahu se může projevit kyselost (Hui, 2007).

Sýrové pomazánky mají svoji typickou roztíratelnou konzistenci kvůli vyššímu obsahu vody (více než 44 %, ale méně než 60 % vlhkosti) a minimálně 20 % mléčného tuku. Schváleno je přidávat sacharidy, cukry, kukuřiční sirup, škroby a různé gummy. Obsah takových látek nesmí přesáhnout 0,8 % hm. Tavený sýrový výrobek je pomazánka z taveného sýra, u které je možné překročit limity pro maximální vlhkost a minimální obsah tuku (Hui, 2007).

1.3 Výroba tavených sýrů a tavených sýrových omáček

Výroba tavených sýrů a tavených sýrových omáček se skládá z několika kroků. Počínaje sestavením směsi, krájením, rozměňováním, mletím, vlastním tavicím procesem, formováním, balením a ve finále chlazením taveniny (Šustová, 2004). Mimo samotných surovin ovlivňuje konečnou podobu výstupního produktu obalový materiál a technologický proces. Konkrétně se jedná o rychlost a dobu míchání. Rozhodující je i rychlost chlazení (Salek, 2019). Tavené sýrové omáčky jsou chlazeny rychleji než sýry pevnějšího charakteru (Guinee, 2004).

1.3.1 Suroviny pro výrobu

Jako u všech potravin, i pro tavené sýrové omáčky platí, že výsledný produkt je stejně tak dobrý jako suroviny, ze kterých vzešel. Výběru surovin je nutné věnovat stejnou pozornost jako samotnému výrobnímu procesu. Suroviny pro tavené sýrové produkty se odvíjí od typu výrobku. Je rozdíl v poměru surovin při výrobě tavených sýrů nebo tavených

sýrových omáček (Spreer, 1998). Výchozími surovinami je přírodní sýr, mléčný tuk (máslo, smetana), voda, tavicí soli, hydrokoloidy, stabilizační a konzervační látky, příchutě, barviva, zelenina, maso (Gunasekaran, 2002, Spreer, 1998, Šustová, 2004, Buňka, 2009). Do výchozích surovin lze zařadit i různé odřezky sýrů, co nenašly využití při přípravě plátkových spotřebitelských balení nebo tzv. rework (Buňka, 2009). Jako rework je označen již jednou zpracovávaný tavený sýr. Existují tři typy reworků. První vzniká zpracováním nezralého mladého sýru s dlouhými řetězci bílkovin, druhým je klasický tavený sýr s krémovou strukturou a posledním typem je tavený sýr, kde došlo k překrémování. Přídavek reworku ovlivňuje výsledné vlastnosti tavených sýrů. Zvyšuje se pevnost, zlepšuje tavitelnost a díky obsahu tavicích solí se snižuje jejich dodatečný přídavek. Ekonomickým pozitivem je zpracování produktu, který je, z technologického hlediska, nevhodný k přímé spotřebě. Do surovinové skladby tavených sýrových pomazánek je pro zlepšení krémovitosti možné zakomponovat 1 – 2 % hm reworku (Černíková, 2018). Přísady jako koření, šunka, houby a jiné je možné přidat na začátku tavení, pak jsou tepelně zpracovány s ostatními přísadami, jinak jsou kombinovány až s hotovým výrobkem. Široká škála složení a použitelných ingrediencí jako koření apod. umožňuje vznik rozsáhlého sortimentu (Spreer, 1998, Guinee, 2004). Pro výrobu sterilovaných tavených sýrů se doporučuje nepoužívat suroviny s vysokým obsahem redukcujících cukrů. Vyšší obsah redukcujících cukrů vede k řadě reakcí, jejichž výsledek se odráží na výsledné podobě sterilovaných výrobků (Lazárková, 2009). Výhodou výroby tavených sýrů je možnost využití přírodních sýrů s mechanickými, nikoli mikrobiologickými, vadami (Buňka, 2009). Je žádoucí do výroby nezačleňovat sýry, které podlely bakteriálnímu pozdnímu duření způsobené např.: *Clostridium tyrobutyricum* nebo sýry napadené bílou hnilobou zapříčiněnou *Clostridium sporogenes*. Tavením sice tavenina projde jakýmsi tepelným ošetřením, to ale nedeaktivuje spory (Šustová, 2004). Ze sensorického hlediska může během tavení zintenzivnit nahořklá chuť nekvalitní vstupní suroviny (Šustová, 2004, Spreer, 1998).

Přírodní sýr ovlivňuje výrobek svým stupněm zralosti, kvalitou, hodnotou pH, obsahem bílkovin, sušiny a tuku. Důležitým parametrem je čistota a bakteriologické vlastnosti vstupní suroviny. Kyselý tvaroh se přidává pouze doplňkově v množství 10 – 20 % ke směsi přírodních sýrů. Tvaroh není pro výrobu tavených sýrů vhodnou výchozí surovinou, protože u něj dochází k intenzivnímu prokysání, ale téměř žádnému zrání. Obsahuje malé množství vápníku a dochází u něj k odbourávání bílkovin (Šustová, 2004). Právě

nerozpustný vápník v přírodním sýru má vliv na reologické vlastnosti taveného sýru (Papademas, 2018). Vhodnou výchozí surovinou jsou sýry, které vznikly za použití syřidla, a kde proběhla fermentace. Je také možné kombinovat mladé sýry s těmi prozrálejšími a tím ovlivňovat chuť výrobku (Salek, 2019, Šustová, 2004). Příliš vysoké zastoupení velmi prozralé suroviny může způsobit ostrou chuť. Na druhou stranu velké množství mladého sýra zapříčiní nežádoucí lepivost. Čím je sýr prozrálejší, tím více u něj proběhla proteolýza. To znamená, že v dlouho zrajících sýrech není dostatečné množství kaseinu, který je z technologického hlediska důležitou složkou. Je známo, že pro výrobu tavených výrobků jsou vhodnější tvrdé a polotvrdé sýry typu cheddar, gouda nebo ementál. Použití sýrů s plísní by mělo za následek vznik příliš měkké konzistence výrobků (Guinee, 2004, Spreer, 1998).

Obsah *tuku* lze korigovat přidávkem zahuštěného nebo odstředěného pasterovaného mléka, smetany, máslem, sušeným mlékem nebo vodou. Sušené mléko díky svému obsahu sušiny dokáže taveninu dostatečně zahustit. Je nutné dát pozor, aby celkový obsah laktózy v konečném výrobku nepřesáhl 4 %. Větší množství by mohlo během výroby vyústit např. v krystalizaci či karamelizaci. Pro sýrové pomazánky se používá sladká smetana s obsahem tuku 12 nebo 33 %. Voda se z důvodu lepší interakce kaseinu s roztokem tavicích solí přidává ve dvou krocích. První polovina vody se přidá na začátku, druhá ke konci tavicího procesu (Šustová, 2004). Se zvyšujícím se obsahem tuku a vody se snižuje kompaktnost a sýr se stává méně tuhý a lépe roztíratelný (Buňka, 2009).

Tavicí soli vznikly na počátku 20. století při snaze zlepšit stabilitu a prodloužit trvanlivost sýrových výrobků. Postupně byly pozorovány i jejich emulgační vlastnosti (Guinee, 2004). Používají se tři kategorie tavicích solí, možná je i jejich kombinace. Obecně se jedná o citronany, fosforečnany, polyfosfáty (Buňka, 2009). Zejména fosforečnany a citronany mají schopnost mléčné proteiny dobře rozptylovat a hydratovat, což vede k vzniku hladké struktury (Gunasekaran, 2002). Jako příklad tavicích solí lze uvést hydrogenfosforečnan sodný, pyrofosforečnan sodný, citronan sodný (Salek, 2019). Jejich úkolem je zvýšení pH na hodnotu mezi 5,3 – 5,9 (Walstra, 2006, Buňka, 2009) a výměna vápenatých iontů, z proteinové matrice přírodního sýra za ionty sodné nebo draselné. Vápenaté ionty blokují emulgační funkci mléčných proteinů, hlavně kaseinů. Výměna vápenatých iontů za sodné vede k přeměně nerozpustných vápenatých solí kaseinu na rozpustnější sodnou formu solí (Buňka, 2009). Při absenci tavicích solí by během záhřevu docházelo k nežádoucím jevům jako spojování tukových kuliček, agregaci a smrštění kaseinových částí. Jinak řečeno by

došlo k oddělení lipofilní a hydrofilní fáze (Buňka, 2009, Walstra, 2006). Konkrétně, při záhřevu přírodního sýra na 85 °C dochází k jeho rozdělení na tři fáze: na dně je vysrážená bílkovina, uprostřed se nachází vodná fáze a na povrchu je oddělená tuková fáze (Šustová, 2004). Dále tavicí soli urychlují rozpouštění bílkovin a omezují jejich srážení během tavicí fáze. U tavicích solí je zásadní jejich druh a použité množství. Tavicí soli se obvykle používají v množství 2 – 3 % hm. (Buňka, 2009, Šustová, 2004). Na používané soli jsou kladeny jisté nároky. Musí být schopny výměny vápenatých iontů, musí být rozpustné ve vodě, být zdravotně nezávadné a nakonec, musí mít neutrální sensorické vlastnosti (Buňka, 2009, Šustová, 2004)

Hydrokoloidy mohou svůj původ najít jak v rostlinné (pektin, škrob, celulóza, lokustová, arabská nebo guarová guma), tak i živočišné říši (želatina, kaseinát). Z řas je možné získat agar nebo karagenan. Mikroorganismy jsou zdrojem xantanové gumy, dextranu atd. Hydrokoloidy jsou látky na bázi polysacharidů nebo proteinů. Jejich vlastnosti, díky kterým našly své místo i v potravinářství, udává jejich vnitřní struktura. Polysacharidy produkující gely vytvářejí tzv. spojovací zóny. Ve vzniklých zónách se mohou vyskytovat nepravidelnosti, díky čemuž je umožněn vznik trojrozměrné sítě, která je schopna zachytit a udržet roztok. Čím více takových oblastí polysacharid vytváří, tím více tekutiny dokáže zachytit. Hydrokoloidy v potravinářských systémech zajišťují stabilizaci, zamezují vzniku krystalů cukru a ledu, omezují uvolňování syrovátky a prodlužují trvanlivost. Mimo již zmíněné vlastnosti vylepšují i vzhled výrobků. Nejpoužívanějšími hydrokoloidy v potravinářství jsou škroby (Phillips, 2009, Kadlec, 2012, Delcour, 2013). Hydrokoloidy v tavených sýrech zvyšují pevnost. Jak moc bude pevnost tavených sýrů zvýšena, ale závisí na konkrétním typu hydrokoloidu (Phillips, 2009). Ve výrobě tavených sýrů se používá alginát sodný, κ -karagenna, lokustová, guarová a xantinová guma (Corredig, 2009). Vlastnosti hydrokoloidů se projevují i při malých dávkách, pod 0,8 % hm. (Guinee, 2004).

1.3.2 Technologie výroby

Výroba probíhá kontinuálně nebo diskontinuálně. Diskontinuální výrobu lze rozdělit do několika kroků:

1. příprava směsi, která se bude tavit
2. určení skladby tavicích solí
3. tavení směsi

4. balení, chlazení, skladování, expedice (Buňka, 2009, Spreer, 1998, Walstra, 2006).

Během přípravy směsi na tavení se vychází z požadované konzistence, od které se odvíjí obsah sušiny a obsah tuku v sušině. Co se týká stupně prozrálosti vstupujícího sýra, blokové tavené sýry, od kterých se očekává dobrá krájitelnost a elasticita, vyžadují mladé sýry, kde je kasein ze 70 – 90 % neporušený. Středně zralé sýry jsou vhodnější pro zpracování na sýrové pomazánky. Tam je kasein neporušen už jen z 60 – 75 %. Je vhodné sýr před aplikací do tavicího kotle mechanicky narušit. V nakrájeném, nastrohaném sýru dochází k lepšímu a rychlejšímu prostupu tepla. Skladba tavicích solí je obvykle předmětem obchodního tajemství (Guinee, 2004).

Proces tavení probíhá v tavicím kotli. Tam jsou suroviny rozmělněny, za tepla taveny a emulgovány do podoby hladké homogenní směsi. Tavení probíhá za podtlaku 0,04 – 0,05 MPa (Šustová, 2004). Dodávka tepla určeného k tavení probíhá dvěma způsoby. Prvním je nepřímý ohřev přes stěny tavicího kotle. Dalším způsobem je přímé vstříkávání páry do nádoby. Při aplikaci druhého způsobu, je nutný přívod potravinářsky čisté páry. Zkondenzovaná pára se musí započítat také do celkové receptury. Po dosažení tavicí teploty (80 – 120 °C), je tato teplota udržována po dobu několika minut. V praxi se většinou používají teploty v rozmezí 90 – 100 °C (Buňka, 2009, Guinee, 2004). Během tavení dochází k pasteraci a prodloužení trvanlivosti. Samotné balení v diskontinuální výrobě by mělo proběhnout okamžitě po utavení. Balení taveniny, která má alespoň 60 – 70 °C, omezí riziko mikrobiální kontaminace. Diskontinuálním způsobem vznikají pasterované tavené sýry (Šustová, 2004, Buňka, 2009). Kontinuální způsob výroby tavených sýrů je popsán v kapitole 2:2 této práce.

Po tavení může a nemusí následovat homogenizace. Benefity homogenizace jsou další promíchání a zmenšení hrubých nebo nerozpuštěných částí jako jsou suché ingredience či tavicí soli. Přívětivý je i vliv na vznik hladkého produktu s jemným rozptýlením tukových kapiček. Jelikož je homogenizace energeticky a finančně náročná, je většinou aplikována při výrobě produktů s vysokým podílem tuku (Guinee, 2004).

Posledním krokem výroby je chlazení produktů. To musí probíhat rychle z důvodu zachování požadované konzistence. V opačném případě, by vznikaly suché výrobky s vysokým pH a příliš pevnou, křehkou konzistencí. Skladovací prostory musí mít optimální teplotu a vlhkost vzduchu. Příliš vlhké skladovací prostory by vedly k tvorbě plísní. (Buňka, 2009, Guinee, 2004, Spreer, 1998)

Rozsah pH u tavených sýrů, které byly vyrobeny z přírodních sýrů je 5,5 – 6,0. Při nižším pH jsou sýry spíše tuhé, kdy se pH blíží k izoelektrickému bodu proteinů, dochází k hojnějším interakcím proteinových frakcí a jejich vysoké agregaci. Při pH nad 6,0 dochází k snížení elektrostatických interakcí, vzrůstá negativní náboj proteinů, které se začínou odpuzovat. Vyrobené sýry jsou měkké, lepivé a mohou ulpívat na obalových materiálech (Šustová, 2004, Buňka, 2009).

2 STERILACE

Rozsah tepelných ošetření se v mlékárenském průmyslu obecně pohybuje v rozmezí teplot od cca 65 °C až do teplot 140 °C (Singh, 2014). Kolem 65 °C s výdrží několika málo vteřin se hovoří o termizaci. Ta probíhá nejčastěji v rozsahu 62 – 68 °C po dobu 15 vteřin. Termizaci lze použít jako doplňkovou metodu k metodě UHT (ultra high temperature). Bylo totiž zjištěno, že teploty termizace během skladování mléka destabilizují extracelulární lipázy a proteázy rodu *Pseudomonas* více než teploty, kterých se dosahuje při vysoké pasteraci, ultrapasteraci a UHT ošetření. Pokud je termizace využita jako doplňková metoda, pohybuje se doba výdrže při 60 °C kolem pěti a více minut (Roginski, 2003).

Častým technologickým krokem je i pasterace. Taková operace vede k devitalizaci pouze vegetativních forem mikroorganismů. Pasterace je rutinní proces ošetření syrového mléka, čímž se výrazně snižuje pravděpodobnost vzniku alimentárních nákaz (Tamime, 2009, Šnirc, 2015, Walstra, 2006). Díky novým technologiím je možné pasteraci provádět způsobem, kdy nedochází k ovlivnění sensorických vlastností mléka (Šustová, 2004). Existuje pasterace krátkodobá vysoká, krátkodobá šetrná a dlouhodobá pasterace. Během prvního zmíněného typu pasterace je mléko vystaveno teplotě 85 °C s výdrží 5 – 8 sekund. Krátkodobá šetrná pasterace využívá teplotu 72 – 74 °C po dobu 30 – 40 sekund. Při dlouhodobé pasteraci se využívá teplot 63 – 65 °C s výdrží 20 – 30 minut (Šnirc, 2015, Šustová, 2004, Spreer, 1998, Walstra, 2006, Tamime, 2009, Ryser, 2011). Ultrapasterace poskytuje pasterovaný produkt, který byl ošetřen alespoň 135 °C s výdrží minimálně 1 vteřiny (Ryser, 2011). Jiná literatura uvádí 137,8 °C s dobou výdrže dvě sekundy (Meunier-Goddik, 2011). Ultrapasterací bývá ošetřeno mléko, které je označeno jako ELS mléko (z angl. extend shelf life milk). Výhodou je delší doba trvanlivosti v porovnání s jinými typy pasterace a to 40 – 60 dnů v chladírenských podmínkách (Rankin, 2020).

Sterilace je tepelné ošetření vedoucí k deaktivaci přítomných enzymů. Enzymy mohou být v nativní formě, přirozeně se vyskytující, nebo se mohou objevit jako produkt kontaminující mikroflóry. Technologicky nežádoucí mikroflórou jsou např.: psychrotrofní a částečně termorezistentní bakterie s proteolytickou a lipolytickou aktivitou. Cílem sterilace je deaktivace patogenních a podmíněně patogenních mikroorganismů, a to jak jejich vegetativních forem, tak také většiny bakteriálních spor (Šnirc, 2015, Hinrichs, 2011, Šustová, 2004). Při sterilaci je obvykle dosaženo teplot 110 – 130 °C po dobu 20 – 30 minut. Taková klasická sterilace už může u mléka způsobit sensorické a nutriční změny.

Objevuje se změna barvy, hnědnutí, v důsledku Maillardových reakcí, taktéž se může vyskytnout vařivá nebo karamelová příchut'. Změnou k lepšímu byl vznik UHT ošetření, kdy je mléko vystaveno záhřevu jen po krátký čas. V praxi se pro mléko využívá teploty 130 – 142 °C po několik sekund. Produkty s vyšším podílem tuku vyžadují vyšší teploty (smetana 140 – 150 °C) (Spreer, 1998, Walstra, 2006, Šnirc, 2015, Tamime, 2009).

Délka doby trvanlivosti se odvíjí od kombinace teploty a doby výdrže. Pro kontrolu správně provedeného tepelného ošetření je rozhodný test negativních enzymů. Enzym fosfatáza je inaktivován při teplotách vyšších jak 71 °C. Peroxidáza je inaktivována až při vyšších teplotách nad 85 °C (Spreer, 1998). Po správně provedené pasteraci je test na fosfatázu negativní a na laktoperoxidázu pozitivní (Meunier-Goddik, 2011, Rehman, 2011) a po správně provedené sterilaci je inaktivována jak alkalická fosfatáza, tak peroxidáza (Batt, 2014). Zástupci patogenních mikroorganismů v mlékárenství jsou *Mycobacterium tuberculosis*, *Coxiella burnetii*, *Staphylococcus aureus*, salmonely, *Listeria monocytogenes* a *Campylobacter jejuni*. Během tepelných ošetření je usmrcena i jiná nežádoucí mikroflóra. Výsledkem je zdravotně nezávadný produkt (Walstra, 2006).

Volbu teploty tepelného ošetření ovlivňuje i hodnota pH. Z technologického hlediska se potraviny dělí na základě svého pH do tří skupin:

1. Technologicky kyselé potraviny (hodnota pH $\leq 4,0$)
2. Technologicky málo kyselé potraviny (hodnota pH mezi 4,0 – 6,5)
3. Technologicky nekyselé potraviny (hodnota pH $\geq 6,5$) (Šnirc, 2015).

Praktickou sterilitou se rozumí taková úroveň mikrobiální kontaminace, při které je zachována zdravotní nezávadnost produktu po dobu trvanlivosti. Výrobek tedy obsahuje mikroorganismy, ale v takovém množství nebo formě, kdy není negativně ovlivněna jakost a zdravotní nezávadnost. Praktické sterility je dosaženo i v případě technologicky kyselých potravin, kdy je využito teplot do 100 °C. Teplota do 100 °C usmrtí vegetativní formy mikroorganismů a nízké pH neumožní vyklíčení spor. U technologicky málo kyselých a nekyselých potravin je pro dosažení praktické sterility za potřeby aplikace teplot nad 100 °C. **Absolutní sterilita** (tzv. sterilizace) se u potravin spíše nevyužívá, a to převážně kvůli intenzivním změnám jednotlivých složek. Sterilizace je využívána v humánním a veterinárním lékařství (Šnirc, 2015). Důležitým krokem při práci s potravinami je sanitace technologických zařízení. Případné zbytky surovin mohou být zdrojem kontaminujících mikroorganismů, kvasinek a plísní (Šustová, 2004).

2.1 Teoretické základy sterilace

Účinek tepelných ošetření se odvíjí od původního množství mikroorganismů. Pro rychlost inaktivace mikroorganismů a jejich enzymů platí vztah (1):

$$-\frac{dc}{d\tau} = k \cdot c \quad (1)$$

c – množství mikroorganismů

τ – čas

k – rychlostní konstanta.

Po integraci zmíněného vztahu (1) získáme vztah (2), který je dále upraven do podoby rovnice (3)

$$\log \frac{C_0}{C_1} = \frac{k \cdot (\tau_1 - \tau_0)}{2,303} \quad (2)$$

$$\tau = (\tau_1 - \tau_0) = \frac{2,303}{k} \log \frac{C_0}{C_1} \quad (3)$$

C_0 – počáteční množství mikroorganismů

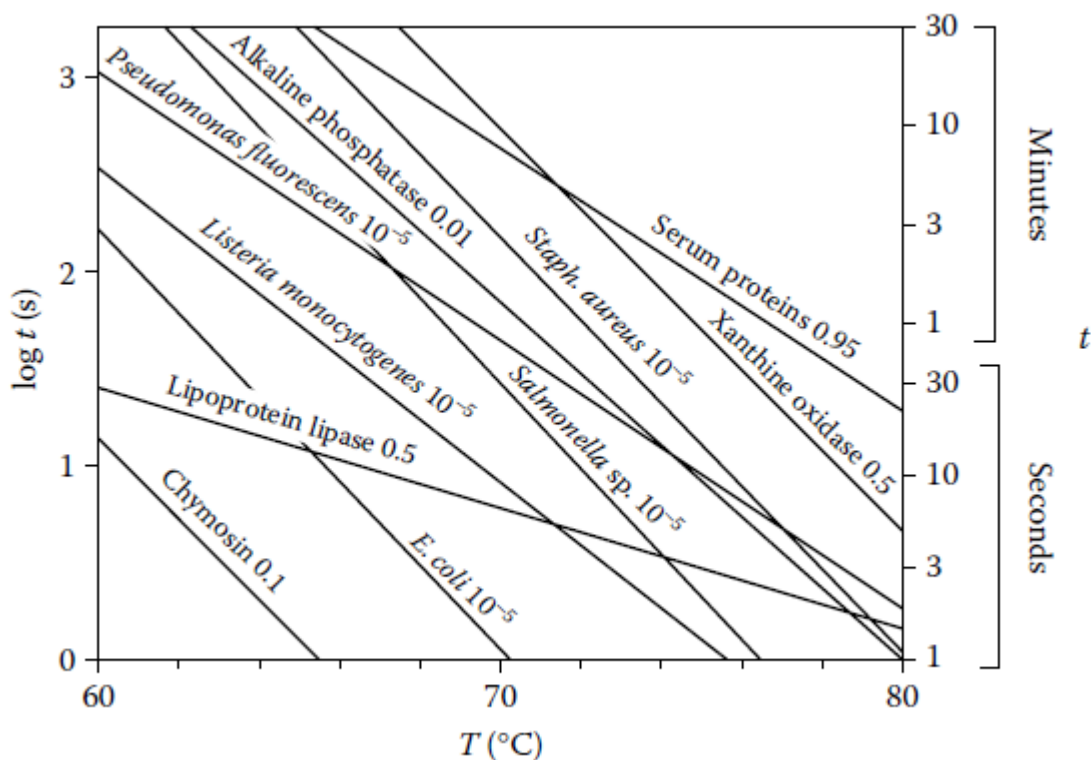
C_1 – konečné množství mikroorganismů

$(\tau_1 - \tau_0)$ – představuje délku tepelného ošetření.

Z výše uvedených vztahů lze vyvodit, že čím nižší je počet mikroorganismů před tepelným záhřevem, tím více je redukována pravděpodobnost přežití mikroorganismů v tepelně ošetřeném produktu. Vzhledem k tomu, že se jedná o exponenciální křivku, kde je počet mikroorganismů závislý na délce tepelného ošetření, není teoreticky reálné docílit absolutní sterility. Každého snížení mikroorganismů o 90 % (což je jeden dekadický logaritmičtý řád) je docíleno za totožnou dobu za působení konstantní teploty (Šnirc, 2015, Walstra, 2006, Kadlec, 2013)

Decimální redukční doba D je uváděna v minutách a určuje při konstantní teplotě T nezbytnou dobu pro snížení počtu mikroorganismů o jeden logaritmičtý řád. Hodnota D slouží k vyhodnocení inaktivačního účinku tepelných ošetření a určení doby potřebné k dosažení požadované hladiny mikroorganismů (Šnirc, 2015, Hinrichs, 2011).

Na mikroorganismy ale nepůsobí jen konstantní teplota. V potaz se musí vzít i postupně se zvyšující **teplota systému T** . Vztah mezi teplotou systému T a dobou τ , kdy konkrétní teplota působí lze interpretovat tzv. inaktivačními křivkami, jinak řečeno **termoletalitními čarami** (viz Obrázek 1). Ty se zjišťují empiricky. Existují termoletalitní čary pro potravinářsky významné mikroorganismy. Jako testovací mikroorganismy slouží většinou takové mikroorganismy, které jsou považovány za obzvláště odolné, což jsou většinou aerobní a anaerobní sporuláty. Zástupcem aerobních sporulujících mikroorganismů může být např. *Geobacillus stearothermophilus* nebo *Bacillus subtilis*. Jako příklad anaerobních sporulátů lze uvést *Clostridium botulinum* a *Clostridium thermosaccharolyticum*. Proces zjišťování termoletalitních čar probíhá následovně. Produkt, který má být sterilován je smíchán s testovacím mikroorganizmem. Takový vzorek je následně po sterilaci inkubován při 37 °C po dobu 60 hodin. Dále je vzorek podroben mikrobiologickému, chemickému a organoleptickému testování. Termodestrukční čary mohou být sestaveny i pro chemické látky a nutričně významné složky potravin (Šnirc, 2015, Spreer, 1998).



Obrázek 1 Čas (t) jako funkce teploty (T) nutný k deaktivaci některých enzymů, eliminaci vybraných bakterií a denaturaci sérových bílkovin v mléce nebo syrovátce (při pH 6,7)

(Walstra, 2006).

Teplotní citlivost z ($^{\circ}\text{C}$) říká, o kolik stupňů je nezbytné zvýšit teplotu systému T , aby bylo dosaženo inaktivačního účinku modelového mikroorganismu při snížení doby τ o 90 % (např. ze 100 minut na 10 minut). Hodnotu z je možné zjistit z termoletaltní křivky, je její směrnici. Jelikož je křivka klesající, hodnota z je záporná a lze ji vyjádřit vztahem (4), který říká, že je možné k dosažení ekvivalentního inaktivačního účinku exponenciálně zkrátit dobu záhřevu τ při současném lineárním zvýšení teploty T (Šnirc, 2015). Příkladem může být ošetření mléka. Při aplikaci 100°C , musí teplota vydržet po dobu 30 minut. Adekvátní alternativou může být 110°C po dobu tří minut, 120°C s výdrží 18 sekund, 130°C s výdrží 1,8 sekund a pro teplotu 140°C stačí mžiková výdrž 0,18 sekund (Spreer, 1998).

$$z = -\frac{T_1 - T_0}{\log \tau_1 - \log \tau_0} \quad (4) \text{ (Šnirc, 2015)}$$

Pojem **hodnota** Q_{10} říká, kolikrát se zvýší rychlost reakce při zvýšení teploty záhřevu o 10°C . Jinými slovy se jedná o vyjádření zkrácení inaktivační doby při zvýšení teploty o 10°C . Pro běžné mikroorganismy je hodnota 9 – 13. Pro sporotvorné bakterie je hodnota kolem 30. Pokud je faktor Q_{10} roven 11,5, tak to znamená, že bakterie je zničena 11,5krát rychleji při 90°C než při 80°C . Hodnotu Q_{10} je možné vyjádřit vztahem (5):

$$\log Q_{10} = \frac{10}{z} \quad (5) \text{ (Šnirc, 2015, Spreer, 1998)}$$

Další informaci poskytuje **hodnota** F . Hodnota F (v minutách) vyjadřuje dobu potřebnou k usmrcení choroboplodných zárodků za použití teploty $121,1^{\circ}\text{C}$. Pro *Clostridium botulinum* je hodnota 2,52. To znamená, že pro deaktivaci *Clostridium botulinum* teplota $121,1^{\circ}\text{C}$ musí vydržet minimálně 2,52 minut. Hodnotu lze také vypočítat s pomocí hodnoty D a tepelné odolnosti (Spreer, 1998, Hinrichs, 2011). Inaktivační účinek F se vypočte jako:

$$F = D \cdot \log_{10} \left(\frac{C_0}{C_1} \right) \quad (6) \text{ (Kadlec, 2013)}$$

2.2 Praktické provedení sterilace

Sterilace probíhá mimo obal nebo v obale. Zařízení pracující do teplot 100°C se označují jako pastéry a jsou určeny převážně pro kyselé potraviny, kde není nutné inaktivovat spory, nebo pro potraviny, které je následně nutné konzervovat jinými prostředky (např. chladírenské teploty) (Kadlec, 2013).

Proces sterilace probíhá v zařízení označované jako sterilátory. Existují kontinuální a vsádkové sterilizační zařízení (autoklávy). Kontinuální zařízení umožňuje ultravysoké tepelné ošetření (UHT) (Hinrichs, 2011, Spreer, 1998, Kadlec, 2013). Jsou tři způsoby zahřevu během UHT procesu: přímý, nepřímý a elektrický ohřev. Během přímého ohřevu dochází za tlaku 1 MPa k rozstříku páry do potraviny nebo k rozprášení potraviny do páry za tlaku 0,5 MPa. Při přímém ohřevu je potravina během 10 vteřin ohřata na zhruba 150 °C s výdrží 2 – 3 sekundy. Nepřímý ohřev využívá výměníků tepla. Přímý ohřev je pro potraviny šetrnější než ohřev nepřímý, kde je potravina v přímém styku s horkými povrchy (Kadlec, 2013). K dosažení vysokých teplot je využívána voda nebo pára. Vzhledem k teplotám překračujícím 100 °C musí být sterilizátor odolné konstrukce s pevným uzavíráním, které odolá velkým vnitřním tlakům (Spreer, 1998, Hinrichs, 2011).

Vsádkový styl sterilace (autokláv) zahrnuje válcový plášť s izolací neboli retortu a pevně uzavíratelným poklopem. Produkty pro sterilaci jsou uloženy v koši, který se během sterilace otáčí v podélném směru. To umožní rovnoměrné prohřívání produktů. Koš je umístěn do retorty. Po uzavření víka dojde k napuštění vodou, asi do jedné třetiny objemu retorty. Pára je vstřikována až do dosažení požadované teploty. Jakmile je dosaženo požadované teploty, je vypnut přívod sterilační páry a aktivuje se chladicí voda. Po dosažení teploty přibližně 30 °C, je chladicí voda vypuštěna, víko otevřeno a výrobky v koši vyjmuty z retorty (Spreer, 1998, Hinrichs, 2011).

Kontinuální metoda pracuje na hydrostatickém principu. Do systému jsou zapojeny alespoň dva sloupce naplněné vodou s otevřenou vrchní částí. Další sloupec je uzavřený a napuštěný párou. Jedná se o sterilizační komoru a nachází se mezi dvěma otevřenými sloupci. Výška vodního sloupce se odvíjí od požadované teploty páry. V první věži jsou produkty vytemperovány na výstupní hodnotu 90 °C. Zde dochází k denuraci syrovátkových proteinů. V druhé věži dochází k sterilaci. Produkt se na sterilační teplotu zahřeje buď nepřímým ohřevem, přes trubkové nebo deskové výměníky tepla, anebo přímým ohřevem pomocí vstřikování produktu nebo infuzní páry. V poslední věži jsou již sterilované produkty ochlazeny. Produkty jsou celým systémem posunovány pomocí nosiče, který též zajišťuje rotaci a tím lepší prostup tepla (Spreer, 1998, Hinrichs, 2011).

Kontinuální postup výroby tavených sýrů probíhá v nerezových trubkách v řádech sekund (2 – 3 s) při teplotách 130 – 145 °C (Buňka, 2009, Spreer, 1998). Doba tavení se odvíjí od typu vyráběného produktu. Roztíratelné tavené sýry vyžadují na rozdíl od blokových a plátkových tavených sýrů delší interval tavení a míchání. Při nedostatečně dlouhém

zpracování a nízké teplotě může dojít k nedokonalé spolupráci mezi přítomnými bílkovinami a tavicími solemi, tzv. přešlehání. To způsobí vadnou konzistenci a vzhled. I při vysokých teplotách a dlouhém mechanickém namáhání má výsledná tavenina nežádoucím charakter a hovoří se o tzv. krémovitosti (Spreer, 1998). V případě kontinuálního balení je nezbytné aseptické plnění. Tímto způsobem vznikají sterilované tavené sýry. Neméně důležitý je stav a vlastnosti obalových materiálů (Buňka, 2009).

Do procesu sterilace mléka je možné zařadit homogenizaci. Homogenizace před sterilací zajistí zmenšení tukových částí. Tím je zajištěna stabilita tukové fáze. Homogenizace aplikována po sterilaci odděluje agregáty vzniklé procesem sterilace. Jedná se převážně o shluky proteinových a tukových částí (Hinrichs, 2011).

2.3 Vliv sterilace na mléčné výrobky

Jak již bylo v této práci zmíněno, tepelná ošetření vedou k získání zdravotně nezávadných potravin s prodlouženou trvanlivostí. Tepelný záhřev, ale také vede k jednotlivým změnám složek potraviny, které mohou být vratné i nevratné. Změny mohou postihnout bílkoviny, tuky, sacharidy, enzymy, vitaminy, minerální látky apod. Rozsah změn zpravidla roste se zvyšující se teplotou a delší dobou výdrže. Volba tepelného ošetření závisí na typu produktu (Šnirc, 2015, Walstra, 2006). Při nevhodně zvolené vysoké teplotě není vyloučeno zvýšení viskozity a tím pádem horší prostup tepla (Aydogdu, 2021, O'Connell, 2011). Co může být u jednoho žádoucí, může být u jiného nevhodné. Vratnou reakcí může být izomerie nebo únik plynů jako je O_2 nebo CO_2 ze zařízení poskytující tepelné ošetření. Únik kyslíku snižuje množství oxidačních reakcí. Při nevhodném zacházení může docházet k absorpci kyslíku z okolního prostředí. Ovlivnění chuti, mohou mít na svědomí Maillardovy reakce, nově vzniklé disulfidické skupiny nebo změny tuku, z kterého se tvoří laktony a metylketony. Maillardovy reakce jsou také odpovědné za vznik až hnědé barvy. Dalšími reakcemi je např. hydrolýza esterů kyseliny fosforečné a štěpení fosfolipidů, což vede k navýšení podílu fosfátu. Acylglyceroly jsou hydrolyzovány a interesterifikovány. Enzymy, jako laktoperoxidáza, jsou vlivem vyšších teplot inaktivovány. Roste titrační kyselost a klesá hodnota pH mléka. Vzhledem k degradaci vitaminů a Maillardovým reakcím, kdy dochází k interakci proteinů s laktózou, není vyloučeno snížení nutriční hodnoty mléčných výrobků. (Walstra, 2006).

Odolnost mléka vůči teple je ovlivněna řadou faktorů. Kupříkladu tuk ovlivní stabilitu, je-li homogenizován (Walstra, 2006, O'Connell, 2011). Zmenšení tukových kuliček vede

k destabilizaci. Destabilizační účinek je spojován s adsorpcí kaseinových submicel na povrch nově vzniklých tukových kapiček. Ty se začnou chovat jako by byl jejich kasein vyčerpán. Homogenizační účinek u plnotučného mléka je možné zmírnit aplikací dvoustupňové homogenizace nebo přidavkem stabilizátorů (lecitin, kaseinát sodný). Z proteinů koagulační stabilitu podporují β -laktoglobulin a κ -kasein.

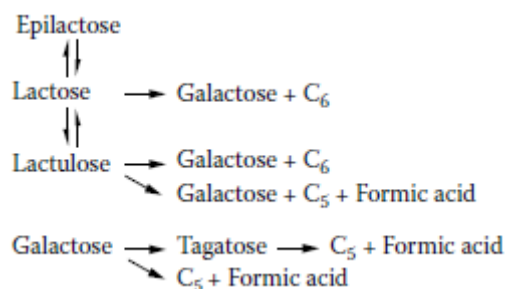
Významným činitelem je pH. Při teplotě 140 °C a $\text{pH} < 6,3$ je stabilita nízká, ale s pH blížícím se 6,7 se postupně zvyšuje. Při $\text{pH} 6,7$ stabilita dosáhne maxima, koagulační čas (HCT – heat coagulation time) je 20 min. Oproti tomu při $\text{pH} 6,9$ klesá stabilita, s $\text{HCT} \approx 5$ minut, na minimum. Snížení koncentrace dvojmocných iontů vápníku a hořčíku (cca o 15 %) zvyšuje stabilitu mléka v rozsahu $\text{pH} 6,5 - 7,5$.

Stabilitu podpoří i přidavek fosfátů. Ty vykazují pufrální a chelatační schopnosti, díky kterým na sebe vážou vápenaté ionty. Odstranění fosfátů vede k zásaditějšímu pH . Citrát obsažený v mléce se podílí na tepelné stabilitě pro zachování si vysoké rozpustnosti i při vysokých teplotách. Přidavek 10 mmol/l citrátu zvyšuje HCT. Stejně jako fosfát, má i citrát chelatační vlastnosti. Destabilizační účinek vykazuje šřavelan. Hodnota pH mléka, při které dochází k maximálnímu HCT, je snížena přidavkem NaCl nebo KCl. Nutno podotknout, že podmínky tepelné stability se odvíjí od druhu mléka. Jinak reaguje mléko kravské, kobyli velbloudí nebo lidské (O'Connell, 2011).

Tepelnou stabilitu mléka lze ověřit pomocí řady testů. První test stability vyvinuli v roce 1919 Sommer a Hart. Následně byly vyvinuty i jiné testy. Dnešní nejvíce využívané metody jsou metoda Irish Dairy Board a metoda Standard Association of Australia. Test proveden metodou Irish Dairy Board spočívá ve vizuálním stanovení tepelné koagulace proteinů ve vzorku mléka o malém objemu, typický je objem 2,5 ml, při 120 °C. Vzorek uložený ve skleněné baňce je ponořen do olejové lázně s konstantní teplotou. Cílem je stanovit čas, kdy proteiny koagulují v takové míře, že je lze spatřit. Test ovlivňuje teplota, rychlost míchání, stupeň naplnění zkumavek a úhel sklonu. Druhá metoda pracuje s objemnějšími vzorky (30 ml), které jsou co tři minuty z lázně vyjmuty a promíchány. Je zkontrolováno, zda vzorky vločkují a jsou vráceny zpět do zahřívací lázně (Lehmann, 2005). Tepelnou stabilitu je rovněž možné zkoumat pomocí viskozity. Jakmile se mléko začne srážet, začne se zvyšovat jeho viskozita. Tepelně indukovaná koagulace mléka má hodnotu Q_{10} zhruba 2 – 3. (O'Connell, 2011).

2.3.1 Cukry

Laktóza svými změnami během tepelných ošetření ovlivňuje mléko v mnoha ohledech. Dochází ke změnám chuti, barvy, pH a změnám výživových hodnot. Laktóza izomeruje a rozkládá se na laktulózu a organické kyseliny (Walstra, 2006). Laktulóza je disacharid složený z fruktózy a galaktózy. Prochází trávicím traktem až do tlustého střeva, kde je jako prebiotikum využívána probiotickými bakteriemi – *Lactobacillus* sp., *Bifidobacterium* sp. Tato vlastnost zapříčinila využívání laktulózy v mléčných výrobcích. Zdravá žena může zkonsumovat až 14,3 g laktulózy, bez toho, aniž by docházelo k průjemným projevům (Pazourek, 2019). Ve sterilovaném mléku se laktulóza tvoří ve velkém množství a to od 0,3 g/l přes 1,0 g/l. Laktóza může také degradovat na galaktózu a degradační produkty glukózy (viz obrázek 2).



Obrázek 2 Izomerační a degradační reakce cukrů (Walstra, 2006)

Reakčními produkty mohou být acetol, metylglyoxal, formaldehyd, hydroxymetyl furfural, maltol, kyseliny mravenčí, octová a pyrohroznová (Walstra, 2006). Kyselina mravenčí zastupuje 80 % všech vytvořených kyselin (O'Connell, 2011) Laktóza je redukující cukr, který reaguje s aminoskupinami (především ve formě lyzinových zbytků). Takové reakce jsou označovány jako Maillardovy reakce a objevují se v pozdější fázi zahřívání mléka. Během Maillardových reakcí vzniká meziprodukt laktulosyl-lysin-R. Fruktózová část meziproduktu reakcí poskytuje další reaktivní produkty. Galaktóza zůstává beze změny. Ale jsou uvolněny další lyzinové zbytky. A cyklus se opakuje (Walstra, 2006).

Během teplotních operací, kde dochází k Maillardovým reakcím, vzniká řada nežádoucích produktů. Vývoj Maillardových reakcí se dělí na tři fáze: počáteční, střední a pokročilou. Mezi produkty počáteční až střední fáze se řadí furosin, hydroxymethylfurfural a 2-furaldehyd. Furosin je hojně využíván k hodnocení míry poškození bílkovin v souvislosti s nadměrným zpracováním mléčných výrobků. Hydroxymethylfurfural značí střední fázi Maillardových reakcí a vzniká fragmentací cukrů a jako degradační produkt Amadoriho

produktů. Látky pokročilé glykace (karboxymethyl-lyzin a karboxyethyl-lyzin) značí pokročilou fází Maillardových reakcí (Li, 2021). V pozdější fázi Maillardových reakcí také dochází k polymeračním reakcím mezi meziprodukty cukrů s aminoskupinami. Polymery se označují jako melanoidiny a jsou kovalentně vázány na proteiny. Melanoidiny mají na svědomí zhnědnutí mléka. Polymerační reakce mohou také probíhat bez přítomnosti aminoskupin. Ikdyž produkty a meziprodukty reakcí vznikají v malých množstvích, velkou měrou se podílejí na vývoji sensorických vlastností, jako je chuť, vůně a barva (Walstra, 2006).

Bylo zjištěno, že laktóza v množství 0 – 2 % neovlivnila pH, množství lyzinu a amoniaku sterilovaných tavených sýrů. V souvislosti s tepelným ošetřením, může zvyšující se množství laktózy způsobit tmavší zabarvení výrobku (Lazárková, 2010).

Ve studii Yong Li & kol. byl zkoumán vliv pasterace (dlouhodobé a krátkodobé vysoké), sterilace (UHT) a sterilace v lahvi (BS – in bottle sterilization) na tvorbu produktů Maillardových reakcí v mléce. Dlouhodobá pasterace probíhala po dobu 30 minut při 65 °C, krátkodobá pasterace při 82 °C s výdrží 15 sekund. Sterilace v lahvi byla uskutečněna za podmínek 121 °C, 25 minut, sterilace UHT s dobou výdrže 4 sekundy při 137 °C. Během BS obsah lysinu klesl o 32 %, obsah laktózy byl snížen o 6, 7 %. Zároveň se 2,5 – 5,0krát zvýšil obsah furosinu. V pasterovaném mléce množství furosinu vzrostlo 1,4 – 2,8krát v porovnání se syrovým mlékem. Obsah hydroxymethylfurfuralu se v UHT a BS mléku navýšil 4,7 – 8,4krát. V mléce syrovém a mléce ošetřeném dlouhodobou pasterací nebyl detekován 2-furaldehyd. Koncentrace karboxymethyl-lyzinu u UHT a BS vzrostla 4,4 – 6,7krát více než koncentrace karboxyethyl-lyzinu. Celkově byly produkty Maillardových reakcí detekovány ve větším množství u mléka podrobenému sterilaci než u vzorků, kde byla aplikována pasterace ať už dlouhodobá či krátkodobá (Li, 2021).

Zpomalení rychlostí reakcí (izomeračních i chemických) je možné ovlivnit poklesem pH nebo změnou teploty. Pokles pH nastává hlavně jako důsledek tvorby kyseliny mravenčí (Walstra, 2006). Ta vzniká v množství $0,4 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}^{-1}$ a dokáže snížit pH o 0,03/ min. Pokud je pH pravidelně upravováno na původní hodnotu je možné zabránit koagulaci bílkovin po dobu tří hodin při teplotě 140 °C (O'Connell, 2011). Reakce probíhají rychleji za zvýšených teplot, ale jakmile se spustí Maillardova reakce, snížení teploty již nemá na omezení reakce znatelný vliv. Lze předpokládat, že při nižších teplotách budou probíhat spíše izomerační reakce, při těch vyšších se vyskytnou reakce typu Maillardových reakcí. V mléce se vyskytuje velké množství složek, které ovlivňují zmíněné reakce. Třeba fosfát

funguje jako katalyzátor. Není možné dopředu odhadnout typ a množství reakcí právě ve spojitosti s proměnným obsahem jednotlivých složek mléka. (Walstra, 2006).

2.3.2 Bílkoviny

V mléce se objevují dva typy bílkovin – kaseiny a syrovátkové proteiny. Kaseiny zaujímají asi 80 % bílkovin, syrovátkové kolem 20 % (Velíšek, 2009). Kaseiny se dále rozdělují na α_{s1} -kasein, α_{s2} -kasein, β -kasein a κ -kasein (Phillips, 2011). Syrovátkové (sérové) proteiny zahrnují globulární proteiny β -laktoglobulin, α -laktalbumin, sérové albuminy a imunoglobuliny (Janštová, 2014, Walstra, 2006).

Kaseiny se v mléce vyskytují v podobě submicel a spojují se do útvarů zvaných micely. Existuje mnoho studií o interakci submicel a micel, ale jednotlivé modely se liší. Studie se shodují na vlivu κ -kaseinu, hydrofobních interakcí a fosforečnanu vápenatém (Singh, 2014). Změny týkající se proteinů v mléce jsou agregace micel, disociace κ -kaseinu z micel, defosforylace, proteolýza a hydrolýza kaseinů, denaturace sérových bílkovin, Maillardovy a polymerační reakce (O'Connell, 2011). Převážně disociace kaseinu, denaturace syrovátkových proteinů a jejich interakce s dalšími proteiny (včetně kaseinů) hrají důležitou roli v celkové stabilitě mléčných systémů (Singh, 2014). Defosforylace kaseinů vyvolaná teplem snižuje negativní náboj proteinů a tím zvýší pravděpodobnost vzniku vazby protein – protein. (O'Connell, 2011). Kaseiny vlivem tepla nenedaturují tak jako sérové proteiny. Dumpler ve své práci uvedl, že kaseinové micely s rostoucí teplotou a dobou výdrže nabývaly na objemu. Micely svůj nabytý objem uchovaly i po tepelném ošetření. Kaseinové micely místo denaturace agregují a mohou až koagulovat (Dumpler, 2017, Walstra, 2006).

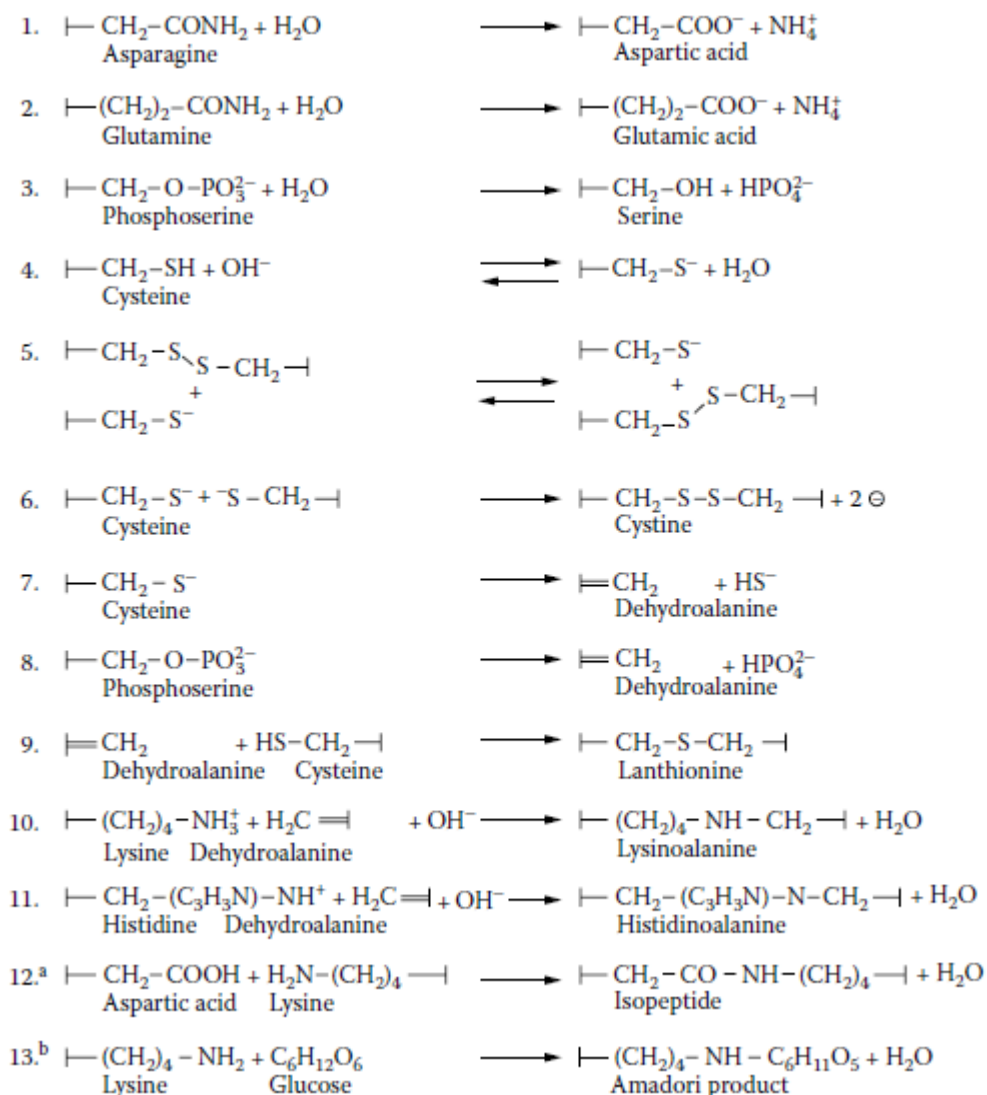
Syrovátkové proteiny si svoji původní konformaci zachovávají pouze v omezeném intervalu teplot. Většina sérových proteinů denaturuje a stává se nerozpustnou (Singh, 2014, Walstra, 2006). Denaturace globulárních proteinů je nevratnou odpovědí na teploty mezi 70 – 90 °C. Ty způsobují rozvinutí bílkovinného řetězce a zpřístupnění tiolových skupin, které ochotně reagují s jednou z vazeb – S – S – nebo jinou molekulou za vzniku dimeru, trimeru atd. Menší část sérových bílkovin, hlavně β -laktoglobulin, je vázána na κ -kasein a proteinové části membrán tukových kuliček. (Walstra, 2006, O'Connell, 2011). Nejméně stabilní se jeví imunoglobuliny, zatímco α -laktalbumin a β -laktoglobulin jsou tepelně nejstabilnější (Singh, 2014). Během zahřívání vznikají kovalentní vazby typu sulfhydryl-disulfid, isopeptidové vazby, vzniká dehydroalanin a nukleofilní zbytky

aminokyselin např.: lyzinu, cysteinu, argininu, ornitinu a histidinu (O'Connell, 2011). Sérové proteiny též interagují s kaseinem (Walstra, 2006, Dumpler, 2017, Singh, 2014). Změny β -laktoglobulinu přispívají k destabilizačním účinkům kaseinových micel a jejich následné agregaci (Dumpler, 2017). Při teplotách nad 120 °C může kasein, převážně κ -kasein z micely disociovat (Walstra, 2006). Uvolnění κ -kaseinu podporuje agregaci a následnou koagulaci micel (Dumpler, 2017). Disociaci κ -kaseinu zpomaluje přítomnost iontů vápníku (O'Connell, 2011). V experimentu zabývajícím se vztahem mezi mírou denaturace syrovátkových proteinů a ovlivnění strukturních vlastností (pevnost, tokové vlastnosti) jogurtu, bylo zjištěno, že vyšší tuhosti a lepších tokových vlastností bylo dosaženo při rozsáhlejší denaturaci syrovátkových proteinů. Pokud však bylo zdenaturováno více jak 95 % sérových bílkovin, pevnost a tokové vlastnosti dosáhly podstatně nižších úrovní (Singh, 2014).

Ke změnám proteinů, např. k zesíťování dochází i během pokročilé fáze Maillardových reakcí (Walstra, 2006). Zesíťování proteinů ale může podpořit celkovou tepelnou stabilitu mléka (O'Connell, 2011). Dále se snižuje množství využitelného lyzinu, který ochotně reaguje během Maillardových reakcí. Tyto reakce bílkovin mohou způsobit zvýšení viskozity výsledného produktu. Přehled reakcí bílkovin je znázorněn níže na obrázku 3. Denurací proteiny ztrácí svoji původní nativní funkci protilátek nebo enzymů. Rozpustnost proteinů ovlivňuje pH. Nerozpustnými se stávají při nízkém pH (Walstra, 2006). Kasein a denaturované syrovátkové proteiny jsou vysráženy při dosažení izoelektrického bodu kaseinu. Jedná se přibližně o pH 4,6 (Singh, 2014). Při neutrálním a vyšším pH je za potřebí přídavek okyselujícího faktoru. Nerozpustnost se také zvyšuje s rostoucí aktivitou Ca^{2+} (Walstra, 2006).

Další reakcí proteinů může být deaminace. Deaminaci podléhají volné aminokyseliny, ze kterých vznikají α -keto kyseliny. V sýrech se jedná o pyruvát a p-hydroxyfenylpyrohroznovou kyselinu. Významným produktem oxidativní deaminace aminů v sýrech je amoniak. Zároveň vznikají i aldehydy a těkavé mastné kyseliny. Aldehydy mohou vznikat mimo deaminaci také dekarboxylací, transaminací nebo Streckerovou degradací (Fox, 1997). Streckerova degradace aminokyselin je oxidativní dekarboxylační reakce, při které se dochází ke vzniku karbonylových sloučenin. Reakce probíhá v přítomnosti různých reagentů za různých podmínek, což dává prostor ke vzniku široké škály potravinářsky významných těkavých složek. Mimo aldehydy vznikají pyraziny, pyridiny, pyrroly a fazoly. Produkty Streckerových degradací ovlivňují vůni i

chuť potravin (Delgado, 2016). Při sterilaci tavených sýrů byla pozorována ztráta aminokyselin a hydrolyza bílkovin. Reakce proteinů ve sterilovaných sýrech ovlivnily senzorické aspekty výrobku jako chuť a barva. V porovnání s nesterilovanými výrobky vykazovaly ty sterilované nižší jas. Barva byla více dočervena nebo do žluta. (Lazárková, 2009).



Obrázek 3 Možné reakce skupin postranních řetězců zbytků aminokyselin v peptidovém řetězci (I) proteinů při vysoké teplotě (a – reakce probíhá také se zbytky kyseliny glutamové, b – první krok Maillardovy reakce s glukózou a dalším redukcujícím cukrem, Walstra, 2006)

2.3.3 Tuk

Co se týče chuti, mírné tepelné ošetření (75 °C, 20 s) eliminuje chuť syrového mléka, intenzivnější ošetření (80 – 100 °C, 20 s) způsobuje vařivou příchut' způsobenou převážně H₂S. Sulfan pochází z membrán tukových kuliček. To vysvětluje, proč je smetana k vařivé příchuti náchylnější více než mléko. Sterilační příchut' způsobují teploty 115 °C po dobu 10 – 15 minut. Taková příchut' může být zvláště intenzivní v koncentrovaném mléce. Senzorické vlastnosti ovlivňuje štěpení mastných kyselin, kdy vznikají alifatické metylketony a laktony. Methylketony vznikají dekarboxylací β-keto mastných kyselin, laktony dekarboxylací γ-a δ-hydroxy mastných kyselin (Walstra, 2006). Lojovitá nebo kovová příchut' je způsobena chemickou reakcí fosfolipidů a nenasycených mastných kyselin (Meunier-Goddik, 2011). Zvláště volný tuk je náchylný k oxidaci, který vzniká při narušení membrán tukových kuliček. Nejběžnější formou oxidace tuku je autooxidace. Produktem autooxidace jsou vysoce reaktivní primární produkty oxidace – hydroperoxydy. Ty mohou konvertovat na sekundární produkty – aldehydy, ketony, estery, uhlovodíky, kyseliny apod. Výsledkem přítomnosti těchto produktů jsou nežádoucí pachy a chutě mléka (tzv. žluknutí tuků) (Šnirc, 2015). Pokud aldehydy reagují s kyselinou thiobarbuturovou, vzniká žlutý pigment (Kirstensen, 2001). Tavené sýry lze během doby trvanlivosti považovat za stabilní produkt, ale během delšího skladování při vyšší skladovací teplotě než je doporučena, se může projevit neenzymatické hnědnutí nebo oxidace lipidů (Kristensen, 2001). Tavené sýry oxidaci podléhají snadněji, pokud jsou vystaveny světlu (Fernandéz, 2014). Bylo zjištěno, že vznik volných radikálů závisí spíše na teplotě než na expozici světlu (Fernandéz, 2014), což je v souladu s tvrzením, že tvorba sekundárních produktů oxidace lipidů je silně závislá na teplotě. Riboflavin přítomný s sýrech působí jako fotosensibilizátor světlem indukované oxidace (Kristensen, 2001). V důsledku oxidačních reakcí během tepelného zpracování je zvýšena tvorba konjugované kyseliny linolové CLA (Fernandéz, 2014).

2.3.4 Vitaminy a minerální látky

Mléko obsahuje řadu vitaminů. Jsou to vitaminy A (retinol, 0,02 – 2 mg/l), C (kyselina askorbová, 0,05 – 2,8 mg/l), D, E (tokoferol), K, B₁ (tiamin), B₂ (riboflavin, 0,2 mg/l), B₆ (pyridoxin, 0,01 – 0,15 mg/l), B₁₂ (kyanokobalamin, 0,2 mg/l), B₃ (nikotinamid), B₅ (kyselina pantotenová) a B₉ (kyselina listová). Obsah vitaminů může kolísat v závislosti na použitých technologických operacích, jak je patrné z tabulky 1 (Spreer, 1998). Vitaminy A a E jsou citlivé na UV záření a kyslík, ale jejich obsah ve sterilovaném mléce nijak

neklesá. Ztráty se týkají převážně vitamínu C a vitamínů skupiny B (B₁, B₂ a B₆). Vitamin C je citlivý na světlo a teplo. Mléko není konzumováno pro svůj obsah vitamínu C, proto je z nutričního hlediska jeho ztráta nedůležitá. Ale s jeho rozpadem souvisí snížení obsahu vitamínu B₁₂ a jako antioxidant chrání kyselinu listovou před oxidací. Jako obrana proti ztrátě vitamínů během skladování je vyloučení či omezení přítomnosti O₂. Vitamíny B₂ a B₆ nejsou citlivé na teplo. (Walstra, 2006, Spreer, 1998).

Tabulka 1 Přibližná ztráta (v %) vybraných mléčných komponent během tepelného ošetření a skladování, a – závisí na světelné expozici, b – závisí na koncentraci O₂ (Walstra, 2006)

ošetření	lyzin	vitamin B ₁	vitamin B ₆	vitamin B ₉	vitamin B ₁₂	vitamin C
pasterace	0	5 – 10	0 – 5	3 – 5	3 – 10	5 – 20
UHT sterilace	0	5 – 15	5 – 10	10 – 20	10 – 20	10 – 20
UHT sterilace, 3 měsíce skladování (25 °C)	2	10 – 20 ^(a,b)	20 – 50 ^(a)	30 – 100 ^(b)	20 – 50 ^(b)	30 – 100 ^(b)
sterilace v lahvi	5 – 10	20 – 40	10 – 20	30 – 50	30 – 60	30 – 60

Koloidní vápník, hořčík a citrát jsou v mléce spojeny převážně s kaseinovými micelami. Fosfor se v mléce vyskytuje převážně v anorganické podobě jako H₂PO₄⁻ a HPO₄²⁻. Fosfor často interaguje s dvojmocnými vápenatými a hořečnatými ionty. Rovnováha mezi rozpustnou a nerozpustnou formou minerálních látek závisí na teplotě, pH a jejich koncentraci. Nabité Ca²⁺ a Mg²⁺ ionty se mohou vázat na záporně nabitě aminokyselinové zbytky. Tím pádem přispívají k denaturaci a agregaci syrovátkových bílkovin. Rozpustné minerální látky, hlavně ty v podobě volných iontů mají vliv na viskozitu a stárnutí koncentrátů odstředěného mléka. (Aydogdu, 2021)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zjistit jaký vliv má sterilace na texturní a reologické vlastnosti tavených sýrů a tavených sýrových omáček, které obsahovaly různý poměr sušiny a tuku v sušině. Pro naplnění cíle bylo nejprve nutné v teoretické části charakterizovat tyto výrobky a popsat technologii jejich výroby a zaměřit se také na sterilaci a její dopady na složky tavených výrobků. V praktické části bylo cílem vyrobit modelové vzorky nesterilovaných a sterilovaných tavených sýrů a tavených sýrových omáček. Dalším cílem bylo provést jejich analýzy vedoucí k zjištění vlivu sterilace a zároveň obsahu sušiny a tuku na texturní a reologické parametry výrobků.

4 METODIKA

4.1 Popis experimentu

Na počátku experimentu bylo sestaveno 18 různých receptur tavených sýrových výrobků, které se lišily obsahem sušiny a tuku v sušině. Obsah sušiny a tuku v sušině je součástí kódu vzorku (první číslo představuje obsah sušiny, druhé pak tuk v sušině; viz Tabulka 2). Modelové vzorky zahrnovaly výrobky s obsahem sušiny 30 – 55 % (s rozdíly po 5 %) a obsahem tuku v sušině 30 – 50 % (s rozdíly po 10 %). Anomálií je vzorek s obsahem sušiny 30 % a tuku v sušině 66 % a dále pak absence vzorku s obsahem sušiny 55 % a tuku v sušině 30 % (tento vzorek nebylo možné z bilančních důvodů z použitých surovin vyrobit). Mezi těmito 18 vzorky jsou dvě tavené sýrové omáčky (vzorky 30_50 a 30_66), zbývající vzorky představují tavené sýry.

Vzorky byly po utavení skladovány v chladírenských podmínkách (5 ± 2 °C) po dobu 14 dnů. Každá receptura byla poté rozdělena na dvě části. Jedna část byla podrobena sterilaci, druhá nikoli. U sterilovaných i nesterilovaných vzorků byla provedena chemická analýza. Měřen byl obsah sušiny a tuku a byly zkoumány viskoelastické a texturní vlastnosti. Analýzy byly prováděny 14. den po výrobě, resp. sterilaci.

4.2 Výroba modelových vzorků

Při výrobě tavených sýrových výrobků byly použity následující tavicí soli: hydrogenfosforečnan sodný (DSP, Na_2HPO_4), dihydrogenfosforečnan sodný (MSP, NaH_2PO_4), pyrofosforečnan sodný (TSPP, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) a polyfosforečnan sodný (HEXA 69, $(\text{NaPO}_3)_n$) (výrobce zmíněných tavicích solí je Fosfa, a. s.). Z celkového množství tavicích solí byl Na_2HPO_4 zastoupen z 39 %, NaH_2PO_4 z 18 %, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ z 21 % a HEXA 69 z 22 %. Celkový obsah tavicích solí spolu se surovinovou skladbou je shrnut v tabulce 2. Tavicí soli byly v sypkém stavu přidány k eidamské cihle (s obsahem sušiny ~ 50 % hm. a ~ 30 % hm. tuku v sušině, výrobce mlékárna LACRUM Velké Meziříčí, s. r. o.), máslu (s obsahem sušiny ~ 84 % hm. a ~ 82 % hm. tuku v sušině, výrobce Madeta, a. s.) a pitné vodě. Ingredience byly zpracovány v homogenizačním zařízení NIROMIX (výrobce, NIROSTA, spol. s. r. o.) s nepřímým ohřevem. Směs byla 30 sekund mēlněna při 3 000 ot/min. Následovalo vlastní tavení při 1 500 ot/min za vakua. Tavicí teplota byla 90 °C s výdrží tři minut. Tavenina byla ihned po výrobě dávkována do 100g hliníkových misek (výška 27,4

mm, průměr 84,1 mm, výrobce Aluflexpack) a uzavřena pomocí vakuové závěračky (teplota 280 °C, čas 3 s). Vzorky byly označeny obsahem sušiny a tuku v sušině (viz Tabulka 2) a do dvou hodin od výroby ochlazeny na 22 °C. Vychladlé vzorky byly skladovány při teplotě (5 ± 2) °C. Po 14 dnech byla provedena chemická, texturní a reologická analýza.

Z každé výroby byla část vzorků podrobena sterilaci v autoklávu FVA/A1 (výrobce Fedegari). Sterilační teplota byla nastavena na 122 °C, doba záhřevu na sterilační teplotu byla 20 min a doba výdrže teploty 122 °C byla 40 min. Délka doby výdrže byla záměrně delší kvůli pozorování prostupu tepla ve vzorcích s různým zastoupením sušiny a tuku. Následně byly vzorky chlazeny na min. 50 °C. Doba chlazení byla 50 min. Délka záhřevu a chlazení se odvíjela od rychlosti prostupu tepla, která se u jednotlivých receptur lišila s ohledem na surovinovou skladbu. Sterilační režim byl automaticky řízen pomocí dvou čidel, která jsou součástí autoklávu a nachází se vně konzerv. Pomocí dataloggerů byl sledován průběh teploty uvnitř vzorků. Tato data nejsou v této práci zakomponována. Vzorky byly po sterilaci skladovány při 22 ± 2 °C. Po 14 dnech od výroby byly provedeny stejné analýzy jako u vzorků nesterilovaných.

Tabulka 2 Surovinové skladby jednotlivých receptur

Vzorek	Množství eidamu [g]	Množství másla [g]	Množství tavicích solí [g]	Voda [g]
30_30	1 601,0	0,0	72,0	1 330,0
30_40	1 370,0	153,0	61,7	1 415,0
30_50	1 135,0	310,0	51,1	1 505,0
30_66	760,0	561,0	34,2	1 650,0
35_30	1 865,0	0,0	83,9	1 050,0
35_40	1 598,0	179,0	71,9	1 152,0
35_50	1 323,0	361,0	59,5	1 255,0
40_30	2 130,0	0,0	95,9	771,0
40_40	1 826,0	204,0	82,2	888,0
40_50	1 520,0	410,0	68,4	1 000,0
45_30	2 400,0	0,0	108,0	493,0
45_40	2 057,0	230,0	92,6	625,0
45_50	1 703,0	465,0	76,6	758,0
50_30	2 670,0	0,0	120,2	215,0
50_40	2 285,0	256,0	102,8	360,0
50_50	1 890,0	515,0	85,1	507,0
55_40	2 510,0	281,0	113,0	96,0
55_50	2 080,0	567,0	93,6	259,0

4.3 Použité metody analýzy

4.3.1 Chemická analýza

Chemická analýzy zahrnovala měření obsahu sušiny a tuku. Sušina byla stanovena dle normy ČSN EN ISO 5534. Obsah tuku byl stanoven butyrometricky podle Gerbera, dle normy ČSN ISO 488 (570517).

4.3.2 Texturní profilová analýza

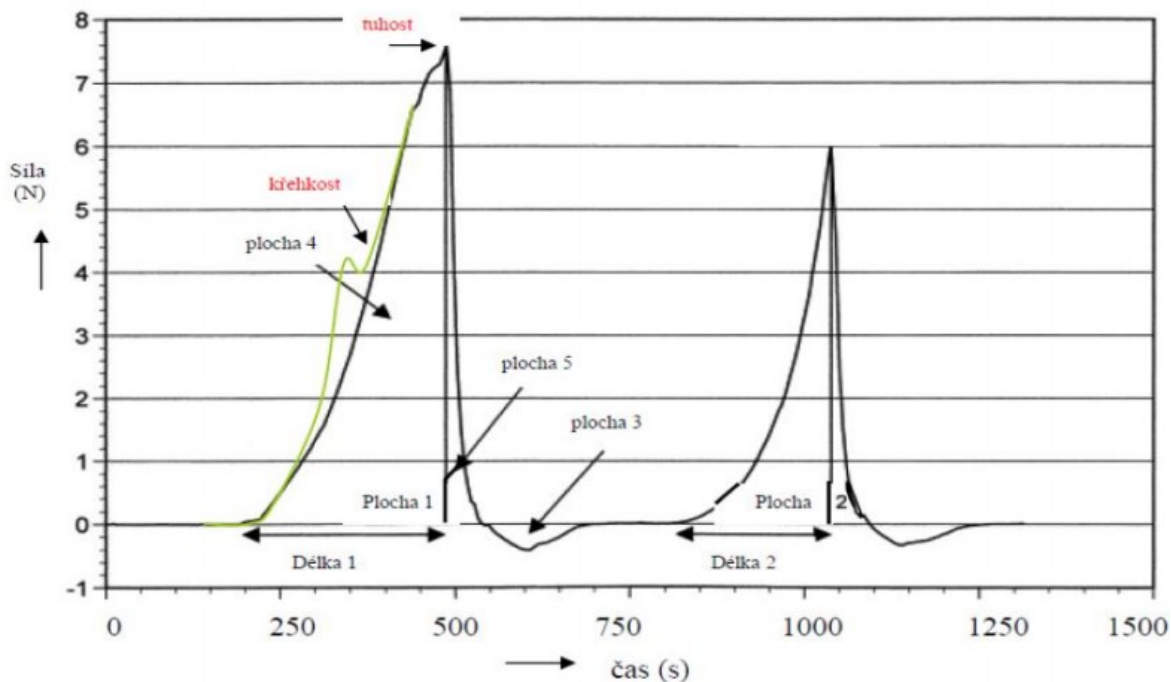
Texturní profilová analýza probíhala na texturometru TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie). Z každé receptury byly vždy testovány dva vzorky. Každý ze dvou vzorků byl podroben dvojnásobné kompresi válcovou sondou o průměru 10 mm. Výsledkem měření je zátěžová křivka, tedy závislost síly (N) na čase (s). Zkoumány byly mechanické parametry jako tvrdost, elasticita, gumovitost, žvýkatelnost, kohezivita a relativní lepivost vyrobených sýrových výrobků. Data byla vyhodnocena programem Exponent Lite.

Mezi primární mechanické charakteristiky se řadí tvrdost, kohezivita, elasticita, viskozita a přilnavost. Mezi sekundární charakteristiku patří křehkost, žvýkatelnost a gumovitost (Szczesniak, 2000). Tvrdost je síla potřebná k deformaci potraviny. Čím je tato síla větší, tím tvrdší je testovaný materiál. Tvrdostí je označena síla nutná k vsunutí sondy do vzorku do hloubky 10 mm (Bourne, 2002, Rosenthal, 1999).

Relativní lepivostí je označena práce vedoucí k překonání přitažlivých sil mezi povrchem potraviny a povrchem sondy. Relativní lepivost je vyjádřena jako absolutní hodnota poměru plochy 3 k ploše 1 (viz Obrázek 4). (Bourne, 2002, Rosenthal, 1999, Saláková, 2011). Lepivost (plocha 3 viz Obrázek 4) je definována jako síla nutná k překonání síly mezi povrchem sondy a povrchem vzorku) (Saláková, 2011).

Kohezivita (soudržnost) popisuje intenzitu deformace, která musí být překonána, aby došlo k rozrušení materiálu (Bourne, 2002, Rosenthal, 1999), resp. ji lze definovat jako rozsah, ve kterém může být materiál deformován, dokud nepraskne (Szczesniak, 2002). Dle Obrázku 4 je soudržnost definována jako poměr ploch energie druhého cyklu k ploše energie prvního cyklu (Saláková, 2011)

Elasticita je charakterizována jako poměr deformační délky v mm druhého stlačení k výšce vzorku (Saláková, 2011).



Obrázek 4 Zátěžová křivka texturní profilové analýzy (Saláková, 2011)

Žvýkatelnost je energie potřebná k převedení jídla do stavu, kdy je možné ho polknout. Vychází z tvrdosti, soudržnosti a pružnosti, resp. jejich součinu. Pro tuhá jídla se využívá termín žvýkatelnost. Pro polotuhá jídla se používá termín gumovitost. Gumovitost je charakterizována jako energie potřebná k rozpadu polotuhého jídla do stavu, kdy je vhodný ke spolknutí. Gumovitý produkt je produkt s nízkou tvrdostí a vysokou soudržností. Vypočítá se jako součin tvrdosti a soudržnosti (Bourne, 2002, Szczesniak, 2000, Saláková, 2011).

4.3.3 Reologická analýza

Měření viskoelastických vlastností bylo provedeno na reometru HAAKE RheoStress 1 (Thermo Scientific, Německo) v geometrii deska – deska. Opět byl každý vzorek měřen dvakrát. Zkouška viskoelastických vlastností byla provedena za teploty $(20,0 \pm 0,1) \text{ } ^\circ\text{C}$, průměr desky byl 35 mm, velikost štěrbin 1 mm, amplituda smykového napětí 20 Pa a pro dva vzorky sýrových omáček (30_50, 30_66) 5 Pa. Měření bylo provedeno ve frekvenčním rozsahu 0 – 10 Hz, nicméně některá data jsou prezentována jen pro referenční hodnotu frekvence 1 Hz.

V ideálním případě by pevné látky vykazovaly dokonalé elastické chování a kapaliny dokonalé viskózní chování. Běžné je ale viskoelastické chování, což znamená, že materiály prokazují zároveň jak viskózní, tak elastické chování. Reometrie zkoumá vlastnosti materiálů jako je elastický (G') a ztrátový (G'') modul pružnosti nebo komplexní viskozita

(η^*) (Kaneda, 2017). Elastický modul vyjadřuje velikost energie uchované v materiálu. Ztrátový modul je měřítkem viskózní odezvy materiálu a určuje energetické ztráty. Pokud je G' větší než G'' , materiál se chová více jako pevná látka. V případě, že G'' převyšuje hodnotu G' je energie vynaložena k deformaci materiálu rozptýlena a materiál se chová podobně jako tekutina, tedy viskózně. Komplexní modul pružnosti se skládá z G' a G'' . Pokud dojde k překřížení G' a G'' v určité frekvenci, může dojít ke gelaci (McKenna, 2004). Komplexní modul pružnosti G^* [Pa] byl vypočten na základě vztahu [1] z naměřených hodnot elastického a ztrátového modulu. Referenčními hodnotami komplexních modulů byly zvoleny hodnoty ve frekvenci 1 Hz.

$$G^* = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2} \quad [1]$$

G^* - komplexní modul pružnosti [Pa]

G' – elastický modul pružnosti [Pa]

G'' – ztrátový modul pružnosti [Pa]

Tangens fázového posunu byl spočítán podle vztahu [2]. Z něj byl spočítán úhel fázového posunu δ (Findley, 1976, s. 93, McKenna, 2004). Nárůst hodnoty $\tan\delta$ značí, že materiál na vnější napětí reaguje spíše viskóznějším než pružným charakterem (Gunasekaran, 2002). Pro dokonale viskózní (Newtonské) materiály platí $\delta = \pi/2$, u ideálně elastických materiálů je $\delta = 0$. Materiály, které jsou viskoelastické, dosahují velikostí někde mezi 0 a $\pi/2$ (Rao, 1999, s. 106 – 108).

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'} \quad [2]$$

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

V praktické části této diplomové práce bylo vyrobeno 18 modelových vzorků tavených sýrů a tavených sýrových omáček. Polovina vzorků byla následně podrobena sterilačnímu záhřevu. U nesterilovaných vzorků byl po 14. dnu od výroby stanoven obsah sušiny a tuku a měřeny texturní a viskoelastické vlastnosti. Totéž proběhlo po 14. dnu od sterilace u sterilovaných vzorků. Výsledky analýz jsou shrnuty v kapitolách 5.1 – 5.3.

5.1 Chemická analýza

V rámci základní chemické analýzy byl u všech vzorků stanoven obsah sušiny a tuku (viz Tabulka 3). U nesterilovaných vzorků s 30% obsahem sušiny byl obsah sušiny po 14 dnech skladování v intervalu 30,02 – 30,80 %, u vzorků s 35% obsahem sušiny 35,34 – 35,50 %, u vzorků s 40% obsahem sušiny 40,08 – 40,14 %, u vzorků s 45% obsahem sušiny 45,04 – 45,28 %, u vzorků s 50% obsahem sušiny 50,26 – 50,55 % a u vzorků s 55% obsahem sušiny 55,78 – 55,88 %. U sterilovaných vzorků s 30% obsahem sušiny byl obsah sušiny po 14 dnech skladování v intervalu 30,42 – 30,96 %, u vzorků s 35% obsahem sušiny 35,33 – 35,84 %, u vzorků s 40% obsahem sušiny 40,18 – 40,72 %, u vzorků s 45% obsahem sušiny 45,53 – 45,86 %, u vzorků s 50% obsahem sušiny 50,59 – 50,80 % a u vzorků s 55% obsahem sušiny 55,03 – 55,40 %. Lze tedy konstatovat, že skutečný obsah sušiny odpovídal předpokládaným hodnotám dle surovinových skladeb. Sterilační záhřev obsah sušiny neovlivnil. Obsah tuku rovněž odpovídal vypočítaným hodnotám (teoretický obsah tuku je uveden v Příloze I).

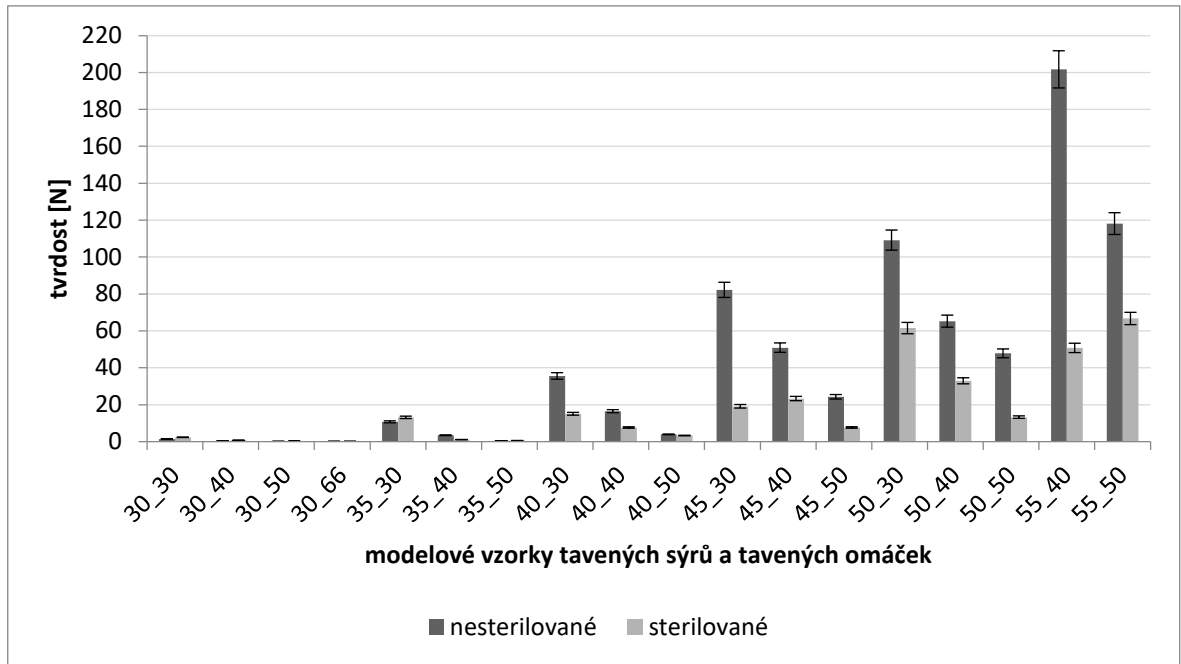
Tabulka 3 Obsah sušiny a tuku v nesterilovaných i sterilovaných modelových vzorcích

Vzorek		Nesterilované		Sterilované	
Obsah sušiny (%)	Obsah tuku (%)	Sušina (%)	Tuk (%)	Sušina (%)	Tuk (%)
30	30	30,80 ± 0,67	9,8 ± 0,3	30,55 ± 0,16	10,2 ± 0,6
	40	30,63 ± 0,47	12,0 ± 0,7	30,96 ± 0,96	12,3 ± 0,8
	50	30,27 ± 0,77	15,0 ± 0,7	30,42 ± 0,45	15,2 ± 0,6
	66	30,02 ± 0,73	19,5 ± 0,7	30,90 ± 0,21	20,5 ± 0,5
35	30	35,45 ± 0,62	11,3 ± 0,3	35,33 ± 0,58	11,3 ± 0,8
	40	35,34 ± 0,29	14,7 ± 0,6	35,43 ± 0,54	14,5 ± 0,5
	50	35,50 ± 0,93	17,3 ± 0,3	35,84 ± 0,13	17,8 ± 0,4
40	30	40,14 ± 0,42	13,0 ± 0,7	40,18 ± 0,41	13,3 ± 0,6
	40	40,08 ± 0,40	16,0 ± 0,7	40,72 ± 0,29	16,7 ± 0,3
	50	40,14 ± 0,65	20,3 ± 0,4	40,51 ± 0,64	20,5 ± 0,7
45	30	45,05 ± 0,67	13,8 ± 1,0	45,86 ± 0,15	14,2 ± 0,3
	40	45,28 ± 0,70	18,5 ± 1,0	45,53 ± 0,16	19,0 ± 0,5
	50	45,04 ± 0,35	22,8 ± 0,4	45,57 ± 0,61	22,5 ± 0,7
50	30	50,32 ± 0,33	15,2 ± 0,3	50,80 ± 0,57	16,2 ± 0,8
	40	50,55 ± 0,49	20,5 ± 0,7	50,59 ± 0,43	20,8 ± 0,3
	50	50,26 ± 0,38	25,0 ± 0,5	50,76 ± 0,16	25,3 ± 0,8
55	40	55,88 ± 0,18	22,0 ± 1,0	55,40 ± 0,62	22,8 ± 0,3
	50	55,78 ± 0,56	27,3 ± 0,4	55,03 ± 0,43	27,8 ± 0,8

5.2 Texturní profilová analýza

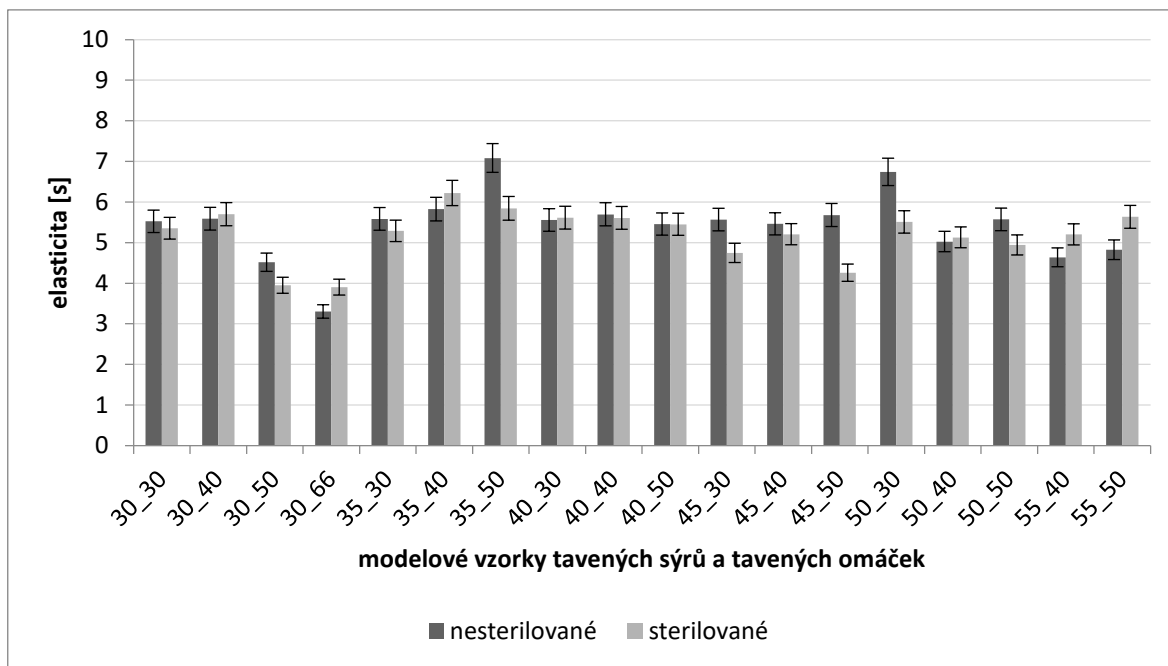
Texturní vlastnosti byly testovány na texturometru s válcovou sondou, a to kompresním testem. Ze zátěžových křivek byla vyhodnocena tvrdost, elasticita, kohezivita, relativní lepivost, gumovitost a žvýkatelnost. Porovnání těchto parametrů u nesterilovaných a sterilovaných vzorků jsou prezentována na obrázcích 5 – 10.

Na obrázku 5 jsou znázorněny výsledky texturní profilové analýzy pro parametr tvrdost. U vzorků s obsahem sušiny 40 % hm. a více došlo sterilací k značnému poklesu tvrdosti, což může souviset s obsáhlou denaturací proteinů. Toto tvrzení koresponduje s výsledky práce, kde bylo pozorováno snížení tvrdosti tavených sýrů s přídavkem denaturovaných syrovátkových proteinů (Kim Lee, 2013). U vzorků s obsahem sušiny 30 % a 35 % hm. byl trend nejednoznačný. Můžeme si ovšem povšimnout, že s rostoucím obsahem tuku, došlo ke snížení tvrdosti u všech vzorků. Ke stejným závěrům dospěla i studie Effect of fat and protein-in-water concentrations on the properties of model processed cheese (Kim Lee, 2015). Rostoucí obsah tuku snížil tvrdost 1 – 4krát. Výjimkou jsou vzorky 35_50, kde byla tvrdost snížena 8krát a vzorek 35_40, kde se tvrdost snížila dokonce 12krát. Tvrdost vzorků rostla s rostoucím obsahem proteinů v sušině. Nejnížší tvrdost byla dle očekávání pozorována u tavených sýrových omáček. U omáčky 30_50 byla tvrdost před sterilací $0,10 \pm 0,00$ N a po sterilaci $0,21 \pm 0,01$ N. U omáčky 30_66 byla tvrdost před sterilací $0,11 \pm 0,00$ N a po sterilaci $0,10 \pm 0,00$ N. Nejvyšší tvrdost před sterilací měl vzorek 50_40 ($201,66 \pm 8,29$ N), po sterilaci byla nejvyšší tvrdost u vzorku S_55_50 ($66,68 \pm 2,72$ N).



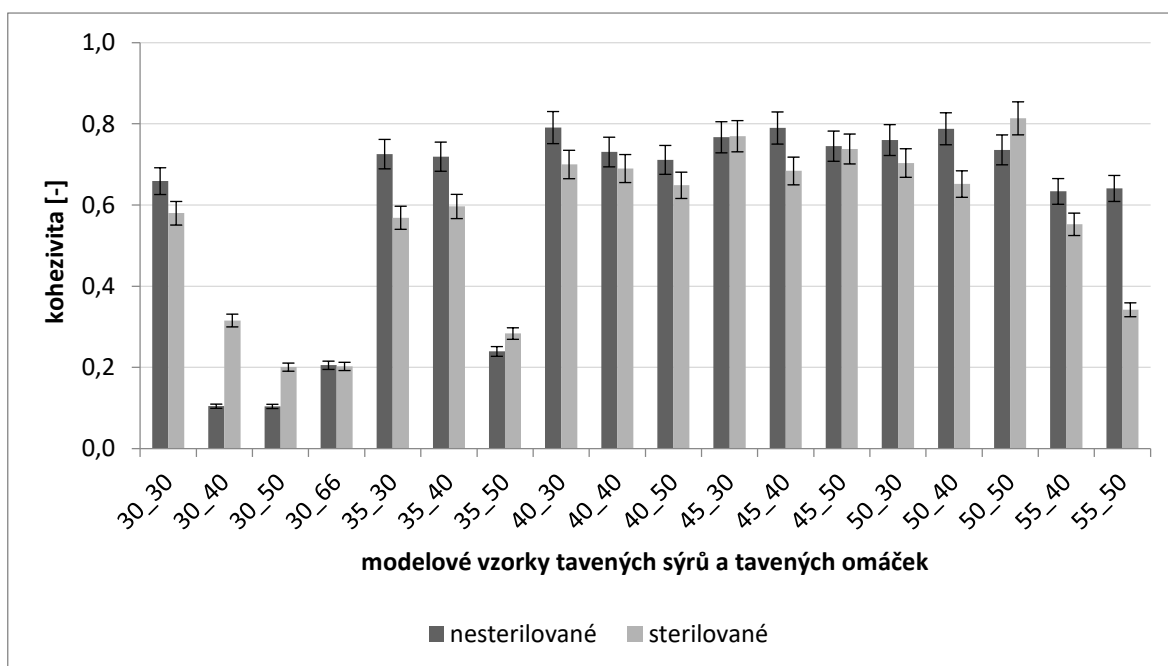
Obrázek 5 Tvrdost nesterilovaných a sterilovaných vzorků

Obrázek 6 ukazuje vliv sterilace, obsahu tuku a obsahu sušiny na elasticitu produktů. Vliv sterilace nebyl jednoznačný. U některých vzorků můžeme pozorovat menší snížení, u jiných lehké zvýšení hodnot. Nejnižší elasticitu lze pozorovat u sýrové omáčky 30_66. Před sterilací elasticita dosahovala $3,30 \pm 0,11$ s, po sterilaci $3,90 \pm 0,10$ s. Nejvyšší elasticity před sterilací měl vzorek 30_50 ($7,08 \pm 0,12$ s) a po sterilaci vzorek S_30_40 ($6,22 \pm 0,04$ s). Obsah tuku ve vzorcích se stejnou sušinou, resp. obsah sušiny ve vzorcích se stejným množstvím tuku, se nezdá být významným parametrem ovlivňujícím elasticitu.



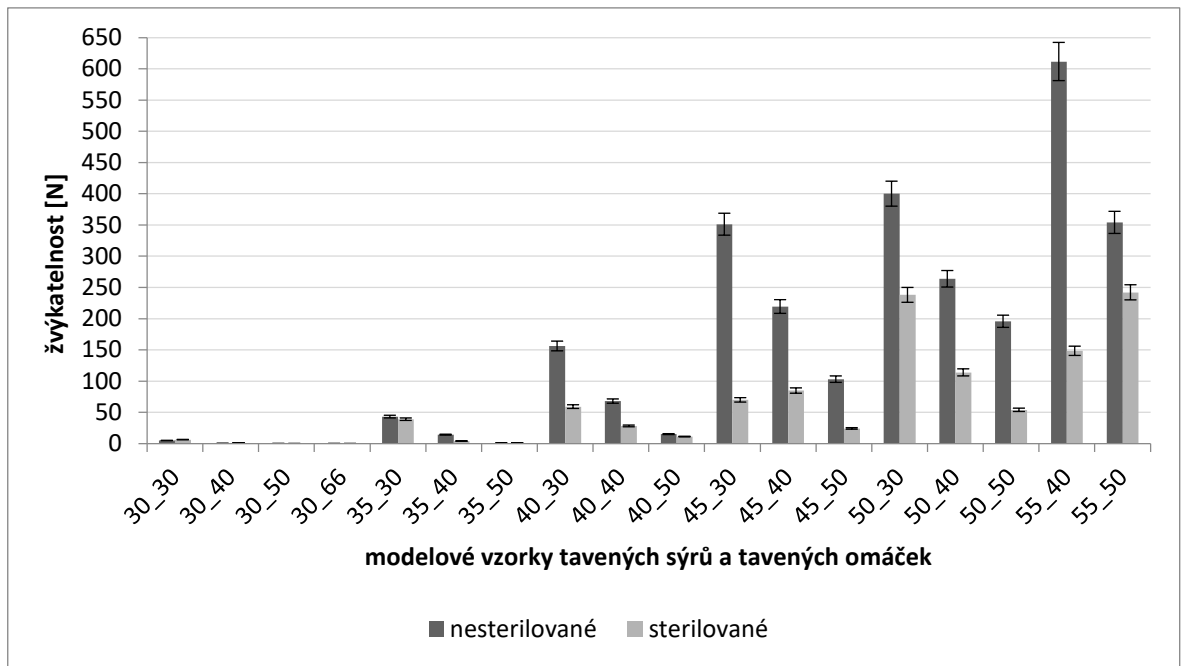
Obrázek 6 Elasticita nesterilovaných a sterilovaných vzorků

Kohezivita se nezdá být sterilací ani obsahem tuku a sušiny jednoznačně ovlivněna (viz Obrázek 7). Nejmenší odolností proti energii snažící se porušit integritu materiálu vykazují vzorky s 30% sušinou a obsahem tuku v sušině 40 %, 50 % a 66 % hm a dále tavený sýr s obsahem sušiny 35 % a tuku v sušině 50 %. Konkrétněji vzorek 30_50 měl hodnotu kohezivity před sterilací $0,10 \pm 0,00$ a po sterilaci $0,20 \pm 0,00$.

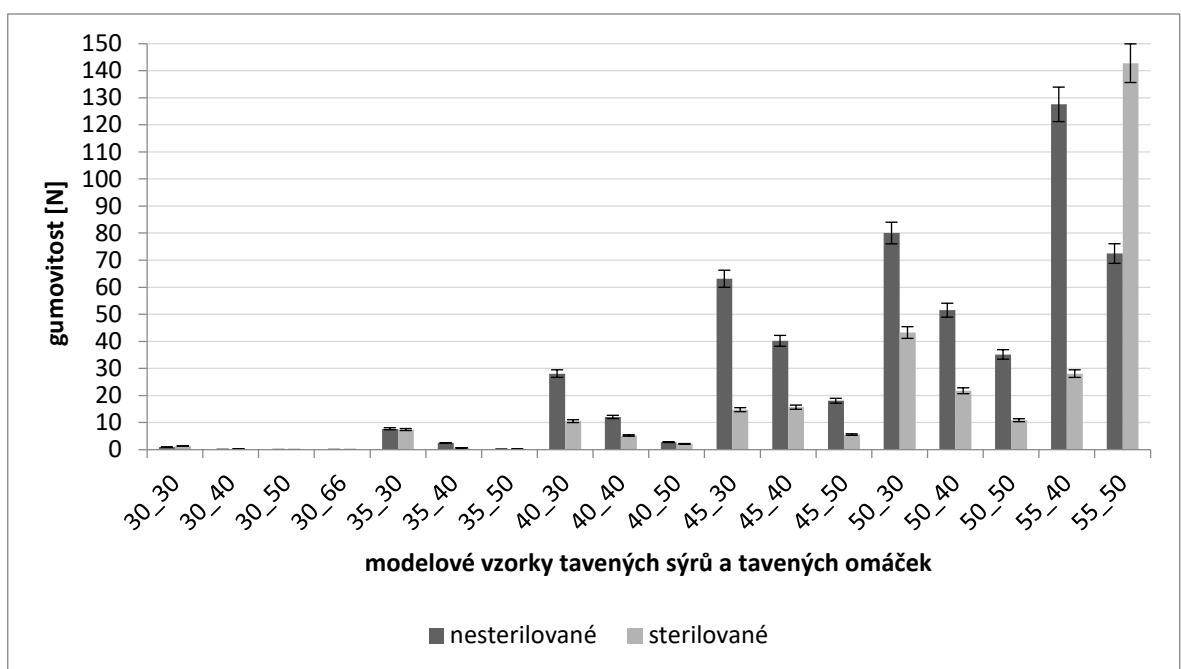


Obrázek 7 Kohezivita nesterilovaných a sterilovaných vzorků

Z obrázku 8 je u sterilovaných výrobků patrné snížení žvýkatelnosti oproti vzorkům nesterilovaným, což znamená, že je vynaložena menší energie potřebná k převedení tuhých potravin do stavu vhodného k polknutí. Žvýkatelnost klesla 2 – 5krát. Z trendu se vymykají vzorky 30_30, 30_40 a 35_50, kde žvýkatelnost vzrostla. Žvýkatelnost u vzorků rostla paralelně se zvyšujícím se obsahem sušiny. Zároveň žvýkatelnost vzorků se stejným obsahem sušiny se zvyšujícím se obsahem tuku v sušině klesala. U vzorků s obsahem sušiny 30 % hm. je žvýkatelnost, dle očekávání, takřka neměřitelná. Žvýkatelnost u vzorku 30_66 dosáhla před sterilací hodnoty pouze $0,08 \pm 0,00$ N. Nejvyšší hodnota žvýkatelnosti před sterilací byla pozorována u vzorku 55_40 ($611,56 \pm 30,81$ N). Obdobný trend vidíme na obrázku 9, který znázorňuje gumovitost vzorků. Jedinou výjimku představuje vzorek 55_50, kde můžeme po sterilaci pozorovat nárůst gumovitosti z $72,42 \pm 3,41$ N na $142,74 \pm 5,45$ N.

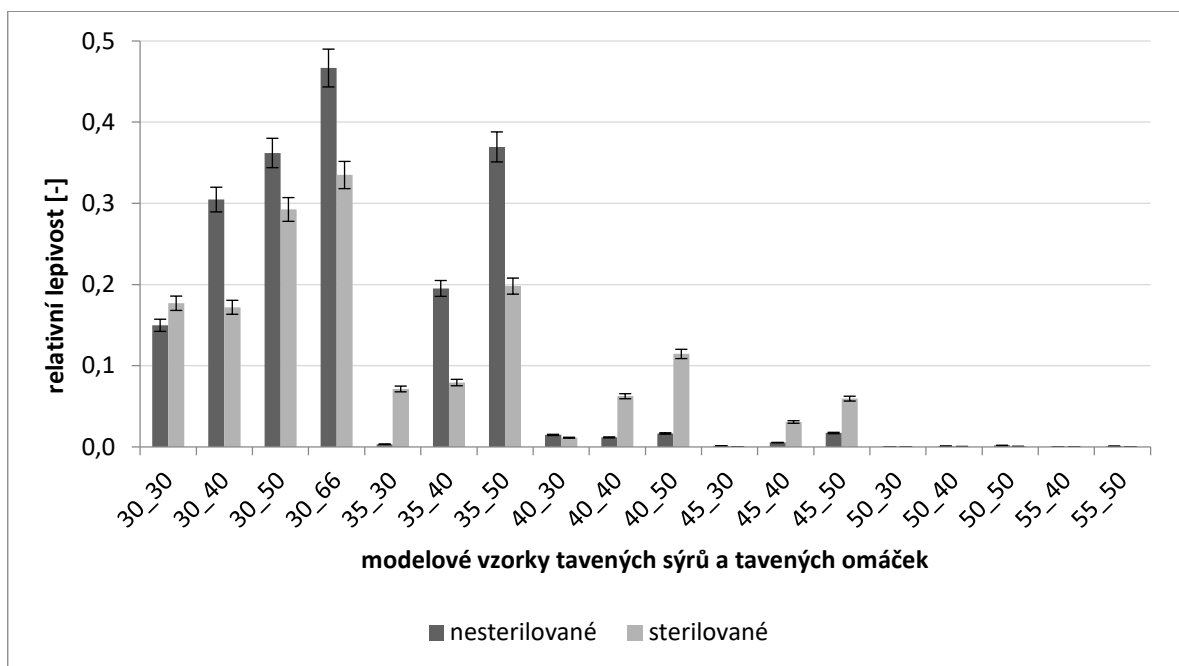


Obrázek 8 Žvýkatelnost nesterilovaných a sterilovaných vzorků



Obrázek 9 Gumovitost nesterilovaných a sterilovaných vzorků

U hodnocení relativní lepivosti (viz Obrázek 10) lze pozorovat zřetelný rozdíl u vzorků s nižším obsahem sušiny a vzorků s vyšším obsahem sušiny. Významná relativní lepivost se vyskytla u vzorků s obsahem sušiny 30 % a 35 %, zároveň si lze povšimnout, že až na vzorky 30_30 a 35_30, sterilace relativní lepivost snížila. Markantněji zvýšená relativní lepivost po sterilaci byla pozorována u vzorků s obsahem sušiny 40 % a 45 %, u vzorku 40_50 relativní lepivost vzrostla až 7krát a u vzorku 45_40 až 6krát. Vzorky s vysokým obsahem sušiny 50 % a 55 % nevykazovaly relativní lepivost ani před ani po sterilaci. Nejvyšších hodnot relativní lepivosti byla pozorována u vzorku 30_66, kde před sterilací dosáhla hodnota relativní lepivosti $0,47 \pm 0,02$ a po sterilaci $0,33 \pm 0,01$. Dále je z Obrázku 9 jasně patrná rostoucí relativní lepivost se zvyšujícím se obsahem tuku v nesterilovaných i sterilovaných výrobcích.

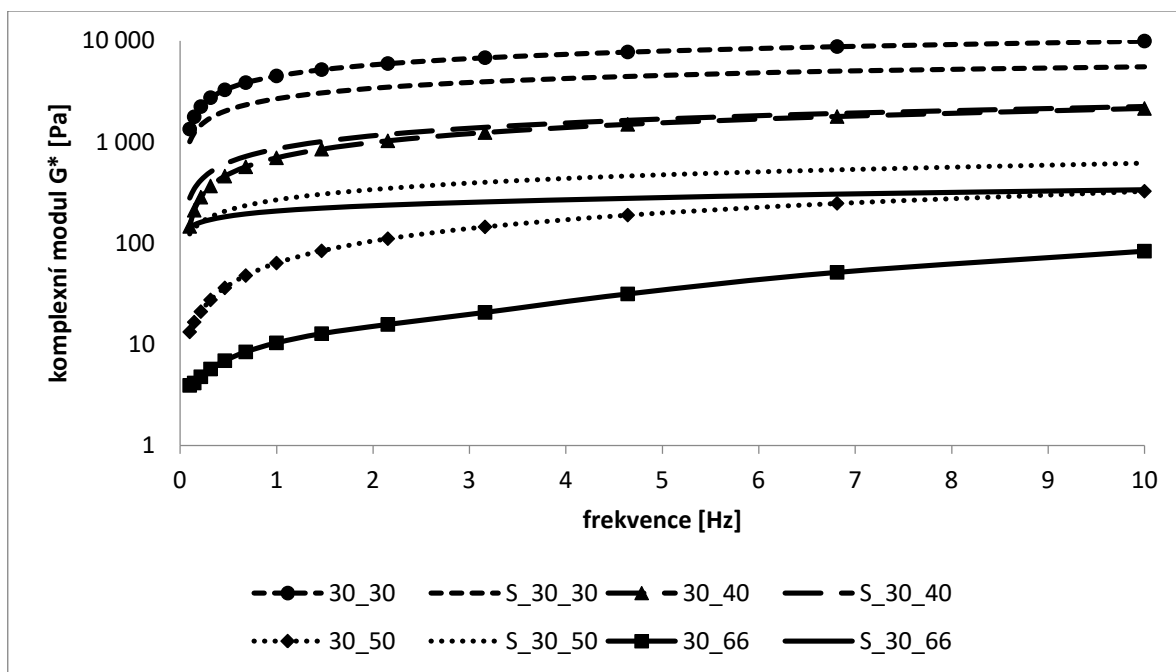


Obrázek 10 Relativní lepivost nesterilovaných a sterilovaných vzorků

5.3 Reologická analýza

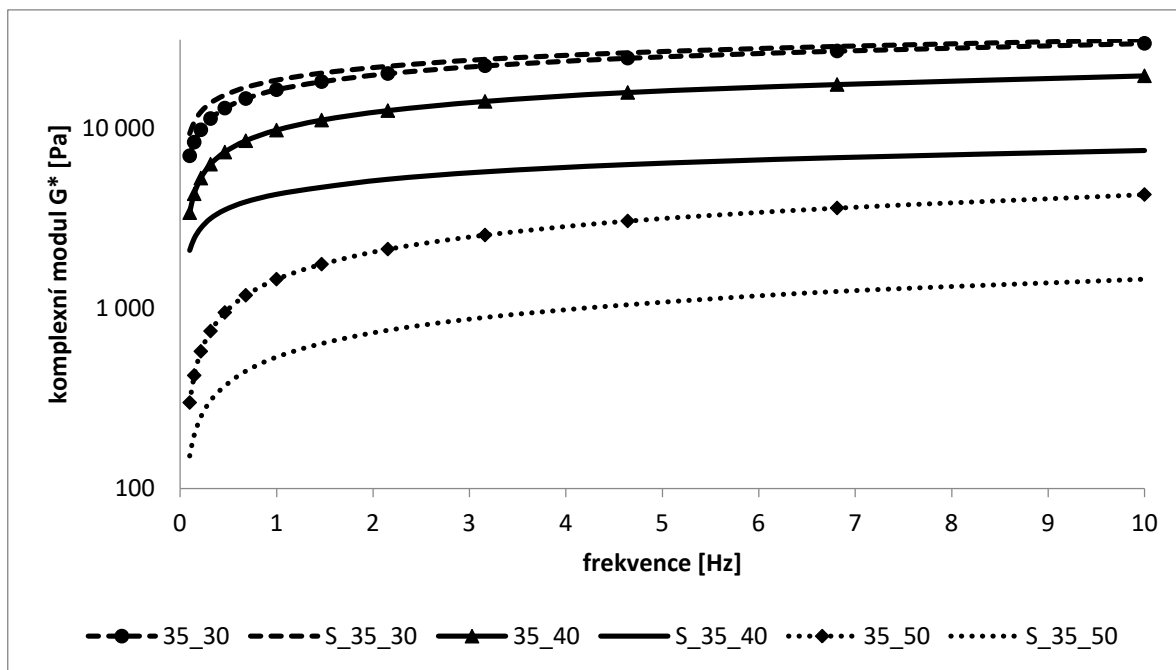
Viskoelastické vlastnosti vzorků byly zkoumány na reometru s geometrií deska-deska. Výsledky jsou prezentovány v podobě komplexního modulu pružnosti (G^*) na obrázcích 11 – 16.

Obrázek 11 ukazuje viskoelastické chování vzorků s obsahem sušiny 30 % hm. Zatímco u sýrových omáček sterilace jednoznačně G^* vzorků zvýšila, u vzorku 30_40 je změna jen minimální a u vzorku 30_30 byla hodnota G^* vzorku dokonce v průměru o 38 % snížena. U omáčky 30_50 došlo k navýšení hodnot G^* v průměru 5krát a u omáčky 30_66 až 21krát. S rostoucím obsahem tuku v sušině G^* klesal.



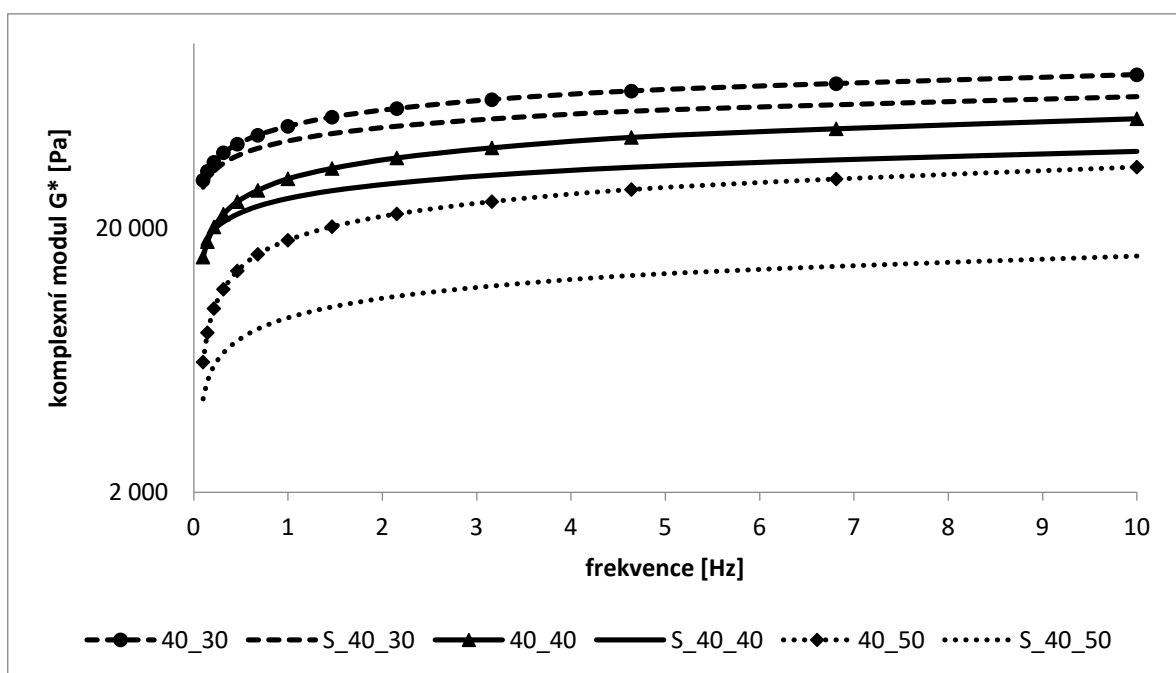
Obrázek 11 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci nesterilovaných i sterilovaných (S) vzorků s obsahem sušiny 30 % hm.

Obrázek 12 charakterizuje viskoelastické chování vzorků s obsahem sušiny 35 % hm. Opět se projevil trend, kdy s rostoucím obsahem tuku v sušině klesá G^* vzorků. Pouze u vzorku 35_30 můžeme pozorovat mírný nárůst v G^* , což by korespondovalo se zvýšením tvrdosti. U vzorků 35_40 a 35_50 nezpůsobila sterilace zvýšení G^* , ale pokles. U vzorku 35_40 hodnota G^* klesla v průměru o 54 %, u vzorku 35_50 o 61 %.



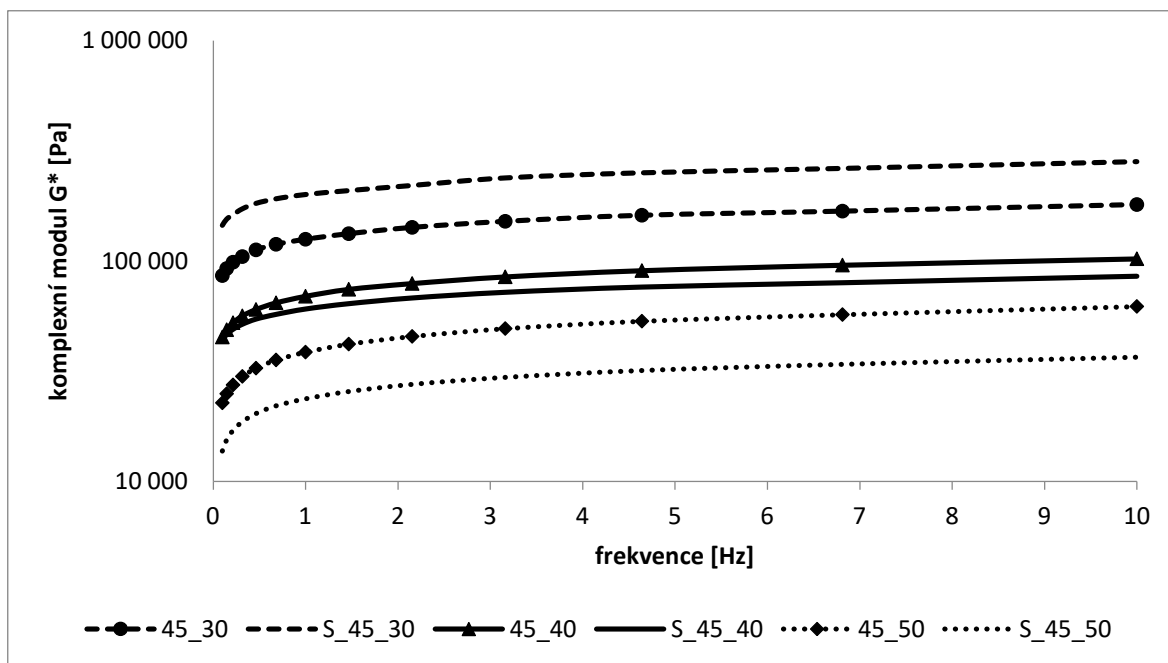
Obrázek 12 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci nesterilovaných i sterilovaných (S) vzorků s obsahem sušiny 35 % hm.

Obrázek 13 vyjadřuje, jak se chovaly vzorky s obsahem sušiny 40 % hm. před sterilací a po sterilaci. Zde byl u všech vzorků pozorován pokles v G^* . Nejvýraznější pokles byl zaznamenán u vzorku 40_50 (průměrný pokles o 46 %). Lze si všimnout, že s klesajícím obsahem tuku v sušině roste G^* , a tedy i tuhost vyrobených vzorků.



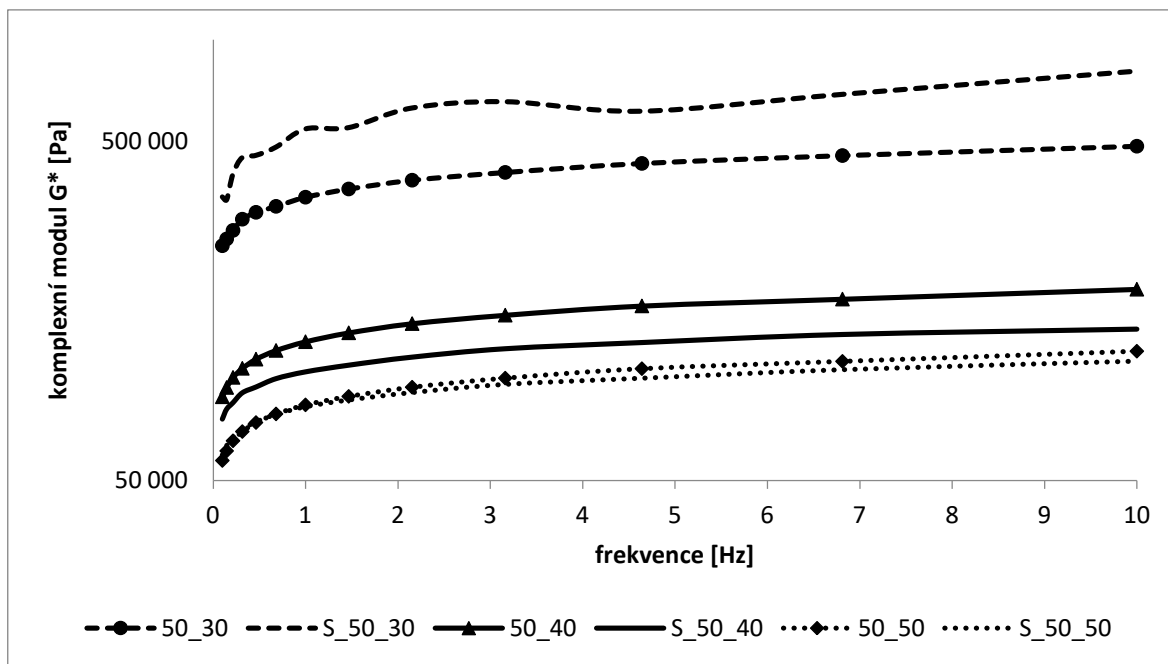
Obrázek 13 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci nesterilovaných i sterilovaných (S) vzorků s obsahem sušiny 40 % hm.

Reakce na sterilaci u vzorků s obsahem sušiny 45 % hm. popisuje Obrázek 14. Nárůst G^* lze pozorovat u vzorku 45_30 (v průměru o 61 %), pokles G^* u vzorku 45_50 (v průměru o 39 %), vzorek 45_40 zůstal takřka beze změny. I zde G^* vzorků klesá se zvyšujícím se obsahem tuku v sušině.



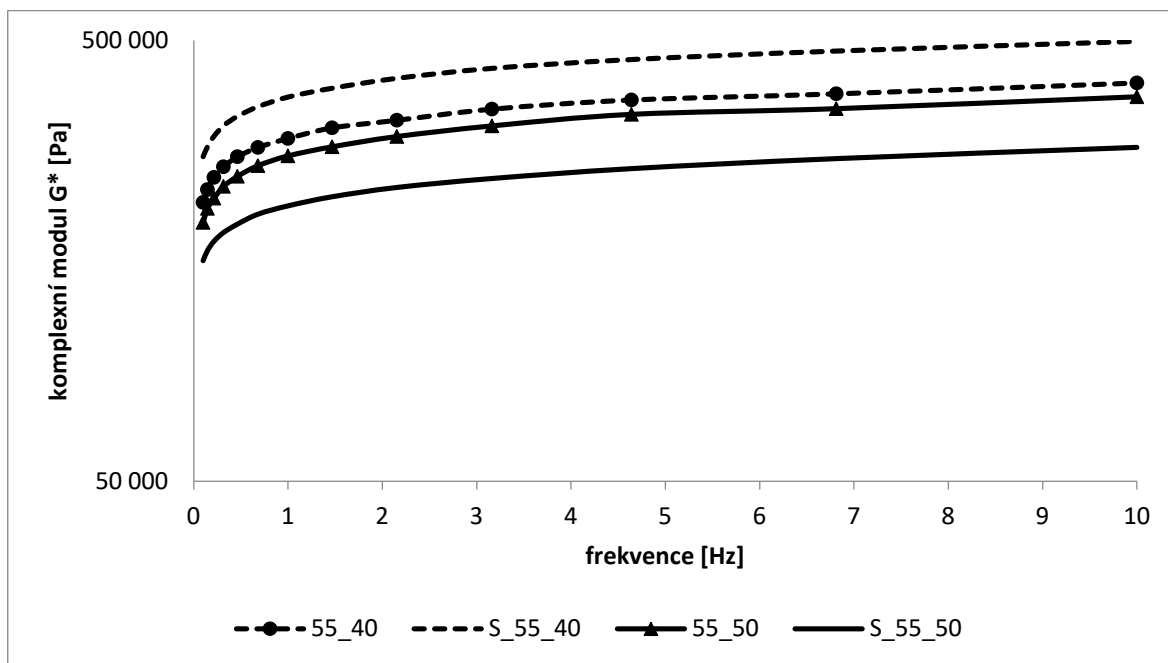
Obrázek 14 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci nesterilovaných i sterilovaných (S) vzorků s obsahem sušiny 45 % hm.

Chování vzorků s obsahem sušiny 50 % hm. znázorňuje obrázek 15. Zvýšení G^* po sterilaci vykazuje vzorek 50_30 a to o 51 % v porovnání s hodnotou G^* nesterilovaného vzorku. Vzorek 50_40 vykazuje po sterilaci pokles G^* v průměru o 18 %. Výrobek 50_50 zůstal víceméně neměnný, rozdíl v průměrných hodnotách G^* byl 1 %. Výrobky s vyšším obsahem tuku v sušině vykazují nižší hodnoty G^* než vzorky se stejným obsahem sušiny a nižším obsahem tuku v sušině.



Obrázek 15 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci nesterilovaných i sterilovaných (S) vzorků s obsahem sušiny 50 % hm.

Obrázek 16 ukazuje, jaký vliv měla sterilace na vzorky s obsahem sušiny 55 % hm. Vzorek 55_40 vykazuje větší hodnotu G^* než vzorek 55_50. Po sterilaci došlo u vzorku 55_40 k navýšení G^* o 24 %. Vzorek 55_50 reagoval na sterilaci snížením G^* o 22 %.



Obrázek 16 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci nesterilovaných i sterilovaných (S) vzorků s obsahem sušiny 55 % hm.

U všech nesterilovaných i sterilovaných vzorků byl pozorován vliv obsahu sušiny na hodnoty G^* . Trend byl takový, že u všech vzorků byl se vzrůstajícím obsahem sušiny pozorován nárůst v hodnotách komplexního modulu. To ukazuje na zvyšující se tuhost modelových vzorků, což koreluje s výsledky získanými pomocí texturometru.

Kromě komplexního modulu pružnosti byly reologickou analýzou zjišťovány i další parametry – elastický modul pružnosti G' , ztrátový modul pružnosti G'' a komplexní viskozita η . Výsledky jsou prezentovány v Tabulkách 4 a 5, a to vždy pro referenční hodnotu frekvence 1 Hz.

U nesterilovaných výrobků, s výjimkou omáček, byl elastický modul pružnosti G' vyšší než ztrátový modul pružnosti G'' . Po sterilaci byl G' vyšší než G'' u všech vzorků. Vliv sterilace na změny hodnot G' a G'' nebyl jednoznačný, u některých vzorků došlo ke snížení těchto parametrů, u jiných pak ke zvýšení (viz Tabulka 4). Vliv obsahu tuku v sušině na G' a G'' je evidentní – oba parametry klesly s narůstajícím obsahem tuku v sušině. Podobně bylo pozorováno zvýšení G' a G'' vlivem zvyšujícího se obsahu sušiny ve vzorcích. Vzorky, u kterých byl elastický modul G' větší než modul ztrátový G'' , se chovají elasticky. Dva vzorky omáček se chovali více jako tekutina, tedy viskózně.

Vliv sterilace na změnu komplexní viskozity nebyl jednoznačný (viz Tabulka 5). U některých vzorků došlo ke zvýšení tohoto parametru, u jiných ke snížení. Kromě toho bylo pozorováno, že se zvyšujícím se obsahem tuku v sušině u vzorků se stejnou sušinou komplexní viskozita klesla. Naopak, s rostoucí sušinou vzorků (při konstantním obsahu tuku v sušině) došlo k nárůstu komplexní viskozity, což koresponduje s rostoucí tvrdostí vzorků pozorovanou na základě výsledků texturní profilové analýzy. Zvýšení viskozity se shoduje s tvrzením, že během sterilace dochází v důsledku Maillardových reakcí a zesíťování proteinů ke zvýšení viskozity tavených sýrů (Kristensen, 2001).

V tabulce 6 jsou prezentovány hodnoty tangens úhlu fázového posunu (ztrátového činitele $\tan \delta$) a úhlu fázového posunu (ztrátového úhlu δ). Z tabulky je patrné, že se vzrůstajícím obsahem tuku v sušině rostly oba parametry. Vliv rostoucího obsahu sušiny není úplně jednoznačný. V případě nesterilovaných vzorků hodnoty $\tan \delta$ i δ s narůstajícím obsahem sušiny klesly. U sterilovaných vzorků byl pozorován kolísavý trend. Sterilační záhřev se projevil rozdílně u vzorků s různou sušinou. Zatímco v případě výrobků s obsahem sušiny 30 – 45 % došlo ke snížení hodnot $\tan \delta$ i δ , u vzorků s vyšší sušinou (50 a 55 %) se $\tan \delta$ i δ následkem sterilace zvýšily. Výjimkou je vzorek 35_50, který se choval jako vzorek s vyšší sušinou.

Jelikož jsou všechny hodnoty δ mezi 0 a $\pi/2$, bylo prokázáno, že se všechny vzorky chovaly viskoelasticky. Po sterilaci došlo u vzorků s vyšší sušinou a vzorkem 35_50 k nárůstu v hodnotách δ , což ukazuje na posun k viskóznímu chování. U vzorků s nižší sušinou byl pozorován po sterilaci pokles hodnot δ . To značí posunutí k elastickému chování pevných látek.

Tabulka 4 Elastický a ztrátový modul pružnosti nesterilovaných a sterilovaných vzorků pro referenční hodnotu frekvence 1 Hz

vzorek		nesterilované		sterilované	
obsah sušiny [%]	obsah tuku [%]	G' [Pa]	G'' [Pa]	G' [Pa]	G'' [Pa]
30	30	3 755,47 ± 120,94	2 441,18 ± 90,48	2 304,00 ± 22,63	1 350,50 ± 51,62
	40	502,73 ± 25,90	469,65 ± 13,74	671,70 ± 26,55	525,00 ± 14,25
	50	28,43 ± 1,51	56,63 ± 1,72	233,45 ± 12,03	130,50 ± 6,92
	66	4,37 ± 0,17	9,35 ± 0,35	194,05 ± 5,82	71,09 ± 2,71
35	30	14 985,20 ± 134,86	6 490,92 ± 231,90	17 410,00 ± 537,79	6 009,00 ± 261,87
	40	8 592,32 ± 193,96	4 592,23 ± 157,96	3 973,50 ± 87,17	1 620,35 ± 59,89
	50	1 065,66 ± 50,16	983,32 ± 43,60	426,54 ± 9,21	326,18 ± 13,89
40	30	46 412,96 ± 2 281,46	14 302,15 ± 605,71	41 350,00 ± 697,07	10 580,00 ± 292,96
	40	28 869,30 ± 1 144,53	10 622,52 ± 561,86	25 005,00 ± 1 022,36	6 778,00 ± 140,23
	50	16 374,83 ± 955,02	7 480,04 ± 325,40	8 498,00 ± 506,58	3 377,50 ± 157,91
45	30	121 889,95 ± 6 183,49	28 968,21 ± 1 704,03	196 450,00 ± 6 255,91	38 195,00 ± 611,81
	40	66 669,75 ± 3 147,90	18 139,78 ± 865,19	58 880,00 ± 1 705,24	13 515,00 ± 332,34
	50	36 580,09 ± 1 438,02	12 167,43 ± 598,32	22 755,00 ± 1 176,92	6 601,50 ± 273,46
50	30	336 119,16 ± 12 344,29	65 951,38 ± 3 205,40	511 850,00 ± 9 705,98	174 200,00 ± 10 924,45
	40	124 842,16 ± 5 158,30	29 639,02 ± 1 354,71	102 660,00 ± 2 986,93	19 925,00 ± 314,32
	50	81 159,24 ± 5 043,42	19 766,79 ± 1 073,62	80 820,00 ± 3 495,33	16 325,00 ± 809,15
55	40	294 376,95 ± 8 179,92	54 390,18 ± 1 531,29	366 150,00 ± 15 995,31	64 360,00 ± 2 792,67
	50	268 286,64 ± 14 081,39	52 320,79 ± 2 348,75	207 850,00 ± 10 779,25	34 245,00 ± 1 064,79

Tabulka 5 Komplexní viskozita nesterilovaných a sterilovaných vzorků pro referenční hodnotu frekvence 1 Hz

vzorek		nesterilované	sterilované
obsah sušiny [%]	obsah tuku [%]	η^* [Pa s]	η^* [Pa s]
30	30	713,55 ± 41,16	425,05 ± 7,14
	40	110,77 ± 5,80	135,75 ± 6,94
	50	10,10 ± 0,24	42,58 ± 2,07
	66	1,64 ± 0,08	33,00 ± 1,09
35	30	2 599,14 ± 123,58	2 931,50 ± 107,18
	40	1 550,65 ± 79,23	682,95 ± 20,51
	50	230,98 ± 4,67	85,45 ± 3,44
40	30	7 729,62 ± 465,50	6 794,00 ± 201,67
	40	4 895,96 ± 217,04	4 123,00 ± 141,23
	50	2 865,54 ± 182,23	1 455,50 ± 62,70
45	30	19 939,72 ± 1 042,19	31 855,00 ± 1 055,09
	40	10 996,77 ± 309,74	9 614,00 ± 251,03
	50	6 136,21 ± 272,32	3 771,00 ± 180,83
50	30	54 515,73 ± 1 526,80	86 775,00 ± 3 452,17
	40	20 422,12 ± 736,50	16 645,00 ± 873,04
	50	13 295,11 ± 849,13	13 125,00 ± 509,15
55	40	47 646,82 ± 714,61	59 170,00 ± 2 012,99
	50	43 503,56 ± 2 271,24	33 525,00 ± 1 589,12

Tabulka 6 Úhly fázového posunu nesterilovaných i sterilovaných vzorků pro referenční hodnotu frekvence 1 [Hz]

Vzorek		Nesterilované		Sterilované	
Obsah sušiny [%]	Obsah tuku [%]	$\tan \delta$ [1]	δ [°]	$\tan \delta$ [1]	δ [°]
30	30	0,66 ± 0,09	33,53 ± 3,57	0,59 ± 0,02	30,37 ± 0,71
	40	1,13 ± 0,52	46,75 ± 13,36	0,79 ± 0,07	38,27 ± 2,60
	50	2,09 ± 0,37	64,10 ± 4,01	0,86 ± 0,04	49,32 ± 1,88
	66	2,14 ± 0,02	64,97 ± 0,17	0,93 ± 0,27	57,26 ± 12,03
35	30	0,43 ± 0,01	23,44 ± 0,49	0,35 ± 0,03	19,09 ± 1,32
	40	0,54 ± 0,02	28,18 ± 0,82	0,42 ± 0,03	22,94 ± 1,56
	50	0,93 ± 0,11	42,73 ± 3,41	0,95 ± 0,27	43,00 ± 8,08
40	30	0,31 ± 0,00	17,13 ± 0,05	0,26 ± 0,03	14,47 ± 1,44
	40	0,37 ± 0,01	20,23 ± 0,52	0,27 ± 0,01	15,19 ± 0,42
	50	0,46 ± 0,03	24,64 ± 1,32	0,40 ± 0,03	21,86 ± 1,58
45	30	0,24 ± 0,00	13,37 ± 0,06	0,19 ± 0,00	10,97 ± 0,22
	40	0,27 ± 0,01	15,21 ± 0,49	0,23 ± 0,02	12,96 ± 1,10
	50	0,34 ± 0,02	18,54 ± 1,23	0,29 ± 0,01	16,22 ± 0,68
50	30	0,20 ± 0,01	11,16 ± 0,41	0,30 ± 0,21	16,65 ± 10,75
	40	0,24 ± 0,01	13,47 ± 0,63	0,39 ± 0,01	21,02 ± 0,31
	50	0,25 ± 0,02	13,98 ± 0,88	0,40 ± 0,00	31,43 ± 0,21
55	40	0,19 ± 0,01	10,05 ± 0,80	0,22 ± 0,01	10,06 ± 0,61
	50	0,20 ± 0,00	11,04 ± 0,08	0,26 ± 0,01	11,39 ± 0,54

ZÁVĚR

Tato práce byla zaměřena na pozorování vlivu sterilace a obsahu sušiny a tuku v sušině na texturní a reologické vlastnosti tavených sýrů a tavených sýrových omáček, které se od sebe lišily obsahem sušiny a tuku v sušině.

Z chemické analýzy nevyplývaly u vzorků v závislosti na provedené sterilaci žádné změny v obsahu sušiny a tuku.

Z texturní profilové analýzy je zřejmý pokles tvrdosti s rostoucím obsahem tuku. Obsah sušiny a tuku nebyl z hlediska elasticity významným činitelem. Vliv obsahu sušiny a tuku vůči soudržnosti vzorků byl nejednoznačný. Vliv sterilace na tvrdost, elasticitu a kohezivitu nebyl jednoznačný. Při hodnocení žvýkatelnosti a gumovitosti byl u většiny sterilovaných vzorků pozorován pokles v těchto hodnotách. Zároveň byl se zvyšujícím se obsahem tuku pozorován ve žvýkatelnosti a gumovitosti pokles. Takřka neměřitelná žvýkatelnost a gumovitost byla u vzorků s nízkým obsahem sušiny. Během měření relativní lepivosti byly pozorovány značné rozdíly mezi vzorky s nízkým a vysokým obsahem sušiny. U vzorků s obsahem sušiny 50 % a více nebyla relativní lepivost vůbec pozorována. Vliv sterilace na relativní lepivost nebyl jednoznačný.

Z výsledků analýzy viskoelastických vlastností nesterilovaných i sterilovaných vzorků vyplynul jednoznačný vliv obsahu sušiny a tuku. S vzrůstajícím obsahem tuku v sušině klesal G^* . S vzrůstajícím obsahem sušiny G^* rostl, lze tedy říci, že se zvyšovala tuhost vzorků. Vliv sterilace na hodnoty komplexního modulu nebyl jednoznačný.

Měření G' a G'' ukázalo, že u nesterilovaných výrobků, s výjimkou dvou vzorků omáček, byl G' vyšší než G'' . U všech vzorků po sterilaci bylo G' vyšší než G'' . Omáčky se tedy před sterilací chovaly spíše viskózně a po sterilaci pak jako všechny ostatní vzorky před sterilací i po ní, tedy spíše elasticky. Hodnoty G' a G'' se zvyšovaly s rostoucím obsahem sušiny a klesaly se zvyšujícím se obsahem tuku v sušině.

Vliv sterilace na komplexní viskozitu nebyl jednoznačný. Za to byl patrný trend klesající viskozity s rostoucím obsahem tuku v sušině. Se zvyšujícím se obsahem sušiny viskozita rostla, což odpovídá zvyšující se tvrdosti změřené texturní profilovou analýzou.

Tangens úhlu fázového posunu $\tan \delta$ a úhel fázového posunu δ rostly s rostoucím obsahem tuku v sušině. Vliv rostoucího obsahu sušiny nebyl jednoznačný. U nesterilovaných vzorků $\tan \delta$ i δ s rostoucím obsahem sušiny klesly. Po sterilaci byl trend kolísavý.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] AYDOGDU, Tugce, Quang Tri HO, Lilia AHRNÉ, James A. O'MAHONY a Noel A. MCCARTHY, 2021. The influence of milk minerals and lactose on heat stability and age-thickening of milk protein concentrate systems. *International Dairy Journal* [online]. **118** [cit. 2021-04-09]. ISSN 0958-6946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105037>
- [2] BATT, Carl A. a Mary Lou TORTORELLO. *Encyclopedia of Food Microbiology*. 2nd. Academic Press, 2014. ISBN 978-0-12-384733-1.
- [3] BOURNE, Malcolm C. *Food Texture and Viscosity - Concept and Measurement* [online]. 2nd. Elsevier, 2002 [cit. 2021-5-6]. ISBN 978-0-12-119062-0. Dostupné z: https://app-knovel-com.proxy.k.utb.cz/web/toc.v/cid:kpFTVCME06/viewerType:toc//root_slug:food-texture-viscosity/url_slug:fractal-analysis-fast?b-q=food%20texture%20ans%20viscosity&sort_on=default&b-subscription=true&b-group-by=true&page=68&b-sort-on=default&b-content-type=references&include_synonyms=no
- [4] BUŇKA, František, Leona BUŇKOVÁ a Stanislav KRÁČMAR. *Základní principy výroby tavených sýrů: Basic principles of processed cheese production : monografie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. ISBN 978-807-3753-368.
- [5] CORREDIG, Milena. *Dairy Derived Ingredients - Food and Nutraceutical Uses* [online]. Woodhead Publishing, 2009 [cit. 2021-5-8]. ISBN 978-1-84569-465-4. Dostupné z: https://app-knovel-com.proxy.k.utb.cz/web/toc.v/cid:kpDDIFNU02/viewerType:toc/root_slug:dairy-derived-ingredients?kpromoter=federation
- [6] ČERNÍKOVÁ, Michaela, Jana NEBESÁŘOVÁ, Richardos Nikolaos SALEK, Romana POPKOVÁ a František BUŇKA. The effect of rework content addition on the microstructure and viscoelastic properties of processed cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 2018, **101**(4), 2956 - 2962 [cit. 2021-5-6]. ISSN 0022-0302. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13742>

- [7] Česko. Vyhláška č. 397 ze dne 2. prosince 2016 o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2016, částka 162, 6261-6285. [cit. 2021-02-03]. Dostupné z: <https://www.sbirka.com/predpis?p=NOVE/16-397.htm>
- [8] DELCOUR, Jan a Kaisa POUTANEN, 2013. *Fibre-rich and whole grain foods: improving quality*. Philadelphia: Woodhead Publishing. ISBN 978-085-7090-386.
- [9] DELGADO, Rosa M., Francisco J. HIDALGO a Rosario ZAMORA. Antagonism between lipid-derived reactive carbonyls and phenolic compounds in the Strecker degradation of amino acids. *Food Chemistry* [online]. 2016, **194**, 1143 - 1148 [cit. 2021-5-9]. ISSN 0308-8146. Dostupné z: [doi:doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.126](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.126)
- [10] DUMPLER, J., H. WOHLSCHLÄGER & U, KULOZIK, 2017. Dissociation and coagulation of caseins and whey proteins in concentrated skim milk heated by direct steam injection. *Dairy Sci. & Technol* [online]. **96**, 807–826 [cit. **2021-04-14**]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13594-016-0304-3>
- [11] FERNÁNDEZ, M., M. GANAN, C. GUERRA a E. HIERRO. Protein oxidation in processed cheese slices treated with pulsed light technology. *Food Chemistry* [online]. 2014, **159**, 388 - 390 [cit. 2021-5-10]. ISSN 0308-8146. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.165](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.165)
- [12] Findley, N. William, James S. LAI a ONARAN Kasif, 1976. *Creep and Relaxation of Nonlinear Viscoelastic Materials With an Introduction to Linear Viscoelasticity* [online]. New York: Dover Publications. [cit. 2021-04-02]. ISBN: 0-486-66016-8 Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00AZWWL1/creep-relaxation-nonlinear/linear-vis-introduction>
- [13] FOX, P. F. a J. M. WALLACE. Formation of Flavor Compounds in Cheese. NEIDLAMAN, Saul L. a Allen I. LASKIN. *Advances in Applied Microbiology* [online]. Academic Press, 1997, 17 - 85 [cit. 2021-5-9]. ISBN 9780120026456. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0065-2164\(08\)70261-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2164(08)70261-2)
- [14] GUINEE, T. P., M. CARIC a M. KALÁB, 2004. Pasteurized Processed Cheese and Substitute/imitation Cheese Products. FOX, Patrick F., Paul L. H. McSWEENEY, Timothy M. COGAN a Timothy P. GUINEE. *Cheese - Chemistry, Physics and Microbiology* [online]. 3rd. Elsevier, 2004, s. 349-364 [cit. **2021-03-12**]. ISBN

9780122636516. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpCCPME001/cheese-chemistry-physics/cheese-chemistry-physics>
- [15] GUNASEKARAN, Sundaram a M. MEHMET AK. *Cheese rheology and texture*. Boca Raton, FL: CRC Press, c2003, 437 p. ISBN 9781420031942. Dostupné také z: <https://www-taylorfrancis-com.proxy.k.utb.cz/books/mono/10.1201/9781420031942/cheese-rheology-texture-sundaram-gunasekaran-mehmet-ak>
- [16] HINRICHS, J. a Z. ATAMER. Heat Treatment of Milk | Sterilization of Milk and Other Products. FUQUAY, John W. *Encyclopedia of Dairy Sciences* [online]. 2nd. Academic Press, 2011, s. 714-724 [cit. 2021-04-14]. ISBN 9780123744074. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00218-1>
- [17] HUI, Y. H. a Ramesh C. CHANDAN, ed. *Handbook of food products manufacturing*. Hoboken, N. J.: Wiley-Interscience, 2007, 1 online zdroj. Dostupné z: doi: 9780470113554
- [18] JANŠTOVÁ, Bohumíra a Pavlína NAVRÁTILOVÁ, 2014. *Produkce mléka a technologie mléčných výrobků*. Brno: VFU Brno. ISBN 978-80-7305-712-1.
- [19] KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH, 2012. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Ostrava: KeyPublishing. ISBN 978-80-7418-145-0.
- [20] KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH. *Procesy a zařízení v potravinářství a biotechnologiích*. Ostrava: Key Publishing, 2013. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-807-4181-634.
- [21] KANEDA, Isamu. *Rheology of Biological Soft Matter: Fundamentals and Applications*, Tokyo: Springer Japan, 2017. Soft and Biological Matter. Doi: 9784431560807. Dostupné z: <https://link-springer-com.proxy.k.utb.cz/book/10.1007%2F978-4-431-56080-7>
- [22] KIM LEE, Siew, Henning KLOSTERMEYER a Skelte G. ANEMA. Effect of fat and protein-in-water concentrations on the properties of model processed cheese. *International Dairy Journal* [online]. 2015, **50**, 15-23 [cit. 2021-5-10]. ISSN 0958-6946. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.06.001>

- [23] KIM LEE, Siew, Manfred HUSS, Henning KLOSTERMEYER a Skelte G. ANEMA. The effect of pre-denatured whey proteins on the textural and microstructural properties of model processed cheese spreads. *International Dairy Journal* [online]. 2013, **32**(2), 79-88 [cit. 2021-5-11]. ISSN 0958-6946. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.04.006](https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.04.006).
- [24] KRISTENSEN, Dorth, Eva HANSEN, Allan ARNDAL, Rikke Applegren TRINDERUP a Leif H. SKIBSTED. Influence of light and temperature on the colour and oxidative stability of processed cheese. *International Dairy Journal* [online]. 2001, **11**(10), 837 - 843 [cit. 2021-5-10]. ISSN 0958-6946. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00105-4](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00105-4)
- [25] LAZÁRKOVÁ, Z., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., VALÁŠEK, P., KRÁČMAR, S., Hrabě, J. Application of different sterilising modes and the effects on processed cheese quality. *Czech Journal of Food Sciences*, 2010, 28, 3, s. 168 – 176. ISSN 1805-9317
- [26] LAZÁRKOVÁ, Z., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., HOLÁŇ, F., KRÁČMAR, S., HRABĚ, J. The effect of different heat sterilization regimes on the quality of canned processed cheese. *Journal of Food Process Engineering*, 2011, 34, s. 1860 – 1878. ISSN 1745-4530
- [27] LEHMANN, L. a V. BUCKIN. Determination of the Heat Stability Profiles of Concentrated Milk and Milk Ingredients Using High Resolution Ultrasonic Spectroscopy. *Journal of Dairy Science* [online]. 2005, **88** (9), 3121-3129 [cit. 2021-04-14]. ISSN 0022-0302. Dostupné z : [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72994-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72994-5)
- [28] LI, Yong & kol. Quantitation of furosine, furfurals, and advanced glycation end products in milk treated with pasteurization and sterilization methods applicable in China. *Food Research International* [online]. Elsevier, 2021, **140** [cit. 2021-04-15]. ISSN 0963-9969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110088>.
- [29] McKENNA, B. M. a David KILCAST. *Texture in food*. Cambridge: Woodhead Pub., 2004, 1 online zdroj (2 volumes). Woodhead Publishing in Food science and technology. ISBN 9781855737082.
- [30] O'CONNELL, J. E. a P. F. FOX. Heat Treatment of Milk | Sterilization of Milk and Other Products. FUQUAY, John W. *Encyclopedia of Dairy Sciences* [online].

- 2nd. Academic Press, 2011, s. 744-749 [cit. 2021-04-14]. ISBN 9780123744074.
Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00222-3>
- [31] PAPADEMAS, Photis a Thomas BINTIS. *Global cheesemaking technology: cheese quality and characteristics*. Hoboken, NJ: Wiley, 2018. ISBN 9781119046165. Dostupné z: <https://onlinelibrary-wiley-com.proxy.k.utb.cz/doi/pdf/10.1002/9781119046165>
- [32] PAZOUREK, Jiří. Rapid HPLC method for monitoring of lactulose production with a high yield. *Carbohydrate Research* [online]. 2019, **484** [cit. 2021-04-09]. ISSN 0008-6215. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.carres.2019.107773>.
- [33] PHILLIPS Glyn O. a Peter A. WILLIAMS, 2009. *Handbook of Hydrocolloids. 2nd Edition*. Cambridge: Woodhead Publishing. ISBN: 987-1-84569-414-2.
- [34] PHILLIPS Glyn O. a Peter A. WILLIAMS, 2011. *Handbook of food proteins: biochemistry and biotechnology*. Philadelphia: Woodhead Publishing. ISBN 978-1-84569-758-7.
- [35] RANKIN, S. A., A. LOPEZ-HERNANDEZ a A. R. WESTOVER. Liquid Milk Products: Super-pasteurized Milk (Extended Shelf-Life Milk). *Reference Module in Food Science* [online]. Elsevier, 2020 [cit. 2021-5-9]. ISBN 9780081005965. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00032-5>
- [36] RAO, M. Anandha, 1999. *Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications*. New York: Springer. ISBN 978-0-387-70930-7.
- [37] REHMAN, Shakeel-Ur a N.Y. FARKYE. Enzymes Indigenous to Milk | Phosphatases. FUQUAY, John W. *Encyclopedia of Dairy Sciences* [online]. 2nd. Academic Press, 2011, 314 - 318 [cit. 2021-5-9]. ISBN 9780123744074. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00159-X>
- [38] ROGINSKI, Hubert, 2003. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Amsterdam: Academic Press. ISBN 01-222-7238-2
- [39] ROSENTHAL, A. J. Food Texture – Measurement and Perception, A Chapman & Hall Food Science Book, Aspen Publisher, Inc., Gainthersburg, Maryland, 1999. ISBN 0-8342-1238-2.
- [40] RYSER, E. T. Liquid Milk Products | Pasteurization of Liquid Milk Products: Principles, Public Health Aspects. *Encyclopedia of Dairy Sciences* [online]. 2nd.

- Academic Press, 2011, 301 - 315 [cit. 2021-5-9]. ISBN 9780123744074. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00287-9>
- [41] SALÁKOVÁ, A., 2011. Inovace výuky veterinárních studijních programů v oblasti bezpečnosti potravin, Instrumentální hodnocení textury masa, drůbežích masných výrobků, trvanlivých masných výrobků, párků a paštik na přístroji Instron (punkční test, TPA, WB test). VFU. [cit. 2021-05-09]. Dostupné z: https://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/VY_01_49.pdf
- [42] SALEK, Richardos Nikolaos, Martin VAŠINA, Lubomír LAPČÍK, Michaela ČERNÍKOVÁ, Eva LORENCOVÁ, Peng LI, František BUŇKA, 2019. Evaluation of various emulsifying salts addition on selected properties of processed cheese sauce with the use of mechanical vibration damping and rheological methods. *LWT - Food Science and Technology* [online]. (107), 178-184 [cit. 2021-03-12]. ISSN 0023-6438. Elsevier, 2019. **Dostupné z:** doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.022>
- [43] SZCZESNIAK, Alina Surmacka. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference* [online]. Elsevier, 2002, 13(4), 215-225 [cit. 2021-5-6]. ISSN 0950-3293. Dostupné z: doi:[https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8)
- [44] SINGH, Harjinder, Abby THOMPSON a Mike BOLAND. *Milk Proteins* [online]. 2nd. Elsevier, 2014 [cit. 2021-04-15]. ISBN 978-0-12-405171-3. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/C2012-0-01090-3>
- [45] SPREER, Edgar a Axel MIXA, 1998. *Milk and dairy product technology* [online]. New York: M. Dekker, 498 s. [cit. 2021-03-24]. ISBN 9781351431354. Dostupné z: <https://vufind.katalog.k.utb.cz/Record/91310>
- [46] Státní zemědělská a potravinářská inspekce, 2008. [online]. [cit. 2021-02-04]. **Dostupné z:** <https://www.szpi.gov.cz/clanek/retezce-stale-delaji-chyby-pri-prodeji-nahrazek-syru.aspx?q=JmNobnVtPTEmaGw9bsOhaHJhxb5reQ%3d%3d>
- [47] SZAFRAŇSKA, Jagoda O., Siemowit MUSZYŃSKI, Bartosz G. SOŁOWIEJ, 2020. Effect of whey protein concentrate on physicochemical properties of acid casein processed cheese sauces obtained with coconut oil or anhydrous milk fat. *LWT - Food Science and Technology* [online]. (127), [cit. 2021-03-12]. ISSN 0023-6438. Elsevier, 2019. **Dostupné z:** <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109434>

- [48] ŠNIRC, Július, Josef GOLIAN, Karol HERIAN, František BUŇKA, Leona BUŇKOVÁ a Margarita ČANIGOVÁ. *Mlieko a mliečne výrobky. I diel, Štruktúra, bioaktívne zložky a spracovanie mlieka*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2015, 221 s. ISBN 9788055213118.
- [49] ŠUSTOVÁ, Květoslava a Vladimír SÝKORA. *Mlékárenské technologie*. V Brně: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 978-80-7375-704-5.
- [50] TAMIME, A. Y., ed. *Processed cheese and analogues*. Chichester, West Sussex, UK: Wiley-Blackwell, 2011, xviii, 350 s. Society of dairy technology book series. Dostupné z: doi: 9781444341850
- [51] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ, 2009. *Chemie potravin*. 3. vyd, rozšířené a přepracované. Tábor: OSSIS. ISBN 978-80-86659-15-2.
- [52] WALSTRA, Pieter, Jan T. M. WOUTERS a T. J. GEURTS. *Dairy science and technology*. 2nd ed. Boca Raton: CRC/Taylor & Francis, 2006, 782 p. Food science and technology. ISBN 9781420028010.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Apod. a podobně

BS in bottle sterilization

c množství mikroorganismů

°C stupeň Celsia

C_0 počáteční množství mikroorganismů

C_1 konečné množství mikroorganismů

Ca^{2+} vápenaté ionty

CLA konjugovaná kyselina linolová

CO_2 oxid uhličitý

č. číslo

D decimální redukční doba

ELS extend shelf life

g gram

G^* komplexní modul pružnosti

G' elastický modul pružnosti

G'' ztrátový modul pružnosti

$H_2PO_4^-$ dihydrogenfosforečnan

H_2S sulfan

HCT heat coagulation time

hm hmotnostní

HPO_4^{2-} hydrogenfosforečnan

Hz hertz

k rychlostní konstanta

l litr

M mega

Mg ²⁺	hořečnaté ionty
ml	mililitr
mm	milimetr
N	newton
Např.	například
O/V	olej ve vodě
O ₂	kyslík
Pa s	pascalsekunda
Pa	pascal
Resp.	respektive
s	sekunda
S	sterilované
s. r. o.	společnost s ručením omezením
Sb.	sbírky
sp.	Subspecies, poddruh
SZPI	Státní zemědělská a potravinářská inspekce
T	teplota systému
tan δ	tangens úhlu fázového posunu (ztrátový činitel)
Tzv.	tak zvaný
UHT	ultra high temperature
z	teplotní citlivost
δ	úhel fázového posunu (ztrátový úhel)
η [*]	komplexní viskozita
τ	čas

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Čas (t) jako funkce teploty (T) nutný k deaktivaci některých enzymů, eliminaci vybraných bakterií a denaturaci sérových bílkovin v mléce nebo syrovátce (při pH 6,7) (Walstra, 2006).	22
Obrázek 2 Izomerační a degradační reakce cukrů (Walstra, 2006)	27
Obrázek 3 Možné reakce skupin postranních řetězců zbytků aminokyselin v peptidovém řetězci (I) proteinů při vysoké teplotě (a – reakce probíhá také se zbytky kyseliny glutamové, b – první krok Maillardovy reakce s glukózou a dalším redukcujícím cukrem, Walstra, 2006).....	31
Obrázek 4 Zátěžová křivka texturní profilové analýzy (Saláková, 2011)	39
Obrázek 5 Tvrdost nesterilovaných a sterilovaných vzorků.....	44
Obrázek 6 Elasticita nesterilovaných a sterilovaných vzorků	45
Obrázek 7 Kohezivita nesterilovaných a sterilovaných vzorků.....	45
Obrázek 8 Žvýkatelnost nesterilovaných a sterilovaných vzorků	47
Obrázek 9 Gumovitost nesterilovaných a sterilovaných vzorků	47
Obrázek 10 Relativní lepivost nesterilovaných a sterilovaných vzorků.....	48
Obrázek 11 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci nesterilovaných i sterilovaných (S) vzorků s obsahem sušiny 30 % hm.	49
Obrázek 12 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci nesterilovaných i sterilovaných (S) vzorků s obsahem sušiny 35 % hm.	50
Obrázek 13 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci nesterilovaných i sterilovaných (S) vzorků s obsahem sušiny 40 % hm.	50
Obrázek 14 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci nesterilovaných i sterilovaných (S) vzorků s obsahem sušiny 45 % hm.	51
Obrázek 15 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci nesterilovaných i sterilovaných (S) vzorků s obsahem sušiny 50 % hm.	52
Obrázek 16 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci nesterilovaných i sterilovaných (S) vzorků s obsahem sušiny 55 % hm.	52

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Přibližná ztráta (v %) vybraných mléčných komponent během tepelného ošetření a skladování, a – závisí na světelné expozici, b – závisí na koncentraci O ₂ (Walstra, 2006)	33
Tabulka 2 Surovinové skladby jednotlivých receptur	37
Tabulka 3 Obsah sušiny a tuku v nesterilovaných i sterilovaných modelových vzorcích ..	42
Tabulka 4 Elastický a ztrátový modul pružnosti nesterilovaných a sterilovaných vzorků pro referenční hodnotu frekvence 1 Hz.....	55
Tabulka 5 Komplexní viskozita nesterilovaných a sterilovaných vzorků pro referenční hodnotu frekvence 1 Hz.....	56
Tabulka 6 Úhly fázového posunu nesterilovaných i sterilovaných vzorků pro referenční hodnotu frekvence 1 [Hz]	57
Tabulka 7 Teoretický obsah tuku ve vzorcích	71

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Teoretický obsah tuku vzorků

PŘÍLOHA P I: TEORETICKÝ OBSAH TUKU VE VZORCÍCH

Tabulka 7 Teoretický obsah tuku ve vzorcích

Vzorek	Teoretický obsah tuku [%]
30_30	9,1
30_40	12,0
30_50	15,0
30_66	19,8
35_30	10,6
35_40	14,0
35_50	17,5
40_30	12,1
40_40	16,0
40_50	20,0
45_30	13,6
45_40	18,0
45_50	22,5
50_30	15,1
50_40	20,0
50_50	25,0
55_40	22,0
55_50	27,5