

Vliv sterilizačního záhřevu na jakost tavených sýrů a tavených sýrových omáček

Bc. Marie Škubníková

Diplomová práce
2021

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Marie Skubníková
Osobní číslo:	T19476
Studijní program:	N0721A210004 Technologie potravin
Studijní obor:	Technologie potravin
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Vliv sterilačního zahřevu na jakost tavených sýrů a tavených sýrových omáček

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část:

1. Charakterizujte tavené sýry a tavené sýrové omáčky (vlastnosti, požadavky, výroba).
2. Popište sterilační zahřev a zaměřte se na dopady, které má sterilace na mléčné výrobky.

II. Praktická část:

1. Vyroberte tavené sýry a tavené sýrové omáčky s různým obsahem tuku a sušiny a podrobte je sterilačnímu zahřevu.
2. Proveďte chemickou a mikrobiologickou analýzu produktů.
3. Získané výsledky vyhodnoťte, diskutujte je s odbornou literaturou a vyvoďte závěry.

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

Seznam doporučené literatury:

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

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

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

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

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce bylo zjistit vliv sterilačního záhřevu na jakost tavených sýrů a tavených sýrových omáček. V laboratorních podmínkách byly vyrobeny nesterilované a sterilované tavené sýry a tavené sýrové omáčky, které se lišily obsahem sušiny a tuku v sušině. Všechny vzorky byly hodnoceny v rámci fyzikálně-chemické analýzy (stanovení pH, obsahu sušiny, amoniaku, tuku a tiobarbiturového čísla), mikrobiologické analýzy (celkový počet mikroorganismů, kvasinky a plísňe, aerobní a anaerobní sporuláty) a analýzy barvy (hodnoty L*, a*, b*). Ze získaných výsledků bylo zjištěno, že sterilace nemá vliv na obsah sušiny, tuku a hodnoty pH, ale ovlivňuje množství amoniaku, hodnoty thiobarbiturového čísla, barvu a přítomnost sledovaných mikroorganismů. Působením sterilačního záhřevu došlo ke snížení počtu přítomných mikroorganismů, změně barvy (zejména tmavnutí), zvyšování množství amoniaku (jakožto degradačního produktu bílkovin) a hodnot thiobarbiturového čísla (tj. zvýšení množství sekundárních produktů oxidace tuků).

Klíčová slova: sterilační záhřev, sterilace, tavený sýr, tavená sýrová omáčka, amoniak, tiobarbiturové číslo, barva

ABSTRACT

The aim of the thesis was to determine the effect of sterilization heating on the quality of mprocessed cheeses and processed cheese sauces. Nonsterilized and sterilized processed cheeses and processed cheese sauces were produced under laboratory conditions and varied in dry matter and fat in dry matter contents. All samples were evaluated in physico-chemical analyses (determination of pH, dry matter content, ammonia content, fat content and tiobarbituric number), microbiological analyses (total number of microorganisms, yeast and fungi, aerobic and anaerobic spore forming microorganisms) and colour analysis (L^* , a^* , b^*). From the results obtained, it was found that sterilization does not affect the dry matter content, fat content and pH levels, but affects the ammonia levels, thiobarbituric numbers, colour and presence of monitored microorganisms. The sterilization heating caused the reduction of the number of microorganisms present, changes in colour (particularly darkening), and the increase in ammonia concentration (as a protein degradation product) and thiobarbituric numbers (i.e. increase in secondary fat oxidation products).

Keywords: sterilization heat, sterilization, processed cheese, processed cheese sauce, ammonia, tiobarbituric number, colour

Poděkování:

Ráda bych touto cestou poděkovala především mé vedoucí Ing. Zuzaně Lazárkové, Ph.D., za její cenné rady, věcné připomínky, trpělivost, vstřícnost při konzultaci a vypracování diplomové 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 SÝRY A TAVENÉ SÝROVÉ OMÁČKY	12
1.1 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK	14
1.2 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK	16
1.3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ TEXTURNÍ VLASTNOSTI TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK.....	19
1.4 SORTIMENT TAVENÝCH SÝRŮ	20
2 STERILAČNÍ ZÁHŘEV	22
2.1 OBECNÉ PRINCIPY STERILACE.....	24
2.2 CHARAKTERISTIKA STERILOVANÝCH TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK.....	30
2.3 VLIV STERILAČNÍHO ZÁHŘEVU NA SLOŽKY TAVENÉHO SÝRA A TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK.....	31
2.3.1 Bílkoviny.....	31
2.3.2 Lipidy.....	34
2.3.3 Vitamíny.....	35
II PRAKTICKÁ ČÁST	36
3 CÍL PRÁCE	37
4 METODIKA PRÁCE	38
4.1 POPIS EXPERIMENTU.....	38
4.2 VÝROBA A CHARAKTERISTIKA MODELOVÝCH VZORKŮ TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK.....	38
4.3 STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY	40
4.4 STANOVENÍ pH.....	41
4.5 STANOVENÍ OBSAHU TUKU	41
4.6 STANOVENÍ OBSAHU AMONIAKU CONWAYOVOU METODOU.....	41
4.7 STANOVENÍ TIOBARBITUROVÉHO ČÍSLA	42
4.8 ANALÝZA BARVY	43
4.9 MIKROBIOLOGICKÁ ANALÝZA.....	44
5 VÝSLEDKY A DISKUZE	46
5.1 VYHODNOCENÍ OBSAHU SUŠINY, pH A OBSAHU TUKU.....	46
5.2 VYHODNOCENÍ OBSAHU AMONIAKU.....	47
5.3 VYHODNOCENÍ TIOBARBITUROVÉHO ČÍSLA.....	49
5.4 VYHODNOCENÍ BARVY	49

5.5 VYHODNOCENÍ MIKROBIOLOGICKÉ ANALÝZY	51
ZÁVĚR	55
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	56
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	63
SEZNAM OBRÁZKŮ	64
SEZNAM TABULEK	65
SEZNAM PŘÍLOH	66

ÚVOD

Tavené sýry jsou považovány za jedny z nejmladších skupin sýrů. Spolu s tavenými sýrovými omáčkami jsou řazeny mezi oblíbené mléčné produkty nejen u nás, ale i v zahraničí. Tavené sýry byly vyvinuty počátkem 20. století, kdy hlavním důvodem bylo vyrobit produkty nepodléhající výrazným změnám jakostních znaků při transportu a skladování.

Sterilované tavené sýry a tavené sýrové omáčky byly vyvinuty pro účely stravování integrovaného záchranného systému a armády, kde jsou součástí balíčků tzv. bojových dávek potravin. Trvanlivost sterilovaných tavených sýrů a tavených omáček je stanovena na minimálně 24 měsíců při okolní teplotě. Sterilované tavené sýry a tavené sýrové omáčky nemusí sloužit jen v krizových situacích, ale můžeme se s nimi setkat např. na dovolené nebo při turistice, kdy nemáme možnost využít chladírenské zařízení. Nevýhodou sterilovaných tavených sýrů a tavených sýrových omáček je, že během sterilačního záhřevu dochází ke zhoršení sensorických vlastností. Jedná se hlavně o barvu, vzhled, konzistenci, chuť a vůni.

Cílem diplomové práce bylo zkoumat vliv sterilačního záhřevu na jakost tavených sýrů a tavených sýrových omáček.

Práce je rozdělena na teoretickou část a praktickou část. Teoretická část se zabývá tavenými sýry a tavenými sýrovými omáčkami z hlediska jejich charakteristiky, technologie výroby a faktorů ovlivňujících texturní vlastnosti. Praktická část popisuje suroviny potřebné pro výrobu, technologický postup výroby, sterilační záhřev, postupy analýz (fyzikálně-chemické, mikrobiologické a barvy) a výsledky.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TAVENÉ SÝRY A TAVENÉ SÝROVÉ OMÁČKY

Tavené sýry a tavené sýrové omáčky jsou mléčné výrobky, které se vyrábí smícháním přírodních sýrů různých druhů, v různém stupni zralosti, za přídavku tavicích solí a vody. Proces tavení probíhá za částečného podtlaku, nepřetržitého míchání, až do vzniku homogenní hmoty. Kromě přírodních sýrů mohou být do směsi přidány i jiné mléčné (např. máslo, tvaroh, sušená syrovátka aj.) a nemléčné přísady (např. pšeničný lepek, koření, sójový protein aj.) Tavené sýry byly zpočátku vyráběny bez emulgačních solí. První pokus byl uskutečněn již v roce 1895, ale emulgační soli byly použity až v roce 1911 ve Švýcarsku společností Gerber and Co. V roce 1916 ve Spojených státech amerických vydal J. L. Kraft patent na použití emulgačních solí na bázi fosfátů v sýrařském průmyslu [1, 2, 3].

Ke vzrůstajícím výhodám, ale také k rozšíření výroby, začala přispívat možnost přepravovat výrobky bez zhoršení jakosti. Sortiment tavených sýrů se rozšířil a kvůli nenáročnosti jejich skladování začaly být tavené sýry upřednostňovány [1, 2].

Výhody tavených sýrů ve srovnání s přírodními sýry jsou:

- nižší náklady na chlazení během skladování a přepravy
- lepší udržitelnost kvality s méně patrnými změnami během dlouhodobého skladování
- možnost přidat různé ochucující složky
- různé fyzikální vlastnosti a typy obalů
- možnost použití v domácnostech, restauracích a rychlém občerstvení např. v sýrových hamburgerech, teplých sendvičích, pomazánkách a dipech
- možnost uchovávání při pokojové teplotě [1, 2].

Dle vyhlášky č. 397/ 2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění je tavený sýr definován jako sýr, který byl tepelně upraven tavením. Výrobek, který se označuje jako tavený sýrový výrobek je tepelně ošetřený tavením, musí obsahovat více než 5 % laktózy a sýr musí tvořit nejméně 50 % hmotnostních sušiny tohoto výrobku. Mléčný výrobek, který je tepelně ošetřen tavením

a obsahuje více než 5 % laktózy (bez ohledu na množství sýra) se nazývá tavený mléčný výrobek [4].

Tavené sýrové omáčky nejsou současnou legislativou definovány, ale můžeme je označit za výrobky, které jsou vyrobeny z přírodního sýra, sýrových komponentů (tavený sýr, sýrový prášek), škrobu, tuku a hydrokoloidů. Vyznačují se vysokým obsahem vlhkosti a nízkým obsahem sušiny. Jejich výroba je stejná jako u tavených sýrů. Spolu s tavenými sýry jsou definovány jako emulze oleje ve vodě [5].

Tavené sýry lze rozdělit podle obsahu tuku v sušině na vysokotučné (min. 60 % tuku v sušině), plnotučné (45–60 % tuku v sušině), polotučné (30–45 % tuku v sušině) a na nízkotučné (do 30 % tuku v sušině).

Podle použitých surovin se tavené sýry dělí na jednodruhové a směsné. U jednodruhových převažuje jeden druh sýra. Pro výrobu směsných tavených sýrů je základní surovinou směs různých druhů sýrů, aby výsledný tavený sýr odpovídal požadavkům. Podle použitých přísad a ochucovadel se tavené sýry dělí na ochucené a neochucené. Ochucené tavené sýry obsahují přísady jako je např. maso, zelenina, koření, šunka, houby, ryby, bylinky a ovoce (mango, banán, guava) [6].

Tavené sýry můžeme podle způsobu tepelného ošetření rozdělit na tavené sýry, které jsou vyráběny diskontinuálním nebo kontinuálním způsobem. Při výrobě tavených sýrů diskontinuálním způsobem se používá teplota tavení okolo 90 °C. Při této teplotě nedochází ke zničení veškeré mikroflóry. Spory zůstávají aktivní a mohou způsobit nežádoucí rozklad tavených sýrů, proto musí být skladovány v chladu. Jejich trvanlivost je 1–3 měsíce. Pro tavené sýry, které jsou vyráběny kontinuálním způsobem, se používá teplota tavení okolo 120 °C s potřebnou výdrží. Po dodržení této teploty nemůžeme výrobky považovat za sterilované (obchodní sterilita), protože nejsou baleny za aseptických podmínek a musí být skladovány v chladícím řetězci. Trvanlivost takto vyrobených tavených sýrů je delší, než u sýrů vyrobených diskontinuálně. Pokud bychom chtěli vyrobit sterilované tavené sýry splňující obchodní sterilitu, museli bychom tavené sýry zahřát na teplotu 122 °C s výdrží 10 minut, aby byla inaktivována veškerá mikroflóra včetně spor. Takto vyrobené sterilované tavené sýry mohou být uchovány při pokojové teplotě po dobu 2 let [6, 9].

Kromě tavených sýrů a tavených sýrových výrobků můžeme na trhu nalézt i tzv. analogy tavených sýrů, při jejichž výrobě je částečně nebo úplně nahrazena složka mléčného

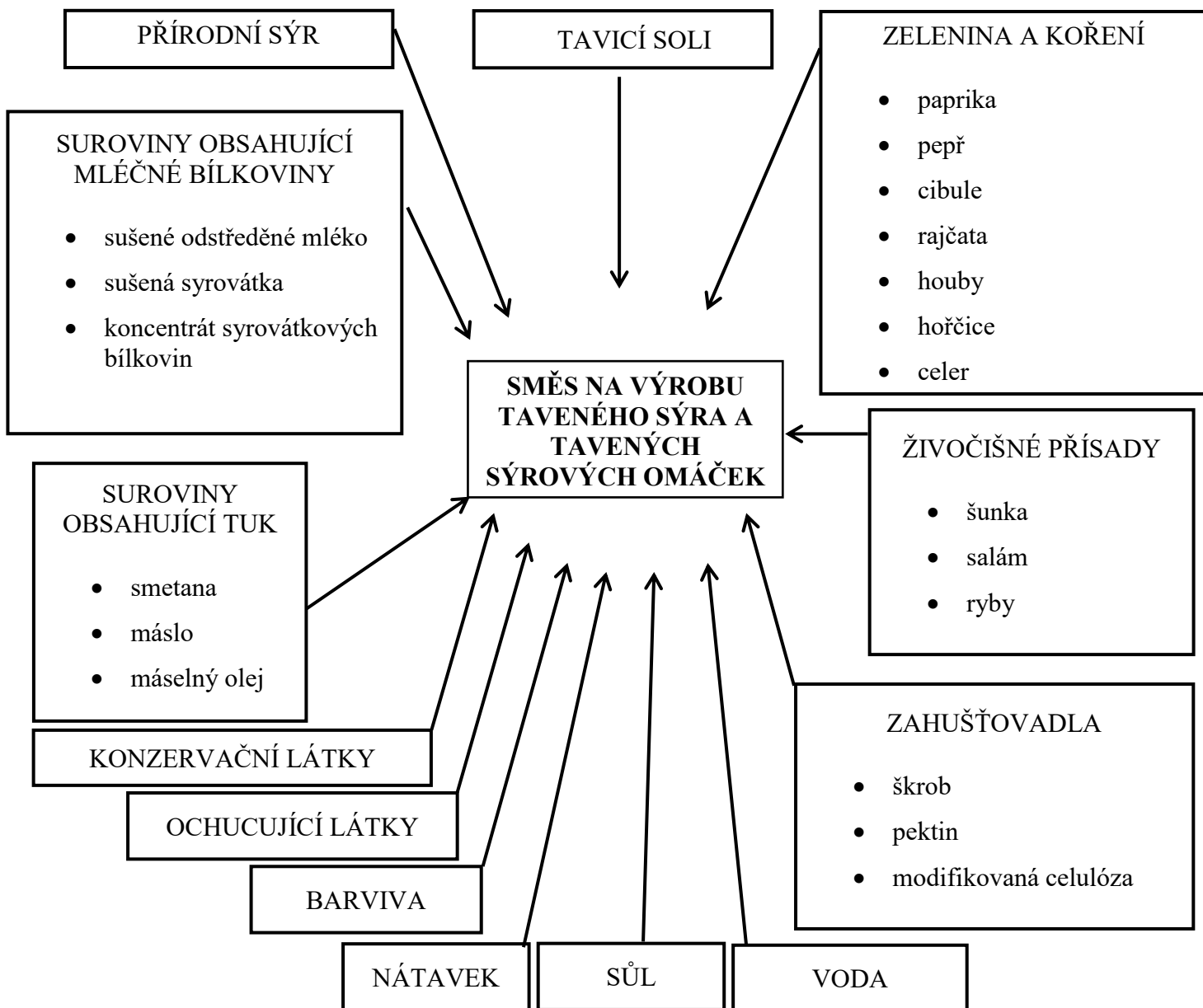
původu surovinami rostlinného původu. Suroviny, které se používají při výrobě analogů, jsou kaseináty, suroviny rostlinného původu, bílkoviny jiného než mléčného původu, tavicí soli a ochucující látky. Výhodou analogů tavených sýrů jsou jejich nižší výrobní náklady, protože nákladnější suroviny živočišného původu jsou nahrazeny levnějšími rostlinnými zdroji. Tyto výrobky mají uplatnění zejména v kuchyních a ve stáncích fast-food, kde jsou součástí lasagní, zmrazených pizz, dresinků a dalších. Česká legislativa prozatím pojem „analog taveného sýra“ nezavedla [7].

1.1 Suroviny pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových omáček

Základními surovinami pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových omáček jsou přírodní sýry a tavicí soli. Kromě těchto základních surovin se na výrobu tavených sýrů a tavených sýrových omáček používají i další složky (viz Obr. 1). Správný výběr přírodního sýra má zásadní význam pro úspěšnou výrobu taveného sýra a tavených sýrových omáček. V České republice se pro výrobu používají sýry eidamského typu o různém obsahu tuku v sušině – Eidamská cihla, Eidamský blok, Moravský blok nebo Primátor. Důležitým kritériem pro výběr přírodního sýra je druh, chuť, stupeň zralosti, konzistence, struktura a kyselost. Při výrobě lze využít i sýrů, které neobsahují požadovaný obsah sušiny nebo sýry s mechanickými vadami, které by nebyly vhodné pro prodej spotřebiteli. Sýry s mikrobiálními vadami nejsou vhodné ke zpracování, protože mohou obsahovat patogenní bakterie, ty pak mohou tvořit spory nebo produkovat plyny. Tavené sýry a tavené sýrové omáčky se častěji vyrábějí ze směsí různých druhů přírodních sýrů pro snazší zpracování a vyváženost chutí [7, 8].

Dále se může přidat tvaroh pro zvýšení tukuprosté sušiny a snížení pH vyráběného sýra. Máslem, smetanou a mléčným tukem lze zvýšit obsah tuku. Smetana navíc zjemňuje konečný produkt. Mléčný tuk přispívá k chuti a roztíratelnosti. Obsah sušiny se upravuje přidávkou pitné vody. Pro vytvoření jemnější konzistence je možné přidat již utavený sýr (rework). Mléčné koncentráty (sušené mléko, kasein, kaseináty, syrovátka atd.) se velmi často používají jako náhrada části základní suroviny (přírodní sýr). Přidávají se za účelem snížení nákladů, nemusí mít však pozitivní vliv na kvalitu a texturu. Textura je ovlivněna i zvýšeným obsahem laktózy, použitím sušeného odstředěného mléka nebo sušené syrovátky. Vysoký obsah laktózy může způsobit i změnu barvy a chutě, což způsobují tzv. Maillardovy reakce, proto je důležité, aby její obsah nepřekročil v konečném produktu 5 %. Při výrobě ochucených tavených sýrů a tavených sýrových omáček se přidávají

přísady ovlivňující chuť, vůni a barvu, např. koření, masné výrobky, zelenina atd. [8, 9, 10].



Obr. 1 Suroviny využívané při výrobě tavených sýrů a tavených sýrových omáček
(upraveno podle [8])

Tavicí soli jsou tvořeny monovalentními alkalickými kovy (např. sodík) a polyvalentními anionty (např. fosforečnany, citronany, polyfosforečnany). Citrátové soli se používají k získání lomivé konzistence. Fosforečné soli zajišťují dobrou roztíratelnost. Polyfosfáty

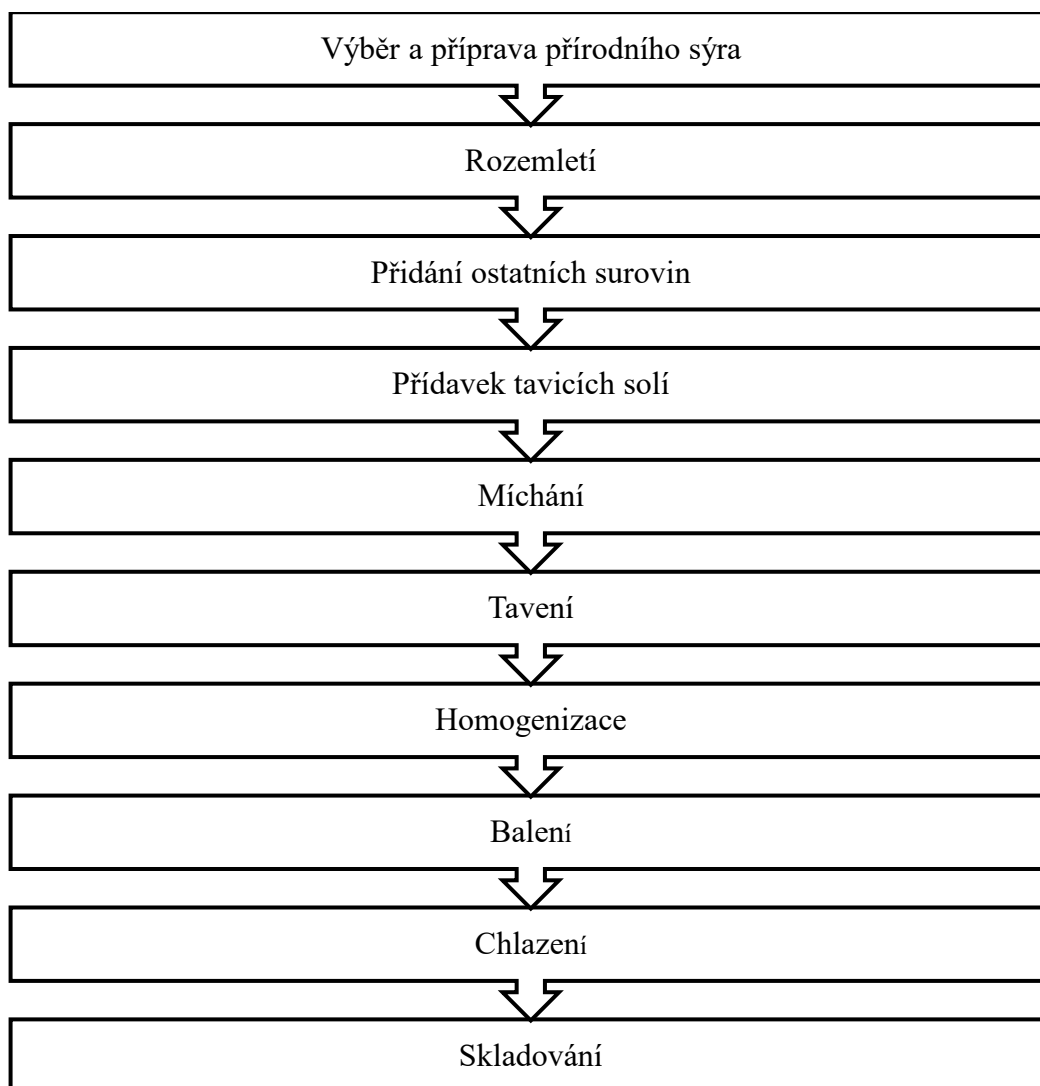
mají schopnost peptizace a vliv na krémování tavených sýrů. Tavicí soli tvoří ve výrobku 2–3 % hmotnosti surovinové skladby. Množství solí závisí na charakteru surovin, ale i na požadovaných vlastnostech taveného sýra. Komerčně dodávané tavicí směsi jsou směsí několika chemických látek, jejichž přesné složení a poměry jsou obchodním tajemstvím. Tavicí soli jsou výrobci charakterizovány pomocí účinnosti výrobku při krémování, výměně iontů a úpravě pH. Tavicí soli jsou často označovány jako emulgátory, i když samy o sobě emulgátory nejsou, protože nejsou povrchově aktivními látkami. Jedná se o emulgační činidla, která mají za úkol během procesu tavení upravit prostředí v tavené směsi tak, aby přítomné bílkoviny mohly plnit funkci emulgátorů. Postupně dochází k rozpuštění bílkovin a zamezení jejich srážení, protože na sebe navážou jistou část vápníku z přírodního sýra. Dochází tedy k výměně vápenatých iontů ze suroviny za ionty sodíkové, čímž je omezeno vytvoření vazby mezi vápenatými ionty a bílkovinou. Nerozpustný parakaseinan vápenatý je přeměněn na lépe rozpustný parakaseinan sodný. Tavicí soli ovlivňují i emulgaci tuků, stabilizaci a vázání vody, pH, barvu a chuť. Podílí se na tvorbě konečné konzistence taveného sýra, tzv. krémování. Správná hodnota pH taveného sýra je důležitá, protože ovlivňuje konfiguraci bílkovin a rozpustnost. Hodnota pH se pohybuje v rozmezí 5,0 – 6,5. Pokud by byla hodnota pH nižší než 5,0, která je blízko izoelektrickému bodu proteinů sýra, může dojít k tomu, že struktura taveného sýra bude drobná, kvůli oslabení interakcí mezi proteiny. Vyšší hodnota pH v rozmezí 6,5 – 6,7 způsobuje snížení elektrostatických interakcí, protože roste negativní náboj proteinů a konzistence tavených sýrů je pak velmi měkká [8, 10, 11].

1.2 Technologie výroby tavených sýrů a tavených sýrových omáček

Technologický proces výroby tavených sýrů a tavených sýrových omáček (viz Obr. 2) zahrnuje výběr a přípravu přírodního sýra, rozemletí, přidání dalších surovin, přidávek směsi tavicích solí, míchání, proces tavení připravené směsi, volitelnou homogenizaci, balení, chlazení a skladování [8].

Výběr a příprava surovin se provádí na základě požadavků na obsah sušiny a tuku v sušině v konečném výrobku a na požadovaných vlastnostech výrobku (chuť, vůně, konzistence atd.). Výběr typu a množství přírodního sýra má vliv na konzistenci výrobku, proto je důležité, aby byl přírodní sýr obsažen v různých stupních zralosti. Mladý nezralý sýr ve směsi vede ke snížení nákladů na surovinu a má vyšší schopnost vázat vodu a vytvořit tak tužší konzistenci. Nevýhodou tohoto typu sýra je, že způsobuje nadměrné

bobtnání, tvrdnutí během skladování, tvorbu malých vzduchových bublin a konečný produkt je bez chuti. Zralý sýr v surovinové skladbě je nositelem plné chuti, má snadnou tavitelnost a vhodné tokové vlastnosti. Jeho nevýhodou je ostrá chuť, nízká stabilita emulzí a měkká konzistence konečného produktu. Proto se často používají směsi přírodních sýrů o různém stupni zralosti [2, 8].



Obr. 2 Schéma výrobního procesu (upraveno podle [2])

Přírodní sýry se očistí a nakrájí na menší kusy, které se rozdrťí a melou na mlecích zařízeních (kutry, válcové mlýny a koloidní mlýnky). Úlohou zmenšení velikosti je maximalizovat povrch sýra, který usnadňuje interakci s dalšími složkami směsi (např. vodou, tavicími solemi), přenos tepla do směsi během následujícího zpracování

a vytvoření jednotné roztavené směsi. Po zmenšení velikosti sýra jsou přidány tavicí soli a ostatní přísady [8, 11].

Proces tavení připravené směsi se provádí v kutrech nebo v tavičkách. Připravené suroviny a ostatní přísady jsou automaticky nadávkovány do kotle, který je uzavřen víkem, na němž je připevněno míchadlo. Směs je postupně zahřívána a neustále míchána při 60 – 140 otáčkách za minutu a za podtlaku, který vzniká odsáváním par a jeho hodnoty jsou v rozmezí 0,04 – 0,05 MPa. Teplota tavení se pohybuje v intervalu 85 – 100 °C, ale závisí také na druhu sýra. Doba tavení je několik minut. Pokud by byly použity duplikátorové kotle, tavičky by byly ohřívány přímo pomocí páry. Během procesu tavení dochází k usmrcení všech patogenních a znehodnocujících mikroorganismů, rozpuštění tavicích solí, disperzi volného tuku uvolněného ze surovin, emulgaci a stabilizaci rozptýlených kapiček tuku a k přeměně směsi na taveninu. Vzniklá tavenina musí mít jednotný vzhled a strukturu [2, 8, 11, 12].

Horká roztavená sýrová hmota může být homogenizována. Homogenizace napomáhá dalšímu míchání a zmenšení velikosti hrubých nebo nerozpuštěných částic (např. tavicí soli, přísady mléčných bílkovin). Podporuje jemnější disperzi tukových kapiček, což vede k hladší a krémovější struktuře horké směsi a k vytvoření pevnější konzistence konečného produktu. Homogenizace se používá při výrobě tavených pomazánek s vysokým obsahem vlhkosti na podporu zahušťování, ale při výrobě blokových sýrových výrobků se nepoužívá, protože vysoká viskozita způsobuje ucpání ventilů [8, 10].

Po tepelném zpracování a případné homogenizaci je tavenina dopravována do plnicích strojů, kde je formována do různých tvarů. Může být také rozprostřena na dopravní pásy a nakrájena na plátky. Tavené sýry jsou v České republice převážně baleny do hliníkových fólií, které jsou z vnitřní strany lakovány. Hliníkové fólie mají trojúhelníkové nebo hranolovité podoby. Po naplnění směsi do fólie stroje obal zavaří, což má vliv na trvanlivost tavených sýrů. Jako obaly mohou být taky použity kelímky, tuby, kovové konzervy, sklenice nebo střívka různých materiálů. Teplota taveniny by neměla při balení klesnout pod 70 °C, protože tak dochází ke snadnému balení a snížení pravděpodobnosti výskytu mikrobiální kontaminace. Po zabalení a vychlazení se výrobky uchovávají při teplotách 4 – 8 °C. Po vychlazení se zabalené tavené sýry a tavené sýrové omáčky dále balí v chladicích boxech do transportních obalů a jsou odeslány do chladicích skladů [2, 8, 10].

Do technologického procesu výroby taveného sýra a tavených sýrových omáček lze zařadit i přístroj, ve kterém lze provést sterilaci taveniny ve vhodném obalu při 120 °C. Jedná se o přístroj zvaný autokláv, který dokáže splnit obchodní sterilitu u tavených sýrů a tavených sýrových omáček. Jedná se o způsob sterilace, při kterém jsou tavené sýry a tavené sýrové omáčky zahřáty na teplotu 122 °C po dobu 10 minut, aby byla inaktivována veškerá mikroflóra včetně spor [8, 11, 12].

1.3 Faktory ovlivňující texturní vlastnosti tavených sýrů a tavených sýrových omáček

Jedna z nejvýznamnějších charakteristik tavených sýrů a tavených sýrových omáček je pro konzumenta textura. Dle normy ČSN ISO 11036 je textura definována jako všechny mechanické, geometrické a povrchové vlastnosti výrobku vnímatelné prostřednictvím mechanických, dotykových popřípadě zrakových a sluchových receptorů. Mezi faktory, které mohou ovlivnit texturní vlastnosti, můžeme zařadit složení surovinové směsi, množství a strukturu tavicích solí, hodnotu pH, podmínky zpracování (tavení, teplota, rychlost chlazení), délku a podmínky skladování [13,14].

Přírodní sýr je jednou z nejdůležitějších surovin, která ovlivňuje konzistenci tavených sýrů a tavených sýrových omáček. Pro výrobu se využívají sýry více prozřálé, protože dodávají taveným sýrům a taveným sýrovým omáčkám chuť a aroma. Vytvářejí také jemnější a lépe roztíratelnější konzistenci. Pokud by byl použitý mladý nezralý sýr, který má vyšší schopnost vázat vodu, výsledná konzistence by byla tužší a chuť nevýrazná až prázdná. Proto se doporučuje používat směs přírodních sýrů v různém stupni zralosti [8, 10, 14].

Důležitým faktorem je i vztah sušiny a tuku v sušině. Se zvyšujícím se obsahem sušiny získáme tužší konzistenci a naopak se snižujícím se obsahem sušiny dosáhneme řidší konzistence. Pokud roste obsah tuku v sušině, tavený sýr bude lépe roztíratelný. Významným faktorem, který ovlivňuje konzistenci, je i hodnota pH tavených sýrů a tavených sýrových omáček. S klesající hodnotou pH v rozmezí 4,8 – 5,2 vzniká tužší, drobivější a sušší konzistence výrobků. Naopak, při vyšší hodnotě pH, jsou tavené sýry a tavené sýrové omáčky rozbředlejší. Optimální hodnota pH je v rozmezí 5,6 – 6,0, protože finální výrobek je při této hodnotě snadno roztíratelný a měkký. Tavicí soli mají také důležitý vliv na konzistenci tavených sýrů a tavených sýrových omáček. Podílejí se na emulgaci tuků a hydrataci proteinů. Množství a typ tavicích solí může značně ovlivnit výslednou texturu, protože každá působí jiným mechanismem [15, 16].

Způsob zpracování tavených sýrů a tavených sýrových omáček má taktéž vliv na jejich konzistenci. Jedná se o teplotu tavení, celkovou dobu tavicího procesu, intenzitu míchání a rychlost chlazení. Velikost tukových kuliček je ovlivněna zejména intenzitou a délkou míchání. Se zvýšeným počtem otáček dochází ke zmenšení průměru tukových kuliček a zvýšení jejich počtu, což vede k nárůstu tuhosti výrobku. Při zvyšování teploty tavení dochází taktéž k nárůstu tuhosti výrobku. Podstatný vliv na konzistenci výrobku má také rychlost chlazení. Při vysoké rychlosti se zhoršuje roztíratelnost a tuhost výrobku. Tavené sýry a tavené sýrové omáčky by se měly skladovat při teplotě 4 – 8 °C. S rostoucí dobou skladování tavených sýrů a tavených sýrových omáček dochází ke zvýšení tuhosti, která může být způsobena např. hydrolýzou tavicích solí, snížením hodnoty pH tavených sýrů a tavených sýrových omáček a tvorbou krystalů [2, 17, 18].

1.4 Sortiment tavených sýrů

Sortiment tavených sýrů v České republice lze rozdělit podle složení a podle obsahu tuku v sušině. Podle složení dělíme tavené sýry na bez příchutě a s příchutí, jednodruhové a směsné. Podle obsahu tuku v sušině na vysokotučné (min. 60 % tuku v sušině), plnotučné (45 – 60 % tuku v sušině), polotučné (30 – 45 % tuku v sušině) a na nízkotučné (do 30 % tuku v sušině). Další publikace v literatuře dělí tavené sýry na tavené sýry s obsahem tuku v sušině 60 % a více, tavené sýry s obsahem tuku v sušině 30 – 60 % a tavené sýry s obsahem tuku v sušině 30 % a méně [7, 19, 21].

Tavené sýry vyrábějí v České republice mlékárny, např. BEL Sýry Česko, a. s., Mlékárna Klatovy, a. s., SAVENCIA Fromage & Dairy Czech Republic a. s., Hodonín, TANY, spol. s r. o., Tavírna sýrů Salix s r. o., Madeta, a. s. a další [7].

Sortiment tavených sýrů a analogů se ve světě liší složením, druhem použitého sýra a množstvím povolených přísad. Ve Spojených státech amerických jsou tavené sýry charakterizovány a rozděleny do kategorií podle *US Code of Federal Regulations* odstavce 21, ale i podle mezinárodní normy *Codex Alimentarius*. Tavené sýry se liší na základě požadavku minimálního obsahu tuku, maximálního obsahu vlhkosti, konečnou hodnotou pH a složením surovinové skladby. Ve Spojených státech amerických jsou tavené sýry rozděleny do tří kategorií:

- *Pasteurized Process Cheese* (pasterované tavené sýry)
- *Pasteurized Process Cheese Foods* (pasterované tavené sýrové produkty)

- *Pasteurized Process Cheese Spreads* (pasterované tavené sýrové pomazánky)

Pasterovaný tavený sýr je mléčný výrobek, který se vyrábí smícháním a zahříváním přírodních sýrů a tavicích solí, za vzniku homogenní hmoty. Teplota tavení je v rozmezí 70 – 80 °C. Konečný produkt má stejný obsah tuku jako použitý přírodní sýr. Konzistence konečného produktu je hladká, stejnobarevná a kompaktní. Pasterované tavené sýrové produkty mají stejné specifikace a surovinovou skladbu jako pasterované tavené sýry. Do těchto produktů mohou být navíc přidány volitelné přísady, které nejsou povoleny u pasterovaných tavených sýrů např. zelenina, ovoce, maso, koření atd. Pasterované tavené produkty se liší vyšším obsahem vlhkosti a nižším obsahem tuku. Tyto produkty mají nižší hodnotu pH oproti pasterovaným taveným sýrům. Teplota tavení je vyšší než u pasterovaných tavených sýrů a pohybuje se kolem 82 °C. Konzistence pasterovaných tavených sýrových produktů je měkčí a chuť mají jemnější než pasterované tavené sýry. Pasterované tavené sýrové pomazánky se vyrábí podobně jako pasterované tavené sýry a tavené sýrové produkty. Pro lepší roztíratelnost je povolen vyšší obsah vlhkosti. Teplota tavení při výrobě sýrových pomazánek je přibližně 88 °C. Kromě volitelných přísad, které jsou povoleny i u tavených sýrových produktů se mohou použít i sladidla, škroby, hydrokoloidy a další [10, 20, 22].

Ze zahraničních tavených sýrů je známý sýr Requeijão. Jedná se o typický brazilský tavený sýr, který je velmi oblíbený. Kromě Brazílie je vyráběn i v Portugalsku. Requeijão, který je vyráběn v Portugalsku, má bílou až nažloutlou barvu a silnou charakteristickou chuť. Requeijão, který je vyráběn v Brazílii, má bílou barvu, jemnou chuť a krémovou konzistenci. Je druhým nejpopulárnějším sýrem na domácím trhu hned po Mozzarelle. Nejběžnější variantou je *requeijão cremoso*, který má konzistenci podobnou jako konzistence kondenzovaného mléka. Obvykle se prodává ve skleněných nebo plastových nádobkách [10, 23].

2 STERILAČNÍ ZÁHŘEV

S počátky sterilace jsou spojeni Denis Papin, Nicolas Appert a Louis Paster. Denis Papin, který vynalezl parní kotle, se pokoušel vyrobit konzervy hermetickým uzavřením potravin do obalů a jejich vařením v horké vodě. Tyto pokusy však nebyly uplatněny v praxi. Nicolas Appert vyřešil za napoleonských válek státní úkol, který se týkal způsobu dlouhodobého uchovávání potravin. V roce 1804 ukončil své práce úspěšnou metodou tepelné sterilace. Jeho práce a metody byly založeny pouze na experimentu, nikoli na vědeckém základu a bez znalosti příčin kažení potravin. Vědecký základ a mikrobiální činitele způsobující kažení potravin objasnil až francouzský přírodovědec Louis Pasteur [24, 25].

Sterilace je konzervační metoda, při níž dochází působením tepla k inaktivaci všech přítomných mikroorganismů, včetně spor a enzymových systémů, které mohou ohrozit spotřebitele a způsobit rozklad potravin. Působením vysoké teploty (obvykle nad 100 °C) během sterilace může dojít ke změně organoleptických a nutričních vlastností. Při sterilačním režimu nelze dosáhnout úplné (absolutní) sterility potravin, ale jen tzv. obchodní sterility, během které jsou zničeny druhy a formy mikroorganismů způsobující změnu potravin po dobu skladování. Samotná sterilace zajišťuje dlouhodobé uchovávání potravin pod podmínkou, že opětovné kontaminaci zabrání řádné zabalení [26, 27, 28].

Sterilaci teplem lze provádět dvěma základními postupy. Potravina je naplněna do hermeticky uzavřených obalů (sklenice, konzervy, lahve) a zahřívána tak, aby byly usmrceny všechny přítomné mikroorganismy a spory, které by se mohly v náplni obalu množit. Druhý postup je takový, kdy je potravina zahřívána pomocí průtokových nebo deskových výměníků mimo obal a poté je asepticky plněna do sterilních obalů. Po naplnění jsou obaly asepticky uzavřeny a dále se neohřívají, ale chladí se. Sterilace nepřímým ohřevem se provádí v autoklávu. Autokláv je tlaková nádoba opatřená odklopným víkem, spodním a horním přítokem vody a spodním přívodem páry, která je přiváděna pomocí barbotéru nebo výkonného výměníku tepla. Výměník tepla ohřívá rychleji sterilační prostředí než barbotér. Stlačený vzduch, který je potřebný pro přetlakovou sterilaci, je veden do horní části autoklávu. Na víku je připevněn manometr, který ukazuje maximální tlak. Na vhodném místě na autoklávu je umístěn i pojišťovací ventil. Autokláv je vybaven i dvěma teploměry, cirkulačním čerpadlem a automatickou regulací sterilačního režimu. Součástí autoklávu jsou i koše, do kterých se skládají produkty určené ke sterilaci. Po

vložení košů se autokláv uzavře a napustí se vodou. Spodním ventilem je přiváděna pára, která ohřívá celý obsah autoklávu. Po ukončení sterilizačního režimu je přívod páry zastaven a otevřen ventil se studenou vodou, která zajišťuje chlazení konzerv. Během chlazení je nutné řídit tlak v autoklávu, aby nedošlo k porušení konzerv [27, 29].

Aby byla sterilace úspěšná, musí být sterilované potraviny dostatečně vyhřáté na požadovanou teplotu. Teplo nepronikne do sterilované potraviny najednou, proto je důležité znát dobu prostupu tepla do sterilované potraviny a taky časový průběh teplot ohřívacího média. Průběh teplot při sterilaci v závislosti na čase se označuje jako sterilizační režim.

Sterilizační režim je tvořen třemi základními fázemi, kterými jsou:

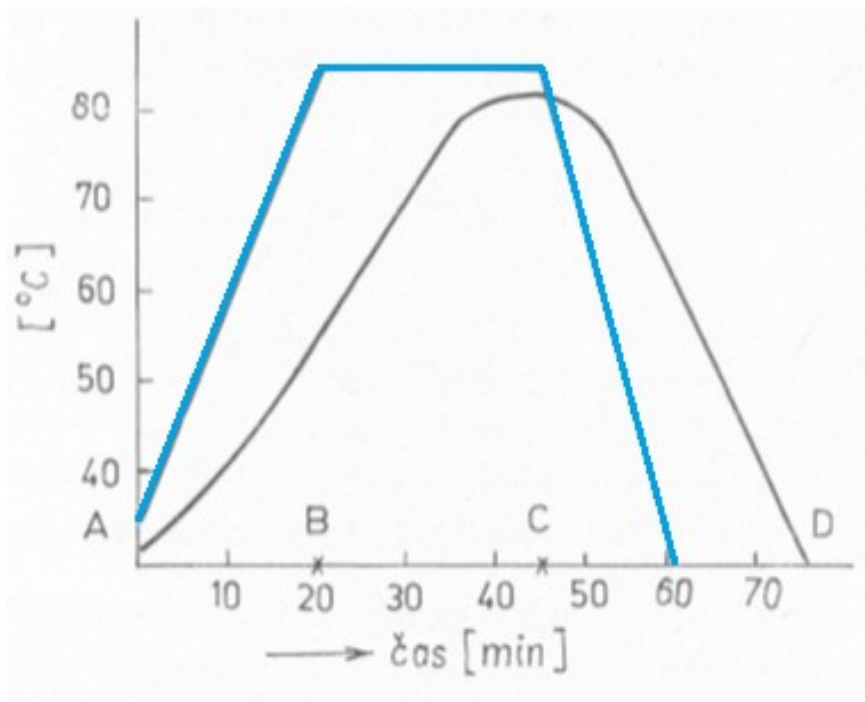
- doba vzestupu teploty na sterilizační hodnotu
- doba výdrže
- doba chlazení

Doba vzestupu teploty na sterilizační hodnotu je doba, která je potřebná k ohřátí sterilizační lázně na sterilizační teplotu. Tato doba se může lišit na základě použitých obalů. U plechových obalů je doba ohřevu kratší, na rozdíl od obalů skleněných, kde je doba delší.

Doba výdrže je čas, během kterého se udržuje teplota ohřívacího prostředí na požadované teplotě. Teplota ohřívacího prostředí se během výdrže liší od teploty uvnitř obalu.

Doba chlazení je doba potřebná na zchlazení vnitřního obsahu konzervy na vnitřní teplotu 30 °C. Chlazení by mělo být co nejrychlejší, aby prodleva sterilizačních teplot nezpůsobila zhoršení vlastností konzerv. Zejména při sterilaci masových konzerv, hotových jídel a zelenin ve slané nálevu (sterilizace nad 100 °C) musí být chlazení co nejrychlejší, aby nedošlo k přemnožení termofilních anaerobních mikroorganismů při teplotě okolo 60 °C [26, 27].

Sterilizační režim je při sterilaci potravin v obalech nad 100 °C ještě doplněn časovým průběhem tlaků ve sterilizačním zařízení. V grafu (viz Obr. 3) je znázorněn průběh sterilizačního režimu potravin v obalu během sterilace do 100 °C, kde na ose x je znázorněna doba působení sterilizační teploty (čas) a na ose y sterilizační teplota [24, 27].



Obr. 3 Průběh sterilizačního režimu při sterilaci do 100 °C, AB – doba vzestupu teploty, BC – doba výdrže, CD – doba chlazení, modrá čára – teplota ve sterilizační lázni, šedá čára – průběh teploty v konzervě [24]

2.1 Obecné principy sterilace

Tepelná sterilace je abiotická metoda, při níž dochází k tepelné denaturaci mikrobiální a enzymové aktivity. Zahřátí na dostatečně vysokou teplotu a po dostatečně dlouhý čas urychluje nejen žádoucí koagulační reakce, ale taky způsobuje nežádoucí změny, např. autooxidaci lipidů, Maillardovy reakce [27].

Při obraně proti rozkladným činnostem mikroorganismů se používá pravidlo, že intenzita rozkladných procesů v daném prostředí je přímo závislá na virulenci a počtu mikrobů a nepřímo závisí na odolnosti prostředí [27].

Přestoupí-li teplota zahřívané potraviny teplotní maximum mikroflóry, která zde může přežívat, přestávají obsažené mikroorganismy nejdříve prospívat a při dalším zvýšení teploty nebo možném prodlouženém zahřevu jsou inaktivovány. Jako první jsou usmrceny vegetativní stadia mikroorganismů, posléze i spory. Pokud bylo dosaženo trvalé inaktivace všech obsažených forem mikroorganismů, můžeme tuto potravinu považovat za sterilovanou. Je-li zabráněno rekontaminaci, potravina se nemůže zkazit a je dlouhodobě skladovatelná [26, 27].

Výše sterilační teploty a doba, během které lze zahříváním inaktivovat mikroorganismy, jsou ve vzájemném vztahu nebo ve vztahu k četným jiným činitelům. Sterilační teplota a doba se může měnit podle druhu nebo kmene mikroorganismu a podle povahy prostředí. Sterilační teplota má být co nejvyšší, protože každé její zvýšení o 10 °C urychluje žádoucí koagulační reakce. Hodnota Q_{10} vyjadřuje, kolikrát se zvýší rychlost určité reakce, vzroste-li teplota o 10 °C a naopak. Pro většinu chemických reakcí se hodnota Q_{10} pohybuje v intervalu 1,5 – 2. Při zvýšení sterilační teploty o 10 °C se zvýší destrukce nutričních látek 1,5 – 2krát. Hodnoty Q_{10} se u mikroorganismů pohybují v rozmezí 5 – 100. Při zvýšení sterilační teploty o 10 °C se zvýší inaktivace mikroorganismů 5 – 100krát. V konzervační technologii nám nejde nikdy o absolutní (teoretickou) sterilitu, ale jen o tzv. praktickou sterilitu, při níž dochází k inaktivaci druhů a forem mikroorganismů, které způsobují změnu potravin během jejich skladování. Jedná se tedy o aktivní formy nebo o útvary, které se mohou z aktivních forem vyvinout (spory). Další přítomnou a neprojevující se živou mikrobiální hmotu nepovažujeme za důležitou, ať je jakkoli rezistentní. Pokud by došlo k usmrcení pouze vegetativních stádií určitých mikroorganismů a ne jejich spor, jednalo by se pouze o pasteraci, nikoli o sterilaci [26, 27].

Sterilizace a množení mikroorganismů jsou ovlivněny několika činiteli, kterými jsou:

- vlhkost prostředí mikroorganismů
- kyselost prostředí mikroorganismů
- výchozí koncentrace mikroorganismů
- doba působení sterilačního záhřevu

Mimo uvedené činitele má vliv i látkové složení zpracované potraviny např. obsah a množství organických kyselin a fytoncidů.

Vodnaté prostředí je důležitým faktorem, který urychluje a usnadňuje destrukci živé hmoty, v němž probíhají inaktivační reakce. Toto prostředí umožňuje plynulý přenos tepla ze stěny obalu do celého obsahu a do všech míst, kde se nachází mikrobiální kontaminace. Voda lehce proniká i pouzdry mikrobiálních spor, které bobtnají a následně hynou. Proto mikroorganismy rychleji a snadněji hynou ve vodnatých hmotách než v suchu. Např. spory bakterií vyskytující se v nekyselých potravinách můžeme za vlhka bezpečně inaktivovat méně než půlhodinovým zahříváním na 120 °C. Pokud jsou však v suchém prostředí, je

potřebná teplota asi 180 °C po stejnou dobu nebo až několikahodinové zahřívání při stejné teplotě. Při působení suchého tepla mají mikroorganismy zvýšenou odolnost, která se v praxi projevuje jako nebezpečí tzv. „suchých úkrytů“. Mohou to být jakékoli přikrovy, jež chrání mikroorganismy před smáčením a všemi následky, které souvisí s vlhkým prostředím. Mikroorganismy mohou být rovněž chráněny mikroskopickou nečistotou, která je ulpělá na stěně obalu a tvořená nesnadno rozpustnou látkou [25, 27].

V konzervační technologii je důležitým kritériem kyselost potravin, a to pro stanovení výšky teploty a doby výdrže při sterilačním režimu. Jedná se o aktuální (ne titrační) kyselost sterilované potraviny, která se vyjadřuje pomocí hodnoty pH (záporně vzatým dekadickým logaritmem koncentrace vodíkový iontů). Podle hodnoty pH rozlišujeme tzv. kyselé potraviny, za které považujeme potraviny s hodnotou pH < 4,0. V tomto prostředí mohou vegetovat pouze mikroorganismy, které jsou ve vlhkém prostředí citlivé na teplotu a jsou usmrceny po několika minutách, popřípadě i sekundách při teplotách v rozmezí 60 – 100 °C. Jedná se o nesporulující bakterie, kvasinky a plísň. Z nesporulujících bakterií hynou ty nejodolnější, pokud je dosaženo teploty nad 88 °C nebo na ně působí teplota 64,5 °C po dobu 10 minut. Vegetativní stádia kvasinek jsou inaktivována po 5 minutách při teplotě 66 °C a jejich spory po stejnou dobu působení při teplotě 80 °C. Plísň i se sporama jsou inaktivovány po 30 minutách při teplotě 65 – 70 °C. Sporulující bakterie se v kyselých potravinách prakticky nevyskytují, protože se zde nemohou rozmnožovat [26, 27].

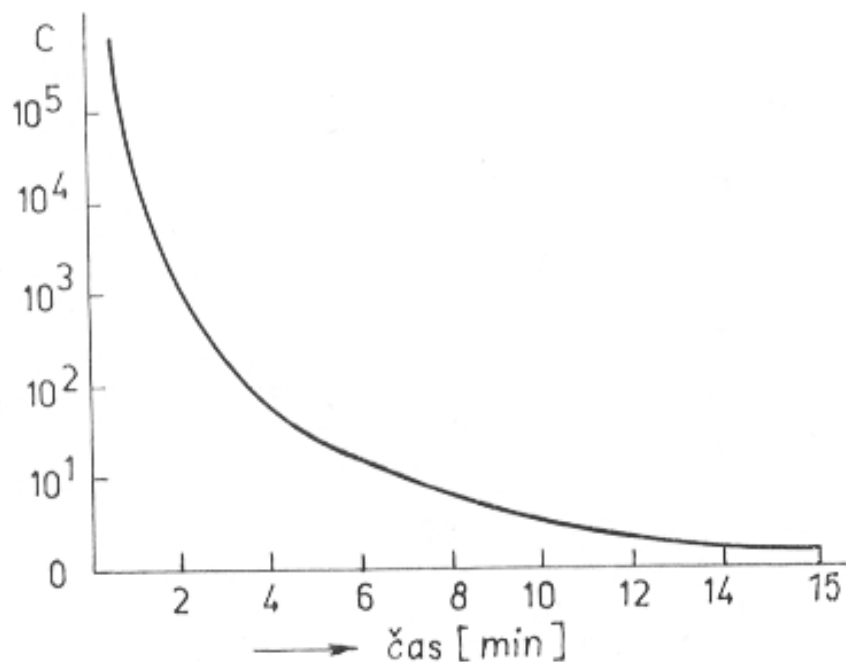
Potraviny, které jsou považovány za málo kyselé, mají hodnotu pH v rozmezí 4 – 6,5 a nekyselé potraviny jsou ty, jejichž hodnota pH je > 6,5. Potraviny s vyšší hodnotou pH než 4 jsou vhodné nejen pro poměrně citlivé mikroorganismy, ale i pro vícero druhů odolných sporulujících bakterií, čím méně jsou kyselé. Zvláště nebezpečné a zákeřné jsou sporotvorné anaerobní termofilní mikroorganismy, protože jejich spory mohou klíčit blízko zvolené kyselostní hranice, ale i při nedostatečně provedeném chlazení. Můžeme se však také setkat s různými formami mezofilních a termofilních klostridií. Velmi nebezpečné je *Clostridium botulinum*. Málo kyselé a nekyselé potraviny je potřeba pečlivě sterilovat po dobu asi 5 až 20 minut při teplotě 115 až 125 °C, aby byly inaktivovány mikroorganismy ovlivňující trvanlivost a požitelnost potravin. Do této skupiny potravin podle hodnoty pH řadíme i tavené sýry, jejichž optimální pH je 5,7 – 6,0 [25, 26, 27].

Mikrobiální výchozí koncentrace je velmi důležitý faktor v surovině, který ovlivňuje sterilační hodnoty, zejména délku sterilace. Mikrobiální koncentrace se udává počtem

mikroorganismů na 1 g sterilované hmoty. Koncentrace mikroorganismů je také závislá na různých činitelích, většinou na kontaminaci suroviny, která vstupuje do technologického postupu a jednotlivých výrobních operací. Jestliže potravina obsahuje velké množství jedinců určité mikrobiální populace, je tudíž velmi pravděpodobné, že se zde mohou vyskytovat i velmi odolné formy čteněji než v relativně nevelkých populacích. V tomto případě se zavádí hodnota D (*decimal reduction time*), která je významným parametrem termosterilace. Hodnota D (nejkratší kritický čas) nám uvádí dobu, která je potřebná k tomu, aby použitá teplota snížila počet živých mikroorganismů obsažených v potravine právě o jeden řád (tj. o 1/10). Hodnota D souvisí s výchozí koncentrací mikroorganismů v použité surovině a s účinností sterilizačních zákroků. Rychlost inaktivace mikroorganismů klesá s poklesem jejich četnosti, proto je usmrcování malých zbytků mikroorganismů podstatně zdlouhavější než redukce jejich počtu na začátku sterilizačního zákroku. Snižování počtu mikroorganismů při sterilaci se blíží nule, ale absolutní nuly se nikdy nedosáhne. Virulence zbytku mikroorganismů je tak nízká, že cíle je dosaženo pouze prakticky. Toto je rozdíl mezi absolutní a praktickou (obchodní) sterilitou konzerv [26, 27].

Při zpracování málo kyselých nebo nekyselých potravin se považuje za bezpečně zdravotní tzv. koncept 12. Jedná se o tak dimenzovaný ohřev, aby stačil snížit počet případně přítomných patogenních sporulátů (*Clostridium botulinum*) na 10^{-12} . To znamená, že by z 1 bilionu konzerv, obsahující před sterilací jednu sporu *Clostridium botulinum* zůstala po sterilaci pouze jedna konzerva zdravotně závadnou [26, 27].

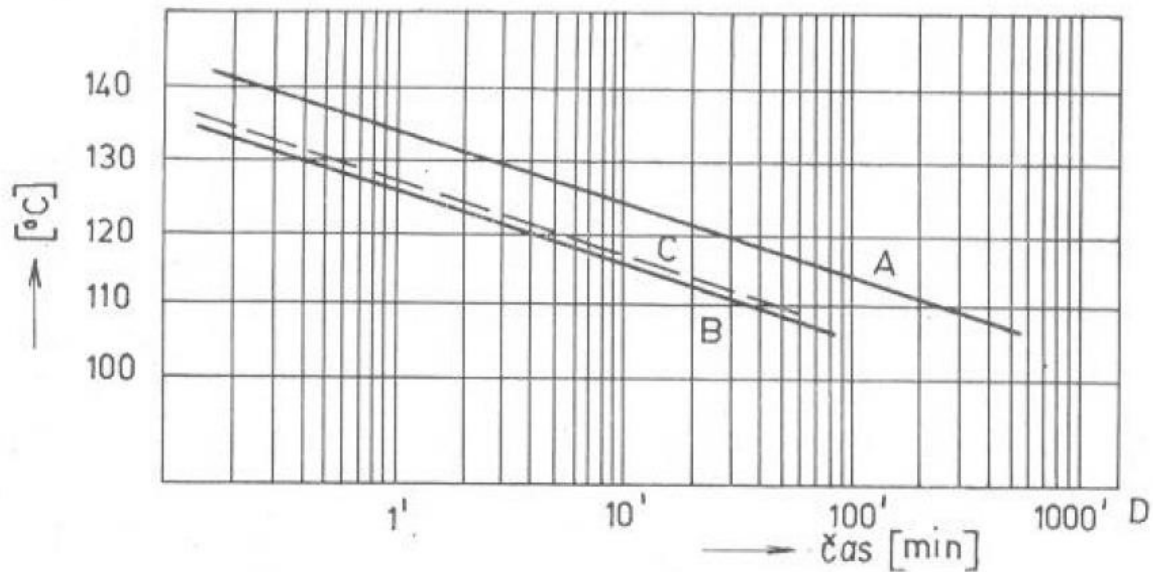
Studie prokázala, že působením smrtící teploty na mikroorganismy stejné generace dochází k prudkému poklesu jejich koncentrace v prvních minutách sterilace. V grafu (viz Obr. 4) je znázorněn pokles koncentrace mikroorganismů v závislosti na délce sterilace. Při následujícím působení teploty dochází k tomu, že četnost mikroorganismů klesá pomaleji, ale i při delším působení smrtící teploty ve sterilované hmotě přežívají zbytky zárodků. Ty jsou málo virulentní a nemohou tak způsobovat kažení potravin [24].



Obr. 4 Snížení četnosti mikroorganismů při dané teplotě v závislosti na době záhřevu,

C – koncentrace mikroorganismů [24]

Doba, po kterou za určitých podmínek působí sterilační teplota při usmrcování mikroorganismů, má rozhodující úlohu. Vztah mezi dobou potřebnou k usmrcení mikroorganismu a letální teplotou udává letální (termoinaktivační) křivka. Závislost rychlosti odumírání při dané teplotě na době působení je exponenciální závislostí. Křivky letality jsou sestaveny v semilogaritmických souřadnicích. Jako logaritmus je vyjádřen úbytek mikroorganismů při sterilaci, tzn. úbytek mikroorganismů je lineární vůči teplotě a době působení. Na obr. 5 jsou zobrazeny čáry letality mikroorganismů nekyselých potravin. Na ose y je vynesena smrtící teplota (T), při které během daného času D dochází k inaktivaci všech mikroorganismů ve sterilované hmotě. Na logaritmické ose x je vynesena nejkratší kritický čas (D), při kterém dochází za dané teploty taktéž k inaktivaci mikroorganismů určitého druhu nebo skupiny ve sterilované hmotě [25, 27].



Obr. 5 Čáry letality MO nekyselých potravin
 A – čára pro termorezistentní sporulující bakterie, B – čára pro citlivé sporulanty,
 C – čára pro *Clostridium botulinum* [27]

Přímky letality jsou v praxi velmi důležité, protože se používají ke stanovení sterilačních režimů a k vyhodnocování jejich účinnosti. Vyhodnocením účinnosti sterilačního režimu zjistíme, zda byla sterilace nedostatečná nebo nadměrná. Pokud by byla sterilace nedostatečná, docházelo by ke značným ztrátám u hotových výrobků. Naopak nadměrná sterilace je neekonomická a může vést ke zhoršení organoleptických a nutričních vlastností [27].

Z přímek letality lze vypočítat hodnotu F, kterou se vyjadřuje termoinaktivační (letální, smrtící) efekt daného sterilačního procesu. Hodnota 1F je vhodná pro nekyselé potraviny a vyjadřuje letální účinek teploty 121,1 °C působící právě 1 minutu.

Clostridium botulinum je velmi nebezpečný mikroorganismus. Jedná se o mezofilní grampozitivní obligátně anaerobní bakterii tvořící endospory, které jsou schopny přežít při vysokých teplotách. Podle letálních křivek tohoto mikroorganismu se musíme řídit při výpočtu sterilačních režimů nekyselých a málo kyselých potravin v obalu, protože *Clostridium botulinum* vylučuje velmi jedovatý exogenní toxin botulin.

Hodnota F_S se vypočítá ze vztahu:

$$F_S = D_R * (\log C_0 - \log C)$$

D_R – doba potřebná ke snížení počtu mikroflóry o 90 %

C_0 – výchozí množství mikroorganismů

C – množství mikroorganismů po sterilaci.

Hodnota F_S nám udává dobu v minutách, po kterou působí v každém místě konzervy teplota 121,1 °C, aby byly usmrceny mikroorganismy, které ovlivňují trvanlivost a požitelnost konzerv [25, 26].

2.2 Charakteristika sterilovaných tavených sýrů a tavených sýrových omáček

Sterilované tavené sýry jsou zvláštní skupinou tavených sýrů. Tato skupina tavených sýrů byla původně vyráběna pro Armádu České republiky, Integrovaný záchranný systém a jsou součástí balíčků tzv. bojových dávek potravin pro armády zemí NATO (Německo, USA). Sterilované tavené sýry vyrábí v České republice firma MADETA a. s. Trvanlivost sterilovaných tavených sýrů a tavených sýrových omáček je standardizační dohodou Severoatlantické aliance určena na minimálně 24 měsíců při okolní teplotě (oblast střední Evropy). V poslední době se tyto produkty prodávají i do Afriky a Asie, kde můžeme očekávat skladování při vyšších teplotách (nad 30 °C) [21, 30, 31].

Trvanlivost těchto sýrů a omáček může být prodloužena i na několik let. Tavenina sterilovaných tavených sýrů a tavených sýrových omáček je podobná tavenině pasterovaných tavených sýrů a tavených sýrových omáček. Při výrobě sterilované varianty je důležitý výběr surovin, zejména přírodních sýrů a tavicích solí. Sterilační záhřev způsobuje zvýšení tuhosti sterilovaných tavených sýrů a tavených sýrových omáček, proto je vhodné volit méně prozralé přírodní sýry, díky kterým bude výsledná konzistence řidší [30].

Sterilované tavené sýry a tavené sýrové omáčky se balí do kelímků a jsou hermeticky uzavřeny. Sterilace probíhá po uzavření v autoklávech při teplotě 115 – 125 °C po dobu 5 – 30 minut. Důležité je vhodně zvolit kombinaci teploty a času, protože chceme

dosáhnout smrtícího účinku u všech přítomným mikroorganismů. Kromě mikroorganismů jsou sterilací ovlivněny i další složky (např. bílkoviny, tuky, vitamíny aj.) [30, 32].

2.3 Vliv sterilačního záhřevu na složky taveného sýra a tavených sýrových omáček

U tavených sýrů a tavených sýrových omáček, které jsou vyráběny diskontinuálním způsobem, dochází k inaktivaci bakterií a jejich tepelně nestabilních enzymů. Poté dochází během sterilace tavených sýrů a tavených sýrových omáček v hermeticky uzavřených obalech k inaktivaci většiny přítomných vegetativních forem a spor bakterií a termostabilních enzymů [33, 34].

Důležitým faktorem, který může ovlivnit řadu reakcí proteinů a autooxidaci lipidů, je množství přítomného kyslíku, které limituje zejména rozsah oxidačních reakcí. Za předpokladu vhodných bariérových vlastností obalu a hermetického uzavření, by měla být koncentrace kyslíku dána pouze množstvím plynu, jenž se do výrobku dostane během transportu nezabaleného produktu a při plnění do spotřebitelského obalu. Důležitým aspektem je, do jaké míry je obal naplněn, zda je naplněn zcela nebo jen z části a zbytek prostoru je pak zaplněn vzduchem. Čím větší je zbylý prostor, tím větší koncentrace kyslíku se zde vyskytuje a způsobuje vyšší intenzitu oxidačních reakcí [34].

Suroviny, které byly použity pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových omáček, obsahují živiny, z nichž jsou zastoupeny především bílkoviny (kaseiny), tuk a zbytky laktózy. Všechny tyto složky podléhají při sterilačním režimu degradačním změnám. Rozsah těchto reakcí se zvyšuje přidávkem sušené syrovátky nebo dalších surovin obsahujících vyšší množství redukcujících cukrů [34, 35].

2.3.1 Bílkoviny

Bílkoviny reagují už při teplotě kolem 100 °C, kdy dochází k reakci vázaného asparaginu a glutaminu s vázaným lyzinovým postranním řetězcem. Výsledkem reakce je odštěpení amoniaku a vznik příčné kovalentní vazby (tzv. izopeptidové vazby) mezi polypeptidovými řetězci, tím dochází k zesíťování proteinů. Tímto způsobem izopeptidově vázaný lyzin není využitelný v trávicím traktu člověka.

K dalším ztrátám aminokyselin dochází vlivem Streckerovy degradace aminokyselin. Jedná se o oxidaci, jednu z nejvýznamnějších reakcí, probíhající zejména při termickém zpracování potravin a skladování. Streckerovou degradací aminokyselin vznikají

karbonylové sloučeniny, které obsahují vždy o jeden uhlík méně, než výchozí aminokyselina. Dále dochází k uvolnění oxidu uhličitého a amoniaku. Reakci vyvolávají oxidační činidla např. hydroperoxydy mastných kyselin, nenasycené aldehydy a ketony a jiné produkty oxidace lipidů nebo Maillardovy reakce. Mechanismus reakce se liší podle typu oxidačního činidla a reagující aminokyseliny.

Hlavními produkty této reakce jsou vonné a také chuťové látky vznikající následnými reakcemi těchto aldehydů, ketonů a dalších produktů Streckerovy degradace (např. amoniak, aminy, aminosloučeniny aj.). Jaké aldehydy vzniknou, to závisí na oxidované aminokyselině, ale i na cukru, který poskytl aktivní rozkladné produkty. Podstatným faktorem při reakci je i kyslík, který při teplotě 100 °C způsobuje oxidaci cukrů na sloučeniny s aktivní skupinou. Výsledné aldehydy mohou být s charakteristickým pachem, některé i s velice nepříjemným pachem, který je způsobený vzniklým metanolem [35, 36, 37].

V tavených sýrech a tavených sýrových omáčkách může taktéž docházet ke změnám přítomných sirných aminokyselin. Cystein a metionin jsou relativně oxylabilní sloučeniny. Při vyšších teplotách mohou vznikat ze sirných aminokyselin degradační produkty, např. z cysteinu vzniká sulfan, který se uplatňuje při vzniku vonných a chuťových látek v tavených sýrech a tavených sýrových omáčkách. Z metioninu vzniká metioninsulfoxid, který lze v organismu využít jako zdroj metioninu. Konečným produktem je ovšem metioninsulfon, který je pro člověka nevyužitelný [35].

Při sterilačním režimu dochází taktéž k denaturaci sérových bílkovin, které se vyskytují v tavených sýrech a tavených sýrových omáčkách po přidavku sušené syrovátky nebo sušeného odstředěného mléka. Rychlost denaturace sérových bílkovin je závislá na obsahu vody v systému. Pokud je obsah vody vyšší, denaturace probíhá již při teplotách kolem 100 °C. Naopak pokud je obsah vody u potravinářských materiálů nižší, k denaturaci dochází až po dlouhém záhřevu při teplotách nad 120 °C. Při sterilačním záhřevu se mléčná bílkovina kasein částečně defosforyluje, čímž dochází k interakci mezi laktózou a proteiny, tzv. Maillardově reakci [38].

Nejvýznamnější a nejrozšířenější reakcí bílkovin při sterilačním záhřevu a následně během skladování je Maillardova reakce. Jedná se o tzv. reakci neenzymového hnědnutí. Maillardova reakce je velice složitý a ne zcela přesně popsáný komplex reakcí, který začíná reakcí redukujících sacharidů s aminosloučeninami, zejména aminokyselinami.

Reagují zde především α -aminoskupiny volných aminokyselin, N-koncové α -aminoskupiny vázaných aminokyselin u peptidů a proteinů a ϵ -aminoskupiny vázaného lyzinu. Do této reakce mohou dále vstoupit karbonylové sloučeniny nebo biogenní aminy. Během těchto reakcí dochází ke vzniku žlutých, hnědých až černých pigmentů, tzv. melanoidinů, které jsou nositeli hnědého zbarvení, a proto se tyto reakce nazývají reakce neenzymového hnědnutí [35, 38].

Neenzymové hnědnutí je taktéž charakteristické při jiných reakcích např. karamelizace cukrů a reakce oxidovaných lipidů s bílkoviny. Sloučeniny, které vzniknou během reakce, jsou sloučeniny nízkomolekulární a relativně stálé [35].

Maillardova reakce probíhá ve třech fázích. Počáteční fáze zahrnuje tvorbu glykosylaminů a Amadoriho přesmyk. Poté následuje dehydratace a fragmentace sacharidů a Streckerova degradace aminokyselin. Konečnou fází jsou reakce meziproductů, vedoucí k vytvoření heterocyklických sloučenin a vysokomolekulárních pigmentů (melanoidinů), které jsou nositeli hnědého zbarvení [35].

Průběh Maillardovy reakce ovlivňuje řada faktorů, můžeme jmenovat především teplotu, dobu reakce, pH prostředí, aktivitu vody, druh a postupnost reaktantu apod. Jednotlivé faktory nepůsobí samostatně, ale vždy současně a navzájem se ovlivňují. S rostoucí teplotou záhřevu se urychluje Maillardova reakce. Při sterilačním záhřevu se mléčná bílkovina kasein částečně defosforyluje, čímž dochází k interakci mezi laktózou a proteiny, tzv. Maillardově reakci. Její průběh lze ovlivnit rychlostí chlazení konečných produktů. Čím rychleji bude výrobek zchlazen, tím menší bude rozsah reakcí neenzymového hnědnutí [35, 38].

Mezi nejvýznamnější sacharidy, které se podílejí v potravinách na Maillardově reakci, se z monosacharidů řadí glukóza, fruktóza a galaktóza, která je reaktivnější než glukóza a laktóza. Galaktóza se v tavených sýrech a tavených sýrových omáčkách vyskytuje díky přídavným surovinám (sušená syrovátka, sušené odstředěné mléko), ale hlavně z přírodních sýrů, ve kterých se hromadí vlivem působení mikroorganismů. Z disacharidů se vyskytují zejména maltóza a laktóza, která je v tavených sýrech obsažena zejména díky použité sušené syrovátce a sušenému mléku [35, 37].

Výsledkem Maillardovy reakce není jenom vznik produktu polymerací, který snadno váže těžké kovy, ale taktéž dochází k zesíťování proteinů a denaturaci syrovátkových bílkovin.

Denaturované syrovátkové bílkoviny poté vytváří vrstvu na tukových kuličkách při teplotě 100 °C a mohou být součástí Maillardovy reakce [35, 38].

U tavených sýrů a tavených sýrových omáček způsobuje Maillardova reakce žluté až hnědé zbarvení a má také významný vliv na aroma taveného sýra a tavených sýrových omáček. Může dojít až ke vzniku nežádoucí příchutě, popisované jako vařivá, připálená, karamelová nebo sírová. Zahraniční literatura uvádí, že současně s neenzymovým hnědnutím dochází také k nárůstu tuhosti tavených sýrů a tavených sýrových omáček. Příčinu lze hledat v Maillardově reakci, při které může dojít k zesíťování proteinů. Její průběh můžeme zpomalit skladováním tavených sýrů a tavených sýrových omáček při nízkých teplotách [39, 40].

2.3.2 Lipidy

Oxidace lipidů je dalším z procesů, které mohou ovlivnit jakost tavených sýrů a tavených sýrových omáček v průběhu sterilace a následného skladování. Při teplotách kolem 20 °C podléhají oxidaci s kyslíkem pouze nenasycené mastné kyseliny. Při vyšších teplotách nad 100 °C dochází k autooxidaci nasycených mastných kyselin. Autooxidace je radikálová řetězová reakce probíhající ve třech stupních (fáze iniciační, propagační a terminační). Iniciační reakce probíhá v prvním stupni a dochází ke vzniku volného vodíkového radikálu a volného radikálu mastné kyseliny. Volné radikály vznikají homolytickým štěpením kovalentní vazby uhlovodíkového řetězce. Pro rozštěpení kovalentní vazby je potřebná energie, kterou molekula mastných kyselin získá např. zahřevem, radioaktivním zářením, ultrafialovým ozářením nebo viditelným světlem [35, 38].

Propagační reakce probíhá ve druhém stupni, kdy vzniklý volný radikál mastné kyseliny je velmi reaktivní a sloučí se s molekulou kyslíku, za vzniku peroxidového radikálu. Ten je taky velmi reaktivní a odštěpí atom vodíku z další molekuly nenasycené mastné kyseliny. Produktem této reakce je nový radikál mastné kyseliny a hydroperoxid, který je nestálý a podléhá dalším interakcím za vzniku většího počtu látek. Uvedené reakce druhého stupně se mohou několikrát opakovat, proto je autooxidace nazývána jako řetězová reakce [35, 38].

Ve třetím stupni probíhá reakce terminační, za podmínek, že koncentrace volných radikálů v reakčním systému je vysoká. Ze dvou volných radikálů, které spolu reagují, vznikne neradikálový, stabilní produkt, kterým končí reakční řetězec. Tyto produkty se nazývají

sekundární a patří zde např. aldehydy, cyklické peroxidy, epoxykyseliny, uhlovodíky atd. [35, 38].

Oxidované produkty lipidů reagují jednak mezi sebou, ale i se složkami potravin nelipidového charakteru, s proteiny. Na reakcích s proteiny se podílejí hlavně volné vodíkové radikály, hydroperoxidové, epoxidové a aldehydové funkční skupiny produktů oxidace. Reakcí oxidovaného tuku s proteinem vznikají tmavé a těkavé makromolekulární nerozpustné látky, které mohou způsobit tuhost tavených sýrů a tavených sýrových omáček [41].

Oxidace mastných kyselin způsobuje kažení potravin, snížení nutriční a sensorické hodnoty tuků, změnu chutě a vytvoření nepříjemného pachu, způsobené přítomnými aldehydy a ketony. Nejběžnější je výskyt acetátu, který se z větší části redukuje na β -hydroxymáselnou kyselinu. Mezi faktory, které ovlivňují rychlost autooxidace, se řadí teplota, koncentrace přítomného kyslíku, světlo a záření [35, 38].

2.3.3 Vitaminy

Sterilační záhřev má rozdílný vliv na obsah jednotlivých vitaminů. V tavených sýrech a tavených sýrových omáčkách je z hlediska obsahu vitaminů nejvíce zastoupený vitamin riboflavin. Sterilační teplota ho prakticky neovlivňuje. Je více citlivý na vystavení světlu během manipulace nebo skladování v průhledném obalu. Vitamin A a niacin jsou za nepřístupu světla během tepelného zákroku relativně stabilní látky a jejich ztráty se pohybují okolo 10 %. Obsah dalších vitaminů v tavených sýrech a tavených sýrových omáčkách je vlivem vysokých teplot snižován. Jedná se převážně o obsah vitamínu pyridoxinu a tiaminu [35, 38, 40].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo sledovat vybrané fyzikálně-chemické a mikrobiologické vlastnosti nesterilovaných a sterilovaných tavených sýrů a tavených sýrových omáček a vyhodnotit vliv sterilačního záhřevu na tyto vlastnosti.

Pro zpracování teoretické části diplomové části byly stanoveny následující cíle:

- charakterizovat tavené sýry a tavené sýrové omáčky,
- popsat suroviny na jejich výrobu a technologii výroby,
- popsat principy sterilačního záhřevu a zaměřit se na vliv sterilace na jednotlivé složky tavených sýrů a tavených sýrových omáček.

Pro zpracování praktické části diplomové části byly stanoveny následující cíle:

- vyrobit modelové vzorky tavených sýrů a tavených sýrových omáček lišících se obsahem tuku a sušiny,
- provést sterilaci vyrobených produktů,
- provést fyzikálně-chemickou analýzu (stanovení pH, obsahu sušiny, amoniaku, tuku a tiobarbiturového čísla), mikrobiologickou analýzu a analýzu barvy nesterilovaných a sterilovaných produktů a vyhodnotit vliv sterilace na tyto parametry
- vyhodnotit získané výsledky, provést jejich diskuzi a zformulovat závěry.

4 METODIKA PRÁCE

4.1 Popis experimentu

V praktické části diplomové práce byly vyrobeny modelové vzorky tavených sýrů a tavených sýrových omáček o různé surovinové skladbě. Po utavení byly modelové vzorky 14 dní skladovány při teplotě 5 ± 2 °C. Polovina vzorků byla po této době podrobena fyzikálně-chemickým analýzám (stanovení pH, sušiny, amoniaku, tuku a tiobarbiturového čísla), mikrobiologické analýze a analýze barvy. Druhá polovina vzorků byla po těchto 14 dnech vysterilována v autoklávu a po dalších 14 dnech skladování při 22 ± 2 °C podrobena výše zmíněným analýzám.

4.2 Výroba a charakteristika modelových vzorků tavených sýrů a tavených sýrových omáček

Modelové vzorky tavených sýrů a tavených sýrových omáček byly vyrobeny z přírodního sýra Eidamská cihla [s obsahem sušiny ~50 % (w/w) a ~30 % (w/w) tuku v sušině; výrobce mlékárna LACRUM Velké Meziříčí, s.r.o.], másla [s obsahem sušiny ~84 % (w/w) a ~82 % (w/w) tuku v sušině; výrobce Madeta, a.s.], pitné vody a směsi fosforečnanových tavicích solí (Na_2HPO_4 – hydrogen fosforečnan disodný, NaH_2PO_4 – dihydrogen fosforečnan sodný, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ – difosforečnan tetrasodný, POLY68 – polyfosforečnan sodný; výrobce Fosfa, a.s.). Surovinové skladby tavených sýrů a tavených sýrových omáček jsou uvedeny v Tab. 1. Kódy vzorků se skládají ze dvou čísel. První označuje obsah sušiny v % (w/w) a druhé obsah tuku v sušině v % (w/w). Např. vzorek označený 30_40 obsahuje 30 % sušiny a 40 % tuku v sušině. Jak je patrné z Tab. 1, byla vyrobena řada 18 vzorků s obsahem sušiny 30 – 55 % (s rozdíly po 5 %) a obsahem tuku v sušině 30 – 50 % (s rozdíly po 10 %). V této matici 6×3 jsou dvě anomálie; první je vzorek s obsahem sušiny 30 % a tuku v sušině 66 % a druhá pak absence vzorku s obsahem sušiny 55 % a tuku v sušině 30 % (tento vzorek nebylo možné z bilančních důvodů z použitých surovin vyrobit). Mezi těmito 18 vzorky jsou dvě tavené sýrové omáčky (vzorky 30_50 a 30_66), zbývající vzorky představují tavené sýry.

Všechny modelové vzorky tavených sýrů a tavených sýrových omáček byly vyráběny v laboratorních podmínkách pomocí tavicího zařízení NIROMIX (výrobce NIROSTA, spol. s r.o.) s nepřímým ohřevem. Připravené suroviny byly odváženy (Váhy Kern 440-

49N, Kern & Sohn GmbH) dle surovinové skladby a nadávkovány do kotle. Eidamská cihla byla nakrájena na menší kousky a vložena do tavicího kotle spolu s máslem, pitnou vodou a tavicími solemi. Směs byla nejdříve 30 sekund dezintegrována při 3000 ot/min. Poté byly otáčky sníženy na 1500 ot/min a směs byla za stálého míchání zahřáta na tavicí teplotu 90 °C. Tato teplota byla za stálého míchání udržována po dobu 3 minut. Celková doba tavení byla přibližně 15 minut (v závislosti na surovinové skladbě, která ovlivňovala přestup tepla). Takto utavená směs byla ihned plněna do 100g hliníkových misek (výška 27,4 mm a průměr 84,1 mm; výrobce Aluflexpack), které byly uzavřeny přivařitelným hliníkovým víčkem pomocí zavíračky (teplota 280 °C, čas 3 s). Modelové vzorky byly vhodně označeny a do 2 hodin od výroby zchlazeny na laboratorní teplotu 22 °C. Následně byly vzorky přesunuty do chladírenského skladu (5 ± 2 °C).

Tab. 1 Surovinové skladby tavených sýrů a tavených sýrových omáček

Obsah sušiny (%)	Obsah tuku (%)	Eidam [g]	Máslo [g]	Voda [g]	Tavicí soli [g]
30	30	1601,0	0,0	1330,0	72,0
	40	1370,0	153,0	1415,0	61,7
	50	1135,0	310,0	1505,0	51,1
	66	760,0	561,0	1650,0	34,2
35	30	1865,0	0,0	1050,0	83,9
	40	1598,0	179,0	1152,0	71,9
	50	1323,0	361,0	1255,0	59,5
40	30	2130,0	0,0	771,0	95,9
	40	1826,0	204,0	888,0	82,2
	50	1520,0	410,0	1000,0	68,4
45	30	2400,0	0,0	493,0	108,0
	40	2057,0	230,0	625,0	92,6
	50	1703,0	465,0	758,0	76,6
50	30	2670,0	0,0	215,0	120,2
	40	2285,0	256,0	360,0	102,8
	50	1890,0	515,0	507,0	85,1
55	40	2510,0	281,0	96,0	113,0
	50	2080,0	567,0	259,0	93,6

Pozn. složení směsi tavicích solí: Na_2HPO_4 – 39 %, NaH_2PO_4 – 18 %, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ – 21 %, POLY68 – 22 %

Polovina vzorků byla při této teplotě skladována po dobu 14 dnů a poté analyzována (=nesterilované vzorky). Druhá polovina vzorků byla po uplynutí 14 dnů sterilována

v autoklávu (FVA/A1, výrobce Fedegari) (=sterilované vzorky). Sterilační režim byl nastaven následovně: doba záhřevu na sterilační teplotu 122 °C: 20 min, doba výdrže sterilační teploty: 40 minut, doba chlazení na min. 50 °C: 50 minut (doba do dosažení sterilační teploty i doba chlazení se lišila v závislosti na surovinové skladbě, která ovlivňuje prostup tepla). Sterilační proces v autoklávu byl řízen pomocí čidel, která měří teplotu v přetlakové komoře autoklávu (tedy nikoli uvnitř konzervy). Dlouhá doba výdrže sterilační teploty byla zvolena z důvodu sledování prostupu tepla v produktech s různým obsahem sušiny a tuku. Prostup tepla uvnitř produktu byl sledován pomocí speciálních dataloggerů, nicméně tyto výsledky nejsou součástí předložené diplomové práce. Po sterilaci byly vzorky skladovány při teplotě 22 ± 2 °C po dobu 14 dnů a následně podrobeny stejným analýzám jako nesterilované vzorky.

4.3 Stanovení obsahu sušiny

Obsah sušiny byl stanoven podle normy ČSN EN ISO 5534 Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny. Obsah sušiny je hmotnostní podíl látek, který se získá po úplném vysušení vzorku do konstantního úbytku hmotnosti při teplotě 102 ± 2 °C. Vyjadřuje se v hmotnostních procentech (% w/w) nebo jako hmotnostní podíl.

Stanovuje se vázkovou metodou po důkladném rozmíchání navážky vzorku v mořském písku (3 g vzorku a 20 g mořského písku). Po rozmíchání vzorku jsou misky vloženy do sušárny (VENTICELL, BMT) a sušeny při teplotě 102 ± 2 °C do konstantního úbytku hmotnosti (cca po dobu 5 hodin). Obsah sušiny byl stanoven u všech vzorků vždy 3krát [42].

Obsah sušiny byl vypočítán podle vzorce:

Obsah vody:

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100$$

W ... obsah vody v % (w/w)

m_1 ... hmotnost vysoušecí misky s pískem [g]

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

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

Obsah sušiny:

$$S = 100 - W$$

S ... obsah sušiny v % (w/w)

4.4 Stanovení pH

Hodnota pH je definována jako záporně vzatý dekadický logaritmus aktivity oxoniových iontů ($pH = -\log c(H^+)$).

Hodnoty pH byly u modelových vzorků tavených sýrů a tavených sýrových omáček měřeny pomocí vpichového pH metru (HI 99161, Hanna Instruments) se skleněnou elektrodou při laboratorní teplotě. Hodnota pH byla stanovena u všech vzorků vždy 3krát.

4.5 Stanovení obsahu tuku

Tuk byl stanoven butyrometricky podle Gerbera. Působením kyseliny sírové dochází k rozpuštění bílkovin a fosfolipidových obalů tukových kuliček. Uvolněný tuk je po odstředění odečten pomocí stupnice na butyrometru v hmotnostních procentech. Pro viditelné rozhraní se používá amylalkohol.

Do skleněné váženky zasazené do pryžové zátky byly naváženy 3 g vzorku a váženka byla zasunuta do tukoměru. Horním otvorem byla do 4/5 těla tukoměru nadávkovaná 65% H_2SO_4 . Poté byl tukoměr vložen do vytemperované vodní lázně o teplotě 75 °C. Během zahřívání byl obsah tukoměrů občas opatrně promíchán tak, aby se vzorek nedostal do stupnice. Po dokonalém rozpuštění vzorku byl přidán 1 ml amylalkoholu a takové množství H_2SO_4 , aby hladina stupnice sahala o cca 5 dílků výše, než je předpokládaná tučnost vzorku. Tukoměr byl uzavřen pryžovou zátkou, dobře promíchán (několikerým otáčením) a vložen do odstředivky vytemperované na 65 °C (12 minut při 6000 ot/min). Po odstředění byl na stupnici okamžitě odečten procentuální obsah tuku ve vzorku. Stanovení obsahu tuku bylo u všech vzorků provedeno 3krát [45].

4.6 Stanovení obsahu amoniaku Conwayovou metodou

Conwayova metoda spočívá ve vytěsnění amoniaku ze vzorku (směs vzorku a destilované vody v poměru 1 : 3) a v jiné části nádoby se absorbuje nasyceným roztokem K_2CO_3 . Množství vytěsněného amoniaku se stanoví titrací H_2SO_4 pomocí směsi indikátorů (metylčerveně a bromkresolová zeleň).

Vnější hrana Conwayovy nádoby byla potřena vrstvou vazelíny. Vzorek byl homogenizován s vodou (5 g vzorku a 15 ml vody po dobu 3 minut) za použití homogenizátoru Stomacher. Poté byl homogenát odstředěn (6000 ot/min, po dobu 10 minut). Do vnitřní části nádoby byl napipetován 1 ml 1% H_3BO_3 s 2 kapkami Conwayova indikátoru. Na jedné straně vnější nádoby byl napipetován 1 ml nasyceného roztoku K_2CO_3 . Na druhé straně nádoby byl napipetován 1 ml odstředěného homogenátu. Po naplnění byla nádoba rychle uzavřena a obsah opatrně promíchán tak, aby došlo ke smísení vzorku s roztokem K_2CO_3 . Po 2 hodinách byl absorbovaný amoniak titrován 0,005 M H_2SO_4 do růžového zbarvení. Stanovení amoniaku bylo provedeno u všech vzorků 3krát [43].

Obsah amoniaku se vypočítá podle vzorce:

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

NH_3 ... obsah amoniaku [mg/kg]

$V_{H_2SO_4}$... spotřeba odměrného roztoku H_2SO_4 [ml]

$F_{H_2SO_4}$... titrační faktor H_2SO_4

4.7 Stanovení tiobarbiturového čísla

Stanovení tiobarbiturového čísla je považováno za jedno z nejrozšířenějších stanovení pro detekci oxidačního poškození potravin, která obsahuje tuk. Tiobarbiturové číslo stanovuje množství malondialdehydu vytvořeného oxidací lipidů. Během tohoto stanovení dochází k reakci malondialdehydu s kyselinou 2- tiobarbiturovou za vzniku barevného komplexu. Absorbance vzniklého komplexu je následně měřena spektrofotometricky při vlnové délce 538 nm nebo 450 nm (podle barvy vzniklého produktu).

Do 50 ml zkumavky bylo naváženo 5 g homogenizovaného vzorku a přidáno 15 ml kyseliny chloristé o koncentraci 3,86 % a 0,5 ml 4,2 % etanolového roztoku butylhydroxytoluenu. Na slepý pokus číslo 1 (vliv zbarvení vzorku) bylo odměřeno do 50 ml zkumavky 5 ml destilované vody, 15 ml kyseliny chloristé o koncentraci 3,86 % a 0,5 ml 4,2 % etanolového roztoku butylhydroxytoluenu. Následně byly vzorky promíchány na vortexu, protřepány po dobu 15 minut na třepačce a odstředěny při 6000 ot/min po dobu 10 minut. Ze zkumavky byl odebrán objem 4 ml supernatantu, který byl napipetován spolu se 4 ml roztoku kyseliny tiobarbiturové do skleněné zkumavky.

Slepý pokus číslo 2 (vliv zabarvení kyseliny tiobarbiturové) byl tvořen 4 ml vzorku a 4 ml destilované vody. Poté byly všechny zkumavky vařeny ve vodní lázni (100 °C) se skleněnými kuličkami po dobu 45 minut. Po ochlazení byly všechny vzorky spolu se slepými pokusy přefiltrovány přes stříkačkový filtr. Absorbance všech vzorků i slepých pokusů byla proměřena na UV-VIS spektrofotometru (UV-1280, výrobce Shimadzu) při vlnové délce 450 nm proti destilované vodě jako blanku. Tiobarbiturové číslo se udává v jednotkách absorbance při dané vlnové délce na 1 mg vzorku (A_{450}/mg). Stanovení tiobarbiturového čísla bylo provedeno u všech vzorků 3krát [44].

Tiobarbiturové číslo se vypočítá ze vzorce:

$$T\check{C} = \frac{A_{vz} - A_{sp1} - A_{sp2}}{m} \cdot 1000$$

TČ... tiobarbiturové číslo [A_{450}/mg]

A_{vz} ... absorbance vzorku

A_{sp1} ... absorbance slepého pokusu 1

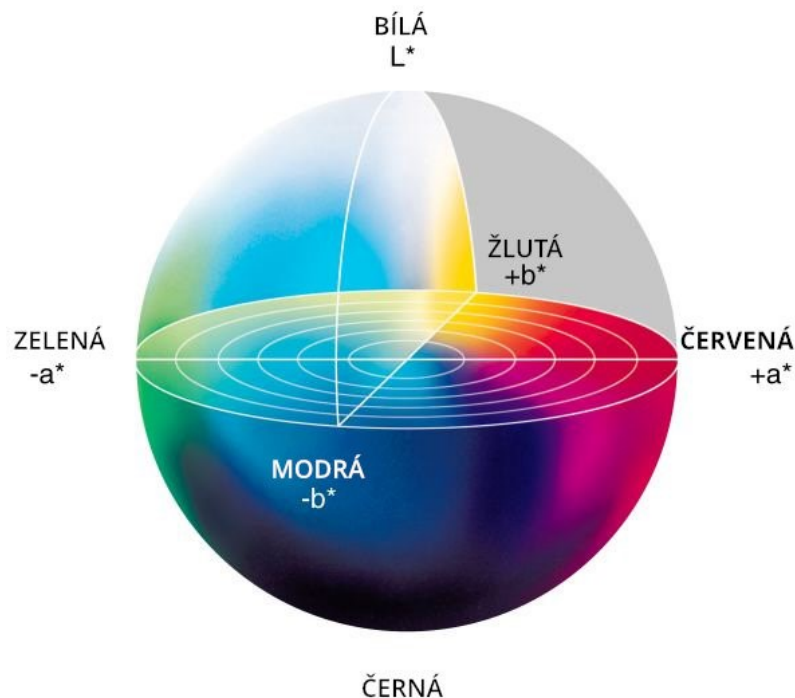
A_{sp2} ... absorbance slepého pokusu 2

m... navážka vzorku [g]

4.8 Analýza barvy

Barva vzorků byla měřena pomocí spektrofotometru UltraScan PRO (výrobce HunterLab) v trojrozměrném prostoru CIE $L^*a^*b^*$. Před samotným měřením byla provedena kalibrace přístroje na černé ($L^*=0$) a bílé ($L^*=100$) pozadí. Na základě změny intenzity procházejícího paprsku byly získány hodnoty souřadnic. Poté byl každý vzorek proměřen 3krát.

Naměřená data byla vyhodnocena pomocí barevného prostoru CIE $L^*a^*b^*$ (viz Obr. 6), kde je barva definována jako bod v trojrozměrném prostoru ve vztahu k souřadnicím. Souřadnice L^* je světlost barvy (jas) a nabývá hodnot od 0 (černá barva) do 100 (bílá barva), a^* vymezuje rozpětí barev od zelené ($-a^*$) po červenou ($+a^*$) a b^* vymezuje rozpětí barev od modré ($-b^*$) po žlutou ($+b^*$). Parametr L^* je umístěn ve vertikální rovině a parametry a^* a b^* v rovině horizontální [46, 47, 48].



Obr. 6 Barevný prostor CIE $L^* a^* b^*$ [49]

4.9 Mikrobiologická analýza

Mikrobiologická analýza zahrnovala stanovení celkového počtu mikroorganismů, aerobních a anaerobních sporulujících mikroorganismů a kvasinek a plísní podle příslušných ČSN norem [50, 51, 52].

Ke stanovení jednotlivých počtů mikroorganismů byl za aseptických podmínek odebrán vzorek taveného sýra a homogenizován se sterilním fyziologickým roztokem v poměru 1: 9. Nesterilované vzorky byly hodnoceny z ředění 10^{-1} a 10^{-2} a sterilované vzorky byly hodnoceny pouze z ředění 10^{-1} (u těchto vzorků nebyly očekávány vysoké počty mikroorganismů). Na Petriho misky s příslušnou půdou byl za aseptických podmínek napipetován objem 0,1 ml vzorku z vhodného ředění. Celkový počet mikroorganismů byl stanoven pomocí počítání KTJ (kolonie tvořící jednotku) na pevné půdě PCA (*Plate Count Agar*), přičemž inkubace probíhala při teplotě 30°C po dobu 72 hodin. Kvasinky a plísně byly stanoveny pomocí počítání KTJ vyrostlých na pevné půdě SAB (Sabouraudova půda). Vzorky byly inkubovány při teplotě 25°C po dobu 72 hodin.

Pro stanovení sporulujících mikroorganismů musela na vzorky nejdříve působit teplota 80 °C po dobu 10 minut. Po ochlazení zkumavek se vzorky byly na Petriho misky napipetován objem 0,1 ml vzorku. Aerobní sporulující mikroorganismy byly stanoveny pomocí počítání KTJ na pevné půdě PCA, inkubace probíhala při teplotě 30 °C po dobu 48 hodin. Počet anaerobních sporulujících mikroorganismů byl počítán pomocí KTJ vyrostlých na pevné půdě RCA (*Reinforced Clostridium Agar*). Vzorky byly inkubovány při teplotě 30 °C po dobu 72 hodin za anaerobních podmínek v termostatu se zvýšenou koncentrací CO₂.

Kolonie tvořící jednotku se vypočítají ze vzorce:

$$KTJ/g = \text{průměrný počet kolonií} \cdot \text{hodnota ředění (kladný exponent)} \cdot 10$$

Rovnice je násobena číslem 10, protože na misku se nanášel objem 0,1 ml, výsledek je přepočítán na 1 g.

Termostatová zkouška spočívá ve vystavení modelových vzorků optimální teplotě pro rozvoj mikroorganismů v termostatu po určitou dobu.

Termostatové zkoušce byly podrobeny vzorky sterilovaných tavených sýrů a tavených sýrových omáček. Vzorky byly uloženy do termostatu na 7 dní při teplotě 37 °C. Po 7 dnech inkubace bylo nejprve zjišťováno, zda došlo ke vzhledovým změnám obalu vzorků (tzv. bombáži), které by ukazovaly na pravděpodobnou aktivitu mikroorganismů.

Následně byla provedena mikrobiologická analýza jako u předchozích vzorků, které nebyly podrobeny termostatové zkoušce. U všech vzorků byl stanoven celkový počet mikroorganismů a aerobní a anaerobní sporulující mikroorganismy. Vzorky po termostatové zkoušce byly (stejně jako sterilované tavené sýry) hodnoceny z ředění 10⁻¹.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Vyhodnocení obsahu sušiny, pH a obsahu tuku

Průměrné hodnoty obsahu sušiny, pH a obsahu tuku jsou zaznamenány v Tab. 2.

Tab. 2 Průměrné hodnoty obsahu sušiny, pH a obsahu tuku ve vzorcích

Vzorek		Nesterilované vzorky			Sterilované vzorky		
Obsah sušiny (%)	Obsah tuku (%)	Sušina (%)	pH	Tuk [%]	Sušina (%)	pH	Tuk (%)
30	30	30,76±0,91	5,78±0,03	9,8±0,3	30,77±0,31	5,97±0,02	10,3±0,8
	40	30,59±0,87	5,85±0,03	12,0±0,7	30,47±0,35	5,99±0,01	12,3±0,8
	50	30,21±0,14	5,96±0,02	15,0±0,7	30,50±0,49	6,01±0,01	15,3±1,8
	66	30,87±0,12	6,08±0,02	19,5±0,7	30,73±0,12	6,07±0,01	21,2±0,6
35	30	35,37±0,35	5,94±0,01	11,7±0,6	35,14±0,09	5,95±0,02	11,3±1,6
	40	35,28±0,23	5,84±0,01	14,7±0,6	35,22±0,08	5,87±0,01	15,0±1,3
	50	35,58±0,09	5,94±0,02	17,3±0,3	35,09±0,07	6,00±0,02	17,8±0,4
40	30	40,52±0,59	5,77±0,04	13,0±0,7	40,27±0,21	5,75±0,02	13,5±0,9
	40	40,35±0,38	5,84±0,01	16,0±1,4	40,20±0,19	5,89±0,02	17,3±0,4
	50	40,64±0,37	6,06±0,03	20,3±1,1	40,34±0,33	6,04±0,02	20,5±0,7
45	30	45,14±0,33	5,79±0,01	13,8±1,0	45,19±0,14	5,82±0,01	14,2±0,3
	40	45,04±0,06	5,72±0,02	19,5±1,4	45,29±0,12	5,80±0,01	19,3±0,8
	50	45,24±0,32	5,84±0,03	22,8±0,4	45,14±0,30	5,86±0,01	22,8±1,1
50	30	50,17±0,22	5,68±0,02	15,0±0,0	50,53±0,23	5,69±0,02	16,2±0,8
	40	50,40±0,24	5,94±0,03	20,5±0,7	50,59±0,43	5,88±0,03	22,3±1,2
	50	50,35±0,28	5,78±0,01	24,5±0,7	50,31±0,28	5,86±0,02	25,8±0,4
55	40	55,23±0,20	5,67±0,02	21,8±1,1	55,13±0,12	5,84±0,02	22,8±1,8
	50	55,15±0,12	5,75±0,02	26,8±0,4	55,23±0,19	5,74±0,03	27,8±1,1

Sušina byla stanovena u všech vzorků vždy 3krát gravimetrickou metodou. Získané hodnoty obsahu sušiny se významně nelišily a potvrdily tak požadovanou sušinu, jak u nesterilovaných, tak u sterilovaných vzorků. Z výsledků můžeme říci, že sterilace tavených sýrů a tavených sýrových omáček nemá vliv na obsah sušiny a potvrdily se tak i předchozí výzkumy. Vzhledem k tomu, že konzervy, do kterých byly vyrobené produkty baleny, byly hermeticky uzavřeny, nedaly se jakékoli změny v obsahu sušiny očekávat [34,53].

Měření pH bylo provedeno pomocí vpichového pH metru se skleněnou elektrodou u všech vzorků vždy 3krát. Na základě získaných dat můžeme říci, že hodnoty pH se u nesterilovaných a sterilovaných vzorků výrazně nelišily a pohybovaly se v rozmezí 5,70 – 6,08.

Optimální hodnoty pH pro tavené sýry se pohybují v rozmezí 5,7 – 6,0. Mírně vyšší hodnoty pH jsou způsobeny tím, že mezi vzorky jsou i tavené sýrové omáčky, které mají vyšší optimální hodnotu pH než tavené sýry. Hodnoty pH pro sýrové omáčky mají optimum v rozmezí 6,5 – 7,0. Tyto hodnoty jsou vytvářeny záměrně, protože tím dochází ke zvýšení negativního náboje proteinů a následnému odpuzování, které způsobuje řidší konzistenci sýrových omáček [17, 54, 55].

Dále můžeme říci, že sterilace v našem případě nemá vliv na hodnoty pH, jak dokazují námi získané výsledky. Jiné výzkumy ale dokazují, že hodnoty pH sterilovaných výrobků klesají o cca 0,1. Podle těchto výzkumů můžeme říci, že během sterilace pravděpodobně nedošlo k hydrolýze přítomných polyfosfátových tavicích solí a změně jejich pufovacích schopností [53, 56].

Další výzkumy dokazují, že hodnoty pH mají vliv na výslednou konzistenci, tvrdost, ale i na reologické vlastnosti tavených sýrů a tavených sýrových omáček. Jemná a řídká konzistence tavených sýrů je charakteristická při vysokých hodnotách pH, naopak tvrdá a drobivá konzistence vzniká při nižších hodnotách pH [57, 58].

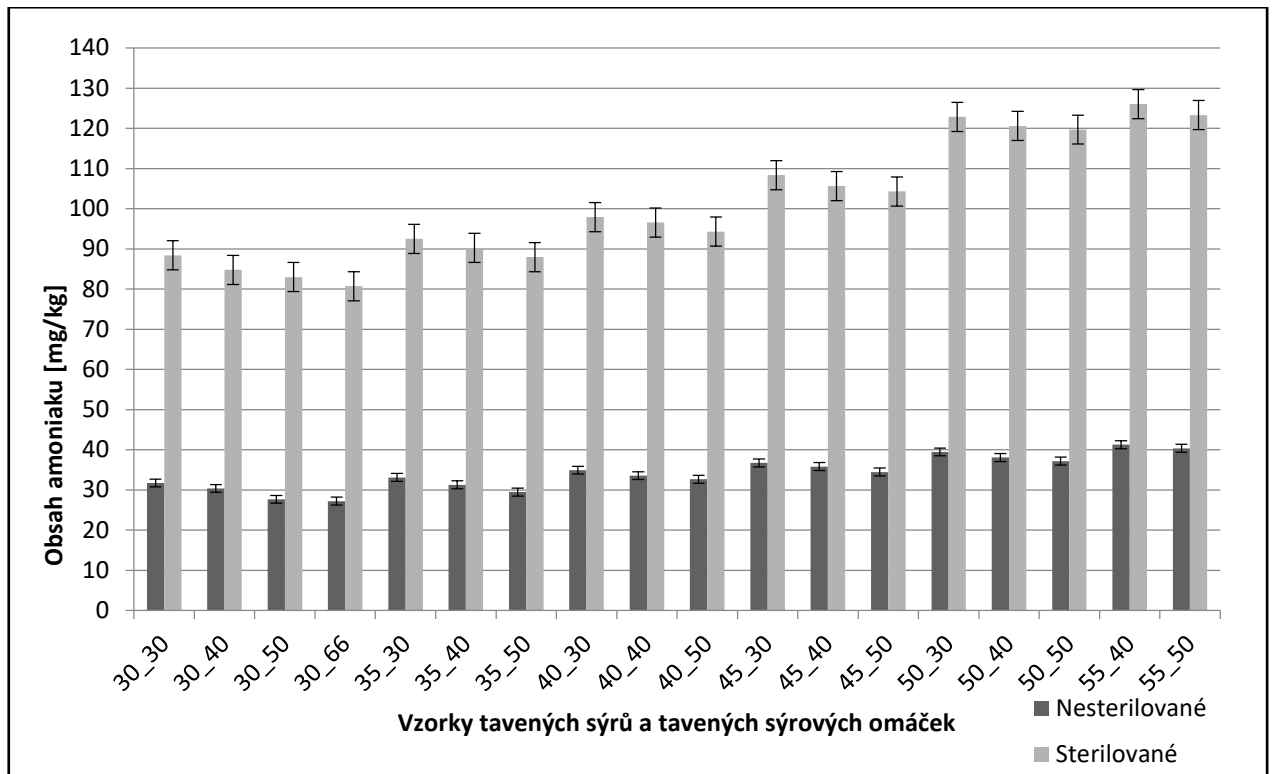
Obsah tuku byl stanoven u všech výrobků butyrometricky vždy 3krát. Ze získaných výsledků můžeme konstatovat, že sterilace nemá vliv na obsah tuku, protože nebyly zjištěny zásadní rozdíly. Obsah tuku v jednotlivých výrobcích pohyboval v rozmezí 9,8 – 27,8 %. Při srovnání očekávaných hodnot obsahu tuku (viz Příloha I) a získaných hodnot obsahu tuku můžeme říci, že získané hodnoty se příliš neodlišují (odchyly jsou v rozmezí 0,0 – 1,4 % pro nesterilované a 0,3 – 1,8 % pro sterilované vzorky) od očekávaného obsahu.

Toto tvrzení je potvrzeno i předchozími výzkumy, ve kterých bylo taktéž zjištěno, že sterilace nemá vliv na obsah tuku ve výrobcích [34, 53].

5.2 Vyhodnocení obsahu amoniaku

Obsah amoniaku byl zjištěn pomocí Conwayovy metody u všech vzorků vždy 3krát. U nesterilovaných výrobků se obsah amoniaku pohyboval v rozmezí 27,20 – 41,25 mg/kg

a u sterilovaných výrobků se pohyboval v rozmezí 88,40 – 126,03 mg/kg. Toto rozmezí hodnot je v souladu s dalšími zdroji, kde je uvedeno, že obsah amoniaku u nesterilovaných vzorků je v rozmezí 27,0 – 41,0 mg/kg a u sterilovaných vzorků 70 – 130 mg/kg. Ze získaných výsledků (viz. Obr. 7) můžeme konstatovat, že obsah amoniaku je 2krát až 3krát vyšší u sterilovaných tavených sýrů a tavených sýrových omáček, z čehož vyplývá, že sterilace ovlivňuje obsah amoniaku.



Obr. 7 Obsah amoniaku v nesterilovaných a sterilovaných vzorcích

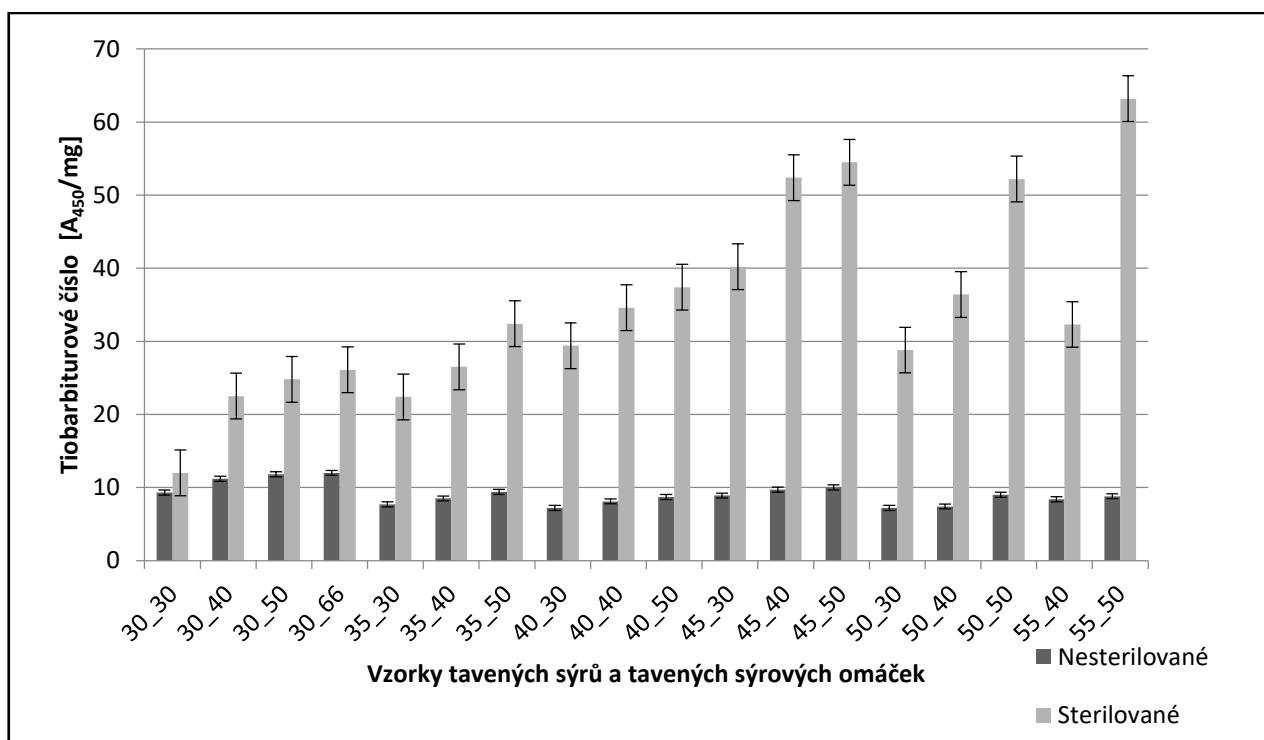
Z grafu je patrné, že obsah amoniaku roste se zvyšujícím se obsahem sušiny, a naopak jeho obsah klesá, se zvyšujícím se obsahem tuku. Nejnižší obsah amoniaku byl zjištěn u nesterilované tavené sýrové omáčky s obsahem sušiny 30 % a obsahem tuku 66 % a nejvyšší u sterilovaného taveného sýru s obsahem sušiny 55 % a obsahem tuku 40 %.

Zvýšené množství amoniaku je důsledkem sterilačního záhřevu, při kterém dochází např. k reakci bílkovin, při které dochází k odštěpení amoniaku a vzniku příčné kovalentní vazby (tzv. isopeptidové vazby) mezi polypeptidovými řetězci, ke Streckerově degradaci aminokyselin, jejímž produktem je právě amoniak nebo následkem Maillardových reakcí [37, 38].

5.3 Vyhodnocení tiobarbiturového čísla

Obsah sekundárních produktů oxidace tuků byl stanoven pomocí tiobarbiturového čísla, spektrofotometricky při vlnové délce 450 nm (žluté zbarvení vznikajícího komplexu). Jedním ze sekundárních produktů oxidace lipidů je malondialdehyd. Malondialdehyd je v potravinách nebezpečný svou speciální mutagenitou. Ze získaných výsledků (viz Obr. 8) můžeme říci, že vyšší tiobarbiturové číslo (vice malondialdehydu) bylo stanoveno u sterilovaných vzorků, protože sterilační záhřev urychluje oxidační reakce. Vlivem sterilačního záhřevu se tiobarbiturové číslo zvýšilo 4krát až 6krát. Z grafu je také možné vyčíst, že se zvyšujícím se obsahem tuku a sušiny roste hodnota tiobarbiturového čísla [31, 34, 59].

U všech vzorků bylo tiobarbiturové číslo stanoveno 3krát. Nárůst tiobarbiturového čísla při vyšších teplotách byl pozorován i během skladování vzorků potravin [31, 34, 59].



Obr. 8 Tioabarbiturové číslo nesterilovaných a sterilovaných vzorků

5.4 Vyhodnocení barvy

Měření barvy probíhalo na přístroji Ultrascan Pro, kdy každý vzorek byl proměřen vždy 3krát.

Barva tavených sýrů a tavených sýrových omáček je dána mlékem, ze kterého jsou vyráběny přírodní sýry. Mléko a poté i výrobky z něj jsou bílé až slabě krémové barvy. Tato barva je dána mléčným tukem, který je ve formě tukových kuliček, ale i přirozeně obsaženými barvivy. Jedná se o retinol a karotenoidy. Během sterilace a skladování může dojít ke změně barvy, která je způsobena neenzymovým hnědnutím (Maillardova reakce). Jedná se o reakce, během kterých dochází k reakci redukujících sacharidů (laktózy) s aminosloučeninami za vzniku hnědých pigmentů (melanoidinů) [59, 60].

Sterilačním zahřevem obvykle dochází ke změně barvy z krémově bílé do oranžovo-hnědého zbarvení, jehož intenzita závisí na zvoleném sterilačním režimu [60].

Hodnoty jasů (L^*) (viz Tab. 3) se u nesterilovaných a sterilovaných výrobků lišily. U nesterilovaných se hodnoty pohybují v rozmezí 84,30 – 90,40, zatímco u sterilovaných v rozmezí 68,38 – 86,28. Na stupnici od 0 (černá) do 100 (bílá) se všechny výrobky řadí spíše do světlejší části.

Tab. 3 Průměrné hodnoty jasů (L^*), přechodu mezi zelenou a červenou (a^*) a přechodu mezi modrou a žlutou (b^*) nesterilovaných a sterilovaných vzorků

Vzorek		Nesterilované vzorky			Sterilované vzorky		
Obsah sušiny (%)	Obsah tuku (%)	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
30	30	88,68±0,15	-1,37±0,02	14,90±0,18	83,61±0,29	2,06±0,07	17,86±0,13
	40	89,47±0,08	-0,94±0,00	15,28±0,20	84,62±1,0	1,61±0,39	17,49±1,52
	50	89,61±0,39	-0,60±0,01	16,47±0,13	85,70±0,28	1,04±0,08	19,32±0,17
	66	88,12±1,70	-0,13±0,08	17,80±0,87	85,45±0,32	0,91±0,13	20,14±0,49
35	30	90,07±0,09	-0,95±0,02	13,41±0,12	84,68±0,19	3,07±0,33	16,80±0,10
	40	90,18±0,10	-0,78±0,02	14,82±0,08	84,11±0,15	3,20±0,14	19,13±0,27
	50	90,32±0,04	-0,59±0,01	15,70±0,03	86,28±0,14	1,61±0,09	18,71±0,14
40	30	87,35±0,95	-0,84±0,07	15,50±0,49	81,66±0,08	3,56±0,19	19,44±0,34
	40	89,81±0,25	-0,45±0,03	15,11±0,33	83,48±0,23	3,25±0,03	19,58±0,49
	50	90,40±0,06	-0,13±0,01	16,03±0,03	82,20±0,35	5,11±0,13	21,10±0,34
45	30	84,88±0,56	-0,80±0,05	18,28±0,22	77,05±0,16	5,89±1,01	25,03±0,99
	40	86,83±0,15	-0,35±0,02	17,13±0,08	82,68±0,53	4,26±0,32	21,51±0,85
	50	88,95±0,37	-0,12±0,03	16,81±0,40	81,89±0,63	5,71±0,21	20,56±0,44
50	30	84,30±0,22	-0,70±0,01	20,10±0,95	68,38±0,82	8,43±0,14	27,17±1,55
	40	86,83±0,42	-0,24±0,08	17,39±0,44	79,83±1,10	6,41±0,46	23,23±0,32
	50	88,22±0,23	0,16±0,08	17,38±0,12	78,92±0,53	7,00±0,14	24,87±0,60
55	40	84,84±1,67	0,20±0,013	22,13±1,97	71,88±0,72	8,59±0,09	27,11±1,76
	50	86,60±1,53	0,45±0,07	21,51±1,75	74,78±1,47	7,57±0,60	25,13±1,14

Ze získaných hodnot je patrné, že nesterilované výrobky mají vyšší jas, což může být způsobeno tím, že u sterilovaných výrobků dochází ke změně barvy během sterilace. Jak dokazují i ostatní výzkumy, na hodnotu jasu má vliv nejen sterilací teplota, ale i skladovací. Se zvyšující se teplotou sterilace a skladování klesá hodnota jasu, dochází tedy ke tmavnutí vzorků. Tmavnutí je způsobeno zejména produkty Maillardových reakcí, což jsou hnědé pigmenty. Nejtmavší byly sterilované tavené sýry s nejvyšším obsahem sušiny, které vykazovaly hodnotu jasu nižší než 80 [59, 60].

Hodnoty přechodu mezi zelenou a červenou barvou (viz Tab. 3) se u nesterilovaných a sterilovaných výrobků značně liší. Důsledkem sterilace vykazuje většina vzorků posun z oblasti zelené ($-a^*$) do červené (a^*), z čehož vyplývá, že hodnota a^* je vysoce závislá na teplotě, jak potvrzují i další výzkumy [59, 60]. Hodnota a^* se u nesterilovaných vzorků pohybovala v rozmezí $-1,37 - 0,45$. Hodnoty se zvyšovaly jak s rostoucím obsahem sušiny, tak i s rostoucím obsahem tuku. Sterilované tavené sýry a tavené sýrové omáčky vykazovaly hodnoty a^* v intervalu $0,91 - 8,59$.

Ze získaných hodnot můžeme usoudit, že přechod mezi modrou a žlutou barvou (viz Tab. 3) se u nesterilovaných a sterilovaných výrobků značně liší. Důsledkem sterilace se hodnota zvyšuje a vzorky jsou následkem sterilace více žluté. Všechny vzorky mají kladnou hodnotu (b^*) z čehož vyplývá, že hodnota b^* je vysoce závislá na teplotě. Taktéž je tato hodnota značně ovlivněna neenzymovým hnědnutím, při kterém dochází důsledkem sterilace ke změně barvy z krémově bílé do oranžovo-žluté barvy [60]. Nesterilované produkty vykazovaly hodnoty b^* mezi $13,41$ a $22,13$. Vlivem sterilace došlo k nárůstu hodnot b^* na $16,80 - 27,17$. Obsah sušiny ani obsah tuku neměly na hodnoty b^* jednoznačný vliv.

5.5 Vyhodnocení mikrobiologické analýzy

U všech vzorků byl stanoven celkový počet mikroorganismů, aerobní a anaerobní sporulující mikroorganismy, kvasinky a plísně. U sterilovaných tavených sýrů a tavených sýrových omáček byla navíc provedena termostatová zkouška, po které byl ve vzorcích stanoven celkový počet mikroorganismů a obsah aerobních a anaerobních sporulátů. Získané výsledky byly využity k vyhodnocení účinku sterilacího záhřevu. Z výsledků je patrné, že vlivem sterilacího záhřevu došlo ke snížení počtu mikroorganismů (viz Tab. 4 – 6). Tato skutečnost byla potvrzena i termostatovou zkouškou.

Tab. 4 Počet KTJ na 1 g vzorku – celkový počet mikroorganismů a kvasinky a plísně

Počet KTJ na 1 g vzorku					
Vzorek		Nesterilované vzorky		Sterilované vzorky	
Obsah sušiny (%)	Obsah tuku (%)	CPM	Kvasinky a plísně	CPM	Kvasinky a plísně
30	30	$1,70 \cdot 10^3$	0,00	$3,00 \cdot 10^2$	0,00
	40	$6,75 \cdot 10^2$	$2,50 \cdot 10^1$	$1,50 \cdot 10^2$	0,00
	50	$2,25 \cdot 10^2$	$5,00 \cdot 10^1$	0,00	$5,00 \cdot 10^1$
	66	$2,75 \cdot 10^2$	$5,00 \cdot 10^1$	$5,00 \cdot 10^1$	0,00
35	30	$3,00 \cdot 10^2$	0,00	$5,00 \cdot 10^1$	0,00
	40	$1,00 \cdot 10^2$	0,00	$5,00 \cdot 10^1$	0,00
	50	$1,50 \cdot 10^2$	0,00	0,00	0,00
40	30	$5,25 \cdot 10^2$	$2,50 \cdot 10^1$	$5,00 \cdot 10^1$	0,00
	40	$4,25 \cdot 10^2$	$2,50 \cdot 10^1$	$5,00 \cdot 10^1$	0,00
	50	$1,50 \cdot 10^2$	0,00	$5,00 \cdot 10^1$	0,00
45	30	$1,00 \cdot 10^3$	0,00	$1,00 \cdot 10^2$	$5,00 \cdot 10^1$
	40	$1,25 \cdot 10^2$	0,00	$2,00 \cdot 10^2$	$5,00 \cdot 10^1$
	50	$7,50 \cdot 10^1$	0,00	$1,50 \cdot 10^2$	0,00
50	30	$2,25 \cdot 10^2$	0,00	$2,50 \cdot 10^2$	0,00
	40	$4,50 \cdot 10^2$	0,00	$3,00 \cdot 10^2$	0,00
	50	$1,00 \cdot 10^2$	0,00	$2,00 \cdot 10^2$	$5,00 \cdot 10^1$
55	40	$2,03 \cdot 10^3$	$3,50 \cdot 10^2$	$1,50 \cdot 10^2$	0,00
	50	$3,25 \cdot 10^2$	$7,50 \cdot 10^1$	$2,00 \cdot 10^2$	$5,00 \cdot 10^1$

Při mikrobiologickém vyšetření byly u nesterilovaných výrobků zjištěny hodnoty v rozmezí: celkový počet mikroorganismů $7,50 \cdot 10^1$ – $2,03 \cdot 10^3$ KTJ/g, kvasinky a plísně 0,00 – $3,50 \cdot 10^2$ KTJ/g, anaerobní sporulující mikroorganismy $2,50 \cdot 10^1$ – $6,25 \cdot 10^2$ KTJ/g a aerobní sporulující mikroorganismy $5,00 \cdot 10^1$ – $6,50 \cdot 10^2$ KTJ/g. U sterilovaných výrobků byly zjištěny nižší hodnoty v rozmezí: celkový počet mikroorganismů 0,00 – $3,00 \cdot 10^2$ KTJ/g, kvasinky a plísně 0,00 – $5,00 \cdot 10^1$ KTJ/g, anaerobní sporulující mikroorganismy 0,00 – $1,00 \cdot 10^2$ KTJ/g a aerobní sporulující mikroorganismy 0,00 – $1,00 \cdot 10^2$ KTJ/g. Hodnoty po termostátové zkoušce: celkový počet mikroorganismů 0,00 – $3,00 \cdot 10^2$ KTJ/g, anaerobní sporulující mikroorganismy 0,00 – $1,50 \cdot 10^2$ KTJ/g a aerobní sporulující mikroorganismy 0,00 – $4,50 \cdot 10^2$ KTJ/g.

Tab. 5 Počet KTJ na 1 g vzorku – anaerobní a aerobní sporulující mikroorganismy

Počet KTJ na 1 g vzorku					
Vzorek		Nesterilované vzorky		Sterilované vzorky	
Obsah sušiny (%)	Obsah tuku (%)	Anaerobní spor. MO	Aerobní spor. MO	Anaerobní spor. MO	Aerobní spor. MO
30	30	$6,00 \cdot 10^2$	$5,00 \cdot 10^1$	$5,00 \cdot 10^1$	0,00
	40	$5,00 \cdot 10^1$	$1,25 \cdot 10^2$	$5,00 \cdot 10^1$	0,00
	50	$3,00 \cdot 10^2$	$6,50 \cdot 10^2$	0,00	$1,00 \cdot 10^2$
	66	$1,00 \cdot 10^2$	$1,25 \cdot 10^2$	0,00	$5,00 \cdot 10^1$
35	30	$2,50 \cdot 10^1$	$5,75 \cdot 10^2$	$1,00 \cdot 10^2$	$5,00 \cdot 10^1$
	40	$1,50 \cdot 10^2$	$1,00 \cdot 10^2$	$1,00 \cdot 10^2$	$5,00 \cdot 10^1$
	50	$3,00 \cdot 10^2$	$7,50 \cdot 10^1$	$5,00 \cdot 10^1$	0,00
40	30	$6,00 \cdot 10^2$	$1,75 \cdot 10^2$	0,00	0,00
	40	$3,75 \cdot 10^2$	$1,25 \cdot 10^2$	0,00	0,00
	50	$3,00 \cdot 10^2$	$7,50 \cdot 10^1$	0,00	$5,00 \cdot 10^1$
45	30	$1,00 \cdot 10^2$	$3,75 \cdot 10^2$	0,00	$5,00 \cdot 10^1$
	40	$3,50 \cdot 10^2$	$1,24 \cdot 10^2$	$5,00 \cdot 10^1$	$5,00 \cdot 10^1$
	50	$1,25 \cdot 10^2$	$3,25 \cdot 10^2$	$5,00 \cdot 10^1$	$5,00 \cdot 10^1$
50	30	$7,50 \cdot 10^1$	$1,00 \cdot 10^2$	0,00	0,00
	40	$6,25 \cdot 10^2$	$6,50 \cdot 10^2$	0,00	0,00
	50	$6,25 \cdot 10^2$	$1,00 \cdot 10^2$	$5,00 \cdot 10^1$	$1,00 \cdot 10^2$
55	40	$7,50 \cdot 10^1$	$3,50 \cdot 10^2$	0,00	$1,00 \cdot 10^2$
	50	$3,25 \cdot 10^2$	$1,75 \cdot 10^2$	$5,00 \cdot 10^1$	0,00

Ze získaných výsledků můžeme říci, že působením sterilační teploty došlo ke snížení počtu sledovaných mikroorganismů asi o jeden řád, nikoli k jejich úplné inaktivaci. Po termostátové zkoušce byl snížen celkový počet mikroorganismů a anaerobní sporulující mikroorganismy, ale počet aerobních sporulujících mikroorganismů byl vyšší.

Mikrobiologická analýza prokázala ve sterilovaných výrobcích přítomnost sledovaných mikroorganismů, a to i po termostátové zkoušce, což nekoresponduje s výzkumem [61], kde je uvedeno, že ani po 6 měsících skladování ve vzorcích nebyly detekovány žádné mikroorganismy. Ze získaných výsledků můžeme tedy konstatovat, že použitý sterilační záhřev ($122 \text{ }^\circ\text{C}$ 40 minut) nebyl dostatečný pro inaktivaci přítomné mikroflóry. Toto tvrzení je podloženo i daty, které byly získány z dataloggerů umístěných během sterilace uvnitř konzerv, z nichž je patrné, že u některých vzorků nebyla tato teplota ani po 40 minutách výdrže dosažena. Jednalo se zejména o vzorky s vyšším obsahem sušiny a tuku a zároveň vzorky, které byly v koši umístěny uprostřed (tato data nejsou součástí předložené diplomové práce).

Tab. 6 Počet KTJ na 1 g vzorku – celkový počet mikroorganismů, anaerobní a aerobní sporující mikroorganismy po termostatové zkoušce

Počet KTJ na 1 g vzorku				
Vzorek		Termostatová zkouška		
Obsah sušiny (%)	Obsah tuku (%)	CPM	Anaerobní spor.MO	Aerobní spor.MO
30	30	$1,50 \cdot 10^2$	$1,00 \cdot 10^2$	$3,50 \cdot 10^2$
	40	$1,00 \cdot 10^2$	$5,00 \cdot 10^1$	$3,50 \cdot 10^2$
	50	$5,00 \cdot 10^1$	0,00	$1,50 \cdot 10^2$
	66	$2,00 \cdot 10^2$	0,00	0,00
35	30	0,00	0,00	0,00
	40	0,00	$1,00 \cdot 10^2$	$4,50 \cdot 10^2$
	50	$3,00 \cdot 10^2$	$1,50 \cdot 10^2$	0,00
40	30	0,00	$5,00 \cdot 10^1$	0,00
	40	$3,00 \cdot 10^2$	$5,00 \cdot 10^1$	0,00
	50	0,00	$1,00 \cdot 10^2$	$1,50 \cdot 10^2$
45	30	0,00	0,00	0,00
	40	0,00	0,00	0,00
	50	0,00	0,00	$1,50 \cdot 10^2$
50	30	$5,00 \cdot 10^1$	0,00	0,00
	40	$1,00 \cdot 10^2$	0,00	0,00
	50	$5,00 \cdot 10^1$	0,00	$1,00 \cdot 10^2$
55	40	$1,00 \cdot 10^2$	$5,00 \cdot 10^1$	$2,00 \cdot 10^2$
	50	$2,00 \cdot 10^2$	$2,00 \cdot 10^2$	$1,50 \cdot 10^2$

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zjistit, zda má sterilační záhřev vliv na jakost tavených sýrů a tavených sýrových omáček. Pro tuto práci byl zvolen sterilační záhřev 122 °C po dobu 40 minut.

V rámci teoretické části práce byla popsána charakteristika, suroviny a technologický postup výroby sterilovaných tavených sýrů a tavených sýrových omáček. Dále byl popsán sterilační režim a jeho vliv na složky sterilovaných tavených sýrů a tavených sýrových omáček.

V praktické části bylo vyrobeno 18 různých vzorků tavených sýrů a tavených sýrových omáček lišících se obsahem sušiny a tuku v sušině. Polovina vzorků byla následně podrobena sterilačnímu záhřevu. U všech vzorků (tedy jak 18 nesterilovaných, tak i 18 sterilovaných) byla provedena fyzikálně-chemická analýza (stanovení pH, obsahu sušiny, amoniaku, tuku a tiobarbiturového čísla), mikrobiologická analýza a analýza barvy.

Ze získaných výsledků můžeme říci, že zvolený sterilační režim nemá vliv na obsah sušiny, tuku a hodnoty pH, ale ovlivnil množství amoniaku, hodnoty tiobarbiturového čísla, barvu a přítomnost sledovaných mikroorganismů. Působením sterilačního záhřevu došlo ke snížení počtu přítomných mikroorganismů, nikoli jejich úplné deaktivaci, jak bylo předpokládáno. Z toho lze vyvodit závěr, že sterilační režim nebyl dostatečný a vyrobené produkty nelze považovat za bezpečné s ohledem na zdravotní nezávadnost. Sterilace dále způsobila změny barvy tavených sýrů a tavených sýrových omáček. Došlo ke snížení hodnoty L^* a naopak zvýšení hodnot a^* a b^* , což znamená, že sterilované vzorky byly oproti nesterilovaným tmavší a více červené a žluté. Obsah amoniaku, jakožto degradačního produktu bílkovin, a tiobarbiturové číslo, které je indikátorem sekundárních produktů oxidace tuků, se následkem sterilace zvýšily.

Předložená diplomová práce může sloužit jako výchozí studie pro další experimenty, které by mohly být zaměřeny na optimalizaci sterilačního režimu a dále na založení skladovacího pokusu a analýzu vyrobených produktů při různých skladovacích teplotách.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1.] FOX, P. F. *Cheese: chemistry, physics, and microbiology*. 3rd ed. London: Elsevier, 2004. ISBN 01-226-3653-8.
- [2.] KAPOOR, Rohit a Lloyd E. METZGER. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects—A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2008, 7(2), 194-214. ISSN 1541-4337. Dostupné z: doi:10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x
- [3.] MCSWEENEY, P.L.H., G. OTTOGALLI a P.F. FOX. Diversity of cheese varieties: An overview. *Major Cheese Groups* [online]. Elsevier, 2004, 2004, s. 1-23 [cit. 2020-10-24]. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. ISBN 9780122636530. Dostupné z: doi:10.1016/S1874-558X(04)80037-X
- [4.] Vyhláška 274/2019 ze dne 15. října 2019, kterou se mění vyhláška č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje.
- [5.] Processed cheese sauces with different preservative systems, 2015. *Integrative Food, Nutrition and Metabolism* [online]. 2(1) [cit. 2021-04-06]. ISSN 20568339. Dostupné z: doi:10.15761/IFNM.1000116
- [6.] JANŠTOVÁ, Bohumíra. *Technologie mléka a mléčných výrobků*. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012. ISBN 978-80-7305-635-3.
- [7.] BUŇKA, František a Michaela ČERNÍKOVÁ, 2010. Základní charakteristika tavených sýrů a jejich analogů. *Potravinářská revue* [online]. Praha: AGRAL, 7(6), 29-32 [cit. 2020-10-24].
- [8.] CARIC, 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. 2020-10-23]. ISBN 978-1-4613-6137-4. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4615-2648-3_15
- [9.] GAJDUŠEK, Stanislav. *Mlékařství II*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1998. ISBN 80-7157-342-6.
- [10.] TAMIME, A. Y., ed. *Processed Cheese and Analogues* [online]. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2011 [cit. 2020-10-23]. ISBN 9781444341850. Dostupné z: doi:10.1002/9781444341850

- [11.] GUINEE, T.P. The role of dairy ingredients in processed cheese products. *Dairy-Derived Ingredients* [online]. Elsevier, 2009, 2009, s. 507-538 [cit. 2020-10-24]. ISBN 9781845694654.
- [12.] GUNASEKARAN, Sundaram a M. Mehmet AK. *Cheese Rheology and Texture* [online]. CRC Press, 2002 [cit. 2020-10-30]. ISBN 9780429135835. Dostupné z: doi:10.1201/9781420031942
- [13.] ČSN ISO 11036 (560034) *A Senzorická analýza - Metodologie - Profil textury*. Praha: Český normalizační institut, 1997. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [14.] ALVAREZ, Valente B. Sensory Evaluation of Milk and Milk Products. CHANDAN, Ramesh C., Arun KILARA a Nagendra P. SHAH, ed. *Dairy Processing and Quality Assurance* [online]. Chichester, UK: John Wiley, 2015, 2015-10-30, s. 467-487 [cit. 2020-11-04]. ISBN 9781118810279. Dostupné z: doi:10.1002/9781118810279.ch19
- [15.] LEE, S.K, R.J BUWALDA, S.R EUSTON, E.A FOEGEDING a A.B MCKENNA. Changes in the rheology and microstructure of processed cheese during cooking. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2003, 36(3), 339-345 [cit. 2020-11-04]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/S0023-6438(03)00012-4
- [16.] GUINEE, T.P. a B.T. O'KENNEDY. Reducing salt in cheese and dairy spreads. *Reducing Salt in Foods* [online]. Elsevier, 2007, 2007, s. 316-357 [cit. 2020-11-05]. ISBN 9781845690182. Dostupné z: doi:10.1533/9781845693046.3.332
- [17.] 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.
- [18.] 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. 2020-11-05]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1006/fstl.2001.0820

- [19.] PAVELKA, Antonín. *Mléčné výrobky pro vaše zdraví*. Brno: Litera, 1996. ISBN 80-85763-09-5.
- [20.] CUNHA, Clarissa R., Ana Isabel DIAS a Walkiria H. VIOTTO. Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. *Food Research International* [online]. 2010, 43(3), 723-729 [cit. 2020-11-10]. ISSN 09639969. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2009.11.009
- [21.] *Naše madetoviny, aneb, Ze života Madety*. České Budějovice: Madeta, 2012.
- [22.] LAAMAN, Thomas R., ed. *Hydrocolloids in Food Processing* [online]. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2010 [cit. 2020-11-16]. ISBN 9780813814490. Dostupné z: doi:10.1002/9780813814490
- [23.] ALVES, Rosa M. Vercelino, Ariene G.F. VAN DENDER, Sandra B.M. JAIME, Izildinha MORENO a Beatriz C. PEREIRA. Effect of light and packages on stability of spreadable processed cheese. *International Dairy Journal* [online]. 2007, 17(4), 365-373 [cit. 2020-11-21]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2006.04.004
- [24.] VALÁŠEK, Pavel a Otakar ROP. *Základy konzervace potravin: doplňkové texty k základním kurzům* [online]. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2007 [cit. 2020-11-24]. ISBN 978-80-7318-587-9.
- [25.] VALENTAS, Kenneth J., Enrique ROTSTEIN a R. Paul SINGH. *Handbook of Food Engineering Practice*. New York: CRC Press, 1997, 736 s. ISBN 9780849386947.
- [26.] INGR, Ivo. *Základy konzervace potravin*. Vyd. 3., přeprac. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. ISBN 978-80-7375-110-4.
- [27.] KYZLINK, Vladimír. *Základy konzervace potravin*. 2., přeprac. vyd. Praha: SNTL, 1980.
- [28.] BERK, Zeki. Thermal processing. *Food Process Engineering and Technology* [online]. Elsevier, 2018, 2018, s. 399-420 [cit. 2020-11-24]. ISBN 9780128120187. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-812018-7.00017-8

- [29.] 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. 2020-11-24]. ISBN 9781118406281. Dostupné z: doi:10.1002/9781118406281.ch6
- [30.] BUŇKA, František a Jiří HRABĚ, 2006. Tavené sýry. *Potravinářská revue* [online]. Praha: AGRAL, (4), 13-16 [cit. 2021-01-05].
- [31.] BUBELOVÁ, Zuzana et al., 2015. The effect of long-term storage on the quality of sterilized processed cheese. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 52(8), 4985-4993 [cit. 2021-04-07]. ISSN 0022-1155. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-014-1530-4
- [32.] LAZÁRKOVÁ, Z. et al., 2010. Application of different sterilising modes and the effects on processed cheese quality. *Czech Journal of Food Sciences* [online]. 28(3), 168-176 [cit. 2021-04-07]. ISSN 12121800. Dostupné z: doi:10.17221/44/2008-CJFS
- [33.] GLASS, K., DOYLE, M.E. Safety of Processed Cheese, A Review of the Scientific Literature. *Food Research Institute*. University of Wisconsin Madison, 2005. 1-11.
- [34.] BUŇKA, F. Vliv sterilačního záhřevu na jakost tavených sýrů určených pro krizové situace. *Dizertační práce*. VVŠ PV, Fakulta ekonomiky a managementu, Vyškov, 2004, 111 s.
- [35.] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ, 2009. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [36.] FRIEDMAN, M. Food Browning and Its prevention: An Overview. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 44, number 3. 1996.
- [37.] 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. 2021-01-15]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2004.02.008
- [38.] DAVÍDEK, Jiří, Gustav JANÍČEK a Jan POKORNÝ. *Chemie potravin*. Praha: SNTL, 1983. ISBN 04-815-83

- [39.] SCHÄR, W a J.O BOSSET, 2002. Chemical and Physico-chemical Changes in Processed Cheese and Ready-made Fondue During Storage. A Review. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 35(1), 15-20 [cit. 2021-01-16]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1006/fstl.2001.0820
- [40.] KRISTENSEN, Dorthe et al., 2001. Influence of light and temperature on the colour and oxidative stability of processed cheese. *International Dairy Journal* [online]. 11(10), 837-843 [cit. 2021-01-20]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/S0958-6946(01)00105-4
- [41.] COLLINS, Yvonne F., Paul L.H. MCSWEENEY a Martin G. WILKINSON, 2003. Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. *International Dairy Journal* [online]. 13(11), 841-866 [cit. 2021-01-20]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/S0958-6946(03)00109-2
- [42.] ČSN EN ISO 5534 (571003) Sýry a tavené sýry - Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda), Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [43.] PIPEK, Petr, 1991. *Návody pro laboratorní cvičení z technologie neúdržných potravin*. 2. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. ISBN 80-7080-104-2.
- [44.] KING, R.L., 1962. Oxidation of Milk Fat Globule Membrane Material. I. Thiobarbituric Acid Reaction as a Measure of Oxidized Flavor in Milk and Model Systems. *Journal of Dairy Science* [online]. 45(10), 1165-1171 [cit. 2021-03-15]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.S0022-0302(62)89590-3
- [45.] KUBÁŇ, Vlastimil a Petr KUBÁŇ, 2007. *Analýza potravin*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 978-80-7375-036-7.
- [46.] Understanding the CIE L*C*h Color Space, 2006. KONICA MINOLTA [online]. USA [cit. 2021-04-09]. Dostupné z: <https://sensing.konicaminolta.us/blog/understanding-thecie-lch-color-space/>
- [47.] KUEHNI, Rolf G. *Color* [online]. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2012 [cit. 2021-04-09]. ISBN 9781118533567. Dostupné z: doi:10.1002/9781118533567

- [48.] CARTER, E.C et al., 2018. *CIE 015:2018 Colorimetry: 4th Edition*. 4th edition. Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage. CIE 015: 2018: 2018. ISBN 978-3-902842-13-8.
- [49.] Grafické znázornění LAB modelu, 2018. In: Kopina [online]. Olomouc [cit. 2021-04-09]. Dostupné z: <https://kopina.cz/terminologie/36958/lab/Seznam>
- [50.] ČSN EN ISO 4833 (560083) *Mikrobiologie potravin a krmiv - Horizontální metoda pro stanovení celkového počtu mikroorganismů - Technika počítání kolonií vykultivovaných při 30 °C*, 2003. Praha: Český normalizační institut.
- [51.] ČSN ISO 6611 (570109) *Mléko a mléčné výrobky - Stanovení počtu jednotek vytvářejících kolonie kvasinek a/nebo plísní - Technika počítání kolonií vykultivovaných při 25 °C*, 2009. Praha: Český normalizační institut
- [52.] ČSN 56 0100 (560100) *Mikrobiologické zkoušení poživatin, předmětů běžného užívání a prostředí potravinářských provozoven*, 1968. Praha: Vydavatelství úřadu pro normalizaci a měření.
- [53.] LAZÁRKOVÁ, ZUZANA et al., 2011. The effect of different heat sterilization regimes on the quality of canned processed cheese. *Journal of Food Process Engineering* [online]. **34**(6), 1860-1878 [cit. 2021-04-16]. ISSN 01458876. Dostupné z: doi:10.1111/j.1745-4530.2009.00376.x
- [54.] LEE, S.K. a H. KLOSTERMEYER, 2001. The Effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese Spreads. *LWT - Food Science and Technology* [online]. **34**(5), 288-292 [cit. 2021-04-16]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1006/fstl.2001.0761
- [55.] BUŇKA, František, 2017. *Tavené sýry a faktory ovlivňující jejich konzistenci: Processed cheese and factors influencing its consistency : teze přednášky k profesorskému jmenovacímu řízení v oboru Potravinářská chemie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, nakladatelství VUTIUM. ISBN 978-80-214-5460-6.
- [56.] MOLINS, Ricardo A. *Phosphates in Food* [online]. Routledge, 2018 [cit. 2021-04-19]. ISBN 9780203743591. Dostupné z: doi:10.1201/9780203743591
- [57.] MULSOW, B.B., D. JAROS a H. ROHM, 2007. Processed Cheese and Cheese Analogues. TAMIME, Adnan, ed. *Structure of Dairy Products* [online].

- Oxford, UK: Blackwell Publishing, s. 210-235 [cit. 2021-04-16]. ISBN 9780470995921. Dostupné z: doi:10.1002/9780470995921.ch8
- [58.] CARIC, M., GANTAR, M., a KALAB, M., Effects of Emulsifying Agents on the Microstructure and Other Characteristics of Process Cheese - A Review. *Food structure*. USA - Chicago, 1985, vol. 4.
- [59.] KRISTENSEN, Dorte, 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. 2021-04-20]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/S0958-6946(01)00105-4
- [60.] OSTHOFF, G., E. SLABBER, W. KNEIFEL a K. DÜRRSCHMID. Flavours and Flavourants, Colours and Pigment. TAMIME, A. Y., ed. *Processed Cheese and Analogues* [online]. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2011, 2011-05-25, s. 133-147 [cit. 2021-04-19]. ISBN 9781444341850. Dostupné z: doi:10.1002/9781444341850.ch5
- [61.] ICMSF, *International Commission on Microbiological Specifications for Foods*. Microorganism in foods 6. Second edition, New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers. 2005, 766p.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

KTJ kolonie tvořící jednotku

MO mikroorganismus

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Suroviny využívané při výrobě tavených sýrů a tavených sýrových omáček...	14
Obrázek 2 Schéma výrobního procesu.....	16
Obrázek 3 Průběh sterilačního režimu při sterilaci do 100 °C.....	23
Obrázek 4 Snížení četnosti mikroorganismů při dané teplotě v závislosti na době záhřevu	27
Obrázek 5 Čáry letality MO nekyselých potravin.....	28
Obrázek 6 Barevný prostor CIE L* a* b*.....	43
Obrázek 7 Obsah amoniaku v nesterilovaných a sterilovaných vzorcích.....	47
Obrázek 8 Tiobarbiturové číslo nesterilovaných a sterilovaných vzorků.....	48

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Surovinové skladby tavených sýrů a tavených sýrových omáček.....	38
Tabulka 2 Průměrné hodnoty obsahu sušiny, pH a tuku ve vzorcích.....	45
Tabulka 3 Průměrné hodnoty jasu L*, přechodu mezi zelenou a červenou a* a přechodu mezi modrou a žlutou b* vzorků.....	49
Tabulka 4 Počet KTJ na 1 g vzorku – celkový počet mikroorganismů a kvasinky a plísňe.....	51
Tabulka 5 Počet KTJ na 1 g vzorku – anaerobní a aerobní sporulující mikroorganismy	52
Tabulka 6 Počet KTJ na 1 g vzorku – celkový počet mikroorganismů, anaerobní a aerobní sporulující mikroorganismy po termostátové zkoušce.....	53

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Očekávané hodnoty obsahu tuku ve vzorcích

**PŘÍLOHA P I: OČEKÁVANÉ HODNOTY OBSAHU TUKU VE
VZORCÍCH**

Vzorek		
Obsah sušiny (%)	Obsah tuku (%)	Očekávaný obsah tuk (%)
30	30	9,0
	40	12,0
	50	15,0
	66	19,8
35	30	10,5
	40	14,0
	50	17,5
40	30	12,0
	40	16,0
	50	20,0
45	30	13,5
	40	18,0
	50	22,5
50	30	15,0
	40	20,0
	50	25,0
55	40	22,0
	50	27,5