

Optimalizace výroby sterilovaných tavených sýrů s přídavkem sacharidů

Anna Sklenaříková

Bakalářská práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Anna Sklenaříková**
Osobní číslo: **T19123**
Studijní program: **B0721A210002 Technologie a hodnocení potravin**
Specializace: **Technologie potravin**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Optimalizace výroby sterilovaných tavených sýrů s přídavkem sacharidů**

Zásady pro vypracování

Teoretická část

1. Charakterizujte tavené sýry (vlastnosti, požadavky, výroba)
2. Zaměřte se na faktory ovlivňující texturu tavených sýrů (suroviny, procesní parametry).
3. Charakterizujte základní principy sterilačního zahřevu.
4. Zaměřte se na využití sterilace u mléka a mléčných výrobků.

Praktická část

1. Optimalizujte proces výroby tavených sýrů.
2. Proveďte chemickou analýzu pasterovaných i sterilovaných produktů.
3. Získané výsledky vyhodnotte, diskutujte je s odbornou literaturou a vyvodte závěry.

Forma zpracování bakalářské 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 textendash 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 textendash 1878. ISSN 1745-4530
- [3]Bubelová, Z., Tremlová, B., Buňková, L., Pospiech, M., Vítová, 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 textendash 4993. ISSN 0022-1155
- [4]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 textendash 229. ISSN 1438-2385
- [5]Tamime, A.Y. Processed Cheese and Analogues. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 2011. ISBN: 978-1-4051-8642-1

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

Datum zadání bakalářské práce: **31. prosince 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 25. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- 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 – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji 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 na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývala optimalizací surovinové skladby tavených mléčných výrobků s přídavkem cukrů. Dílčím cílem pak bylo vyhodnotit vliv sterilace a přídavku kaseinátu a karagenanu na vybrané jakostní parametry. Teoretická část bakalářské práce se věnovala charakteristice tavených sýrů a dalších tavených výrobků, jejich výrobě, principům sterilačního záhřevu a vlivům sterilačního záhřevu na jakost mléčných výrobků. Praktická část práce pak popisovala optimalizaci výroby vzorků. Za nejvhodnější byl zvolen tavený mléčný výrobek s obsahem sušiny 35 % w/w a obsahem tuku v sušině 40 % w/w. Pro tento tavený mléčný výrobek byly vyrobeny 4 nesterilované a 4 sterilované vzorky, které se lišily surovinovou skladbou (přídavkem kaseinátu a karagenanu). U modelových vzorků byla stanovena hodnota pH, stabilita, obsah sušiny, amoniaku a tiobarbiturové číslo. Dále byla provedena instrumentální analýza barvy, texturní a reologická analýza. Z výsledků vyplynulo, že sterilace neměla vliv na obsah sušiny. Naproti tomu sterilace způsobila snížení hodnoty pH a stability, zvýšení obsahu amoniaku a tiobarbiturového čísla, změny barvy (tmavnutí a posun do červené a žluté oblasti spektra) a také změny texturních parametrů (nárůst tuhosti, žvýkatelnosti, gumovitosti a pokles kohezivnosti). Vliv sterilace na viskoelastické vlastnosti nebyl jednoznačný.

Klíčová slova: tavený sýr, sterilace, tavený mléčný výrobek, karagenan, kaseinát

ABSTRACT

This bachelor thesis dealt with the optimization of the raw material composition of processed dairy products with added sugars. A sub-objective was to evaluate the effect of sterilisation and the addition of caseinate and carrageenan on selected quality parameters. The theoretical part of the bachelor thesis was devoted to the characteristics of processed cheese and other processed products, their production, the principles of sterilisation heating and the effects of sterilisation heating on the quality of dairy products. The practical part of the thesis described the optimisation of sample production. The most suitable product was chosen to be a processed milk product with a dry matter content of 35 % w/w and a fat content in dry matter of 40 % w/w. Four unsterilised and four sterilised samples were produced for this processed milk product, which differed in their raw material composition (addition of caseinate and carrageenan). The pH, stability, dry matter content, ammonia and tiobarbituric value of the model samples were determined, and instrumental colour, textural and rheological analyses were carried out. The results showed that sterilization did not affect the dry matter content. In contrast, sterilisation caused a decrease in pH and stability, an increase in ammonia and tiobarbituric acid content, changes in colour (darkening and shift to the red and yellow regions of the spectrum) and changes in textural parameters (increase in firmness, chewiness, gumminess and decrease in cohesiveness). The effect of sterilisation on viscoelastic properties was not clear.

Keywords: processed cheese, sterilization, processed milk products, carrageenan, caseinate

Chtěla bych poděkovat paní Ing. Zuzaně Lazárkové, Ph.D. za její rady, připomínky, trpělivost a čas, který mi věnovala při psaní mé bakalářské práce.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TAVENÉ VÝROBKY.....	12
1.1 CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ	12
1.2 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ	13
1.2.1 Suroviny pro výrobu tavených sýrů	13
1.2.2 Výroba tavených sýrů	14
1.3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ TEXTURU TAVENÝCH SÝRŮ.....	15
2 PRINCIPY STERILAČNÍHO ZÁHŘEVU	19
2.1 STERILACE POTRAVIN.....	19
2.2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ PRŮBĚH STERILACE.....	21
3 VLIV STERILAČNÍHO ZÁHŘEVU NA JAKOST MLÉČNÝCH VÝROBKŮ.....	25
3.1 BÍLKOVINY.....	25
3.2 TUKY.....	26
3.3 VITAMINY	27
II PRAKTICKÁ ČÁST	28
4 CÍL PRÁCE	29
5 METODIKA PRÁCE.....	30
5.1 CHARAKTERISTIKA MODELOVÝCH VZORKŮ TAVENÝCH MLÉČNÝCH VÝROBKŮ	30
5.2 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ TAVENÝCH MLÉČNÝCH VÝROBKŮ	31
5.3 STANOVENÍ PH.....	32
5.4 STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY	32
5.5 STANOVENÍ STABILITY	33
5.6 STANOVENÍ AMONIAKU CONWAYOVOU METODOU.....	33
5.7 STANOVENÍ TIOBARBITUROVÉHO ČÍSLA	34
5.8 STANOVENÍ BARVY	35
5.9 TEXTURNÍ ANALÝZA	36
5.10 REOLOGICKÁ ANALÝZA.....	36
6 VÝSLEDKY A DISKUZE.....	38
6.1 OPTIMALIZACE VÝROBY VZORKŮ.....	38
6.2 STANOVENÍ PH.....	39
6.3 STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY	39

6.4	STANOVENÍ STABILITY	40
6.5	STANOVENÍ AMONIAKU CONWAYOVOU METODOU.....	41
6.6	STANOVENÍ TIOBARBITUROVÉHO ČÍSLA	42
6.7	STANOVENÍ BARVY	43
6.8	TEXTURNÍ ANALÝZA	45
6.9	REOLOGICKÁ ANALÝZA.....	48
ZÁVĚR		53
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		55
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		62
SEZNAM OBRÁZKŮ		64
SEZNAM TABULEK.....		65
SEZNAM PŘÍLOH.....		66

ÚVOD

Technologie výroby tavených sýrů se řadí mezi nejmladší výrobní postupy v oboru mlékárenství. I přesto jsou velmi oblíbenou a značně konzumovanou skupinou mléčných výrobků po celém světě. První pokus o výrobu tavených sýrů byl již v roce 1895 bez přídavku emulgátorů, ale teprve v roce 1911 se podařilo švýcarské společnosti Gerber vyrobit tavený sýr s použitím emulgátorů a nezávisle na švýcarském objevu se uskutečnila i první výroba ve Spojených státech amerických ve společnosti Kraft. Díky tomuto vyvinutí se umožnilo využívat přírodní sýry, pro které by se jinak těžko hledalo využití, např. sýry s mechanickými deformacemi, odřezky vzniklémi během tvarování sýrů atd. Sortiment tavených sýrů je neustále rozšiřován díky četným možnostem kombinací zvolených druhů přírodních sýrů a zahrnutím dalších mléčných a nemléčných složek, které umožňují vyrábět tavené sýry lišící se konzistencí, velikostí a tvarem [1, 2].

Všechny druhy tavených sýrů lze obecně definovat jako komplexní, vícesložkový systém, popisovaný jako stabilní emulze oleje ve vodě. Tavený sýr se na rozdíl od přírodních sýrů nevyrábí přímo z mléka, nebo sušeného mléka plnotučného či odstředěného [3].

K hlavním výhodám tavených sýrů ve srovnání se sýry přírodními patří velká rozmanitost intenzity chuti, od jemných příchutí po ostré, se specifickými kořeními. Nedochází u nich ke zjevným změnám během delšího skladování. Mají široké využití v domácí kuchyni i ve veřejných občerstveních, např. se používají v cheeseburgerech, pomazánkách, dipch [1, 2].

Cílem této práce bylo optimalizovat výrobu sterilovaných tavených mléčných výrobků s přídavkem sacharidů.

Tato práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část je zaměřena na charakteristiku tavených sýrů, jejich výrobu a faktory ovlivňující jejich texturu. Dále se teoretická část zabývá principy a vlivem sterilačního záhřevu na jakost mléčných výrobků. Praktická část charakterizuje modelové vzorky, technologický postup jejich výroby, sterilační záhřev a následné analýzy a výsledky.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TAVENÉ VÝROBKY

1.1 Charakteristika tavených sýrů

Dle vyhlášky 397/2016 Sb. se jako tavený sýr označuje výrobek, který byl vyroben tavením. Dle této vyhlášky jsou tavené sýry rozděleny na druhově pojmenované a druhově nepojmenované. Jedná-li se o tavený sýr druhově pojmenovaný mohou v něm být následující složky – jedlá sůl, bakteriální kultury, enzymy (se specifickými účinky, zdravotně nezávadné), koření, sezónní zelenina a podle druhu výrobku ostatní zdravotně nezávadné potraviny. Máslo, máselný tuk, smetana nebo, máselný koncentrát jsou povoleny pouze pro standardizaci obsahu tuku ve výrobku. Nesmí obsahovat ostatní mléčné složky a cukry. Tavený sýr druhově nepojmenovaný může obsahovat na rozdíl od druhově pojmenovaného máslo, máselný tuk, smetanu, máselný koncentrát, a to nejen z důvodu standardizace obsahu tuku. Dále může obsahovat i ostatní mléčné složky (např. sušené mléko, syrovátku, podmáslí, tvaroh, aj.). Obsah laktózy ve finálním taveném sýru musí být nejvýše 5 % hmotnostních. Tavený sýrový výrobek je v této vyhlášce označen jako mléčný výrobek, který je tepelně ošetřen tavením a obsahuje více než 5 % laktózy a sýr v něm tvoří 50 % hmotnostních sušiny tohoto výrobku. Tavený mléčný výrobek je takový mléčný výrobek, který byl ošetřen tavením a obsahuje více než 5 % laktózy [4].

Dle normy ČSN 57 1300 Tavené sýry a tavené sýrové výrobky – Společná ustanovení jsou tavené sýry definovány jako sýry, které byly tepelně ošetřeny za přítomnosti tavicích solí, případně dalších přídatných látek, s přidavkem nebo bez přidavku potravinářských přísad a surovin, s obsahem laktózy nejvýše 5 % hmotnostních [5].

Na trhu můžeme nalézt i tzv. analogy (náhražky) tavených sýrů. Sýrové analogy jsou obvykle definovány jako produkty vyrobené smícháním jednotlivých složek, včetně nemléčných tuků nebo bílkovin, za účelem výroby sýru podobného produktu splňujícího specifické požadavky. Stále častěji se používají, a to zejména z důvodu jednoduchosti výroby a náhradě vybraných mléčných složek levnějšími rostlinnými produkty. Mezi spotřebiteli stále roste zájem o potravinářské produkty, které obsahují méně celkového tuku, nasycených tuků, cholesterolu a kalorií [6].

Spotřeba tavených sýrů v České republice činí 1,9 kg osoba/rok (údaj z roku 2020). Za posledních deset let došlo k mírnému poklesu spotřeby tavených sýrů. V letech 2012 a 2013 byla zaznamenána nejvyšší spotřeba 2,2 kg osoba/rok [7].

1.2 Výroba tavených sýrů

1.2.1 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

Tavené sýry jsou vyráběny z různých druhů přírodních sýrů s různým obsahem tuku. V České republice se nejčastěji vyrábí z Eidamské cihly, Eidamského bloku. Další surovinou je tvaroh, který se přidává za účelem zvýšení tukuprosté sušiny. Máslo, v některých výrobnách i smetana, se přidává pro zvýšení obsahu tuku. Další surovinou je pitná voda, která upravuje obsah sušiny. Může se také přidat krém neboli rework, jedná se o tavený sýr, který už byl jednou zpracován tavením. Přísady ovlivňující chuť a barvu se přidávají hlavně u sýrů s příchutí (se žampiony, šunkou, zeleninou apod.). Nedílnou součástí surovinové skladby jsou tavicí soli. Dalšími surovinami mohou být sušená syrovátka, sušené odstředěné mléko, kasein, kaseináty, přídatné látky na bázi polysacharidů (např. karagenan) [1, 2].

Proteiny (kaseiny) jsou pravděpodobně nejdůležitější složkou při výrobě sýra. Proteiny stabilizují emulzi olej ve vodě snížením mezifázového napětí na rozhraní vodné fáze a kapiček oleje a také stabilizují emulzi zvýšením viskozity rozhraní vodné fáze a kapiček oleje, čímž je snížena frekvence srážek mezi kapičkami oleje. Zdroje proteinů používané při výrobě jsou především přírodní sýry. Díky vysoké nákladnosti přírodního sýra lze použít i jiné mléčné či nemléčné proteiny. Mezi mléčné proteiny, které lze použít, patří syrovátkový protein, kasein. Do tavených sýrů se nemléčné proteiny přidávat nesmí, ale do tavených analogů se smí přidávat. Mezi nemléčné proteiny, které lze použít, patří rostlinné proteiny – sójový a hrachový protein. Sójový protein je levnější než syřidlový kasein a také má mnoho zdravotních přínosů (např. prevence obezity, rakoviny). Hrachový protein má vysoký obsah proteinu a u hrachu je nízký počet alergických reakcí ve srovnání se sójovým [3].

Přírodní sýr se používá při výrobě většiny tavených sýrů. S ohledem na požadované vlastnosti, zejména texturu a chuť konečného výrobku je důležité množství, stáří a složení přírodního sýra. V některých zemích jsou velmi populární tavené sýry vyráběné pouze z jednoho druhu taveného sýra různého stupně zralosti. Mnohem častěji se ale sýry vyrábějí ze směsi různých přírodních sýrů, jež vede ke snadnějšímu zpracování a výsledkem je i vyváženější chuť. Stáří přírodního sýru je důležitým faktorem. Během doby skladování se zvyšuje hydrolyza proteinů, především kaseinu, což vede ke snížení interakcí protein-protein ve zrajícím sýru a k celkově měkčí konzistenci produktu. Pokud je tavený sýr vyrobený ze zralých sýrů má měkčí strukturu díky rozsáhlé hydrolyze kaseinu. Naopak pokud je tavený

sýr vyrobený z mladých přírodních sýrů, které obsahují vyšší procento neporušeného kaseinu, má pevnější a pružnější texturu. Použití mladých přírodních sýrů, u kterých neprobíhá zrání, je méně nákladné, ale díky vysokému množství neporušeného kaseinu může vést ke gumovité konzistenci bez chuti. K výrobě tavených sýrů lze použít přírodní sýry s mechanickými vadami, jako jsou např. deformace či nesprávný tvar, které nebylo možné uvádět do oběhu pro přímý prodej spotřebiteli [1, 2, 8].

Tuky jsou získávány především z přírodního sýra. Pro zajištění vhodné textury a sensorických vlastností jsou doplňovány také o mléčné tuky včetně másla a smetany. V průmyslu jsou u tavených analogů často doplňovány z olejů rostlinného původu, hlavním důvodem je snížení nákladů na výrobu [8].

Tavicí soli jsou nezbytné pro tvorbu jednotné struktury taveného sýra. Jsou to zdravotně nezávadné buď kyselé anebo slabě alkalické soli organických anebo anorganických kyselin. Mezi nejčastěji používané tavicí soli patří fosforečnany sodné, polyfosforečnany a citronany. Tavicí soli pomáhají kaseinovým proteinům odstraněním vápníku z kaseinů emulgovat přítomný tuk, hydratovat volnou vodu a podílet se na vývoji výsledné matrice produktu. Dalšími účinky tavicích solí jsou schopnost úpravy konečného pH taveného sýra, pufrční schopnost, stabilizace emulze olej ve vodě a tvorba změn strukturních vlastností [9].

Podle požadavků kladených na charakter taveniny se v praxi pro roztíratelné tavené sýry používají fosforečnanové soli s vyšším podílem vápníku, které zajistí dobrou roztíratelnost. Pro získání lomivé konzistence tavených sýrů se používají citronanové soli, které jsou kyselější a mají nižší schopnost vázat vápník z proteinů [10].

Dávka tavicích solí se pohybuje od 2 do 3 % (w/w), nad 3,5 % (w/w) může nepříjemně ovlivnit chuťové vlastnosti (hořkost), případně může vzniknout nevhodná konzistence. Dodávané tavicí soli jsou obvykle směsí několika chemických látek [1, 9].

1.2.2 Výroba tavených sýrů

Výrobní proces tavených sýrů se skládá z těchto kroků – z výběru přírodních sýrů, sestavení složení směsi, vlastního tavení připravené směsi, a nakonec formování, balení, chlazení a expedice získané taveniny [1, 2].

Složení směsi pro tavení závisí na požadavcích konečného výrobku. Významnou roli má obsah sušiny a tuku v sušině konečného výrobku a také jeho konzistence. Přírodní sýr je

nejprve odvážen, rozkrájen a rozemlet pomocí válcových stolic a řezaček na menší částice. Poté jsou přesně odváženy zbylé suroviny – máslo, tvaroh, tavicí soli a další. Přesné složení a také mísící poměry tavicích solí jsou předmětem obchodního tajemství, proto se k jeho množství musí dojít empiricky. Při případném předávkování by mohla vzniknout jiná než požadovaná konzistence i negativní ovlivnění chuti [1].

Připravená směs je nadávkována do tavicího kotle. Po nadávkování se kotel uzavře a začne probíhat vlastní proces tavení. Proces tavení se provádí za sníženého tlaku a při tzv. tavicí teplotě, která je udržována několik minut. Proces tavení má především fyzikálně chemický charakter, kdy dochází ke koloidním a disperzním změnám v sýrové hmotě [1, 11].

Tavení lze provádět dvěma způsoby – diskontinuálním a kontinuálním způsobem.

Diskontinuální způsob probíhá tak, že nejprve se připraví tavicí směs, do které se přidají tavicí soli (2-3 %), následně probíhá tavení směsi. Na závěr dojde ke zformování a ochlazení taveniny. V České republice je používán především diskontinuální způsob výroby, kdy tavicí teplota dosahuje od 80 do 110 °C (obvykle mezi 90 a 100 °C) [1, 11].

U kontinuálního způsobu se směs taví pomocí přímé páry, během tohoto procesu, který probíhá za aseptických podmínek dochází ke sterilaci při teplotách 120 až 145 °C a odpaření části vody za podtlaku. Směs se nakonec chladí za stálého míchání na teplotu 80 až 90 °C. Horká tavenina se dává do forem předem vyložených hliníkovou fólií [1, 12].

Vzniklá tavenina musí být hladká, lesklá a nesmí uvolňovat kapénky tuku, rovněž musí mít požadovanou viskozitu, nesmí se „trhat“, ani lepit na obal. Vzniklá tavenina se následně formuje ve formovacích strojích do dílů určitého tvaru – typické tvary v České republice jsou hranolovité nebo trojúhelníkové. Díly jsou již předem vyloženy hliníkovou fólií. Lze použít i jiné obalové materiály jako jsou laminované hliníkové obaly, tuby, plasty, kelímky a skleničky. Zabalení tavených sýrů by mělo být rychlé, přibližně 15 až 30 min, a to hlavně z důvodu snížení pravděpodobnosti kontaminace mikroorganismy. Po zabalení tavených sýrů je velmi důležité jejich zchlazení, aby zůstala zachována ideální konzistence [13, 14].

Tavené sýry se skladují při teplotě 4 až 8 °C, doba minimální trvanlivost je několik měsíců. Sterilované tavené sýry lze skladovat při pokojové teplotě po dobu až 2 let [3].

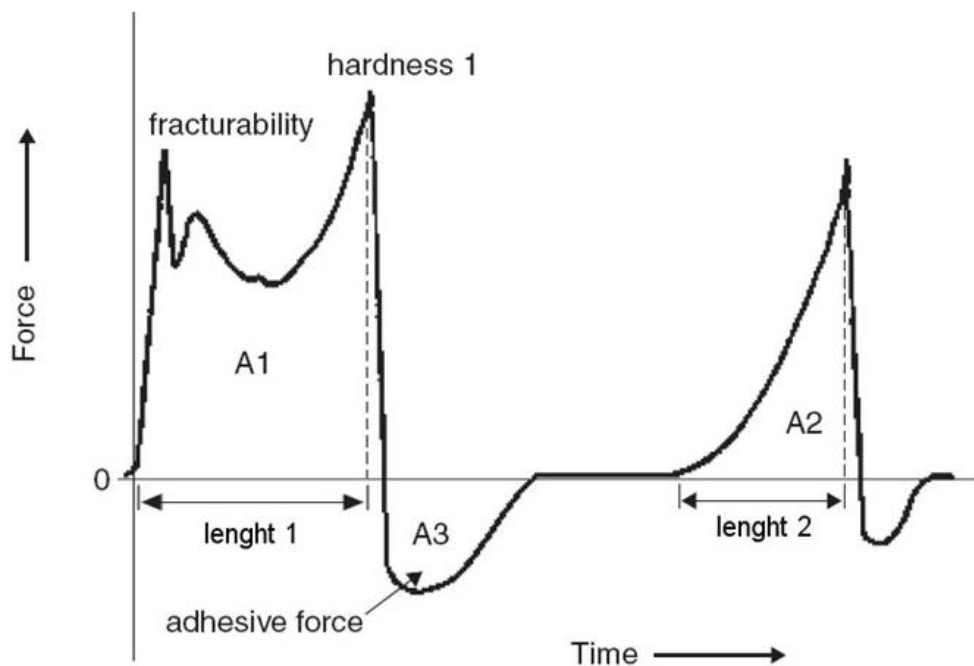
1.3 Faktory ovlivňující texturu tavených sýrů

Dle ČSN ISO 11036 textura zahrnuje mechanické, geometrické a povrchové vlastnosti výrobku pozorovatelné mechanickými, případně dotykovými, zrakovými či sluchovými

receptory. Mechanické vlastnosti výrobku zahrnují tvrdost, soudržnost, viskozitu, pružnost a přilnavost. Geometrické vlastnosti souvisí s velikostí, tvarem a uspořádáním částic ve výrobku. Ostatní vlastnosti souvisí s obsahem vlhkosti a tuku (olejnatost, mastnota) produktu [15, 16].

Textura je jednou z nejdůležitějších charakteristik tavených sýrů pro konzumenty. U některých potravin je textura pro konzumenty důležitější než chuť a barva. Vnímané texturní vlastnosti jsou ovlivněny řadou faktorů, mezi které lze zařadit složení surovinové skladby, hodnota pH, podmínky během výrobního procesu (teplota, rychlost chlazení) a následně podmínky během skladování (délka). Texturní vlastnosti očekávané od různých potravin se značně liší mezi konzumenty. Objektivní měření a charakterizace textury je téměř nemožný úkol, proto také bylo základním pilířem sensorické hodnocení prováděné zkušenými hodnotiteli. Z důvodu omezení nákladů, objektivního pohledu a také nedostatku zkušených hodnotitelů jsou neustále vyvíjeny přístroje pro měření textury. Jedním z takových přístrojů se nazývá texturometr, který může měřit několik vlastností např. tvrdost, žvýkatelnost, elasticitu atd [16].

Jednou z možných metod použití je analýza texturního profilu (TPA). Základem této objektivní metody je zjišťování textury na základě několika měřících parametrů. Vzorek potravin je stlačován ve dvou cyklech. Ze závislosti síly na čase (viz Obrázek 1) jsou následně určovány následující texturní parametry – tvrdost, křehkost, soudržnost, pružnost, lepivost, gumovitost a žvýkatelnost. Tvrdost je velikost maximální síly, která je vyvinutá na potravinu během prvního stlačovacího cyklu. Křehkost je velikost dosažené síly prvního významného zlomu na křivce. Soudržnost je definována jako poměr ploch energie druhého cyklu k energii prvního cyklu. Je to stupeň, do kterého se sýr deformuje před prasknutím (roztržením). Lepivost je síla k překonání síly mezi povrchem vzorku a povrchem zatěžovací desky. Gumovitost je definována jako součin tvrdosti a soudržnosti. Žvýkatelnost je definována jako součin pružnosti a gumovitosti. Je to čas potřebný ke žvýkání vzorku sýra při konstantní rychlosti použité síly na konzistenci vhodnou k polknutí [17, 18].



Obrázek 1 Graf závislosti síly – force (N) na čase – time (s) [19]

Pojmy uvedené v grafu – Fracturability – křehkost; Hardness 1 – tvrdost; Adhesive force – lepidivost, Lenght 1 – délka 1. cyklu, Lenght 2 – délka 2 cyklu

Významným faktorem ovlivňujícím konzistenci tavených sýrů je složení surovinové skladby. Přírodní sýry jsou v tomto jednou z nejdůležitějších surovin. Pro výrobu tavených sýrových bloků s ideální elasticitou a dobrou krájitelností se používají mladé sýry. Pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových omáček se naopak používají středně zralé až zralé přírodní sýry, které jim dodávají chuť a aroma. Konzistence tavených sýrů je dále ovlivněna množstvím a poměrem použitých tavicích solí. Vliv tavicích solí na konzistenci je dán schopností tavicích solí upravovat hodnotu pH. Roztíratelné tavené sýry mají optimální hodnotu pH od 5,5 do 6,0. Při nižší hodnotě pH, než optimum má tavený sýr tendenci mít pevnou až drobivou konzistenci. Tavené sýry s vyššími hodnotami pH než optimum, vykazují tekutější konzistenci. Tavicí soli neovlivňují konzistenci pouze kvůli hodnotě pH. Každá tavicí sůl má své specifické vlastnosti a v různých poměrech mohou vést k odlišné konzistenci tavených sýrů. Také celková koncentrace tavicích solí má vliv na výslednou konzistenci – s nižší koncentrací tavicích solí vznikají sýry s nižší viskozitou [1, 20].

Dalšími faktory ovlivňujícími konzistenci taveného sýra jsou obsah sušiny a obsah tuku v sušině. Dle těchto dvou parametrů se často tavené sýry dělí na tavené sýrové bloky, tavené

sýry učené na krájení, roztíratelné tavené sýry a tavené sýrové omáčky. S přibývajícím obsahem bílkovin a obsahem sušiny dochází ke vzniku pevnějšího taveného sýra. Naopak tuhost tavených sýrů klesá se snižujícím se obsahem sušiny, snižujícím se obsahem bílkovin a zvyšujícím se obsahem tuku. S rostoucím obsahem tuku v sušině, dojde ke zvětšení průměru tukových kuliček a současně dochází ke snížení pevnosti taveného sýru, tavený sýr bude tedy lépe roztíratelný [2].

Faktory ovlivňující konzistenci během zpracování tavených sýrů jsou teplota a doba procesu tavení, rychlost míchání a rychlost zchlazení. Vyšší rychlost míchání vede k většímu počtu malých, rovnoměrně rozdělených tukových kuliček na rozdíl od nízké rychlosti míchání. Díky velkému počtu malých, rovnoměrně rozložených tukových kuliček se zvyšují interakce tuk-protein a protein-voda a tím se tvoří pevnější síť. Při překročení určitého limitu rychlosti míchání dochází k posílení interakcí tuk-protein a protein-protein a to tak, že se molekuly kaseinu srazí a dochází k „překrémování“. „Překrémování“ je indikováno zvýšením viskozity a snížením tavitelnosti. Také se zvyšující se dobou tavení dochází ke zvýšení tuhosti tavených sýrů. Rychlost zchlazení ovlivňuje konzistenci finálního výrobku tak, že při pomalém zchlazení dochází ke zvýšení tuhosti finálního taveného sýra, naopak při rychlejším zchlazení vzniká méně tuhý sýr. Pro tavené sýrové omáčky a pomazánky je tedy vhodné rychlé zchlazení, naopak pro tavené sýrové bloky je vhodné pomalé zchlazení. Pomalé zchlazení může také zintenzivnit Maillardovu reakci (neenzymatické hnědnutí) a podpořit růst sporotvorných bakterií [3, 21].

Skladování může velmi ovlivnit konzistenci, ale také vlastnosti a strukturu taveného sýra. Během rostoucí doby skladování může dojít k řadě změn vzhledu, struktury, barvy a chuti. Ve studiích bylo zjištěno, že s rostoucí dobou skladování roste pevnost tavených sýrů. Příčinami, které mohou tyto změny vyvolat jsou např. ztráty vody, změny v iontové rovnováze, neenzymatické hnědnutí, tvorba krystalů, oxidace, či interakce s obalovými materiály [22].

2 PRINCIPY STERILAČNÍHO ZÁHŘEVU

Termosterilace je konzervační metoda, která je založená na tepelné denaturaci mikrobiálních a enzymových bílkovin. Potřebné zahřátí sterilované potraviny způsobí urychlení nejen žádoucích koagulačních reakcí, ale i nežádoucích nemikrobiálních a neenzymových procesů jako jsou autooxidace lipidů, či Maillardova reakce neenzymového hnědnutí, které probíhají jen velmi zvolna v nezahřátých potravinách. Je důležité pracovat s vysokou koagulační teplotou, aplikovanou tak, aby neškodila [23].

Po přestoupení teploty zahřívání potraviny na teplotní maximum mikroflóry, která zde může žít, i teplotní maximum přítomných enzymů, přestanou mikroorganismy nejprve prospívat a při prodlouženém záhřevu nejprve hynou vegetativní stádia a posléze i spory. Po dosažení trvalé inaktivace všech forem, které mohou v potravine vegetovat, je potravina sterilovaná a trvale skladovatelná. Potraviny jsou také předvařené a vyžadují minimální ohřev před konzumací. Nicméně působení vysokých teplot může způsobit podstatné změny organoleptických a nutričních vlastností potravin [24].

2.1 Sterilace potravin

Úplné (absolutní) sterility potravin nelze dosáhnout, proto se potraviny zpracovávají tak, aby poskytovali tzv. obchodní sterilitu. Obchodní sterilita zajišťuje nepřítomnost životaschopných mikroorganismů, které by se mohli za podmínek skladování množit a nepřítomnost mikroorganismů, které by mohli vyvolat onemocnění z potravin [23, 25].

Sterilace záhřevem se provádí dvěma základními postupy. V případě sterilace nepřímým ohřevem se potravina plní do obalu (např. plastové, kovové nebo skleněné nádoby), ve kterém se hermeticky uzavře a následně probíhá záhřev do doby usmrcení všech přítomných organismů a spor, které by se mohly v obsahu obalu množit. Druhým postupem se potravina zahřívá v průtokových výměnících mimo obal a následně se ošetřená potravina asepticky plní do sterilních obalů, které se asepticky uzavřou a chladí [26].

Některé potraviny (např. mléko) jsou sterilovány pomocí vysokotepelného ošetření UHT (Ultra High Temperature) po velmi krátkou dobu (např. 140-150 °C po dobu několika s). V uzavřeném systému jsou potraviny ošetřené pomocí UHT asepticky plněny do obalů. Obaly jsou sterilovány odděleně pomocí peroxidu vodíku, sterilací plamenem, nebo vysoce intenzivním UV zářením. Potraviny ošetřené pomocí UHT jsou mikrobiologicky stabilní, ale mohou být citlivé na enzymy, které jsou odolné vůči ošetření UHT [27].

Sterilizace nepřímým ohřevem probíhá v autoklávu. Autokláv je tlaková nádoba, která využívá páru pod tlakem k usmrcení bakterií, virů, plísní a spor potravin umístěných uvnitř tlakové nádoby. Autokláv pracuje na principu sterilace vlhkým teplem, kde se ke sterilaci materiálu uvnitř komory používá pára pod tlakem. Vysoký tlak zvyšuje bod varu a tím pomáhá k dosažení vyšší teploty sterilace. Vysoký tlak také usnadňuje pronikání tepla do hlubších částí materiálů a vlhkost přítomná v páře způsobuje koagulaci proteinů, jež způsobí nevratnou ztrátu funkce a aktivity mikroorganismů. Po skončení sterilace dochází k chlazení materiálu a tlak se uvnitř komory vyrovná s atmosférickým tlakem [25, 26, 28].

Autokláv se skládá z vnitřní komory a vnějšího pláště. Do vnitřní komory se vkládají materiály v koších, které mají být sterilovány. Součástí je víko, které má za úkol udržet sterilní prostředí v autoklávu. Na víku je umístěn manometr, který ukazuje tlak vytvořený v autoklávu během sterilace. Manometr je nezbytný z důvodu zajištění bezpečnosti autoklávu a provozních podmínek. Na víku se také nachází pojistný ventil, který je zásadní při neplnění správné funkce autoklávu nebo při nekontrolovatelně se zvyšujícím tlaku uvnitř komory. Pod komorou se nachází parní generátor (elektrický ohříváč), který využívá elektrický topný systém k ohřevu vody a výrobě páry. Hladina vody, která je přítomná ve vnitřní komoře je významná. Kdyby jí byl nedostatek, může dojít ke spálení topného systému. V některých typech autoklávů se také nachází vakuový generátor, který vytváří vakuum uvnitř komory. Mnoho autoklávů je také vybaveno chladičem odpadní vody, aby nedocházelo k poškození potrubí v důsledku odváděné vařící vody z autoklávu [25, 26, 28].

Vliv na vhodné zvolení doby sterilace potravin mají

- podmínky ohřevu,
- teplotní odolnost, enzymová aktivita a počet mikroorganismů, které se pravděpodobně nachází v potravine,
- pH potravin,
- velikost a tvar nádoby,
- fyzikální stav potravin [29].

Vliv pH je důležitým kritériem pro stanovení teploty a doby výdrže při sterilačním záhřevu. Pokud se např. pH sníží z 6,5 na 4,5, doba ošetření se sníží na pětinu původní doby. Volba teploty, která může ovlivnit potravinu, která má být sterilovaná, závisí na druhu mikroorganismů nacházejících se v surovinách a ve vodě a také jejich funkčním stavem.

S ohledem na funkční stav rozlišujeme vegetativní formy, které jsou ve většině případů inaktivovány a usmrceny během několika minut při teplotách do 100 °C. Značným problémem jsou spory. K usmrcení spor plísní dochází poměrně snadno při teplotách okolo 100 °C, naopak spory *Clostridium* a *Bacillus* vyžadují vyšší teploty (115-140 °C) pro jejich usmrcení. Sterilační režim (kombinace sterilační teploty a doby jejího působení) se provádí tedy za letální teploty nejodolnějších mikroorganismů [29].

2.2 Faktory ovlivňující průběh sterilace

Vliv potravin

Potravina samotná ovlivňuje průběh termoinaktivace mikroorganismů, a to zejména složením, aktivitou vody, pH. Cukry, bílkoviny, tuky a rozpuštěné látky mají spíše ochranný význam proti účinkům tepla. S klesající koncentrací rozpuštěných látek a se vzrůstem aktivity vody jsou mikroorganismy citlivější k záhřevu [25].

Vliv vlhkosti prostředí

V nevodném prostředí jsou mikroorganismy a také spory podstatně odolnější než v prostředí vodném. Mikroorganismy i spory nevykazují životní funkce v suchém prostředí, buněčné proteiny nemohou být teplem koagulovány. Riziková suchá místa jsou např. v okurkách s naschlými zbytky zeminy [25].

Vliv kyselosti prostředí

Nejodolnější potravinářsky významný sporulující mikroorganismus je *Geobacillus stearothermophilus*, který může v závislosti na počtu a dalších vlastnostech potravin růst ještě při hodnotě pH blízké se 4,0. Proto je jako hraniční hodnota uvažováno pH 4,0.

Technologicky kyselé potraviny jsou potraviny s hodnotami pH < 4,0. K těmto potravinám patří např. citronová šťáva, ovocné džemy, kyselé zelí, rajčata atd. Pro sterilaci technologicky nekyselých potravin je dostačující teplota okolo 90 °C. Potraviny technologicky málo kyselé, resp. nekyselé jsou potraviny s hodnotami pH > 4,0. K těmto potravinám patří např. polévky, vejce, maso, mléko, hrášek atd. Pro inaktivaci spor v nekyselých potravinách je nutné využít teplotu nad 121,1 °C [30].

Vliv koncentrace mikroorganismů

Koncentrace mikroorganismů je jedním z velmi významných faktorů ovlivňující průběh konzervace v potravině. Proces inaktivace mikroorganismů spočívá zejména v denaturaci buněčných mikrobiálních enzymů [31, 32, 33].

Výpočet:

$$\log_{10} \frac{c_0}{c_1} = \frac{k}{2,303} \cdot (t_1 - t_0)$$

c_0 , počáteční množství mikroorganismů

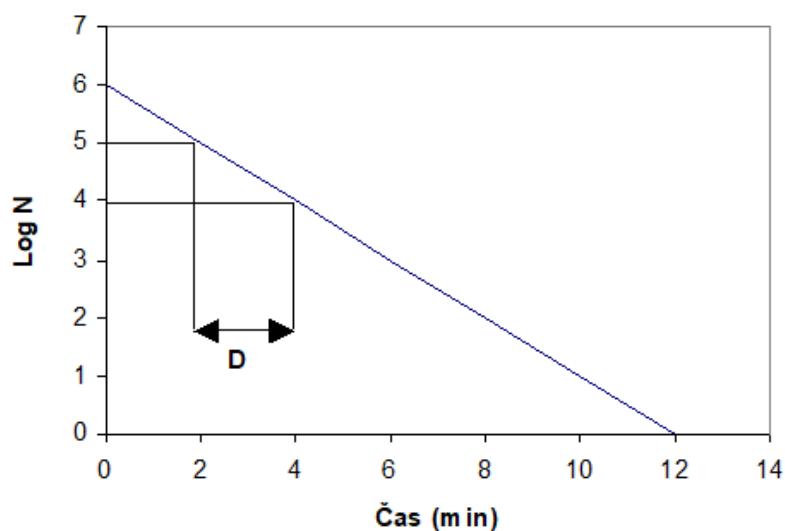
c_1 , konečné množství mikroorganismů

k , rychlostní konstanta inaktivace mikroorganismů

τ , čas

Množství mikroorganismů klesá exponenciálně s časem; není ovšem možné dosáhnout absolutní sterility, protože křivka absolutní sterility protne nulu v nekonečnu [31, 32, 33].

Decimální redukční doba D , je doba záhřevu (min) potřebná pro redukci počtu přítomných mikroorganismů na jednu desetinu. S rostoucí teplotou klesá decimální redukční doba. Hodnota decimální redukční doby slouží k posouzení termorezistence jednotlivých mikroorganismů a k hodnocení inaktivačního účinku sterilačního záhřevu. Na Obrázku 2 lze vidět lineární pokles dekadického logaritmu počtu mikroorganismů v čase [33, 34].



Obrázek 2 Závislost log počtu mikroorganismů na čase [34]

Vliv doby působení teploty

Termoinaktivační křivka ukazuje závislost decimální redukční doby D na teplotě, viz Obrázek 3. Mohou být uváděny jako závislost teploty na decimálně redukční době $t = f(D)$, nebo jako závislost decimální redukční doby na teplotě záhřevu $D = f(t)$ [31].

$$t = -k \log D + q$$

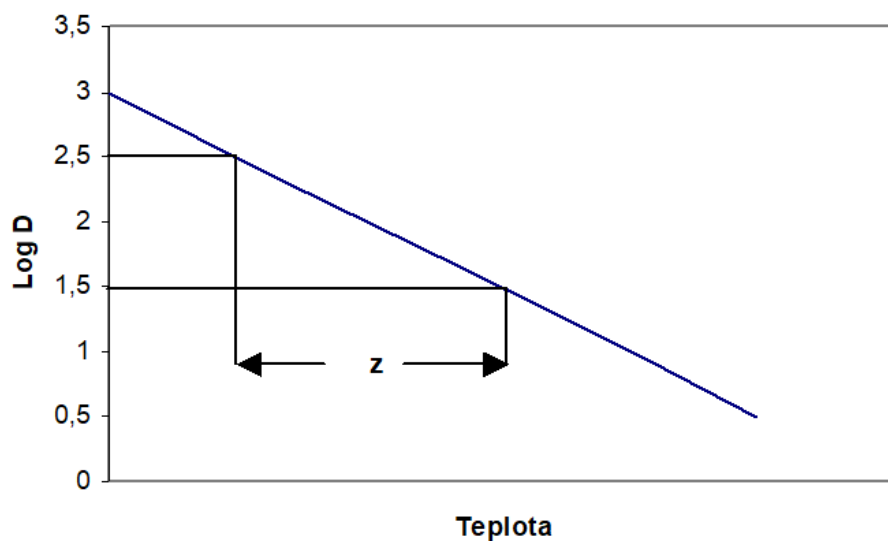
t , teplota

D , decimální redukční doba

k, q , konstanty daných podmínek

Lineární zvýšení sterilační teploty způsobí zkrácení doby sterilace.

Teplotní citlivost z je definována jako změna teploty, která způsobí zmenšení decimální redukční doby desetkrát (viz Obrázek 3) [34].



Obrázek 3 Závislost $\log D$ na teplotě ($^{\circ}\text{C}$) [34]

Inaktivační účinek F je doba (min) potřebná k usmrcení choroboplodných zárodků za teploty $121,1^{\circ}\text{C}$, která se vypočte:

$$F = D \cdot \log \frac{c_0}{c_1}$$

c_0 , počáteční množství mikroorganismů

c_1 , konečné množství mikroorganismů

D , decimální redukční doba

F pochází ze stupňů Fahrenheita. Někdy se 1F popisuje jako jednotka inaktivačního účinku, který odpovídá účinku jedné minuty záhřevu na referenční teplotu 121,1 °C (250 °F) [31].

Během sterilačního záhřevu nedochází okamžitě k dosažení konstantní hodnoty v celém obsahu potraviny. Různé části se ohřívají různě rychle, což záleží na mnoha faktorech (složení, tvar). Obvykle se pro posouzení inaktivačního účinku záhřevu používá průběh teploty v nejhůře prohřívaném místě potraviny [35].

3 VLIV STERILAČNÍHO ZÁHŘEVU NA JAKOST MLÉČNÝCH VÝROBKŮ

Sterilizace mléka a mléčných výrobků slouží k usmrcení všech přítomných mikroorganismů včetně bakteriálních spor za účelem dlouhodobého skladování při pokojové teplotě bez znehodnocení způsobených mikroorganismy [36].

V následujících kapitolách jsou popsány nejdůležitější změny, ke kterým dochází u hlavních složek mléčných výrobků, tj. bílkovin, tuků a vitamínů.

3.1 Bílkoviny

Bílkoviny obsažené v mléce se dělí na kaseiny a syrovátkové proteiny. Bílkoviny jsou tepelně stabilní, i přesto však dochází k modifikacím bílkovin s nevratnými důsledky denaturace a agregace bílkovin. Kaseiny během tepelného zpracování nedenaturují naproti tomu syrovátkové proteiny snadno denaturují při zahřívání nad 70 °C a následně mohou agregovat. Složení proteinu (např. pH, iontová síla) značně ovlivňuje agregované struktury, které se vytvořily v tepelně upravených syrovátkových proteinech, což následně může ovlivnit jejich stravitelnost [37, 38, 39].

Během tepelné úpravy dochází v mléce k Maillardovým reakcím. Maillardova reakce je reakce redukcí sacharidů s aminosloučeninami během níž vzniká řada velmi reaktivních karbonylových sloučenin reagujících vzájemně a s aminosloučeninami. Reakčními partnery jsou bílkoviny a volné aminokyseliny. Bílkoviny reagují s redukcí sacharidy prostřednictvím ϵ -aminoskupiny vázaného lysinu, méně α -aminoskupiny N-koncových aminokyselin. U sýrů také významně reagují kromě bílkovin biogenní aminy. V obecné Maillardově reakci se nejprve vytvoří Amadoriho produkt, který postupuje na 3-deoxysonovou nebo 1-deoxysonovou cestu v závislosti na pH reakce. V případě Maillardovy reakce disacharidů, jako je laktóza existuje třetí reakční cesta 4-deoxysonová. Vzhledem k tomu, že hlavní disacharid v mléce je laktóza, Maillardova reakce tedy probíhá výše popsanými třemi cestami. Během této reakce se tvoří hnědé pigmenty melanoidiny, proto se také reakce nazývá reakce neenzymového hnědnutí. Neenzymové hnědnutí je také charakteristické pro jiné reakce např. karamelizace cukrů [40, 41, 42].

Při studiu Maillardových reakcí je pozornost věnována vzniku hnědého zbarvení, které je žádoucí např. u barvy chlebové kůrky, ale nežádoucí při výrobě sušených potravin, sušeného mléka. Vznik aromatických látek je žádoucí např. u vůně chleba. Dále je pozornost věnována

výživovým a fyziologickým aspektům reakcí, kdy dochází ke snížení nutriční hodnoty v potravinách vlivem reakcí cukrů a jiných karbonylových sloučenin s esenciální aminokyselinou lysinem. Toxicitě některých produktů – mutagenních a karcinogenních látek a antioxidačním vlastnostem reakčních produktů – melanoidinů a reduktonů [40].

Maillardova reakce vykazuje různé účinky na mléčné proteiny jako jsou rozpustnost, emulgační vlastnosti, tepelná stabilita a další. Tvorba aromatických sloučenin a sloučenin hnědnutí je způsobena jako důsledky Maillardovy reakce mezi laktózou a mléčnými bílkovinami. Maillardova reakce má vliv na biologickou dostupnost mléčných bílkovin. Vzhledem k reakci laktózy s ϵ -aminoskupinou lysinového zbytku mléčných bílkovin, dochází ke ztrátě lysinu. Modifikovaný lysin již nemůže být k dispozici jako živina [40].

3.2 Tuky

Žluknutí je příznakem zhoršení kvality tuků a olejů, což má za následek nepříjemnou vůni či pachut'. Existují dva mechanismy – lipolytické a oxidační žluknutí. Lipolytické žluknutí může být problémem u mléčných tuků, zejména másla [43].

Oxidace lipidů je proces, který může ovlivnit jakost. Při pokojových teplotách (přibližně 20 °C) je výsledkem autooxidace nenasycených mastných kyselin, při vyšších teplotách (nad 100 °C) dochází k autooxidaci nasycených mastných kyselin [41,42].

Autooxidační reakce je oxidace vzdušným kyslíkem. Radikálový mechanismus oxidace se skládá ze tří fází iniciace, propagace, terminace [41, 42, 43].

Autooxidace je iniciována vznikem vysoce reaktivních molekul mastných kyselin obsahující nepárové elektrony, volné radikály. Volné radikály jsou vysoce nestabilní a reaktivní, proto se také navazují na další atomy, kterým berou po jednom elektronu a tím je přeměňují na volné radikály. To spouští řetězovou reakci [43].

V propagační fázi reaguje volný radikál s molekulou kyslíku za vzniku peroxidového radikálu. Tyto jsou taky vysoce reaktivní a reagují s jinými nenasycenými mastnými kyselinami produkujícími hydroperoxy a obnovujícími volné radikály. Tento volný radikál pak může proces opakovat a vytvořit řetězovou reakci. Výsledkem je stále větší hromadění se volných radikálů v tuku, které absorbují velké množství kyslíku ze vzduchu [41, 42, 43].

Nakonec koncentrace volných radikálů dosáhne bodu, kdy spolu reagují dva volné radikály za vzniku stabilního, neradikálového konečného produktu. Tato fáze je nazývána jako terminační. Konečné produkty jsou např. aldehydy, uhlovodíky [43].

Mezi faktory, které mohou ovlivnit autooxidaci, patří struktura mastné kyseliny. S rostoucím počtem dvojných vazeb roste rychlost oxidace. Nasycené mastné kyseliny jsou tedy více stabilní. Teplota taktéž zvyšuje rychlost oxidace. Koncentrace kyslíku za vyšší teploty klesá, ale roste difúze z atmosféry. Přítomnost antioxidantů brání oxidaci, naopak přítomnost prooxidantů urychluje reakci [41, 43].

3.3 Vitaminy

Mléko obsahuje všechny esenciální vitaminy v různém a někdy nedostatečném množství. Obsah vitamínu v syrovém mléce je ovlivněn především výživou a zdravím zvířete. Z hydrofilních vitaminů (rozpuštěných ve vodě) mléko obsahuje vitamin B1 (thiamin), B2 (riboflavin), B6, B7 (biotin), B9 (kyselina listová), B12 a C. Mezi lipofilní vitaminy (rozpuštěné v tucích), které jsou obsaženy v mléce, patří vitamin A (retinol), D (cholecalciferol), E (tokoferol), F a K [12].

Vitamin A je citlivý na UV záření a kyslík. Vitaminy D a B2 nejsou citlivé na záhřev ani na kyslík. Vitamin B6 je citlivý pouze na světelné záření. Při tepelné sterilaci je nejvýrazněji ovlivněn vitamin C, který je citlivý jak na záhřev, tak na světlo. Dále dochází ke ztrátám vitamínu B1. Tepelné úpravy způsobují ztráty až 20 % vitamínu B1, zvláště při pH nad 6 [12, 43].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo optimalizovat proces výroby tavených mléčných výrobků s přidavkem cukrů a část vyrobených produktů podrobit sterilačnímu záhřevu. Pro splnění tohoto hlavního cíle bylo potřeba splnit následující dílčí cíle:

- Provést literární rešerši týkající se (i) tavených sýrů, tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků a (ii) sterilačního záhřevu a jeho vlivu na jakost mléčných výrobků;
- navrhnout surovinové skladby s využitím různých surovin mléčného původu (zejm. tvarohu a eidamského sýra)
- vyrobit tavené mléčné výrobky dle navržené surovinové skladby a polovinu podrobit sterilaci v obalu
- u pasterovaných i sterilovaných produktů provést stanovení hodnoty pH, stability, obsahu sušiny, amoniaku a tiobarbiturového čísla, instrumentální analýzu barvy, texturní a reologickou analýzu
- získané výsledky vyhodnotit, diskutovat a zformulovat závěry.

Zamýšlené uplatnění vyrobených produktů je např. náhrada mascarpone v dezertech typu cheesecake a podobných.

5 METODIKA PRÁCE

5.1 Charakteristika modelových vzorků tavených mléčných výrobků

K výrobě modelových vzorků tavených mléčných výrobků byly použity následující suroviny:

- Tvaroh tvrdý (obsah sušiny 30 % (w/w), obsah tuku 0,8 % (w/w), výrobce: Jaroměřická mlékárna, a.s., Jaroměřice nad Rokytnou, Česká republika)
- Eidamská cihla nesolená ve stáří 7 týdnů (obsah sušiny ~50 % (w/w) a obsah tuku v sušině ~30 % (w/w), výrobce: LACRUM Velké Meziříčí, s.r.o., Česká republika),
- Čerstvé máslo (obsah sušiny ~84 % (w/w), obsah tuku v sušině ~ 82 % (w/w), výrobce: MADETA, a.s. České Budějovice, Česká republika),
- Pitná voda,
- Cukr krystal (výrobce: Cukrovar Vrbátky a.s., Vrbátky, Česká republika),
- Směs tavicích solí fosforečnanového typu – hydrogenfosforečnan sodný Na_2HPO_4 , dihydrogenfosforečnan sodný NaH_2PO_4 , difosforečnan tetrasodný $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ a sodná sůl polyfosforečnanu $(\text{NaPO}_3)_n$ (výrobce: Fosfa a.s., Břeclav, Česká republika),
- Monoacylglyceroly a diacylglyceroly mastných kyselin (výrobce: J. K. FOOD, s.r.o., Větkovice)
- κ -karagenan (výrobce: Sigma-Aldrich Co.),
- Kaseinát sodný (výrobce: Sigma-Aldrich Co.)

Optimalizace surovinové skladby tavených mléčných výrobků zahrnovala 2 experimenty. V prvním byl základní surovinou mléčného původu tvrdý tvaroh. Dalšími surovinami bylo máslo, pitná voda, cukr a směs tavicích solí. Z těchto surovin bylo vyrobeno (postup viz kapitola 5.2) 8 modelových vzorků, které se lišily obsahem sušiny a tuku v sušině. Byly vyrobeny následující kombinace (sušina/tuk v sušině v % w/w): 30/40, 30/45, 30/50, 30/60, 35/40, 35/45, 35/50, 35/60. Podíl tvarohu, másla a vody byl závislý na požadovaném obsahu sušiny a tuku v sušině, množství cukru bylo vždy 10 % w/w a množství tavicích solí 2,5 % w/w.

Protože vyrobené vzorky byly nehomogenní s oddělovacími se fázemi, byla vyrobena nová sada 8 vzorků se stejnými parametry, do jejichž surovinové skladby byla přidána směs

mono- a diacylglycerolů (dále jen MAG/DAG) v množství 1 % (w/w). Ani přídavek emulgátoru homogenitu nezajistil, a proto byly další vzorky vyráběny z eidamského sýra.

Surovinami pro druhý experiment byla nesolená eidamská cihla, máslo, pitná voda, cukr a směs tavicích solí. Opět bylo vyrobeno 8 modelových vzorků se stejnými parametry, jako v prvním experimentu. Některé vzorky byly příliš tekuté a jiné vykazovaly písčitost. Jako optimální byla nakonec vybrána kombinace 35/40, přestože konzistence stále nebyla optimální. Pro zlepšení konzistence byla do surovinové skladby přidána směs MAG/DAG v množství 1 % w/w, která stále poskytovala spíše tekuté produkty. V další fázi tedy byl navíc do jednoho modelového vzorku přidán ještě kaseinát sodný v množství 10 % w/w, a do druhého modelového vzorku karagenan v množství 1 % w/w. Oba přídavky se ukázaly jako příliš vysoké, produkty byly velmi tuhé, konzistence výrobku s karagenanem byla navíc písčitá.

V poslední fázi optimalizace tedy byly vyrobeny 4 vzorky s obsahem sušiny 35 % w/w a tuku v sušině 40 % w/w, do jejichž surovinové skladby byly navíc zahrnuty (i) směs MAG a DAG v množství 1 % w/w, (ii) směs MAG a DAG v množství 1 % w/w a kaseinát sodný v množství 3 % w/w, (iii) směs MAG a DAG v množství 1 % w/w a karagenan v množství 0,1 % w/w a (iv) směs MAG a DAG v množství 1 % w/w a karagenan v množství 0,2 % w/w. Množství cukru (10 % w/w) a tavicích solí (2,5 % w/w) bylo opět konstantní. Surovinové skladby jsou součástí Přílohy PI. Tyto vzorky již měli konzistenci optimální pro zamýšlené použití.

5.2 Výroba modelových vzorků tavených mléčných výrobků

Všechny modelové vzorky tavených mléčných výrobků zmíněné v kapitole 5.1 byly vyrobeny v laboratořích Ústavu technologie potravin, Fakulty technologické, Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Nejdříve byly naváženy všechny suroviny (celkové množství produktu bylo 1500 g), které byly nadávkovány do zařízení Vorwerk Thermomix TM6-1 (výrobce Vorwerk GmbH&Co). Jako první byla v zařízení rozmělněna eidamská cihla nakrájená na kostky, až poté byly dávkovány ostatní suroviny. Směs byla za stálého míchání zahřáta na 90 °C (tavicí teplota), při které byla udržována po dobu 1 min. Utavená směs byla za horka nalévána do 100 g hliníkových misek (výška 27,4 mm, průměr 84,1 mm, výrobce Aluflexpack). Hliníkové misky byly zakryty hliníkovými víčky a na uzavíracím zařízení pro obaly (Novaseal, výrobce Nirosta) byly uzavřeny při teplotě 280 °C po dobu 3 s. Polovina vzorků byla následně zchlazena na teplotu 6±2 °C, při které byly vzorky skladovány po dobu

1 týdne do okamžiku analýz. Druhá polovina vzorků byla ihned po výrobě podrobena sterilaci v autoklávu (FVA/A1, výrobce Fedegari). Teplota sterilace byla nastavena na 122 °C s dobou výdrže 10 min. Následně byly vzorky zchlazeny na teplotu 50 °C, doba zchlazení trvala 50 min. Sterilační režim byl kontrolován automaticky pomocí autoklávových čidel. Teplota uvnitř vzorků byla sledována dataloggery (RT-F55, výrobce Analytical s.r.o.). Sterilované vzorky byly následně skladovány při teplotě 22 ± 2 °C. Po 7 dnech skladování byly provedeny analýzy sterilovaných i nesterilovaných vzorků.

5.3 Stanovení pH

pH je definováno jako záporně vzatý dekadický logaritmus aktivity oxoniových kationtů. Obecně platí rovnice $pH = -\log(a_{H_3O^+})$, kde a značí aktivitu iontů (H_3O^+) [44].

Hodnoty pH vzorků tavených sýrů byly stanoveny při laboratorní teplotě pomocí vpichového pH metru (HI 99161, Hanna Instruments) se skleněnou elektrodou. U každého vzorku byla hodnota pH stanovena 6krát.

5.4 Stanovení obsahu sušiny

Stanovení obsahu sušiny bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 5534 Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny. Obsah celkové sušiny sýra je hmotnostní podíl látek stanovených postupem, kdy se zkušební díl zkušebního vzorku promíchaný s pískem suší v sušárně při teplotě 102 ± 2 °C. Následně se vážením zkušebního dílu zkušebního vzorku zjišťuje úbytek hmotnosti. Obsah celkové sušiny se vyjadřuje v hmotnostních procentech [5].

Stanovení bylo provedeno navážením vzorku s vysušeným mořským pískem (3 g vzorku a 20 g mořského písku). Rozmíchané vzorky spolu s mořským pískem v misce byly vloženy do sušárny (VENTICELL, BMT) a sušeny při teplotě 102 ± 2 °C do konstantního úbytku hmotnosti (přibližná doba sušení je 5 hod). Poté byly misky váženy na analytických vahách PLJ 1200-3A (výrobce Kern). Pro každý vzorek bylo stanovení obsahu sušiny provedeno 3krát.

Výpočet obsahu sušiny byl proveden dle vzorce:

Obsah vody:

$$w = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100$$

w, obsah vody v % (w/w)

m_1 , hmotnost vysoušecí misky s křemenným pískem [g]

m_2 , hmotnost vysoušecí misky s křemenným pískem a vzorkem před sušením [g]

m_3 , hmotnost vysoušecí misky s křemenným pískem a vzorkem po vysušení [g]

Obsah sušiny:

$$S = 100 - w$$

S, obsah sušiny v % (w/w)

w, obsah vody v % (w/w)

5.5 Stanovení stability

Stanovení stability bylo provedeno navážením 5 g vzorku do plastové zkumavky s víčkem. Zkumavky se vzorkem byly vloženy do centrifugy (EBA 21 Hettich Zentrifugen, Huttlingen, Německo), kde byly centrifugovány při 6000 otáček/min po dobu 20 min. Po vyjmutí z centrifugy byla uvolněná tekutina odstraněna a zkumavky se sedimentem byly zváženy. Pro každý vzorek bylo stanovení provedeno 3krát.

Stabilita vzorků byla vypočtena dle vzorce:

$$S = \frac{m_1 - m_0}{m} \cdot 100$$

S, stabilita vzorku v % (w/w)

m_1 , hmotnost zkumavky se vzorkem po centrifugaci [g]

m_0 , hmotnost zkumavky [g]

m, hmotnost vzorku [g]

5.6 Stanovení amoniaku Conwayovou metodou

Stanovení amoniaku Conwayovou metodou bylo provedeno v Conwayově nádobce. Amoniak se ze vzorku vytěsnil nasyceným roztokem uhličitanu draselného a absorboval se do roztoku kyseliny borité. Následně se jako boritan amonný stanovil titračně roztokem 0,005M kyseliny sírové na Conwayův indikátor do růžového zbarvení.

Nejprve byl vzorek homogenizován s vodou (5 g vzorku + 15 ml vody), následně byl homogenát odstředěn. 1 ml zhomogenizovaného vzorku byl pipetován do vnější části Conwayovy nádoby spolu s 1 ml nasyceného roztoku uhličitanu draselného. Do vnitřní

části nádoby byl pipetován 1 ml roztoku 1% kyseliny borité spolu s Conwayovým indikátorem. Nádobka byla přikryta destičkou, obsah vnějšího prostoru nádoby byl opatrně promíchán tak, aby se nedostal do vnitřního prostoru, a nádobka se následně nechala 2 hodiny stát při pokojové teplotě. Po uplynutí této doby byl roztok ve vnitřním prostoru nádoby titrován kyselinou sírovou ze zeleného do růžového zbarvení. Pro každý vzorek bylo stanovení provedeno 3krát.

Stanovení amoniaku bylo vypočteno dle vzorce:

$$NH_3 = \frac{170 \cdot V_{H_2SO_4} \cdot F_{H_2SO_4}}{0,25}$$

NH_3 , množství absorbovaného amoniaku [$mg \cdot kg^{-1}$]

$V_{H_2SO_4}$, spotřeba odměrného roztoku H_2SO_4 při titraci [ml]

$F_{H_2SO_4}$, faktor H_2SO_4

5.7 Stanovení tiobarbiturového čísla

Oxidace tuků je způsobena jak činností lipoxygenáz, tak tzv. autooxidací. Při oxidaci tuků začíná vytvářením volných radikálů, v propagační fázi řetězovým vytvářením hydroperoxidů a nových radikálů a končí rekombinací radikálů (terminace). Primárně vytvořené hydroperoxydy a peroxidy jsou sensoricky nepatrné. Teprve při sekundární přeměně na další produkty dochází ke změně organoleptických vlastností, zejména pachu a chuti, objevuje se žluklá chuť. Význam má zejména tvorba 1,3- propandialu (malondialdehydu) při oxidaci tuků s pentadienovým uspořádáním dvojných vazeb pro stanovení tiobarbiturového čísla [45].

Tiobarbiturové číslo vyjadřuje množství malondialdehydu vzniklého při oxidaci lipidů. V průběhu stanovení dochází k reakci malondialdehydu s kyselinou 2- tiobarbiturovou za vzniku barevného komplexu. Měření vzniklého barevného komplexu je provedeno při 532 nm (červený pigment) či 450 nm (žlutý pigment), dle zbarvení vzniklého produktu [46].

Pro stanovení tiobarbiturového čísla bylo naváženo 5 g vzorku do 50 ml zkumavky. Ke vzorku bylo přidáno 15 ml kyseliny chloristé o koncentraci a 0,5 ml etanolového roztoku. Byl také proveden slepý pokus číslo 1, pro který bylo smícháno 5 ml destilované vody s 15 ml kyseliny chloristé a 0,5 ml etanolového roztoku BHT. Vzorky i slepý pokus byly rozmíchány na vortexu, protřepány na třepačce po dobu 15 min a následně odstředěny na odstředivce po dobu 5 min při 6000 ot/min. Ze supernatantu byly odebrány 4 ml do skleněné

zkumavky a k tomuto množství byly pipetovány 4 ml roztoku kyseliny tiobarbiturové o koncentraci 0,02 mol/l. Z každého vzorku byly připraveny 2 zkumavky. Byl připraven také slepý pokus číslo 2, pro který byly smíchány 4 ml vzorku s 4 ml destilované vody. Všechny zkumavky byly vařeny na vodní lázni po dobu 45 min. Poté byly vzorky i slepé pokusy zchlazeny, přefiltrovány přes stříkačkový filtr a naředěny v poměru 1:3 (1 ml vzorku + 3 ml destilované vody). U všech vzorků i slepých pokusů byla 3x měřena absorbance na UV-VIS spektrofotometru (UV-1280, výrobce Shimadzu) při vlnové délce 450 nm (žluté zbarvení). Tiobarbiturové číslo bylo u všech vzorků stanoveno 6krát a bylo vyjádřeno v jednotkách absorbance na miligram vzorku.

Tiobarbiturové číslo TČ bylo vypočteno dle vzorce:

$$T\check{C} = \frac{A_{Vz} - A_{SP1} - A_{SP2}}{m} \cdot 1000$$

TČ, tiobarbiturové číslo [$A_{450} \cdot \text{mg}^{-1}$]

A_{Vz} , absorbance vzorku

A_{SP1} , absorbance slepého pokusu číslo 1

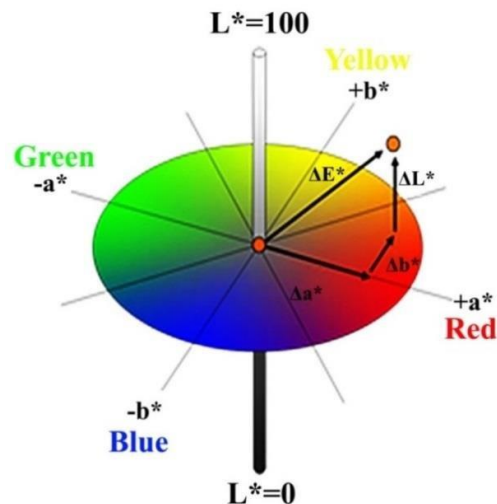
A_{SP2} , absorbance slepého pokusu číslo 2

m, navážka vzorku [g]

5.8 Stanovení barvy

Barva byla měřena v barevném prostoru $L^*a^*b^*$ (viz Obrázek 4), kde L^* značí světlost (jas) a* může nabývat hodnot od 0 (černá) do 100 (bílá). Osa a* popisuje barvy od zelené (-a*) po červenou (+a*). Osa b* popisuje barvy od modré (-b*) po žlutou (+b*). L^* se nachází vertikální rovině a osy a* a b* v horizontální rovině.

Analýza barvy byla provedena na spektrofotometru UltraScan VIS (výrobce: HunterLab). Spektrofotometr byl nejdříve nakalibrován a každý vzorek byl následně proměřen 3krát.



Obrázek 4 Trojrozměrný barevný prostor CIE L*a*b* [47]

5.9 Texturní analýza

Analýza texturního profilu simuluje žvýkání potravy v ústech. Zkouška se skládá ze stlačování potravin ve dvou cyklech. Výsledkem je závislost síly na čase, ze které jsou pak určovány texturní parametry: tvrdost, křehkost, přilnavost, pružnost, žvýkatelnost, gumovitost, soudržnost, apod [48].

Kompresní test byl proveden na texturometru Ta.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie). Každý vzorek byl podroben dvojnásobné kompresi válcovou sondou o průměru 20 mm. Texturní analýza byla stanovena pro každý vzorek 3krát.

Výsledky byly vyhodnoceny v programu Exponent Lite. Ze zátěžových křivek byla vypočítána tvrdost, lepivost, elasticita, kohezivnost, žvýkatelnost, gumovitost.

5.10 Reologická analýza

Reologie se zabývá obecnými mechanickými vlastnostmi látek. Zabývá se deformací a tokem látek vlivem napětí, které na ně působí v čase. Mezi základní mechanické vlastnosti patří elasticita a viskozita. Viskozita charakterizuje vnitřní tření a závisí především na přitažlivých silách mezi částicemi. Viskoelasticita popisuje látku pomocí kombinací vlastností viskózní tekutiny a elastické pevné látky [49].

Pro měření viskoelastických vlastností byl použit reometr HAAKE RheoStress 1 (Thermo Scientific, Německo) v geometrii deska – deska. Měření bylo provedeno při teplotě $(20 \pm 0,1)$ °C. Před každým stanovením byl přístroj kalibrován. Vzorek byl umístěn mezi dvě rovnoběžné desky, kdy se horní deska pohybovala dolů konstantní rychlostí, přičemž síla

byla zaznamenávána jako funkce času. Výsledné hodnoty dat a času byly převedeny na hodnoty napětí a deformace, ze kterých lze vypočítat viskoelastické vlastnosti, jako elastický (G') a viskózní (G'') modul pružnosti či tangens fázového posunu. Reologická analýza byla provedena pro každý vzorek 3krát [16].

Vyšší hodnota elastického (G') než viskózního (G'') modulu pružnosti vyjadřuje, že se vzorek chová spíše jako pevná látka/gel. Pokud je vyšší hodnota viskózního (G'') modulu pružnosti než elastického (G'), vzorek se chová spíše jako kapalina. Z hodnot G' a G'' lze vypočítat komplexní modul pružnosti (G^*), celkový odpor vzorku proti deformaci, který vyjadřuje vztah:

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

G^* , komplexní modul pružnosti [Pa]

G' , elastický modul pružnosti [Pa]

G'' , viskózní modul pružnosti [Pa]

Hodnota $\tan \delta$ (tangens fázového posunu) vyjadřuje míru tuhosti gelu. Vzorec pro výpočet hodnoty $\tan \delta$:

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'}$$

G' , elastický modul pružnosti [Pa]

G'' , viskózní modul pružnosti [Pa]

Je-li $\tan \delta$ větší jak 1, má vzorek viskózní charakter. Je-li $\tan \delta$ menší jak 1, má vzorek elastický charakter [50].

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

V praktické části bakalářské práce bylo vyrobeno celkem 8 druhů tavených mléčných výrobků s přidavkem sacharidů, které se lišily přidavkem složek ovlivňujících texturu (kaseinát, karagenan). Polovina vzorků byla podrobena sterilačnímu záhřevu (4 vzorky tedy byly sterilované a zbývající 4 nesterilované). U nesterilovaných i sterilovaných vzorků byla provedeno stanovení hodnoty pH, obsahu sušiny, stability, amoniaku Conwayovou metodou, tiobarbiturového čísla a také byly zkoumány texturní, reologické vlastnosti. Výsledky provedených analýz jsou uvedeny v kapitolách 6.2–6.9.

6.1 Optimalizace výroby vzorků

Průběh optimalizace surovinové skladby pro tavené mléčné výrobky je uveden v kapitole 5.1. Tvaroh pro výrobu nebyl vhodný, jelikož neposkytoval homogenní produkty. Vhodnější základní surovinou byl nesolený eidam. Bylo testováno celkem 8 různých kombinací obsahu sušiny a tuku v sušině jak bez přidavku MAG/DAG, tak s jejich přidavkem v množství 1 % w/w. Z těchto modelových vzorků byla vybrána kombinace 35 % sušiny a 40 % tuku v sušině s přidavkem MAG/DAG, ke které byl navíc (pro zlepšení konzistence) přidán ještě kaseinát sodný (v koncentracích 10 % a 3 % w/w), nebo karagenan (v koncentracích 1 %, 0,2 % a 0,1 % w/w).

Celkem bylo během optimalizace vyrobeno 24 modelových vzorků, z nichž byly vybrány 4 produkty s nejvhodnější konzistencí. Jednalo se o tavené mléčné výrobky s obsahem 35 % sušiny a 40 % tuku v sušině (obsah cukru 10 % w/w a obsah tavicích solí 2,5 % w/w), které navíc obsahovaly:

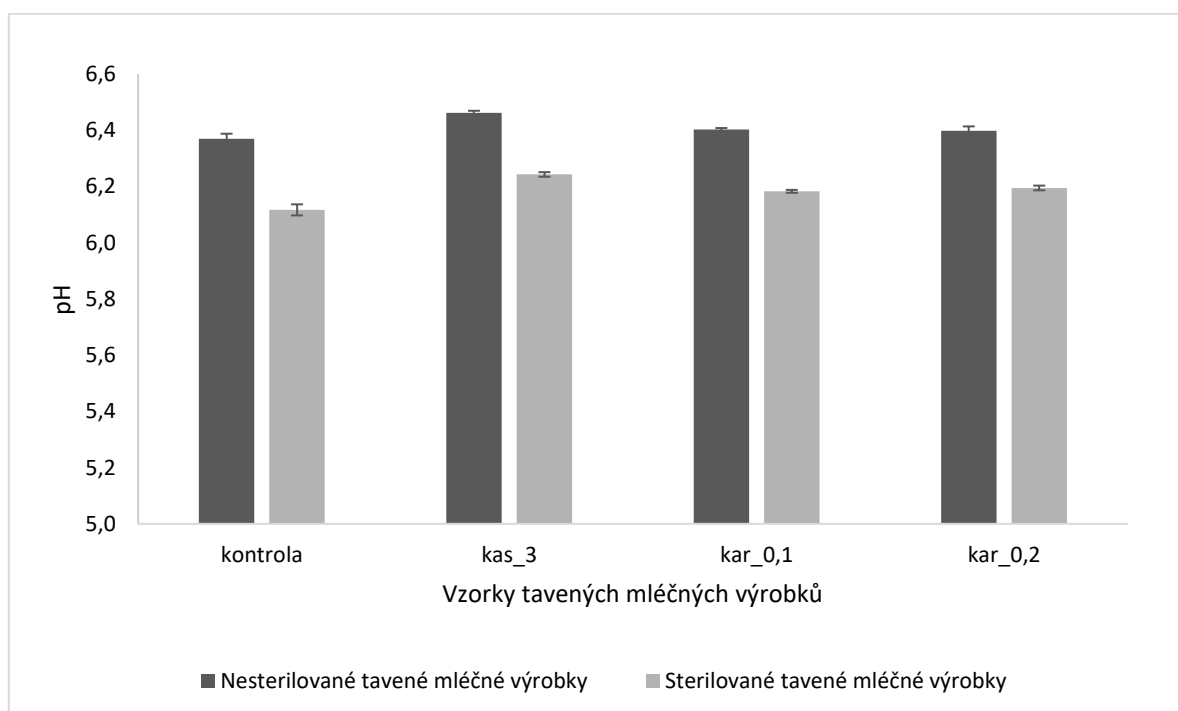
- směs MAG/DAG v množství 1 % w/w („kontrola“)
- směs MAG/DAG v množství 1 % w/w a kaseinát sodný v množství 3 % w/w („kas_3“)
- směs MAG/DAG v množství 1 % w/w a karagenan v množství 0,1 % w/w („kar_0,1“)
- směs MAG/DAG v množství 1 % w/w a karagenan v množství 0,2 % w/w („kar_0,2“)

Polovina vyrobených modelových vzorků byla po výrobě pouze zchlazena („nesterilované výrobky“) a polovina byla sterilována („sterilované výrobky“). Celkem tedy bylo vyrobeno 8 modelových vzorků tavených mléčných výrobků, které byly podrobeny analýzám.

6.2 Stanovení pH

Hodnoty pH jsou zaznamenány na Obrázku 5. U nesterilovaných vzorků se hodnoty pohybovaly v rozmezí 6,35–6,47; u sterilovaných produktů 6,10–6,25. Vlivem sterilace došlo ke snížení pH o 0,2 – 0,3. Kaseinát sodný ani karagenan se na změně pH výrobků nepodílel.

Snížení pH tavených sýrů a jiných mléčných výrobků vlivem sterilace o cca 0,1 – 0,2 je v literatuře běžně popisováno. Možnou příčinu tohoto snížení může být hydrolyza použitých polyfosfátových emulgačních solí, která může způsobit změnu pufrací kapacity a v interakci protein-protein může vést k uvolňování protonů [3, 51, 52].

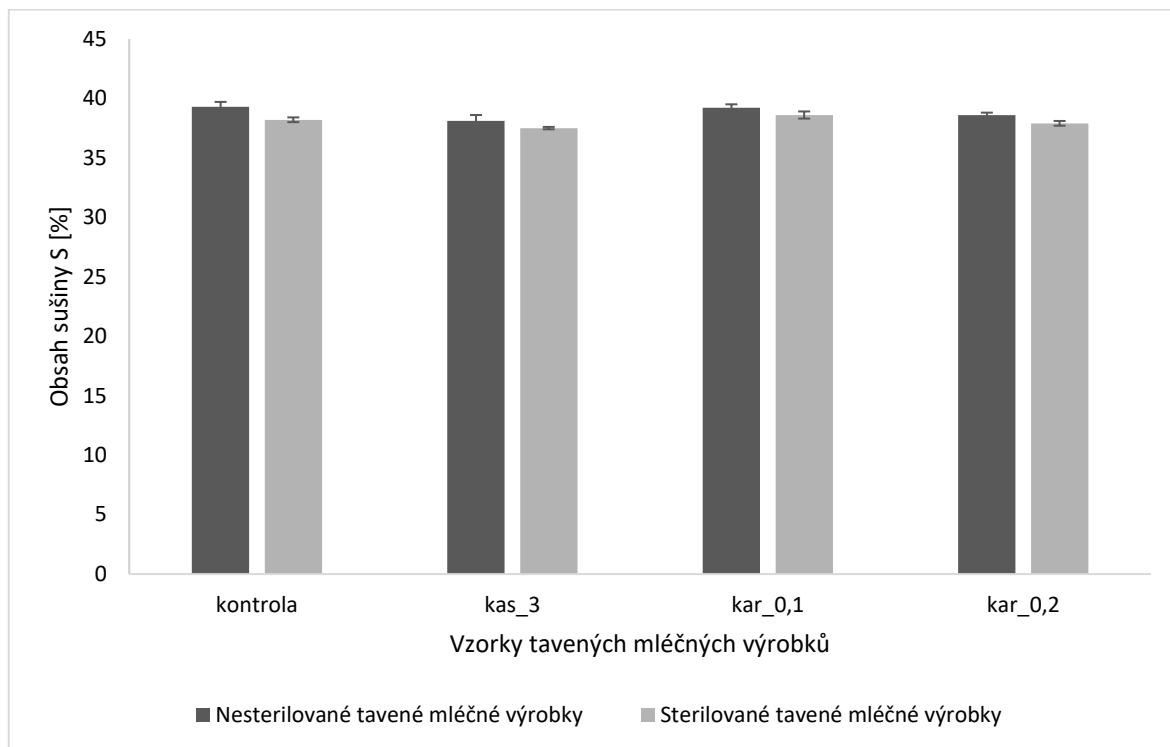


Obrázek 5 Výsledky stanovení pH sterilovaných i nesterilovaných vzorků

6.3 Stanovení obsahu sušiny

Výsledky stanovení obsahu sušiny jsou znázorněny na Obrázku 6. Sušina všech nesterilovaných vzorků se pohybovala v rozmezí 37,5–40 % w/w. Sušina sterilovaných produktů byla v rozmezí 37,1–38,9 % w/w. Sterilace způsobila jen nepatrné snížení sušiny (asi o 0,5 % w/w) a její vliv lze považovat za zanedbatelný. Přídavek kaseinátu ani

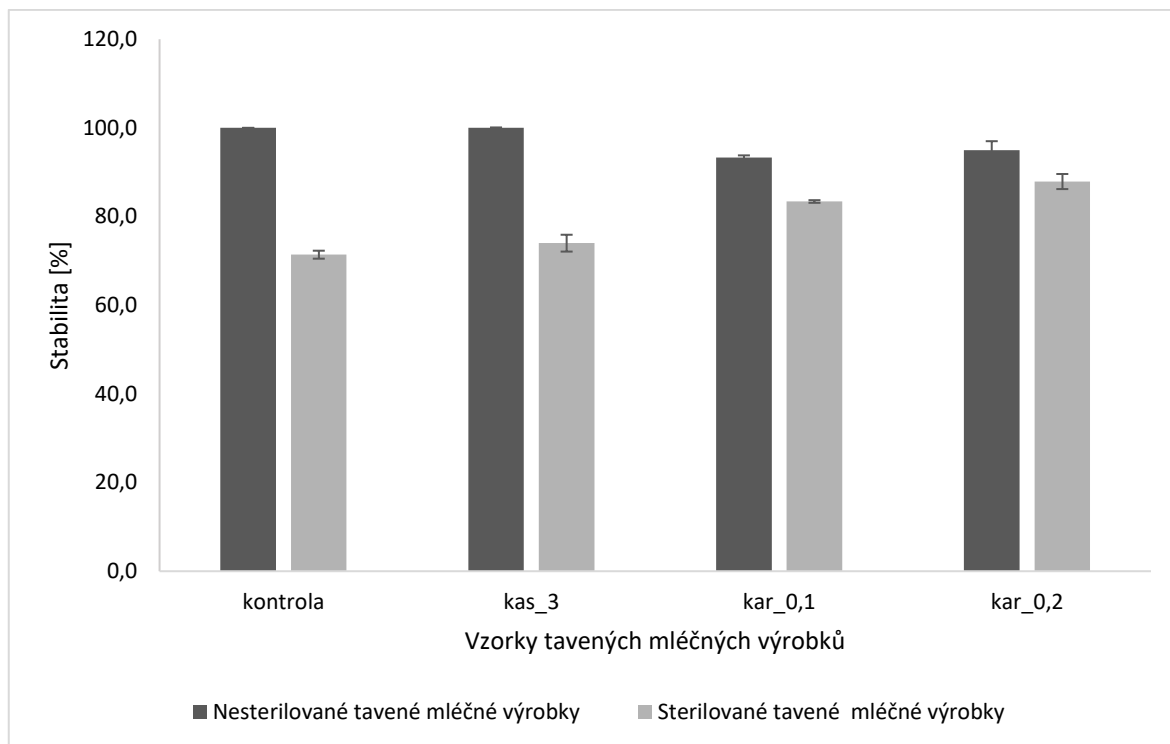
karagenanu hodnotu sušiny nijak neovlivnil. Surovinové skladby byly nastaveny na obsah sušiny 35 % w/w. Námi analyzované hodnoty byly o 2–5 % vyšší, což pravděpodobně souvisí s vyšší sušinou eidamské cihly, která byla použita.



Obrázek 6 Výsledky stanovení obsahu sušiny sterilovaných i nesterilovaných vzorků

6.4 Stanovení stability

Stabilita nesterilovaných vzorků se pohybovala od 92,9 do 100,0 %, v případě sterilovaných vzorků to bylo od 72,0 do 89,1 % (viz Obrázek 7). Vlivem sterilace tedy došlo ke snížení stability o 10–30 %. U sterilovaných výrobků s přídavkem karagenanu stabilita klesla méně, než u kontrolního vzorku a vzorku s přídavkem kaseinátu. Toto zjištění potvrzuje skutečnost, že karagenan se v surovinové skladbě tavených sýrů používá běžně jako stabilizátor [53].

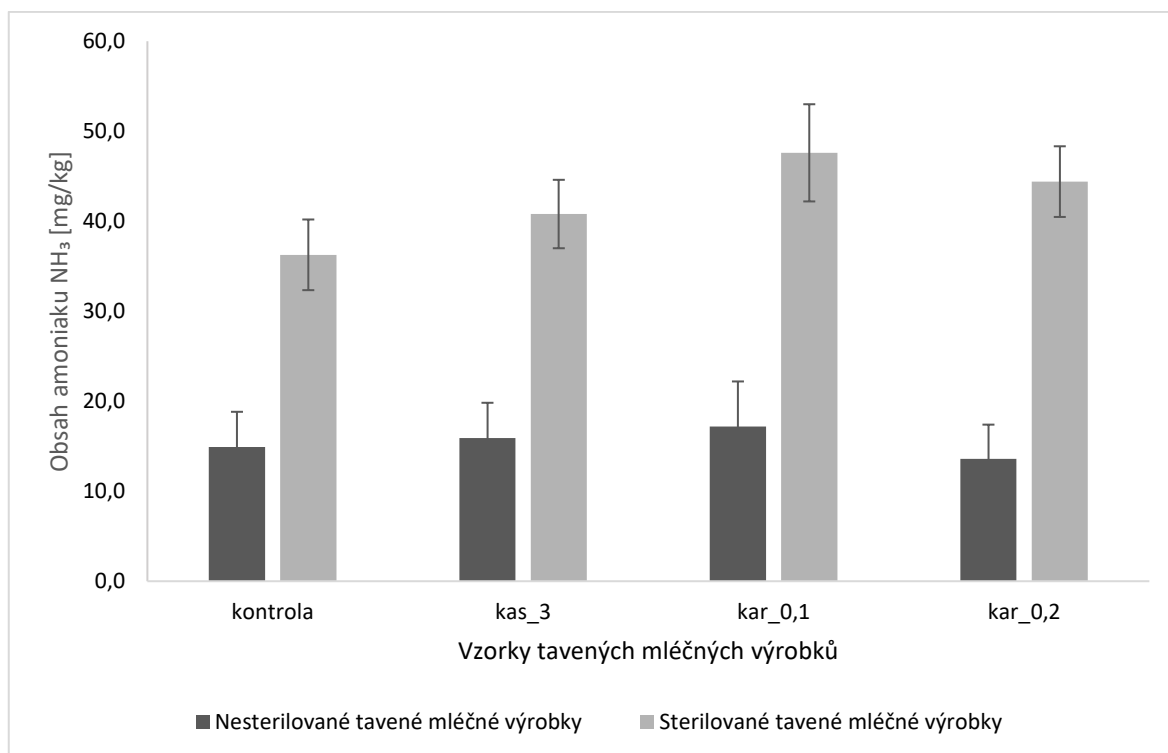


Obrázek 7 Výsledky stanovení stability sterilovaných i nesterilovaných vzorků

6.5 Stanovení amoniaku Conwayovou metodou

Obsah amoniaku nesterilovaných tavených sýrů se pohyboval od 13,6 do 17,2 mg/kg, u sterilovaných vzorků bylo zjištěno množství amoniaku v rozmezí 36,3–47,6 mg/kg. Vlivem sterilace došlo k patrnému nárůstu o 30–40 % (viz Obrázek 8). Toto zvýšení koncentrace amoniaku v mléčných výrobcích vlivem sterilace lze přisoudit Maillardovým reakcím, zejména pak Streckerově degradaci aminokyselin, při které vzniká amoniak, oxid uhličitý, aldehydy a další produkty. Amoniak je degradační produkt bílkovin a jeho obsah v potravinách roste nejen vlivem tepelného ošetření, ale např. i během delšího skladování. U masa se množství amoniaku využívá ke kontrole čerstvosti, resp. jako indikátor kažení masa.

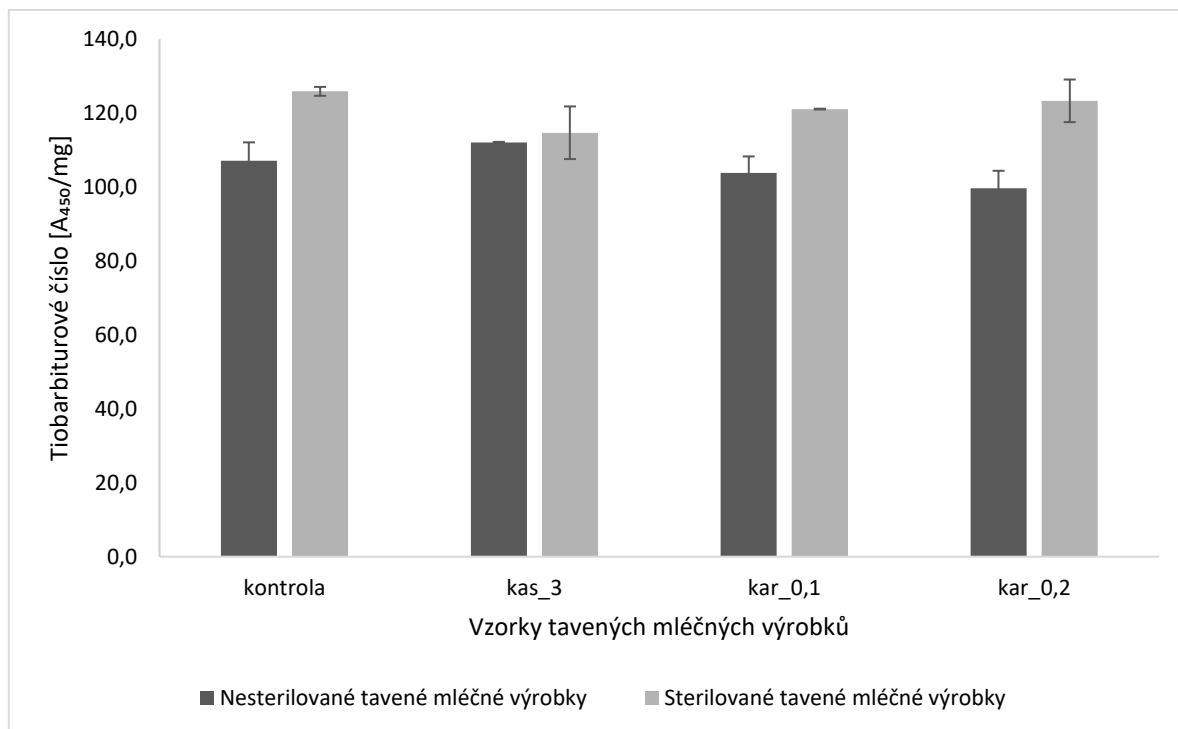
Podobné zvýšení obsahu amoniaku vlivem sterilace pozorovali i autoři Buňka, Hrabě, Kráčmar. Množství amoniaku se v této studii zvýšilo o téměř 50 %. Zvýšení amoniaku vlivem sterilace také pozorovali ve svých pracích autoři Bubelová, Buňka a Lazárková [52, 54, 55, 56].



Obrázek 8 Výsledky stanovení amoniaku sterilovaných i nesterilovaných vzorků

6.6 Stanovení tiobarbiturového čísla

Tiobarbiturové číslo se u nesterilovaných vzorků pohybovalo od 99,7 do 107,1 A_{450}/mg . U sterilovaných vzorků se pohybovalo od 114,7 do 125,9 A_{450}/mg (viz obrázek 9). Lze tedy říci, že sterilací vzorků došlo ke zvýšení tiobarbiturového čísla. Nejmenší nárůst (o 2 %) byl pozorován u vzorku s přídavkem kaseinátu, u ostatních vzorků se tiobarbiturové číslo vlivem sterilace zvýšilo o 17–24 %. Tiobarbiturové číslo se používá jako indikátor oxidace lipidů a vyjadřuje množství sekundárních produktů jejich oxidace (zejména malondialdehydu). Rychlejší průběh oxidačních procesů vlivem sterilačního záhřevu byl popsán autory Kristensen a Hansen v práci zabývající se vlivem světla a teploty na barvu a oxidační stabilitu taveného sýra [46].

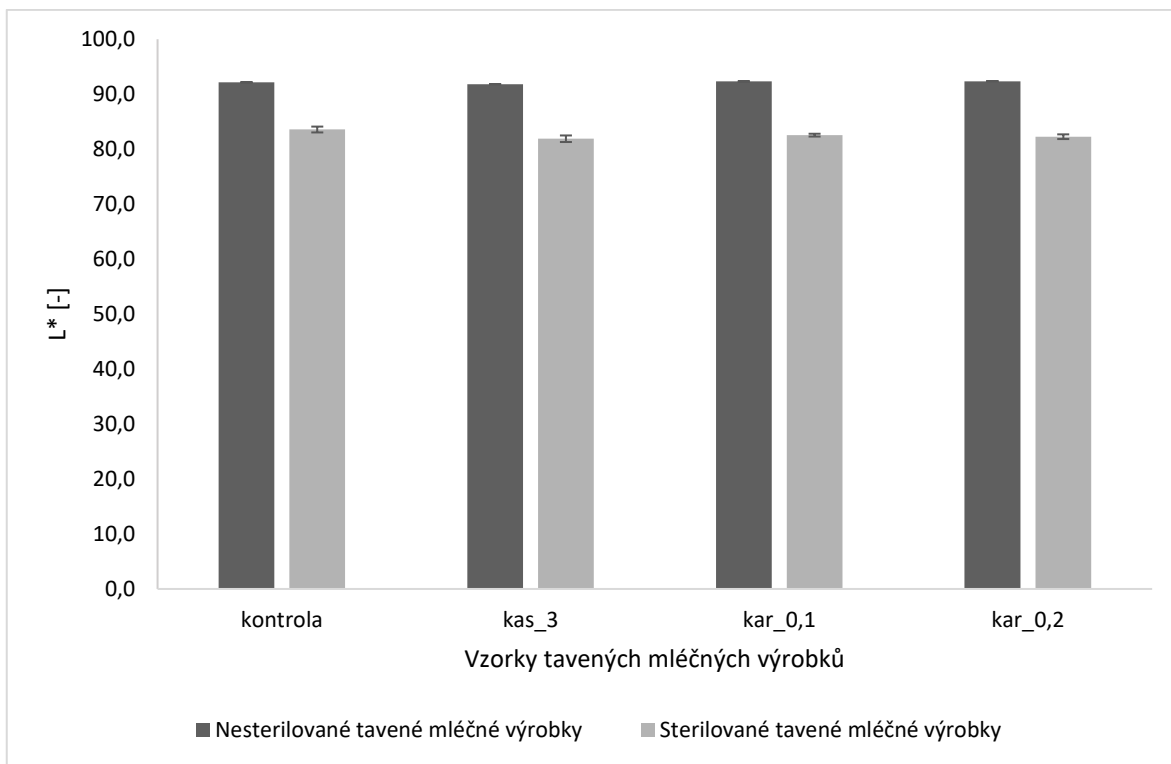


Obrázek 9 Výsledky stanovení tiobarbiturového čísla u sterilovaných i nesterilovaných vzorků

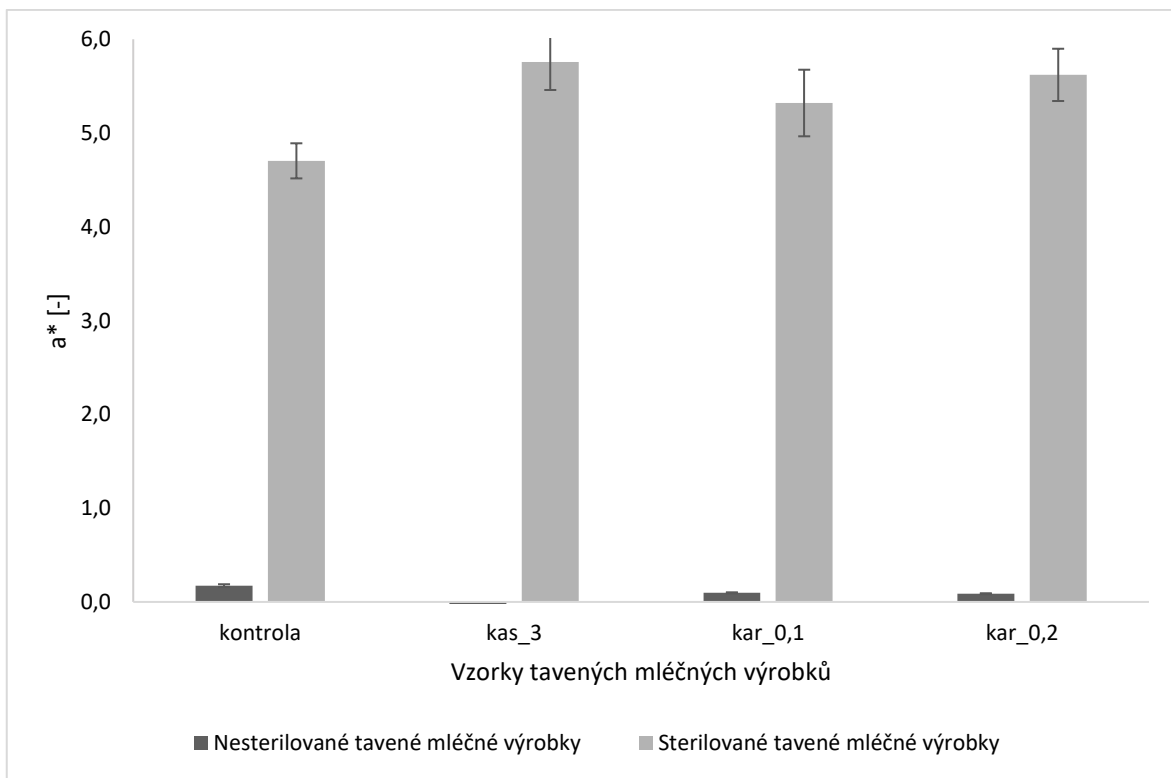
6.7 Stanovení barvy

U nesterilovaných vzorků se jas pohyboval od 91,8 do 92,4, vzorky byly zbarveny do mléčně bílé barvy typické pro tavené sýry a podobné výrobky. U sterilovaných vzorků došlo k poklesu jasu na hodnoty 81,9–83,6 (viz Obrázek 10). Z hlediska barevnosti byl zaznamenán výrazný posun od zelené (-a*) k červené (+a*) z hodnoty 0,1–0,2 u nesterilovaných vzorků na hodnoty 4,7–5,8 u sterilovaných vzorků (viz obrázek 11). Dále byl pozorován posun od modré (-b*) do žluté (+b*) z hodnoty 10,6–11,3 u nesterilovaných vzorků na hodnoty 16,5–17,0 u sterilovaných vzorků (viz obrázek 12). Sterilované tavené mléčné výrobky tedy byly ve srovnání s nesterilovanými produkty tmavší a více červené a žluté. Přídavek kaseinátu ani karagenanu barvu produktů nijak zásadně neovlivnil.

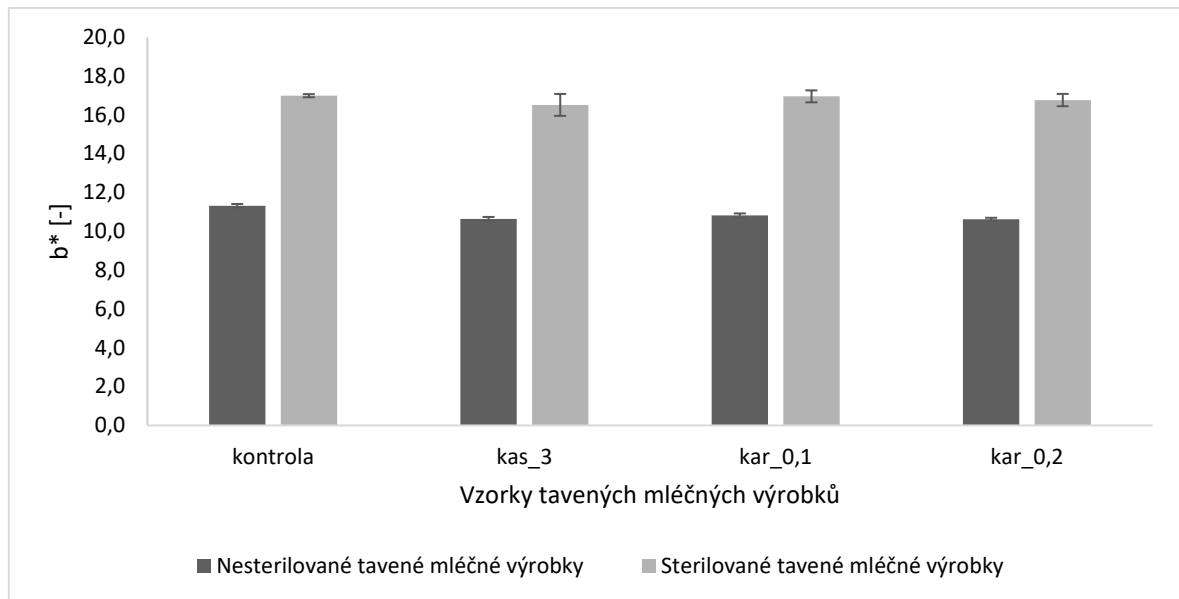
Příčinou poklesu jasu L* (tj. tmavnutí) a zvýšení hodnot a* i b* (tj. posun chromatičnosti do červené a žluté) u sterilovaných vzorků jsou zejména Maillardovy reakce (reakce neenzymového hnědnutí), jejichž produkty (melanoidiny) jsou hnědé pigmenty. Tmavnutí tavených sýrů vlivem sterilace bylo pozorováno i v dalších výzkumech [46, 51, 52, 56].



Obrázek 10 Výsledky stanovení jasů u sterilovaných i nesterilovaných vzorků



Obrázek 11 Výsledky stanovení rozpětí barev a* u sterilovaných i nesterilovaných vzorků

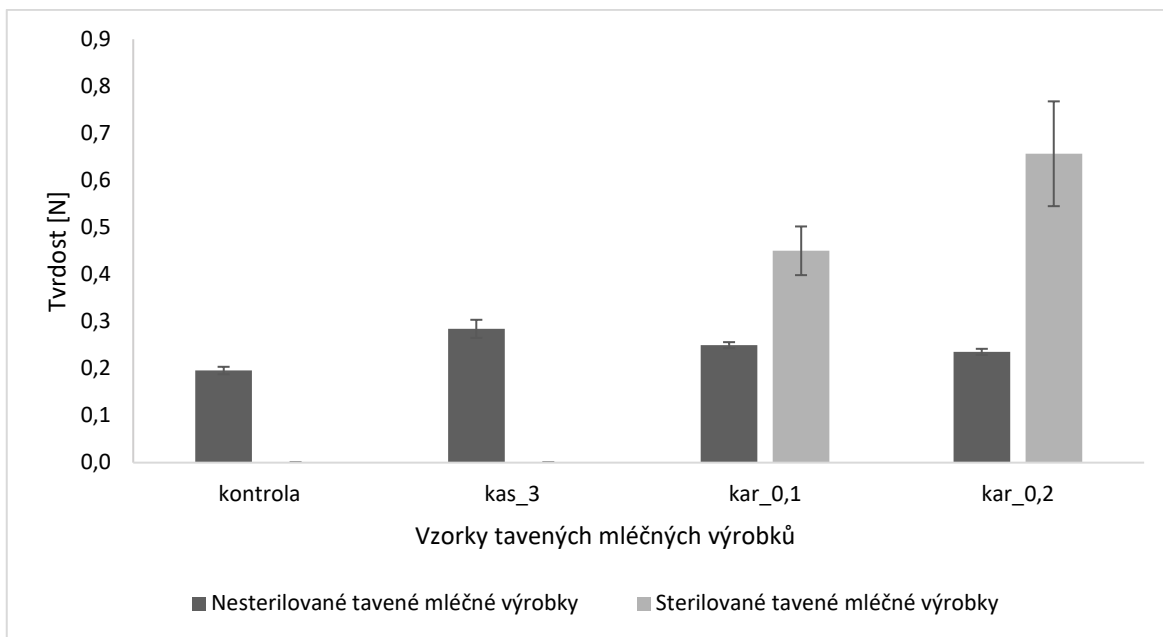


Obrázek 12 Výsledky stanovení rozpětí barev b^* u sterilovaných i nesterilovaných vzorků

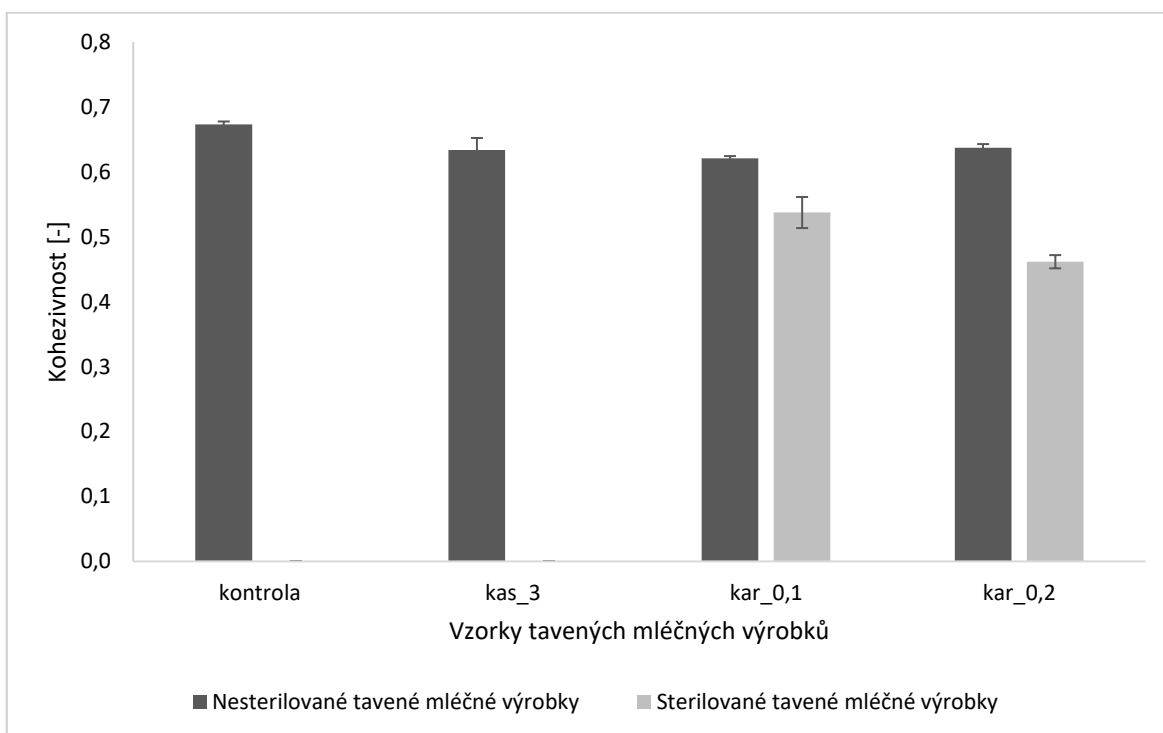
6.8 Texturní analýza

Při texturní analýze bylo zjištěno, že 2 sterilované vzorky (kontrola a výrobek s přidavkem kaseinátu) byly příliš tekuté a tedy neměřitelné. Nelze tedy říct, jak sterilace u těchto vzorků ovlivnila tvrdost, kohezivnost, žvýkatelnost a gumovitost.

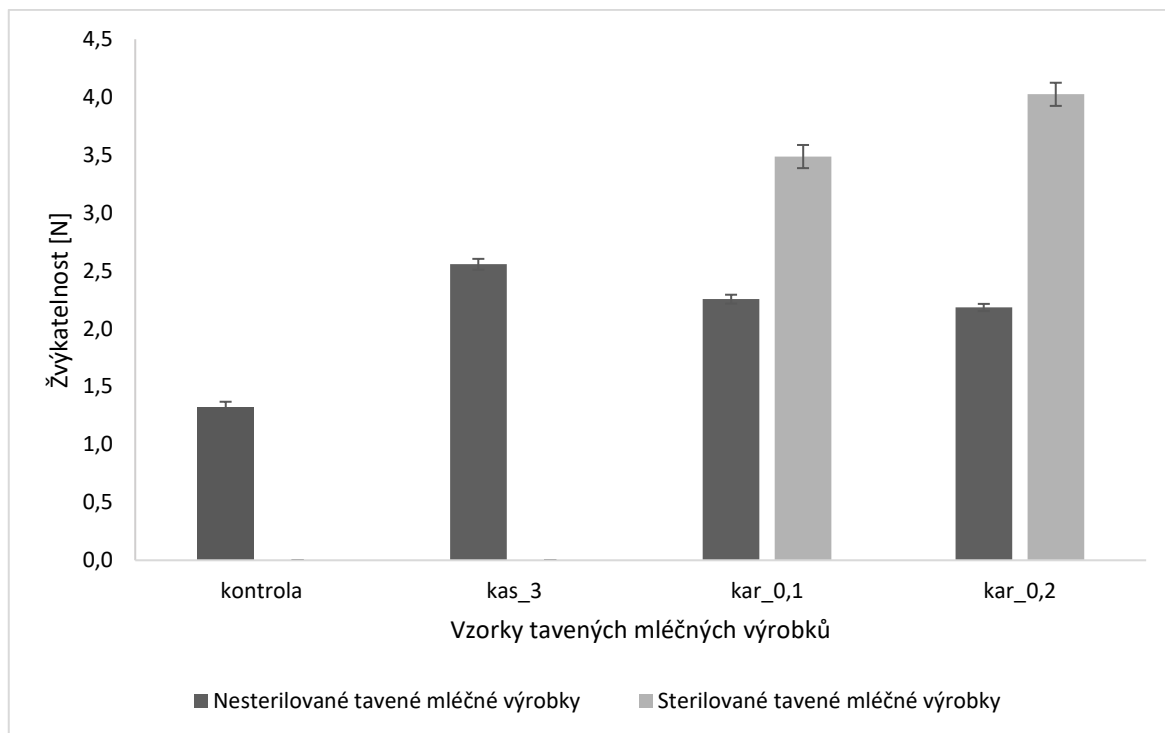
U nesterilovaných vzorků se tvrdost pohybovala od 0,2 do 0,3 N, u sterilovaných vzorků byla tvrdost 0,5–0,7 N, vzorky tedy byly tužší než před sterilací (viz Obrázek 13). Zvýšení tuhosti tavených sýrů vlivem sterilace pozorovala ve své práci Loupancová [57]. Kohezivnost (soudržnost) nesterilovaných produktů byla v rozmezí 0,6–0,7. Vlivem sterilace došlo ke snížení na hodnotu kolem 0,5 (viz Obrázek 14). Žvýkatelnost nesterilovaných tavených mléčných výrobků se pohybovala od 1,3 do 2,6 N. Vlivem sterilace došlo ke zvýšení na hodnotu 3,5–4 N (viz Obrázek 15). Poslední sledovaný texturní parametr, tj. gumovitost, byl u nesterilovaných vzorků 0,1–0,2 N. Sterilace zapříčinila zvýšení gumovitosti o 0,1 N (viz Obrázek 16).



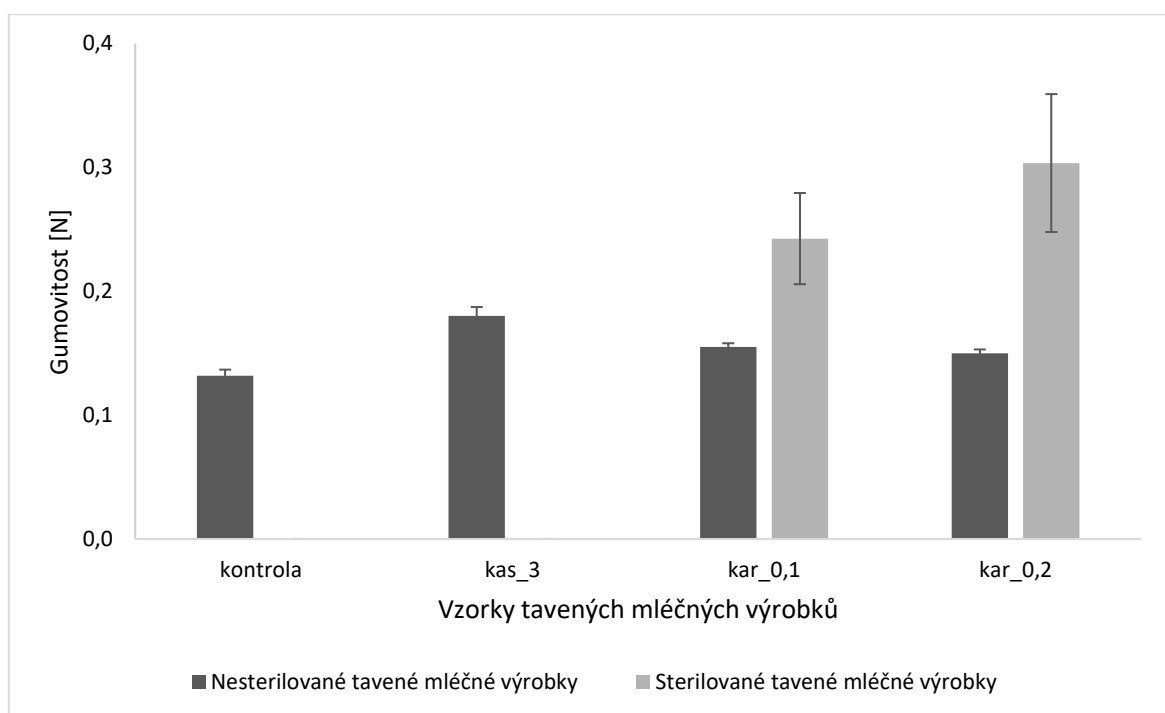
Obrázek 13 Výsledky stanovení tvrdosti u sterilovaných i nesterilovaných vzorků



Obrázek 14 Výsledky stanovení kohezivnosti u sterilovaných i nesterilovaných vzorků



Obrázek 15 Výsledky stanovení žvýkatelnosti sterilovaných i nesterilovaných vzorků



Obrázek 16 Výsledky stanovení gumovitosti sterilovaných i nesterilovaných vzorků

6.9 Reologická analýza

Viskoelastické vlastnosti tavených mléčných výrobků byly zkoumány pomocí reometru a zahrnovaly analýzu komplexní viskozity a elastického a viskózního modulu pružnosti. Z hodnot elastického a viskózního modulu pružnosti byl vypočítán komplexní modul pružnosti, vyjadřující celkový odpor vzorku k deformaci, a tangens fázového posunu, který vyjadřuje míru tuhosti gelu.

Z Obrázku 17 je patrné, že komplexní viskozita všech analyzovaných vzorků s narůstající frekvencí klesala. Nejpozvolnější pokles byl zaznamenán u výrobku s přídavkem kaseinátu, bez ohledu na to, zda byla či nebyla provedena sterilace, a též u kontrolního sterilovaného vzorku. U ostatních produktů byl pokles komplexní viskozity výraznější.

Srovnáme-li hodnoty η při referenční hodnotě frekvence 1 Hz, je možné konstatovat, že nejvyšší komplexní viskozitu vykazovaly oba sterilované vzorky s přídavkem karagenanu (189,5 Pa s u vzorku s 0,2 % karagenanu a 35,9 Pa s u vzorku s 0,1 % karagenanu). Toto zjištění koresponduje s výsledky texturní profilové analýzy, kdy byla u těchto vzorků pozorována i nejvyšší tvrdost. Naopak nejnižší komplexní viskozita byla pozorována u sterilovaného kontrolního vzorku (1,3 Pa s) a sterilovaného vzorku s kaseinátem (2,6 Pa s). To je opět v souladu s texturní analýzou, jelikož tyto vzorky nebylo možné z důvodu jejich tekutosti změřit.

Vliv sterilace na změnu komplexní viskozity nebyl jednoznačný. U vzorků s karagenanem došlo ke zvýšení tohoto parametru, u kontroly a vzorku s kaseinátem ke snížení. Literatura obvykle uvádí zvýšení viskozity tavených sýrů vlivem sterilace, a to jako následek Maillardových reakcí a zesíťování proteinů [46, 58]. Stejně tak nebyl jednoznačný vliv přídavku karagenanu/kaseinátu na komplexní viskozitu, i když bylo očekáváno zvýšení tohoto parametru.

Elastický i viskózní modul pružnosti s rostoucí frekvencí stoupaly (viz Obrázky 18 a 19). Nejvýraznější nárůst byl v obou případech pozorován u sterilované kontroly a sterilovaného vzorku s kaseinátem. Podobně jako v případě komplexní viskozity, nabývaly hodnoty G' a G'' u různých vzorků velmi odlišných hodnot. Elastický modul pružnosti se pro referenční hodnotu frekvence 1 Hz pohyboval v rozmezí 1,4-1141 Pa, viskózní modul pružnosti pak v rozmezí 8-340 Pa.

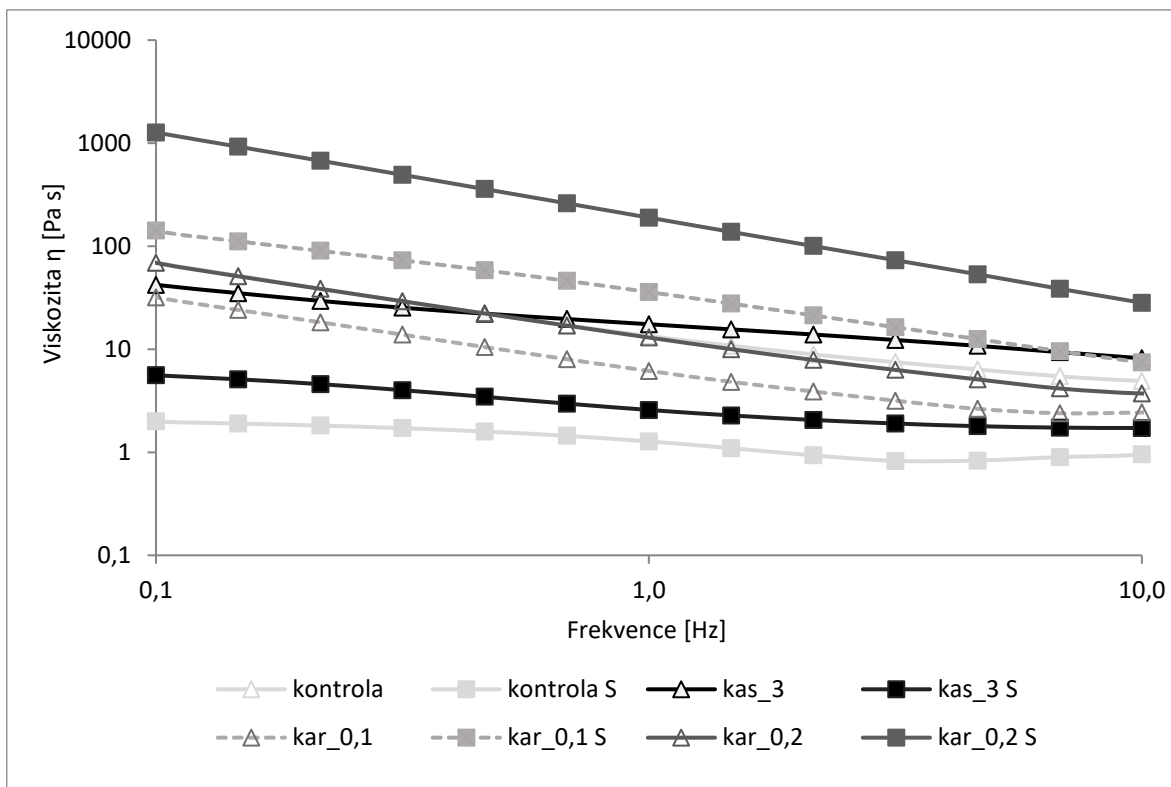
Nejvyšší hodnoty G' i G'' byly pozorovány u sterilovaných produktů s přídavkem obou koncentrací karagenanu, nejnižší pak u sterilované kontroly a sterilovaného vzorku

s kaseinátem. Jedná se o totožný trend jako v případě komplexní viskozity. Stejně tak nebyl jasně patrný vliv sterilace ani přídavku karagenanu/kaseinátu na oba moduly pružnosti.

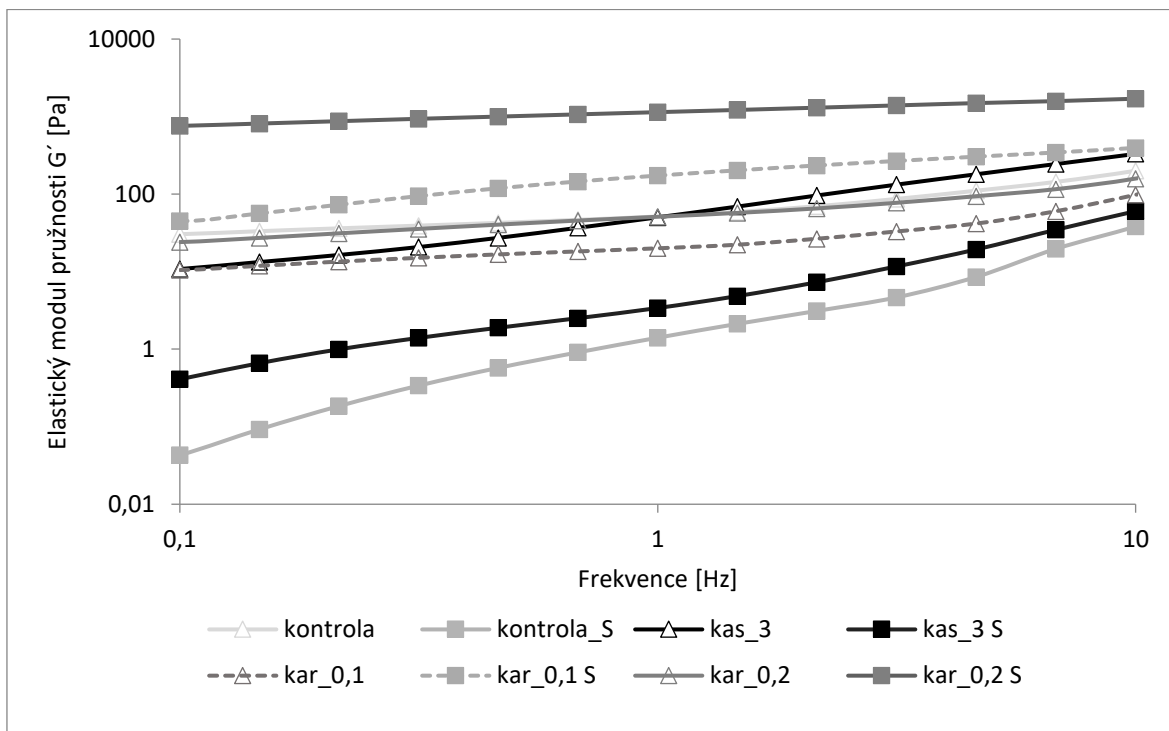
Komplexní modul pružnosti s frekvencí stoupal (viz Obrázek 20). Nejvýraznější nárůst byl pozorován u nesterilovaného i sterilovaného vzorku s přídavkem kaseinátu a vzorku sterilované kontroly. Komplexní modul pružnosti se pro referenční hodnotu frekvence 1 Hz pohyboval v rozmezí 8–1191 Pa.

Nejvyšší komplexní modul pružnosti byl zaznamenán u obou sterilovaných vzorků s karagenanem, nejnižší pak u sterilované kontroly a vzorku s kaseinátem (stejně jako v případě η , G' i G''). Opět nelze jasně vyhodnotit ani vliv sterilace či přídavku karagenanu a kaseinátu na komplexní modul pružnosti.

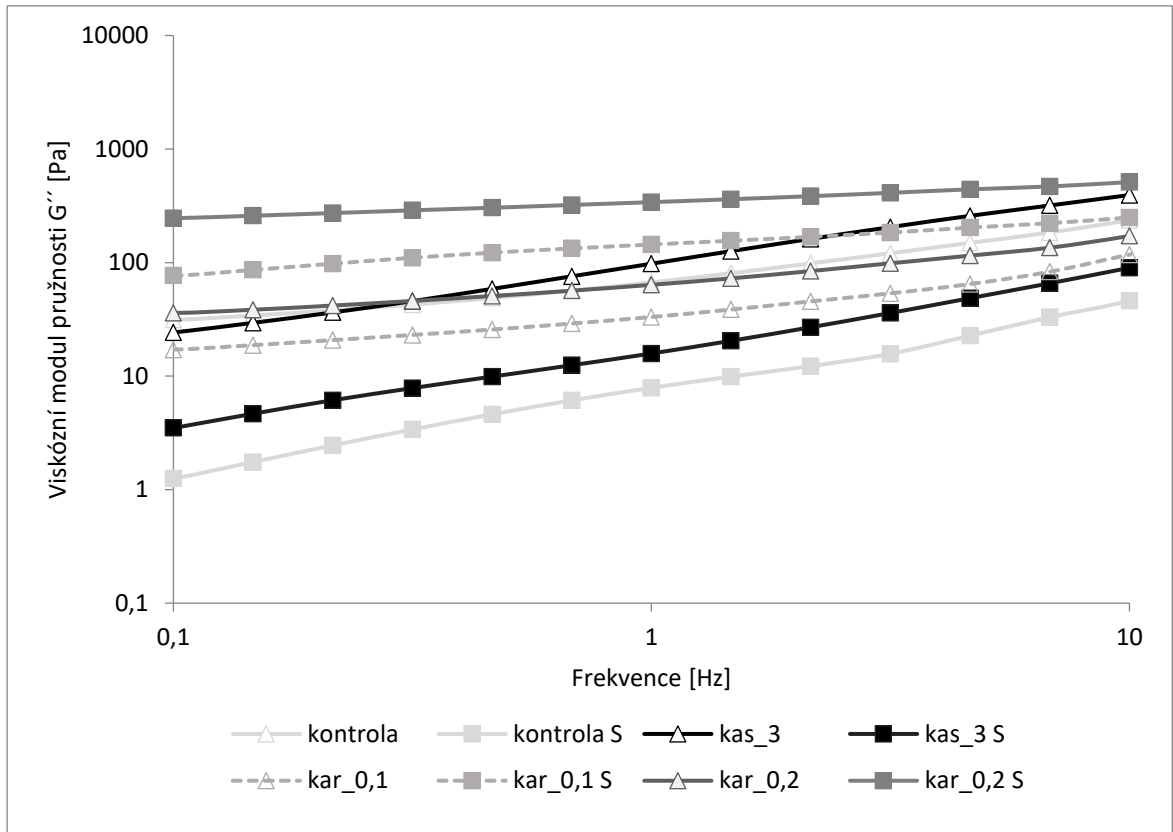
V tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty tangens úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) pro referenční hodnotu frekvence 1 Hz. Ke zvýšení tohoto parametru došlo u sterilované kontroly a sterilovaného vzorku s kaseinátem (tyto vzorky tedy byly po sterilaci více viskózní). Naopak u obou vzorků s přídavkem karagenanu došlo vlivem sterilace ke snížení $\tan \delta$, tyto vzorky vykazovaly po sterilaci více elastický charakter. Mírné snížení tangens úhlu fázového posunu, a tedy zvýšení pevnosti a zhoršení roztíratelnosti v důsledku sterilace těchto dvou tavených výrobků bylo způsobeno zvýšenou elasticitou; toto zjištění bylo zaznamenáno i Buňkou v práci zabývající se vlivem teploty a doby skladování na konzistenci a barvu sterilovaného taveného sýra [52].



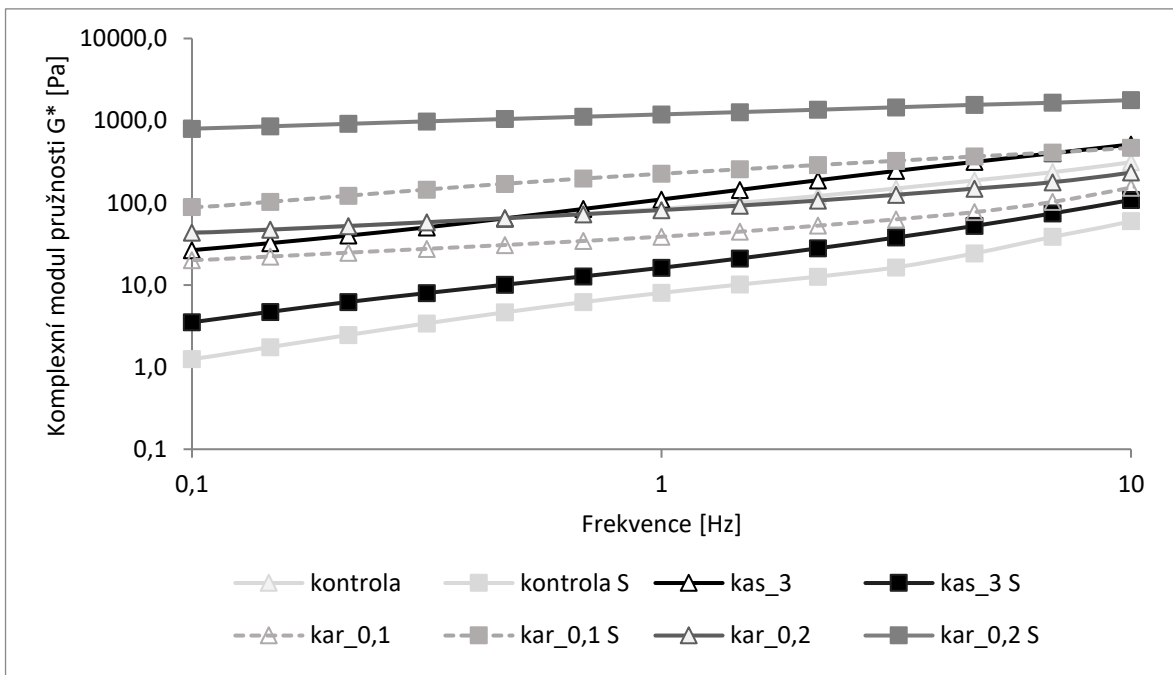
Obrázek 17 Výsledky závislosti komplexní viskozity na frekvenci u sterilovaných (S) a nesterilovaných vzorků



Obrázek 18 Výsledky závislosti elastického modulu pružnosti na frekvenci u sterilovaných (S) a nesterilovaných vzorků



Obrázek 19 Výsledky závislosti viskózního modulu pružnosti na frekvenci u sterilovaných (S) a nesterilovaných vzorků



Obrázek 20 Výsledky závislosti viskózního modulu pružnosti na frekvenci u sterilovaných (S) a nesterilovaných vzorků

Tabulka 1 Výsledky tangens fázového posunu δ pro frekvenci 1 Hz u sterilovaných a nesterilovaných vzorků

Vzorek	Nesterilované tavené mléčné výrobky		Sterilované tavené mléčné výrobky	
	$\tan \delta [-]$	$\delta [^\circ]$	$\tan \delta [-]$	$\delta [^\circ]$
Kontrola	0,24±0,00	13,63±0,02	2,48±0,13	67,98±1,02
Kas_3	0,18±0,01	10,46±0,28	1,27±0,13	51,71±2,89
Kar_0,1	0,54±0,00	28,31±0,02	0,09±0,02	5,39±1,69
Kar_0,2	0,25±0,01	14,11±0,31	0,02±0,00	0,97±0,03

ZÁVĚR

Tato práce se zabývala optimalizací výroby (zejména surovinové skladby) tavených mléčných výrobků s přidavkem cukru, následným provedením sterilačního záhřevu modelových vzorků a vyhodnocením vlivu sterilace a přidavku karagenanu a kaseinátu na jakost tavených mléčných výrobků.

V praktické části byly nejprve vyrobeny vzorky, kde byl jako základní surovina zvolen tvrdý tvaroh. Bylo vyrobeno 8 modelových vzorků, které se lišily obsahem sušiny a tuku v sušině. Tyto vzorky však byly nehomogenní, a to i po přidavku směsi mono- a diacylglycerolů.

V další fázi optimalizace byl použit jako základní surovina nesolený eidamský sýr. Těchto vzorků bylo vyrobeno celkem 24, lišily se obsahem sušiny a tuku v sušině a dále přidavkem směsi mono- a diacylglycerolů, kaseinátu a karagenanu v různých množstvích. Z těchto vzorků byly vybrány 4, které měly optimální konzistenci, co možná nejvíce vhodnou pro zamýšlené použití těchto výrobků (tedy zejména do krémů pro výrobky typu cheesecake). Jednalo se o tavené mléčné výrobky s obsahem sušiny 35 % a tuku v sušině 40 % s přidavkem MAG/DAG v množství 1 % (kontrolní vzorek), které navíc obsahovaly buď 3 % kaseinátu, nebo 0,1 % karagenanu, nebo 0,2 % karagenanu.

Polovina vyrobených modelových vzorků byla podrobena sterilačnímu záhřevu (122 °C, 10 min v jádře) a celkem tak bylo vyrobeno 8 vzorků. U všech vzorků bylo provedeno stanovení hodnoty pH, stability, obsahu sušiny, amoniaku a tiobarbiturového čísla, instrumentální analýza barvy, texturní a reologická analýza.

Ze získaných výsledků můžeme říci, že sterilační záhřev způsobil snížení hodnoty pH o 0,1–0,2 jednotky, pokles stability o 10–30 %, zvýšení koncentrace amoniaku o 30–40 %, nárůst tiobarbiturového čísla až o 24 %, snížení hodnoty L^* a zvýšení hodnot a^* i b^* (tj. zejména tmavnutí). Přídavek karagenanu ani kaseinátu tyto parametry nijak neovlivnil. U analýzy textury byl následkem sterilace zaznamenán nárůst tuhosti, žvýkatelnosti a gumovitosti. Naopak došlo ke snížení kohezivnosti (soudržnosti) vzorků. Vliv sterilace na viskoelastické vlastnosti (tj. komplexní viskozitu, elastický, viskózní a komplexní modul pružnosti a tangens úhlu fázového posunu) tavených mléčných výrobků nebyl jednoznačný. Vzorky s přidavkem karagenanu vykazovaly po sterilaci vyšší komplexní viskozitu a více elastický charakter, na rozdíl od kontrolního vzorku a vzorku s kaseinátem, které byly více viskózní.

Závěrem lze konstatovat, že tato bakalářská práce představuje pilotní studii, na kterou by bylo vhodné navázat zejména další optimalizací surovinové skladby, aby bylo dosaženo co možná nejlepších organoleptických vlastností výsledného produktu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] 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 978-80-7375-336-8.
- [2] CARIĆ, Marijana a Miloslav KALÁB. Processed Cheese Products. FOX, P. F., ed. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* [online]. Boston, MA: Springer US, 1993, 1993, s. 467-505 [cit. 2022-04-28]. ISBN 978-1-4613-6137-4. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4615-2648-3_15
- [3] *Processed cheese science and technology: Ingredients, manufacture, functionality, quality, and regulations*, 2022. United Kingdom: Woodhead Publishing. ISBN 978-0-12-821445-9.
- [4] ČESKÁ REPUBLIKA, 2016. Vyhláška o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. In: *Sbírka zákonů*. Praha, ročník 2016, 162/2016, číslo 397. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397>
- [5] ČSN EN ISO 5534, 2005. *Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda)*. Praha: Český normalizační institut.
- [6] BACHMANN, Hans-Peter. Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal* [online]. 2001, **11**(4-7), 505-515 [cit. 2022-05-15]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/S0958-6946(01)00073-5
- [7] *Český statistický úřad: Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů* [online], 2020. Praha [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.czso.cz>
- [8] TALBOT-WALSH, Grace, David KANNAR a Cordelia SELOMULYA. A review on technological parameters and recent advances in the fortification of processed cheese. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2018, **81**, 193-202 [cit. 2022-04-21]. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2018.09.023
- [9] SÁDLÍKOVÁ, Ivana, František BUŇKA, Pavel BUDINSKÝ, Voldánová BARBORA, Vladimír PAVLÍNEK a Ignác HOZA. The effect of selected phosphate emulsifying salts on viscoelastic properties of processed cheese. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2010, **43**(8), 1220-1225 [cit. 2022-04-21]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2010.04.012

- [10] BRICKLEY, C.A., S. GOVINDASAMY-LUCEY, J.J. JAEGGI, M.E. JOHNSON, P. L.H. MCSWEENEY a J.A. LUCEY. Influence of Emulsifying Salts on the Textural Properties of Nonfat Process Cheese Made from Direct Acid Cheese Bases. *Journal of Dairy Science* [online]. 2008, **91**(1), 39-48 [cit. 2022-05-15]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2007-0393
- [11] ŠUSTOVÁ, Květoslava a Vladimír SÝKORA. Mlékárenské technologie. V Brně: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 978-80-7375-704-5.
- [12] SPREER, Edgar a Axel MIXA, 1998. Milk and dairy product technology [online]. New York: M. Dekker, 498 s. [cit. 2022-05-15]. ISBN 9781351431354. Dostupné z: <https://vufind.katalog.k.utb.cz/Record/91310>
- [13] ČEPIČKA, Jaroslav. *Obecná potravinářská technologie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1995. ISBN 80-7080-239-1.
- [14] GAJDŮŠEK, Stanislav. *Mlékařství II*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1998. ISBN 80-7157-342-6.
- [15] ČSN EN ISO 11036, 2020. *Senzorická analýza – Metodologie – Profil textury*. 2. Nové Město: Česká agentura pro standardizaci.
- [16] Definition of Rheology, 2002. *Cheese Rheology and texture*. Boca Raton: CRC Press. ISBN 9780429135835.
- [17] NISHINARI, Katsuyoshi et al., 2013. Parameters of Texture Profile Analysis. *Food Science and Technology Research* [online]. **19**(3), 519-521 [cit. 2022-05-15]. ISSN 1344-6606. Dostupné z: doi:10.3136/fstr.19.519
- [18] CHEN, A.H., J.W. LARKIN, C.J. CLARK a W.E. IRWIN. Textural Analysis of Cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 1979, **62**(6), 901-907 [cit. 2022-04-29]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.S0022-0302(79)83346-9
- [19] *High pressure–low temperature induced structures in dairy foams and protein model systems*, 2009. Berlin. Disertace. Technische Universität Berlin.
- [20] PURNA, S.K. Garimella, A. POLLARD a L.E. METZGER. Effect of Formulation and Manufacturing Parameters on Process Cheese Food Functionality—I. Trisodium Citrate. *Journal of Dairy Science* [online]. 2006, **89**(7), 2386-2396 [cit. 2022-05-03]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72311-6

- [21] DIMITRELI, Georgia a Apostolos S. THOMAREIS. Effect of temperature and chemical composition on processed cheese apparent viscosity. *Journal of Food Engineering* [online]. 2004, **64**(2), 265-271 [cit. 2022-05-15]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2003.10.008
- [22] SCHÄR, W a J.O BOSSET. Chemical and Physico-chemical Changes in Processed Cheese and Ready-made Fondue During Storage. A Review. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2002, **35**(1), 15-20 [cit. 2022-05-15]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1006/fstl.2001.0820
- [23] INGR, Ivo. *Základy konzervace potravin*. Vyd. 3., přeprac. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. ISBN 978-80-7375-110-4.
- [24] FELLOWS, P. *Food processing technology: principles and practice*. Fourth edition. Cambridge, MA: Woodhead Publishing, 2017. ISBN 978-0-08-100523-1.
- [25] KYZLINK, Vladimír. *Základy konzervace potravin*. 2., přeprac. vyd. Praha: SNTL, 1980.
- [26] TEIXEIRA, Arthur A. Thermal Food Preservation Techniques (Pasteurization, Sterilization, Canning and Blanching). BHATTACHARYA, Suwendu, ed. *Conventional and Advanced Food Processing Technologies* [online]. Chichester, UK: John Wiley, 2014, 2014-10-03, s. 115-128 [cit. 2022-04-24]. ISBN 9781118406281. Dostupné z: doi:10.1002/9781118406281.ch6
- [27] HINRICHS, J. a Z. ATAMER. Heat Treatment of Milk | Sterilization of Milk and Other Products. *Encyclopedia of Dairy Sciences* [online]. Elsevier, 2011, 2011, s. 714-724 [cit. 2022-05-15]. ISBN 9780123744074. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-374407-4.00218-1
- [28] *Autoclave- Definition, Parts, Principle, Procedure, Types, Uses* [online], 2022. Nepal [cit. 2022-05-14]. Dostupné z: <https://microbenotes.com/autoclave/>
- [29] BEROVIČ, M. Sterilization in Biotechnology. *Comprehensive Biotechnology* [online]. Elsevier, 2011, 2011, s. 135-150 [cit. 2022-05-03]. ISBN 9780080885049. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-08-088504-9.00093-3
- [30] BHATTACHARYA, Suwendu. *Conventional and advanced food processing technologies*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2015. ISBN 978-1-118-40632-8.

- [31] 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.
- [32] WALSTRA, Piere, 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.
- [33] 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.
- [34] Konzervační metody: Konzervace záhřevem - termosterilace. *Portál e-learningových prezentací* [online]. Brno: Mendelova univerzita [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?prez=31
- [35] RAMESH, M. N. Canning and Sterilization of Foods. RAHMAN, Mohammad Shafiur, RAHMAN, Mohammad Shafiur, ed. *Handbook of Food Preservation* [online]. CRC Press, 2020, 2020-6-10, s. 609-636 [cit. 2022-05-15]. ISBN 9780429091483. Dostupné z: doi:10.1201/9780429091483-41
- [36] HINRICHS, Joerg, Carolin WEDEL a Zeynep ATAMER, 2022. Heat Treatment of Milk: Sterilization. *Encyclopedia of Dairy Sciences* [online]. Elsevier, s. 659-670 [cit. 2022-05-15]. ISBN 9780128187678. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-818766-1.00232-4
- [37] WHITNEY, Robert McL. Proteins of Milk. WONG, Noble P., Robert JENNESS, Mark KEENEY a Elmer H. MARTH, ed. *Fundamentals of Dairy Chemistry* [online]. Boston, MA: Springer US, 1995, 1988, s. 81-169 [cit. 2022-05-13]. ISBN 978-0-442-20489-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4615-7050-9_3
- [38] LI, Siqi, Aiqian YE a Harjinder SINGH. Impacts of heat-induced changes on milk protein digestibility: A review. *International Dairy Journal* [online]. 2021, **123** [cit. 2022-05-13]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2021.105160
- [39] GAUCHERON, F, D MOLLÉ, V BRIARD a J LÉONIL. Identification of low molar mass peptides released during sterilization of milk. *International Dairy*

- Journal* [online]. 1999, **9**(8), 515-521 [cit. 2022-05-13]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/S0958-6946(99)00121-1
- [40] SHIMAMURA, Tomoko a Hiroyuki UKE. Maillard Reaction in Milk - Effect of Heat Treatment. HURLEY, Walter, ed. *Milk Protein* [online]. InTech, 2012 [cit. 2022-05-14]. ISBN 978-953-51-0743-9. Dostupné z: doi:10.5772/50079
- [41] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ, 2009. *Chemie potravin. Rozš. a přeprac. 3. vyd.* Tábor: OSSIS. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [42] DAVÍDEK, Jiří, Gustav JANÍČEK a Jan POKORNÝ. *Chemie potravin.* Praha: SNTL, 1983. ISBN 04-815-83
- [43] COULTATE, Tom, 2016. *Food: The Chemistry of its Components.* 6. Londýn, Velká Británie: Royal Society of Chemistry. ISBN 9781782627944.
- [44] DOSTÁL, Jiří. *Biochemie: pro posluchače bakalářských oborů.* Brno: Masarykova univerzita, 2009. ISBN 978-80-210-5020-4.
- [45] SHAHIDI, Fereidoon a Ying ZHONG. *Lipid Oxidation: Measurement Methods.* Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Hoboken, NJ, USA: John Wiley, 2005
- [46] KRISTENSEN, Dorthe, Eva HANSEN, Allan ARNDAL, Rikke Appelgren 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. 2022-05-15]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/S0958-6946(01)00105-4
- [47] Predicting color change in wood during heat treatment using an artificial neural network model, 2018. *Bioresources* [online]. China, 6250-6264 [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: doi:10.15376/biores.13.3.6250-6264
- [48] SZCZESNIAK, Alina Surmacka. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference* [online]. 2002, **13**(4), 215-225 [cit. 2022-05-15]. ISSN 09503293. Dostupné z: doi:10.1016/S0950-3293(01)00039-8
- [49] HAVRÁNEK, Antonín. *Úvod do bioreologie.* Praha: Karolinum, 2007. ISBN 978-80-246-1445-8.
- [50] PERRECHIL, F.A. a R.L. CUNHA. Oil-in-water emulsions stabilized by sodium caseinate: Influence of pH, high-pressure homogenization and locust bean gum

- addition. *Journal of Food Engineering* [online]. 2010, **97**(4), 441-448 [cit. 2022-05-15]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2009.10.041
- [51] LAZÁRKOVÁ, ZUZANA, FRANTIŠEK BUŇKA, LEONA BUŇKOVÁ, FELIX HOLÁŇ, STANISLAV KRÁČMAR a JAN HRABĚ. THE EFFECT OF DIFFERENT HEAT STERILIZATION REGIMES ON THE QUALITY OF CANNED PROCESSED CHEESE. *Journal of Food Process Engineering* [online]. 2011, **34**(6), 1860-1878 [cit. 2022-05-15]. ISSN 01458876. Dostupné z: doi:10.1111/j.1745-4530.2009.00376.x
- [52] BUŇKA, František, Jiří ŠTĚTINA a Jan HRABĚ. The effect of storage temperature and time on the consistency and color of sterilized processed cheese. *European Food Research and Technology* [online]. 2008, **228**(2), 223-229 [cit. 2022-05-15]. ISSN 1438-2377. Dostupné z: doi:10.1007/s00217-008-0926-7
- [53] BŁASZAK, Błażej, Grażyna GOZDECKA a Alexander SHYICHUK. Carrageenan as a functional additive in the production of cheese and cheese-like products. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* [online]. 2015, **17**(2), 107-116 [cit. 2022-05-15]. ISSN 16440730. Dostupné z: doi:10.17306/J.AFS.0550
- [54] BUŇKA, František, Jan HRABĚ a Stanislav KRÁČMAR, 2004. The effect of sterilisation on amino acid contents in processed cheese. *International Dairy Journal* [online]. **14**(9), 829-831 [cit. 2022-04-16]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2004.02.008
- [55] BUBELOVÁ, Zuzana, Bohuslava TREMLOVÁ, Leona BUŇKOVÁ, Matej POSPIECH, Eva VÍTOVÁ a František BUŇKA. The effect of long-term storage on the quality of sterilized processed cheese. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 2015, **52**(8), 4985-4993 [cit. 2022-05-15]. ISSN 0022-1155. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-014-1530-4
- [56] LAZÁRKOVÁ, Zuzana, 2009. *Faktory ovlivňující jakost sterilovaných tavených sýrů*. Zlín. Disertace. Univerzita Tomáše Bati. Vedoucí práce František Buňka.
- [57] LOUPANCOVÁ, Blanka, 2011. *Studium faktorů ovlivňující tvorbu těkavých aromaticky aktivních látek v přírodních materiálech*. Brno. Disertace. Vysoké učení technické. Vedoucí práce Miroslav Fišera.

- [58] FRIEDMAN, Mendel. Food Browning and Its Prevention: An Overview. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 1996, **44**(3), 631-653 [cit. 2022-05-14]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf950394r

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A	absorbance
a	aktivita
apod.	a podobně
atd.	a tak dále
°C	stupeň Celsia
c	koncentrace
D	decimální redukční doba
DAG	diacylglycerol
F	inaktivační účinek
°F	stupeň Fahrenheit
G*	komplexní modul pružnosti
G'	elastický modul pružnosti
G''	ztrátový modul pružnosti
g	gram
Hz	hertz
H ₂ SO ₄	kyselina sírová
k	rychlostní konstanta
kg	kilogram
L	letální podíl
l	litr
min	minuta
ml	mililitr
mm	milimetr
m	hmotnost
MAG	monoacylglycerol

N	newton
např.	například
ot	otáčky
Pa	Pascal
Pa s	pascalsekunda
resp.	respektive
S	sterilované
s	sekunda
Sb.	sbírky
s. r. o.	společnost s ručeným omezením
τ	čas
tan	tangens
Tzv.	tak zvaný
TPA	texturní profilová analýza
UHT	ultra high temperature
w/w	hmotnostní
z	teplotní citlivost
δ	úhel fázového posunu
η	komplexní viskozita

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Graf závislosti síly – force (N) na čase – time (s)	17
Obrázek 2 Závislost log počtu mikroorganismů na čase	22
Obrázek 3 Závislost log D na teplotě (°C)	23
Obrázek 4 Trojrozměrný barevný prostor CIE L*a*b*	36
Obrázek 5 Výsledky stanovení pH sterilovaných i nesterilovaných vzorků	39
Obrázek 6 Výsledky stanovení obsahu sušiny sterilovaných i nesterilovaných vzorků.....	40
Obrázek 7 Výsledky stanovení stability sterilovaných i nesterilovaných vzorků	41
Obrázek 8 Výsledky stanovení amoniaku sterilovaných i nesterilovaných vzorků	42
Obrázek 9 Výsledky stanovení tiobarbiturového čísla u sterilovaných i nesterilovaných vzorků	43
Obrázek 10 Výsledky stanovení jasu u sterilovaných i nesterilovaných vzorků.....	44
Obrázek 11 Výsledky stanovení rozpětí barev a* u sterilovaných i nesterilovaných vzorků	44
Obrázek 12 Výsledky stanovení rozpětí barev b* u sterilovaných i nesterilovaných vzorků	45
Obrázek 13 Výsledky stanovení tvrdosti u sterilovaných i nesterilovaných vzorků.....	46
Obrázek 14 Výsledky stanovení kohezivnosti u sterilovaných i nesterilovaných vzorků...	46
Obrázek 15 Výsledky stanovení žvýkatelnosti sterilovaných i nesterilovaných vzorků.....	47
Obrázek 16 Výsledky stanovení gumovitosti sterilovaných i nesterilovaných vzorků	47
Obrázek 17 Výsledky závislosti komplexní viskozity na frekvenci u sterilovaných (S) a nesterilovaných vzorků	50
Obrázek 18 Výsledky závislosti elastického modulu pružnosti na frekvenci u sterilovaných (S) a nesterilovaných vzorků	50
Obrázek 19 Výsledky závislosti viskózního modulu pružnosti na frekvenci u sterilovaných (S) a nesterilovaných vzorků	51
Obrázek 20 Výsledky závislosti viskózního modulu pružnosti na frekvenci u sterilovaných (S) a nesterilovaných vzorků	51

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Výsledky tangens fázového posunu δ pro frekvenci 1 Hz u sterilovaných a nesterilovaných vzorků	52
---	----

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Surovinové skladby vzorků tavených mléčných výrobků

PŘÍLOHA P I: SUROVINOVÉ SKLADBY VZORKŮ TAVENÝCH MLÉČNÝCH VÝROBKŮ

Vzorek	Eidam [g]	Máslo [g]	Tavicí solí* [g]	Pitná voda [g]	Cukr [g]	MAG/DAG [g]	Kaseinát sodný [g]	Karagenan [g]
Kontrola	375	174	30	752	153	15	-	-
Kas_3	300	192	32	784	136	14	42	-
Kar_0,1	325	194	34	776	153	16	-	2
Kar_0,2	325	192	34	780	153	13	-	3

*Složení tavicích solí: 39 % Na_2HPO_4 , 18 % NaH_2PO_4 , 21 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, 22 % $(\text{NaPO}_3)_n$