

# Vliv skladování na jakost sterilovaných tavených sýrů s příchutí

Bc. Anna Sklenaříková

---

Diplomová práce  
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Anna Sklenaříková**  
Osobní číslo: **T22420**  
Studijní program: **N0721A210004 Technologie potravin**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Vliv skladování na jakost sterilovaných tavených sýrů s příchutí**

## Zásady pro vypracování

### I. Teoretická část

Charakteristika tavených sýrů.

Charakteristika sterilizačního záhřevu.

Vliv sterilace a skladování na jednotlivé složky tavených sýrů.

### II. Praktická část

Výroba modelových vzorků tavených sýrů s vybranými příchutěmi včetně jejich sterilace.

Založení skladovacího pokusu.

Vybrané analýzy v průběhu skladování.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] Jedoučková, Alena, Lazárková, Zuzana, Hampelová, Lucie, Kůrová, Vendula, Pospiech, Matej, Buňková, Leona, Foltin, Pavel, Salek, Richardos Nikolaos, Malíšek, Jiří, Michálek, Jaroslav, Buňka, František. Critical view on sterilisation effect on processed cheese properties designed for feeding support in crisis and emergency situations. *LWT-Food Science and Technology*, 2022, roč. 171, č. Neuveden, s. nestránkováno. ISSN 0023-6438
- [2] Bubelová, Zuzana, Tremlová, Bohuslava, Buňková, Leona, Pospiech, Matěj, Vítová, Eva, Buňka, František. The effect of long-term storage on the quality of sterilized processed cheese. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 2015, roč. 52, č. 8, s. 4985-4993. ISSN 0022-1155.
- [3] Lazárková, Zuzana, Buňka, František, Buňková, Leona, Holáň, Felix, Kráčmar, Stanislav, Hrabě, Jan. The Effect of Different Heat Sterilization Regimes on the Quality of Canned Processed Cheese. *Journal of Food Process Engineering*, 2011, roč. 34, č. 6, s. 1860-1878. ISSN 0145-8876
- [4] Lazárková, Zuzana, Buňka, František, Buňková, Leona, Valášek, Pavel, Kráčmar, Stanislav, Hrabě, Jan. Application of different sterilising modes and the effect on processed cheese quality. *Czech Journal of Food Sciences*, 2010, roč. 28, č. 3, s. 168-176. ISSN 1212-1800
- [5] El-Bakry, Mamdouh a Mehta, Bhavbhuti M. *Processed Cheese Science and Technology: Ingredients, Manufacture, Functionality, Quality, and Regulations*. Cambridge: Elsevier, 2022. ISBN: 978-0-12-821445-9

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

Datum zadání diplomové práce: **1. ledna 2024**  
Termín odevzdání diplomové práce: **10. května 2024**

L.S.

---

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Robert Gál, Ph.D.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 10. února 2024

## **PROHLÁŠENÍ AUTORKY 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 na diplomové práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků budu uvedena jako spoluautorka.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studentky:

.....  
podpis studentky

## **ABSTRAKT**

Cílem práce bylo sledování vlivu teplot (6 °C, 22 °C a 40 °C) skladování na jakost nesterilovaných a sterilovaných tavených sýrů s použitím ochucujících složek. Ochucující složky měly alespoň částečně zamaskovat negativní projevy sterilace. V experimentální části byly vyrobeny vzorky tavených sýrů s příchutí rajče-bazalka-česnek a chřest-slanina. Tyto vzorky byly podrobeny sterilačním režimům při teplotě 120 °C po dobu 15 minut a při teplotě 125 °C po dobu 5 minut. Byl založen skladovací pokus, výsledky ihned po výrobě jsou součástí jiné diplomové práce. Nesterilované tavené sýry byly skladovány 3 měsíce, déle nebyla zaručena jejich zdravotní nezávadnost. Sterilované tavené sýry byly skladovány po dobu 12 měsíců. V průběhu skladovacího pokusu byly v pravidelných intervalech provedeny fyzikálně-chemické, texturní a reologické analýzy a analýza barvy nesterilovaných a sterilovaných tavených sýrů. V průběhu skladování nebyl zaznamenán vliv na hodnotu obsahu sušiny a aktivitu vody. S rostoucí teplotou a délkou skladování došlo k nárůstu obsahu amoniaku a hodnoty tiobarbiturového čísla a k poklesu pH. V rámci analýzy barvy bylo zaznamenáno tmavnutí a posun do červených a žlutých oblastí. V průběhu skladování i s vyšší skladovací teplotou došlo k nárůstu tuhosti tavených sýrů. Zamaskování negativních projevů sterilace (konkrétně barevné změny) se částečně povedlo u příchuti rajče-bazalka-česnek, u příchuti chřest-slanina se zamaskování nepovedlo. Sterilační režim při teplotě 125 °C po dobu 5 min byl šetrnější než sterilační režim při teplotě 120 °C po dobu 15 min. Nejmenší změny v průběhu skladování byly zaznamenány při teplotě 6 °C, tato teplota je pro dlouhodobé skladování sterilovaných tavených sýrů nejvhodnější.

**Klíčová slova:** tavený sýr, ochucující složky, sterilace, skladování, barva

## **ABSTRACT**

The aim of the study was to investigate the effect of storage temperatures (6 °C, 22 °C and 40 °C) on the quality of unsterilised and sterilised processed cheese using flavouring ingredients. The flavouring ingredients were intended to mask, at least partially, the negative effects of sterilisation. In the experimental part, samples of processed cheese flavoured with tomato-basil-garlic and asparagus-bacon were produced. These samples were subjected to sterilisation regimes at 120 °C for 15 minutes and at 125 °C for 5 minutes. A storage experiment was set up and the results immediately after production are included in another thesis. The unsterilised processed cheeses were stored for 3 months, longer than that their health safety was not guaranteed. Sterilised processed cheese was stored for 12 months. Physico-chemical, textural, rheological and colour analyses of unsterilised and sterilised processed cheeses were carried out at regular intervals during the storage experiment. No effect on the dry matter content and water activity was observed during storage. With increasing temperature and length of storage, there was an increase in ammonia content and tiobarbituric value and a decrease in pH. Darkening and a shift to red and yellow areas were noted in the colour analysis. During storage and with higher storage temperatures, the hardness of the processed cheese increased. Masking of the negative effects of sterilisation (specifically colour change) was partially successful for the tomato-basil-garlic flavour but failed for the asparagus-bacon flavour. Sterilisation at 125 °C for 5 min was gentler than sterilisation at 120 °C for 15 min. The smallest changes during storage were observed at 6 °C, which is the most suitable temperature for long-term storage of sterilised processed cheeses.

**Keywords:** processed cheese, flavouring ingredients, sterilisation, storage, colour

Zde bych chtěla poděkovat doc. Ing. Zuzaně Lazárkové, Ph.D. za cenné připomínky, ochotu a čas, který mi věnovala při psaní diplomové práce. Také bych chtěla poděkovat Ing. Aleně Kratochvílové za její pomoc při provádění celé experimentální části. Děkuji také mé rodině za jejich neustálou podporu v průběhu celého studia.

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

# OBSAH

ÚVOD.....	10
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>11</b>
<b>1 CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ.....</b>	<b>12</b>
1.1 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ .....	13
1.1.1 Přírodní sýr.....	13
1.1.2 Mléčný tuk .....	14
1.1.3 Tavicí soli.....	14
1.1.4 Krém (rework).....	15
1.1.5 Ochucující přísady, barviva .....	15
1.1.6 Konzervanty .....	16
1.1.7 Hydrokoloidy .....	17
1.2 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ .....	17
1.3 ANALOGY TAVENÝCH SÝRŮ .....	19
<b>2 CHARAKTERISTIKA STERILAČNÍHO ZÁHŘEVU.....</b>	<b>21</b>
2.1 TEPelnÁ INAKTIVACE MIKROORGANIZMŮ .....	21
2.1.1 Vliv výchozí koncentrace mikroorganismů .....	21
2.1.2 Decimální redukční doba $D$ a teplotní citlivost $z$ .....	22
2.1.3 Inaktivační (sterilační) účinek $F$ .....	23
2.1.4 Smrtící (letální) teplota $L$ .....	24
2.1.5 Kažení konzervovaných potravin.....	25
2.2 STERILAČNÍ ZAŘÍZENÍ – PŘEHLED.....	25
2.2.1 Sterilace nekyselých potravin mimo obal .....	26
2.2.2 Sterilace nekyselých potravin v obalu.....	26
<b>3 VLIV STERILACE A SKLADOVÁNÍ NA JEDNOTLIVÉ SLOŽKY TAVENÝCH SÝRŮ .....</b>	<b>27</b>
3.1 BÍLKOVINY.....	27
3.2 LIPIDY .....	29
3.3 SACHARIDY .....	31
3.4 VITAMINY .....	31
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>33</b>
<b>4 CÍL PRÁCE .....</b>	<b>34</b>
<b>5 METODIKA PRÁCE.....</b>	<b>35</b>
5.1 POPIS EXPERIMENTU.....	35
5.2 CHARAKTERISTIKA MODELOVÝCH VZORKŮ TAVENÝCH SÝRŮ .....	35
5.3 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ TAVENÝCH SÝRŮ .....	36
5.4 STANOVENÍ OBSAHU CELKOVÉ SUŠINY .....	37
5.5 STANOVENÍ PH.....	38



5.6	STANOVENÍ AMONIAKU CONWAYOVOU METODOU.....	38
5.7	STANOVENÍ HODNOTY TIOBARBITUROVÉHO ČÍSLA.....	39
5.8	STANOVENÍ AKTIVITY VODY .....	40
5.9	ANALÝZA BARVY .....	41
5.10	TEXTURNÍ ANALÝZA .....	41
5.11	REOLOGICKÁ ANALÝZA.....	42
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY A DIZKUZE .....</b>	<b>44</b>
6.1	STANOVENÍ OBSAHU CELKOVÉ SUŠINY.....	44
6.2	STANOVENÍ PH.....	44
6.3	STANOVENÍ AMONIAKU .....	46
6.4	STANOVENÍ HODNOTY TIOBARBITUROVÉHO ČÍSLA.....	48
6.5	STANOVENÍ AKTIVITY VODY .....	50
6.6	ANALÝZA BARVY .....	51
6.7	TEXTURNÍ ANALÝZA .....	54
6.8	REOLOGICKÁ ANALÝZA.....	56
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>73</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>74</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>75</b>

## ÚVOD

Sýry obecně, včetně taveného sýra, jsou bohatým zdrojem živin, jako jsou bílkoviny, tuky, minerální látky a vitaminy. Tavený sýr je v mlékárenském průmyslu uváděn za relativní novinku, která vznikla teprve na počátku dvacátého století (Gouda a El-Nour, 2003).

Výroba tavených sýrů ovlivňuje přímo či nepřímo mlékárenskou výrobu obecně následujícími způsoby – podporuje výrobu sýrů jako základu pro výrobu tavených sýrů; umožňuje použití sýrů s mechanickými nebo povrchovými vadami; umožňuje využít mladé sýry a tím šetří náklady na dlouhodobé skladování sýrů. Navíc tavené sýry mají oproti přírodním sýrům mnoho výhod, protože ve většině případů lze tavené sýry skladovat bez chlazení, lze je vyrábět v různých tvarech, příchutích a fyzikálních vlastnostech, jako měkký, pevný, roztíratelný a má relativně dlouhou dobu trvanlivosti (Gouda a El-Nour, 2003).

Pro prodloužení trvanlivosti je možné tavené sýry sterilovat. Sterilační záhřev zabezpečuje mikrobiologickou kvalitu a enzymatickou stabilitu výrobku, ale v jeho průběhu může docházet k různým změnám, které ovlivňují nutriční i senzoryckou jakost – tmavnutí, vznik vařivé příchuti. Během následného skladování může probíhat řada chemických reakcí, jež mohou ovlivnit jakost skladovaných výrobků. Různé teploty v průběhu skladování, které byly využity v této diplomové práci, mají za cíl simulovat různé podnebné pásy, ve kterých by mohly být následně potraviny využívány. V průběhu delšího skladování potravin byly ve vědeckých pracích pozorovány změny v barvě, chuti a vůni i konzistence. Alespoň částečné zamaskování negativních projevů je možné s pomocí použití ochucujících složek. Sterilované tavené sýry mohou být využity do bojových dávek potravin pro armádu a složky integrovaného záchranného systému. Své uplatnění mohou nacházet také v místech, kde nejsou dostupná chladírenská zařízení (Buňka et al., 2009; Lazárková, 2009).

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ

V současné době patří tavené sýry mezi velice populární a oblíbenou skupinu mléčných výrobků. V České republice je stále vysoká spotřeba tavených sýrů. V roce 2022 byla zaznamenána spotřeba tavených sýrů 2,1 kg/osoba/rok z celkové spotřeby sýrů, která činila 13,8 kg/osoba/rok. Hlavním odůvodněním oblíbenosti tavených sýrů je prodloužená trvanlivost, příznivá cenová dostupnost a variabilita texturních vlastností, rozdílných chutí, velikostí balení a tvarů (Český statistický úřad, 2022; Nagyová et al., 2014).

Tavené sýry jsou definovány ve vyhlášce č. 397/2016 Sb., v platném znění, jako sýry, které byly tepelně upraveny tavením. Tavený sýrový výrobek je definován jako mléčný výrobek, který je tepelně ošetřen tavením a je tvořen více než 5 % laktózy a v němž sýr tvoří nejméně 50 % hmotnostních sušiny tohoto výrobku. Tavený mléčný výrobek je definován jako mléčný výrobek, který je tepelně ošetřen tavením a je tvořen více než 5 % laktózy (Česká republika, 2016).

Tavené sýry a tavené roztíratelné sýry se dělí na druhově pojmenované a nepojmenované. Tavené sýry a tavené roztíratelné sýry druhově pojmenované mohou obsahovat složky jiné než sýr, a to jedlou sůl, bakteriální kultury, enzymy (zdravotně nezávadné se specifickými účinky), koření, sezónní zeleninu a ostatní zdravotně nezávadné potraviny. Máslo, máselný tuk, smetanu a máselný koncentrát smí být použity pouze pro standardizaci obsahu tuku. Ostatní mléčné složky a sacharidy se sladícím účinkem nemohou být obsaženy (Česká republika, 2016).

Tavené sýry a tavené roztíratelné sýry druhově nepojmenované mohou obsahovat máslo, máselný tuk, smetanu, máselný koncentrát, jedlou sůl, bakteriální kultury, enzymy (zdravotně nezávadné se specifickými účinky), koření, sezónní zeleninu a ostatní zdravotně nezávadné potraviny. Ostatní mléčné složky smí být použity za předpokladu, že obsah laktózy ve finálním taveném sýru bude nejvýše 5 % hmotnostních. Sacharidy se sladícím účinkem nemohou být obsaženy (Česká republika, 2016).

Tavený sýrový výrobek a tavený mléčný výrobek mohou obsahovat máslo, máselný tuk, smetanu, máselný koncentrát, ostatní mléčné složky, jedlou sůl, bakteriální kultury, enzymy (zdravotně nezávadné se specifickými účinky), sacharidy se sladícím účinkem, koření, sezónní zeleninu a ostatní zdravotně nezávadné potraviny (Česká republika, 2016).

## 1.1 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

Základními surovinami využívanými pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýr, tuk (máslo, smetana, bezvodý mléčný tuk), voda a tavicí soli. Konzistenci tavených sýrů podstatně ovlivňuje obsah sušiny, obsah tuku, hodnota pH a skladba tavicích solí. Mezi další suroviny, které mohou být využívány při výrobě tavených sýrů lze zařadit tvaroh, krém (rework), ochucující složky (zelenina, pažitka, žampiony, šunka). Hydrokoloidy mohou být přidávány za účelem ovlivnění texturních vlastností (Kapoor a Metzger, 2008).

### 1.1.1 Přírodní sýr

Při výběru přírodních sýrů jsou zásadními kritérii stáří sýra, pH, obsah vápníku a neporušeného kazeinu. Tato kritéria následně ovlivňují funkční vlastnosti konečného taveného sýru (Kapoor a Metzger, 2008).

Mladé nezralé sýry jsou žádoucí z hlediska textury a jsou využívány především pro výrobu tavených sýrů s dobrou krájitelností a pružností (75–90 % neporušeného kazeinu). Nevýhodou mladých sýrů je prázdnější výsledná chuť. Tavené sýrové pomazánky vyžadují především sýry střední zralosti (60–75 % neporušeného kazeinu). Zralé sýry se vyznačují svými chuťovými vlastnostmi a snadnou tavitelností. Nevýhodou zralých sýrů může být příliš ostrá chuť. Vlivem stárnutí dochází ke snížení obsahu neporušeného kazeinu přírodního sýra a tím i emulgační schopnosti při zpracování. Stáří a druh přírodního sýra použitého při výrobě mají také výrazný vliv na konečné pH. pH 5,4–5,8 v přírodním sýru je optimální pro dosažení ideální struktury a konečných funkčních vlastností. Stabilita tavených sýrových emulzí klesá, pokud je hodnota pH nižší než 5,4 nebo vyšší než 5,8 (Kapoor a Metzger, 2008; Upreti a Metzger, 2007).

Obsah vápníku v sýru ovlivňuje emulgaci proteinů a výsledné vlastnosti taveného sýra. Pokud přírodní sýr obsahuje vysoké množství vápníku může mít za následek, že tavený sýr je tuhý a má sníženou tavitelnost (Kapoor et al., 2007).

Pro výrobu tavených sýrů lze použít přírodní sýry s mechanickými vadami, které by nebyly vhodné pro přímý prodej. Naopak nevhodné je použití přírodních sýrů s mikrobiologickými vadami, které by mohly ohrozit zdravotní nezávadnost konečného výrobku (Buňka et al., 2009).

V závislosti na zemi a jejich dostupnosti se používají jako výchozí suroviny např. Cheddar, Swiss, Colby, Gouda, Mozzarella. V České republice je běžně využívána Eidamská cihla, případně Moravský blok (Buňka et al., 2010; Guinee et al., 2004).

### 1.1.2 Mléčný tuk

Pro výrobu tavených sýrů se využívají mléčné tuky, rostlinné tuky lze použít při výrobě sýrových analogů jako náhradu mléčného tuku. Mléčný tuk hraje podstatnou roli ve složení a finální konzistenci tavených sýrů. Složky s vysokým obsahem tuku (bezvodý mléčný tuk, smetana, dehydrovaná smetana, máslo) se používají pro standardizaci složení, ale je známo, že hrají také velmi důležitou roli při tvorbě chuti (El-Bakry a Mehta, 2022).

V posledních letech je patrná poptávka spotřebitelů po tzv. výrobcích se sníženým obsahem tuku. Snížení obsahu tuku má často za následek chuťové vady, které vyžadují úpravu složení a/nebo přidání složek, ale také nepřijatelné texturní vlastnosti (Johnson et al., 2009).

### 1.1.3 Tavicí soli

Tavicí soli jsou důležitými složkami při výrobě tavených sýrů. Jedná se o látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek (Evropský parlament a Rada Evropy, 2008).

V případě, že by směs surovin obsahující sýr, mléčný tuk, vodu a další mléčné a/nebo nemléčné složky byla vyráběna za nepřítomnosti tavicích solí, docházelo by k destrukci membrán kapiček mléčného tuku a tuk by byl roztaven. Roztavený tuk by se začal spojovat a vytvářet větší celky nechráněné lipoproteinovými membránami. Dále by v důsledku vyšší teploty docházelo k agregaci a kontrakci kazeinových frakcí. Výsledkem výše uvedených postupů je oddělení hydrofilních a hydrofobních fází a vytvoření nežádoucí heterogenní směsi, která je neakceptovatelná pro spotřebitele. Pro vznik homogenního a hladkého konečného výrobku by měly být přítomny ve složení tavicí soli (Buňka et al., 2009; El-Bakry a Mehta, 2022; Guinee et al., 2004).

Nejllepší emulgační vlastnosti vykazují soli tvořené monovalentními alkalickými kovy (sodík) a vícesytnými anionty (fosforečnany, polyfosforečnany a citronany) (Guinee et al., 2004).

Tavicí soli na bázi fosforečnanů jsou odvozeny od kyseliny trihydrogenfosforečné, jedná se o skupinu, pro niž je společné to, že obsahují fosforečnanový anion  $(\text{PO}_4)^{3-}$ . Fosforečnanové a polyfosforečnanové soli s různým počtem lineárně vázaných fosforečnanů v molekule mají

různé vlastnosti. Významnou vlastností je iontově výměnná schopnost. Tato schopnost fosforečnanu sodného vyměňovat sodík a vápník mezi tavicími solemi a přírodní strukturou sýrového kazeinu je zásadně ovlivněna dvěma faktory – délkou fosforečnanové soli a teplotou při výrobě (Buňka et al., 2009).

Z citronanů se citronan trisodný používá nejčastěji. Pokud se použije citronan monosodný samostatně, výsledkem je příliš kyselý tavený sýrový výrobek, který je moučnatý, drobný a vykazuje tendenci k olejování v důsledku špatné emulgace. Použití samotného citronanu disodného vede také ke vzniku kyselého taveného sýrového výrobku a k oddělování vody během tuhnutí. Disociační konstanty při iontové síle mléka jsou 3,0; 4,5 a 4,9. Díky kyselým vlastnostem lze citronany mono- a disodné použít k úpravě pH tavené sýrové směsi. Nejčastěji se využívají ve směsi s jinými tavicími solemi, zejména spolu s polyfosforečnanem (Buňka et al., 2009, Dimitreli a Thomareis, 2009).

Přesné složení komerčně dodávaných tavicích solí je „obchodním tajemstvím“. Výrobci tavicích solí charakterizují pouze chemické látky, ze kterých jsou složeny, nikoliv přesné množství. Vlastnosti tavicích solí se charakterizují pomocí schopnosti iontové výměny (vápenatých za sodné), úpravy pH a krémostvorného účinku (Buňka et al., 2009; El-Bakry a Mehta, 2022).

#### **1.1.4 Krém (rework)**

Krém neboli rework je již jednou zpracovaný tavený sýr, ve kterém již došlo k procesu krémování a používá se jako surovina pro výrobu tavených sýrů. Rework vzniká v průmyslu záměrně (např. zbytky taveného sýra ve výrobním zařízení) nebo nezáměrně (výroba taveného sýra určeného k prodeji na trhu, ale nakonec neuvedeného na trh, např. z důvodu nesprávného obsahu sušiny, tuku v sušině či nevhodného balení). Obvykle se využívá čerstvý, nebo 3 až 14 dnů starý. Důvody pro využití reworku jsou ekonomické, ale také se využívají ke zvýšení viskozity po výrobě, ke zvýšení tuhosti, zlepšení tavitelnosti nebo snížení obsahu tavicích solí, neboť rework je již obsahuje (Černíková et al., 2018).

#### **1.1.5 Ochucující přísady, barviva**

Tavené sýry patří do skupiny sýrových výrobků, kde je očekávaná chuť především sýrová. Kvalita a intenzita chuti závisí na stáří přírodního sýra, ze kterého je vyrobena. Postupem času bylo cílem rozšířit sortiment výrobků, a proto byly zavedeny tavené sýry s příchutěmi. V současné době existuje mnoho druhů tavených sýrů, které obsahují přísady, jako šunku,

zeleninu (papriku), smetanu, nivu, bylinky, či různé druhy hub. Koření, které se používá, je např. zelený pepř, křen, kopr. Obvykle se přidávají na začátku tavení, aby se dosáhlo rovnoměrného rozložení v sýrové hmotě. Koření musí být předem sterilováno, aby se předešlo kontaminaci konečného výrobku. Houby ovlivňují zejména chuť výrobku, jsou ale i bohatým zdrojem mnoha ceněných nutričních látek, jejich použití může tedy pozitivně ovlivnit zdraví konzumenta (Drake et al., 2010; El-Sayed, 2017; Fatma et al., 2005).

Do taveniny lze přidat také ochucující přísady za účelem dodání nebo úpravy vůně a/nebo chuti. Startovací destiláty (máslové aroma), enzymaticky modifikovaný sýr (sýrová příchut') či kouřové aroma jsou jednou z variant, jak nahradit zralé sýry a snížit náklady na výrobu (El-Bakry a Mehta, 2022).

Barva ovlivňuje preference spotřebitele, vnímání chuti a rozhoduje také o tom, zda si spotřebitel výrobek koupí či ne. Barva výrobků je velmi často indikátorem kažení způsobeného mikroorganismy, či chemickými reakcemi. Obvykle je barva tavených sýrů bílá až žlutá, ve zvláštních případech může být také modrá, zelená, červená v závislosti na použité ochucující složce. Potravinářská barviva jsou používána ke kompenzaci ztrát barvy. V současné době se dává přednost přírodním barvivům. Hlavním barvivem, který se využívá v tavených sýrech je annatto. Annatto je žlutooranžové barvivo, které pochází ze semen tropického stromu *Bixa orellana*. Dalším barvivem, které se často využívá je paprika, která má sytě červenou barvu a pochází z červené papriky *Capsicum annuum* (Kang et al., 2010; Oliveira et al., 2016; Smigic, 2018; Tamime, 2011).

### 1.1.6 Konzervanty

Konzervanty jsou látky, které prodlužují trvanlivost tím, že chrání potraviny před kažením způsobeným patogenními mikroorganismy. Tavené sýry jsou obecně považovány za bezpečné potraviny. Tepelné úpravy, které se využívají při výrobě usmrcují vegetativní formy mikroorganismů, u diskontinuální výroby však nedochází k usmrcení spor (Oliveira et al., 2016; Smigic, 2018).

Nisin je jednou z přírodních antimikrobiálních látek proti širokému spektru grampozitivních alimentárních patogenů, jedná se o polypeptid složený z 34 aminokyselin. Nisin je rozpustný ve vodě, váže se na fosfolipidy cytoplazmatické membrány a narušuje tak jejich permeabilitu. Nisin se používá v tavených sýrech k potlačení potenciálního růstu bakterií tvořících spory (Martinez-Rios et al., 2021; Oliveira et al., 2016).



Kyselina sorbová má schopnost zpomalovat nebo zabraňovat růstu bakterií, kvasinek nebo mikromycet. Použití kyseliny sorbové je omezeno na potraviny s vyšším obsahem lipidů. Sorban draselný se používá v potravinách s vysokým obsahem vody. Výhodou této kyseliny a jejích solí je, že nemění vůni ani chuť výrobku. Bylo prokázáno, že sorban draselný má inhibiční účinek na řadu psychrotrofních a mezofilních bakterií, bakterií čeledi *Enterobacteriaceae*, fakultativně anaerobních bakterií a laktobacilů. Kyselinu sorbovou lze přidávat do tavených sýrů v množství do 0,2 % konečného výrobku (Buňková et al., 2010).

### 1.1.7 Hydrokoloidy

Hydrokoloidy (na bázi polysacharidů nebo proteinů) se používají k tvorbě gelů, stabilizaci pěn, vytváření a dispergování emulzí. Mohou být získávány extrakcí z rostlin, mořských řas, nebo mohou být produkovány některými mikroorganismy. Do potravinářských výrobků se přidávají ve velmi malých množstvích, obvykle méně než 1,0 %. Nejčastěji používané hydrokoloidy na bázi polysacharidů jsou přírodní a modifikované škroby, karagenan, pektin, xanthan a karubová guma. Mezi nejběžnější proteinové hydrokoloidy patří želatina, kazein, kazeináty a syrovátkové proteiny. Při výrobě tavených sýrů se využívají zejména ke stabilizaci struktury a ke zvyšování jejich pevnosti (tvrdosti) (Černíková et al., 2010; Dickinson, 2003).

Ke zvýšení pevnosti u tavených sýrů byl úspěšně použit karagenan a alginát sodný. Karagenan je obecný název pro skupinu gelotvorných lineárních sulfátových polysacharidů získávaných z červených mořských řas *Rhodophyceae*, sestávající ze střídajících se  $\alpha$ -1,4 a  $\beta$ -1,3 vázaných anhydrogalaktózových zbytků. Existují tři hlavní frakce ( $\kappa$ -kappa,  $\iota$ -iota a  $\lambda$ -lambda) s různým počtem a polohou sulfátových skupin na dimeru galaktózy. V jedné ze studií bylo zjištěno, že  $\iota$ -karagenan měl významnější vliv na viskoelastické vlastnosti – byla zvýšena tuhost tavených sýrů – než  $\kappa$ -karagenan (Černíková et al., 2008).

Alginát sodný je sodná sůl kyseliny alginové extrahovaná z hnědých mořských řas *Phaeophyceae*. Většina aplikací alginátu je založena na jeho schopnosti tvořit gel prostřednictvím vazby kationtů, např. přechod od ve vodě rozpustného alginátu sodného na ve vodě nerozpustný alginát vápenatý (Funami et al., 2009).

## 1.2 Výroba tavených sýrů

Při výrobě tavených sýrů se používá celá škála mléčných složek (smetana, máslo, bezvodý mléčný tuk, tvaroh, sušené mléko, mléko, sušená mléčná bílkovina, sušená syrovátka

a kazeináty) a nemléčných složek a přísad, jako jsou např. hydrokoloidy, barviva nebo sensoricky aktivní směsi, které se používají k úpravě složení nebo funkčních vlastností konečného výrobku. Klíčovým prvkem pro výrobu je použití tavicích solí, obvykle se jedná o sodné soli fosforečnanů, polyfosforečnanů nebo citronanů. Složení směsi závisí na požadavcích – obsah sušiny, obsah tuku v sušině a konzistence, které jsou očekávány od konečného výrobku (Guinee et al., 2004; Mizuno a Lucey, 2005).

Výběr surovin je podstatný ke splnění nutričních a zdravotních požadavků spotřebitele. Hlavní složkou při výrobě taveného sýra je přírodní sýr. Pro získání vhodných sensorických a fyzikálních vlastností se často volí více než jeden druh přírodního sýra. V některých zemích jsou však velice oblíbené tavené sýry vyráběné pouze z jednoho druhu sýra s různým stupněm zralosti. Většina přírodních sýrů je do výroby dopravována v plastových foliích, což zabraňuje osychání a umožňuje využívat sýr beze vzniku sýrového odpadu (Gouda a El-Nour, 2003; Guinee et al., 2004; Tamime, 2011).

Tavený sýr se vyrábí smícháním rozmělněného přírodního sýra, který je dopraven k tavicímu kotli. Zde jsou přidány také tavicí soli, další mléčné a nemléčné složky a voda. Tavicí kotel je uzavřen a následuje proces tavení. Ohřev se zpravidla provádí přímým vstřikem páry za stálého míchání. Pára v tavené směsi zkondenzuje, je proto nutné tuto vodu zohlednit při sestavování surovinové skladby. Během tepelné úpravy lze použít také částečné tepelné vakuum, které je prospěšné při odstraňování vzduchu, čímž se zabrání přítomnosti vzduchových otvorů v konečném výrobku. Teplota tavení by měla být vyšší než 72 °C, v případě diskontinuální výroby se teplota tavení pohybuje od 80 do 120 °C, se stoupající teplotou se zkracuje čas tavení. Pokud se tavený sýr vyrábí kontinuálním způsobem, tavení probíhá v nerezových trubkách v tenké vrstvě, teploty tavení se pohybují od 130 do 145 °C v řádu sekund. Při tepelném zpracování dochází ke vzniku mikrobiologicky bezpečného produktu, jsou destruovány patogenní mikroorganismy a je prodloužena trvanlivost konečného výrobku (Buňka et al., 2009; El-Bakry a Mehta, 2022).

Fáze chlazení přispívá k vývoji konečných vlastností taveného sýra, jeho struktury a pevnosti. Tavené sýry v blocích se zchlazují pomaleji, zatímco roztíratelné tavené sýry se zchlazují rychleji. Vakuové chlazení je upřednostňováno pro svou účinnost rychlého snížení teploty a zabránění Maillardovým reakcím, které způsobují hnědnutí. Krémování za stálého míchání během chladnutí je taktéž důležitým krokem při výrobě tavených sýrů,

protože správná konzistence je rozhodující pro plnění za tepla a vývoji konečné textury výrobku (Buňka et al., 2009; Guinee, 2017).

Před plněním nebo balením se tavený sýr filtrují, aby se odstranily případné nežádoucí kontaminanty a nežádoucí fyzikální deformace jako jsou např. hrudky sýra. Horká tavenina (teplota 60–70 °C) se čerpá do plnicího stroje a poté se v požadované objemové dávce nalije do obalového materiálu. Plnění probíhá za nepřítomnosti vzduchu, aby se zabránilo růstu plísní. Tavené sýry se vyrábějí v mnoha velikostech a tvarech, včetně porcovaných (roztíratelných a krájitelných), ve tvaru bloků, plátků, salámů, strouhaných sýrů a mnoha dalších. V České republice se tavené sýry nejčastěji balí do hliníkových fólií trojúhelníkového nebo čtvercového/obdélníkového tvaru. Zabaleny tavený sýr se skladuje při teplotách stanovených výrobcem (Buňka et al., 2009; Česká republika, 2016; Tamime, 2011).

### 1.3 Analogy tavených sýrů

Analogy tavených sýrů se vyrábí zejména pro svou jednoduchost výroby a nahrazení vybraných mléčných složek levnějšími rostlinnými produkty. Další výhodou je také možnost snadné úpravy receptury, tak aby byl získán výrobek s přizpůsobenými texturními, tavicími nebo nutričními vlastnostmi (např. pevná textura, nízký obsah tuku, nízký obsah soli). Analogy nemusí obsahovat přírodní sýr, může být však přidán v malém množství pro zvýraznění sýrové chuti (El-Bakry a Mehta, 2022; Noronha et al., 2008).

K výrobě analogů tavených sýrů se využívá voda, bílkoviny jiného než mléčného původu, rostlinné oleje, tavicí soli, hydrokoloidy, okyselující látky, barviva, konzervační látky, minerální látky a vitaminy, aromata, zvýrazňovače chuti a sladidla. Uvedené suroviny se smíchají a vytvoří stabilní emulzi oleje ve vodě. Každá z nich má svoji specifickou úlohu pro tvorbu homogenního konečného výrobku (El-Bakry a Mehta, 2022; Tamime, 2011; USA, 2007).

Voda je využívána jako médium pro rozpouštění solí přidaných během výroby a způsobuje pružnost matrice. Bílkoviny poskytují požadované vlastnosti, polotvrdou texturu s dobrou tekutostí a roztažností při zahřívání. Rostlinné bílkoviny, používané v malých množstvích, snižují náklady na výrobu. Z bílkovin se používají zejména syrovátka, kazeináty, nebo sójový protein. Tuky ovlivňují složení i texturu finálního výrobku. Pro výrobu analogů se využívají rostlinné oleje, mléčný tuk přispívá k lepším chuťovým vlastnostem. Bramborový, kukuřičný nebo rýžový škrob se využívají jako náhrada bílkovin nebo tuků.

Tavicí soli napomáhají k hydrataci bílkovin, emulgaci tuků a také k rozvoji textury. Hydrokoloidy zlepšují stabilitu a texturu výrobku, používá se např. guarová guma či karagenany. Okyselující látky regulují pH konečného výrobku, využívá se např. kyselina mléčná, octová nebo citronová. Požadovanou barvu výrobku lze získat přidáním barviv, může se použít např. annatto. K zabránění růstu plísní a prodloužení trvanlivosti se využívá např. nisin, sorbáty nebo chlorid sodný. Minerální látky a vitaminy zvyšují nutriční hodnotu konečného výrobku. K výrobě analogů se také mohou využívat zvýrazňovače chuti – chlorid sodný, kvasničné extrakty a sladidla přispívající ke sladké chuti – sacharóza, dextróza. Technologie výroby je obdobná jako u tavených sýrů (USA, 2007).

Analogy nachází své uplatnění ve stáncích s rychlým občerstvením, např. náhrada sýru v cheeseburgeru nebo v průmyslovém odvětví při přípravě hotových pokrmů (Bachmann, 2001; Tamime, 2011).

## 2 CHARAKTERISTIKA STERILAČNÍHO ZÁHŘEVU

Sterilace je jednou z nejúčinnějších metod konzervace potravin a je široce využívána téměř ve všech oblastech výroby potravin. Sterilace je definována jako proces, který zajišťuje téměř úplnou inaktivaci mikroorganismů včetně spor. V potravinářském průmyslu se dosahuje tzv. obchodní (praktické) sterility, nikoliv absolutní. Obchodní sterilita se zajistí působením tepelného ošetření a dalších parametrů zpracování a podmínek skladování. Kritériem pro hodnocení úspěšně provedené obchodní sterility je inhibice růstu mikroorganismů, nikoliv jejich nepřítomnost. Většina potravinářských produktů se vyznačuje touto obchodní sterilitou dosaženou pasterací nebo sterilací v závislosti na charakteru produktu. Tepelný proces je ovlivněn kyselostí výrobku – čím je výrobek kyselejší, tím mírnější je použitý tepelný proces (Bhattacharya, 2014; Kadlec et al., 2013; Li a Farid, 2016).

V současné době si dominantní postavení stále drží tepelná sterilace. Obvykle se jí dosahuje pomocí vysokotlakých zařízení, jako jsou autoklávy, které umožňují zahřátí potravinářských výrobků na teplotu vyšší než 100 °C. Jednou z výhod tepelné sterilace je schopnost vyrábět potraviny s mimořádně dlouhou dobou trvanlivosti. Naopak nevýhodami, ke kterým během sterilace dochází, jsou nutriční ztráty, změny v barvě, chuti a textuře konečných výrobků (Berk, 2018; Deák, 2014; Li a Farid, 2016).

### 2.1 Tepelná inaktivace mikroorganismů

Při dosažení inaktivační teploty (teploty, která vede k inaktivaci životně důležitých enzymů buňky, nevratným změnám buněčných membrán apod.) dochází k inaktivaci buněk. Inaktivační teplota pro devitalizaci spor je vyšší než teplota vegetativní buňky. Složení potravin (obsah bílkovin, cukrů, tuků a dalších složek), aktivita vody, pH a obsah složek s antimikrobiálním účinkem ovlivňuje průběh termoinaktivace mikroorganismů (Kadlec et al., 2013).

#### 2.1.1 Vliv výchozí koncentrace mikroorganismů

Potraviny mohou být kontaminovány širokým spektrem mikroorganismů zahrnující plísně, kvasinky, bakterie, viry. Doba trvání záhřevu závisí na počtu kontaminovaných mikroorganismů nalezených v konkrétní potravine před sterilací, na riziku kontaminace a také na tom, zda potravina může podporovat růst potenciálních kontaminujících mikroorganismů (Ramesh, 2003).

V potravinách s nízkým obsahem kyselin a pH vyšším než 4,5 je nutno zajistit redukci počtu spor *Clostridium botulinum*. *Clostridium botulinum* je nejvýznamnější původce bakteriálních spor, pokud jde o tepelné zpracování, protože produkuje silný neurotoxin. Sterilované potraviny se zpracovávají na základě pravděpodobnosti přežití *Clostridium botulinum* jednoho přeživšího na  $10^{12}$  konzerv (Ramesh, 2003; Awuah et al., 2007).

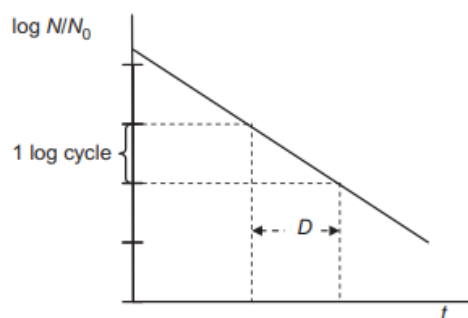
Vegetativní buňky se uplatňují jako možné kontaminanty v potravinách při hodnotách pH pod 4,0. Případné spory patogenů v kyselém prostředí neklíčí, jejich inaktivace tedy není potřebná (Kadlec et al., 2013).

### 2.1.2 Decimální redukční doba $D$ a teplotní citlivost $z$

Decimální redukční doba  $D$  je definována jako doba trvání záhřevu (obvykle v minutách) při konstantní letální teplotě potřebná pro snížení počtu živých buněk o jeden řád. Z toho vyplývá, že

$$\log \frac{N}{N_0} = -\frac{t}{D},$$

kde  $N$  a  $N_0$  jsou počty životaschopných buněk přítomných v čase  $t$ , resp. 0. Decimální redukční doba závisí na mikroorganizmech, teplotě a prostředí (pH, redoxní potenciál), viz obrázek 1 (Berk, 2018; Killer, 2019).

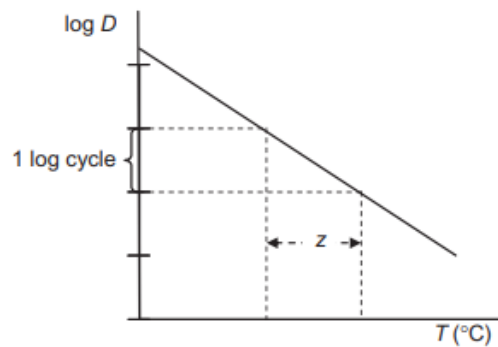


Obrázek 1 Log-lineární model tepelné redukce mikroorganismů (Berk, 2018)

Se zvyšující se teplotou se rychlost destrukce zrychluje a hodnota  $D$  snižuje. V rozsahu teplot používaných při tepelném zpracování se jedná o exponenciální proces, takže při vnesení logaritmu  $D$  v závislosti na teplotě dostaneme přímku, z toho lze odvodit další důležité parametry. Teplotní citlivost  $z$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) je definována jako přírůstek teploty potřebný k desetinásobnému zrychlení rychlosti tepelné destrukce (obrázek 2). Teplotní citlivost  $z$  je závislá na teplotě podle vztahu:

$$z = \frac{2,303 \cdot R}{E} \cdot T^2,$$

kde  $R$  je plynová konstanta,  $E$  je aktivační energie tepelného účinku a  $T$  je teplota (Berk, 2018; Kadlec, 2003).



Obrázek 2 Vliv teploty na hodnotu D (Berk, 2018)

### 2.1.3 Inaktivační (sterilační) účinek $F$

Za účelem porovnání různých postupů z hlediska jejich letality je definován pojem inaktivační (sterilační) účinek. Inaktivační účinek  $F$  je doba trvání (v minutách) potřebná k dosažení daného poměru snížení počtu mikroorganismů při dané konstantní teplotě, z toho plyne, že

$$F = D \cdot \log \frac{N_0}{N},$$

kde  $N$  a  $N_0$  jsou počty životaschopných buněk přítomných v čase  $t$ , resp. 0. Pro procesy tepelné sterilace málo kyselých potravin je standardní referenční teplota  $T$  121,1 °C a standardní hodnota  $z$  10 °C. Pro zjednodušení se indexy  $F$  a  $z$  vynechávají a standardní  $F$  se zapisuje jako  $F_0$ .  $F_0$  hodnota jakéhokoli procesu tepelné sterilace je počet minut zahřívání při 121,1 °C potřebný k dosažení stejného poměru tepelné destrukce určitého cílového mikroorganismu.  $F_0$  hodnota je užitečná zejména pro porovnání tepelných procesů s různými časově-teplotními profily a pro určení podmínek tepelného zpracování pro komerční výrobky. Při pasteraci kyselých potravin je referenční teplota méně než 100 °C (Berk, 2018).

Z bezpečnostních důvodů jsou tepelné procesy navrženy tak, aby bylo dosaženo požadované hodnoty  $F_0$  v nejméně chladném bodě výrobku. Přesné umístění nejméně ohřívajícího bodu závisí na fyzikálních vlastnostech obalu. V potravinách pevné konzistence přenos tepla

probíhá převážně vedením, jedná se o pomalý proces a nejpomalejší bod ohřevu je ve středu. Pokud se jedná o tekuté potraviny, je ohřev rychlejší, protože v obalu vznikají konvekční proudy, které účinněji přenášejí teplo. Nejpomalejší bod ohřevu je v případě tekutých potravin ve středové ose blíže ke dnu (Berk, 2018).

#### 2.1.4 Smrtící (letální) teplota $L$

V případě, že se suspenze buněk určitého mikroorganismu zahřeje nad určitou teplotu, dojde k odumření mikroorganismu, tzn. dojde ke snížení počtu živých buněk. Teploty, při nichž dochází k destrukci se nazývají letální teploty

$$L = 10^{\frac{(T-T_{ref})}{z}}$$

kde  $T$  je teplota záhřevu,  $T_{ref}$  je referenční teplota záhřevu,  $z$  je teplotní citlivost (Görner a Valík, 2004; Ramesh, 2003).

Smrtící teplota je teplota, při které dochází k usmrcení mikroorganismu za přesně definovaných podmínek během určité doby (nejčastěji 10 minut). Tato teplota závisí zejména na druhu mikroorganismu, jeho fyziologickém stavu a koncentraci buněk v prostředí, na složení prostředí a jeho pH. Jednotlivé mikroorganismy se liší svou termorezistencí, ale lze říct, že každá teplota, která je vyšší než maximální teplota růstu, je pro vegetativní buňky letální, pokud působí dostatečně dlouhou dobu (Šilhánková, 2008).

Důležitým faktorem ovlivňujícím termorezistenci mikroorganismů je obsah vody v prostředí i buňkách, ve vlhkém prostředí jsou mikroorganismy méně termorezistentní než v suchém prostředí. Lipidy, bílkoviny a vyšší koncentrace sacharidů působí ochranně. Dále termorezistenci buněk i spor ovlivňuje pH prostředí (Šilhánková, 2008).

Pro konzervárenství i jiné účely je výhodné zjistit termální smrtící dobu, ta udává nejkratší dobu potřebnou k usmrcení mikroorganismu za dané teploty a přesně specifikovaných podmínek. Tzv. letální křivka znázorňuje vztah mezi letální teplotou ( $T$ ) a dobou ( $t$ ) potřebnou k usmrcení určitého mikroorganismu za daných podmínek. Lze jej vyjádřit matematicky:

$$T = -k \cdot \log t + q,$$

kde  $k$  a  $q$  jsou konstanty, jsou ovlivněny druhem mikroorganismu i složením vnějšího prostředí během zahřívání (Šilhánková, 2008).



Pravděpodobnou příčinou letálních účinků vysokých teplot je denaturace bílkovin, která je nevratná a z ní plynoucí inaktivace enzymů, ale probíhají zde i jiné procesy (Šilhánková, 2008).

Smrtících účinků se v praxi využívá v širokém měřítku např. ke sterilizaci různých předmětů, živných půd, ke konzervaci potravin a dalších. Nekyselé potraviny v plechových nebo skleněných dózách se konzervují tlakovou parou v autoklávech, nejčastěji při přetlaku 0,1 až 0,15 MPa, při němž se dosahuje teploty zhruba 120 až 130 °C. Obvykle se volí tepelný režim, který usmrcuje vegetativní buňky a spory mikroorganismů, které by mohly svou činností způsobit nežádoucí změny konzervované potraviny (Rahman, 2007; Šilhánková, 2008).

### 2.1.5 Kažení konzervovaných potravin

Kažení potravin nastává v případě, že konzervovaná potravina obsahuje životaschopné mikroorganismy, které se v ní mohou množit při okolní teplotě. Organismy se zde mohou nacházet v důsledku nedostatečného tepelného zpracování nebo díky kontaminaci v důsledku netěsnosti obalu (Adams et al., 2015; Erkmen a Bozoglu, 2016).

Sporulující anaeroby rodu *Clostridium* mohou být proteolytické nebo sacharolytické, obě aktivity jsou obvykle doprovázeny produkcí plynu, které způsobují nafouknutí konzervy, tzv. bombáž konzervy (Adams et al. 2015).

## 2.2 Sterilační zařízení – přehled

Sterilátory zpracovávají potraviny mimo obal, nebo v obalech. Během sterilace mimo obal proudí zařízením přímo sterilovaná potravina, která se teprve následně plní do obalů. Sterilace v obalech probíhá tak, že zařízením prochází naplněné a uzavřené konzervy. Pasterý jsou zařízení, která pracují při teplotách do 100 °C, jsou využívány pro sterilace kyselých potravin, ve kterých není zapotřebí inaktivovat bakteriální spory, nebo pro pasteraci málo kyselých potravin, které musí být konzervovány dalším zákrokem, nejčastěji uchováním v chladu s omezenou trvanlivostí. Pro sterilaci nekyselých potravin jsou využívány sterilátory, které vzhledem ke sterilační teplotě nad 100 °C musí být konstruovány na přetlak proti atmosféře, cílem je dosáhnout inaktivace bakteriálních spor za přiměřenou dobu. Sterilátory jsou kontinuální nebo vsádkové (Bown, 2003; Kadlec, 2003; Kadlec et al., 2013).

### 2.2.1 Sterilizace nekyselých potravin mimo obal

Při sterilizaci potravin mimo obal se produkt zahřívá ve speciálním výměníku tepla – sterilátoru, poté následuje aseptické plnění. Mezi výhody patří, že se potravina rovnoměrněji prohřeje. Pro produkty kašovitě nebo kusovité konzistence jsou vhodné výměníky tepla se stíraným povrchem, zařízení typu votátoru. Mezi nevýhody tohoto zařízení patří nemožnost regenerace tepla a vysoké pořizovací náklady. Také se prosazují UHT (Ultra High Temperature) procesy, které jsou založeny na mžikovém působení tepla nad 132 °C. UHT procesy lze rozdělit na tři skupiny:

- přímý ohřev smísením sterilované potraviny s parou (vstřikování páry, parní infuze);
- nepřímý ohřev ve výměnících tepla (výměníky se stíraným povrchem, deskové a trubkové výměníky);
- elektrický ohřev (dielektrický a indukční ohřev, mikrovlnný ohřev) (Aguiar a Gut, 2014; Bown, 2003; Kadlec, 2003; Kadlec et al., 2013).

### 2.2.2 Sterilizace nekyselých potravin v obalu

Nekyselé potraviny v obalu se sterilují v zařízení nazývaném autokláv. Jedná se o tlakovou nádobu, ve které je možno uzavřít konzervy a sterilovat je při teplotě vyšší než 100 °C. Uvnitř autoklávu se ustaví tlak rovný tlaku vodní páry při sterilační teplotě, např. při 130 °C je to 270 kPa. Také se mění tlak uvnitř konzerv úměrně vnitřní teplotě, takže např. při 130 °C je uvnitř konzervy přetlak 170 kPa vůči atmosféře. Po sterilačním záhřevu je nutno konzervy chladit za podmínek, za kterých je tento vnitřní tlak nemůže porušit (Kadlec, 2003; Kadlec et al., 2013).

Nejjednodušším zařízením z diskontinuálních autoklávů je stacionární vertikální autokláv, jedná se o stojatou válcovou tlakovou nádobu s víkem. Konzervy se do autoklávu spouštějí shora jeřábem v koších. Po umístění košů dovnitř se autokláv uzavře, napustí vodou tak, že konzervy jsou ponořeny a ke dnu se začne přivádět topná pára, která ve vodě v autoklávu kondenzuje a obsah se zahřívá. Do autoklávu se po ukončení procesu začne přivádět chladná voda, která vytlačuje horkou vodu přepadem a chladí konzervy (Kadlec, 2003; Kadlec et al., 2013).

### 3 VLIV STERILACE A SKLADOVÁNÍ NA JEDNOTLIVÉ SLOŽKY TAVENÝCH SÝRŮ

V posledních desetiletích je jednou z nejúčinnějších a nejrozšířenějších metod prodloužení skladovatelnosti termosterilace potravin uzavřených v hermetických obalech. Tato konzervace zajistí mikrobiologickou kvalitu a enzymovou stabilitu tavených sýrů. Dále vede k prodloužení trvanlivosti tavených sýrů až na 24 měsíců a lze je konzumovat v běžném životě i bez použití chladicího zařízení. Zároveň je cílem, aby byly zachovány co nejvíce organoleptické, nutriční a funkční vlastnosti tepelně upravených potravin (Bubelová et al., 2015; Jedouňková et al., 2022).

Sterilační záhřev výrazně ovlivňuje změny barvy, konzistence, chuti a termolabilních biologicky aktivních látek. Během dlouhodobého skladování nejsou ani sterilované potraviny zcela stabilní a jejich dlouhodobé skladování, zejména při vyšších teplotách, je spojeno s výrazným fyzikálně-chemickým vývojem. Maillardovy reakce patří mezi nejdůležitější reakce zahrnující jak bílkoviny (aminosloučeniny), tak karbonylové sloučeniny (např. laktózu). Tyto reakce způsobují zhoršení kvality, zejména díky degradaci esenciálních aminokyselin a také snižují stravitelnost. Vznik hnědých pigmentů a také ovlivnění konzistence jsou považovány za významné doprovodné jevy Maillardových reakcí v tavených sýrech, ale i obecně v potravinách. Během skladování se rozsah neenzymatického hnědnutí zvyšuje v důsledku rostoucího množství redukujících sacharidů (v případě tavených sýrů zejména laktózy), v důsledku vyšší skladovací teploty a v důsledku vzniku oxidovaných lipidů. Mezi nejčastější destruktivní reakce aminokyselin se považuje Streckerova degradace za vzniku amoniaku, racemizace a oxidační reakce, která vede ke vzniku nevyužitelných produktů. Lipidy jsou dalšími sloučeninami, které se účastní reakcí při skladování tavených sýrů, podléhají oxidaci, jež má za následek uvolnění těkavých karbonylových sloučenin, které způsobují pachutí taveného sýra (Bubelová et al., 2015; Jedouňková et al., 2022; Kristensen et al., 2001; Nursten, 2005).

#### 3.1 Bílkoviny

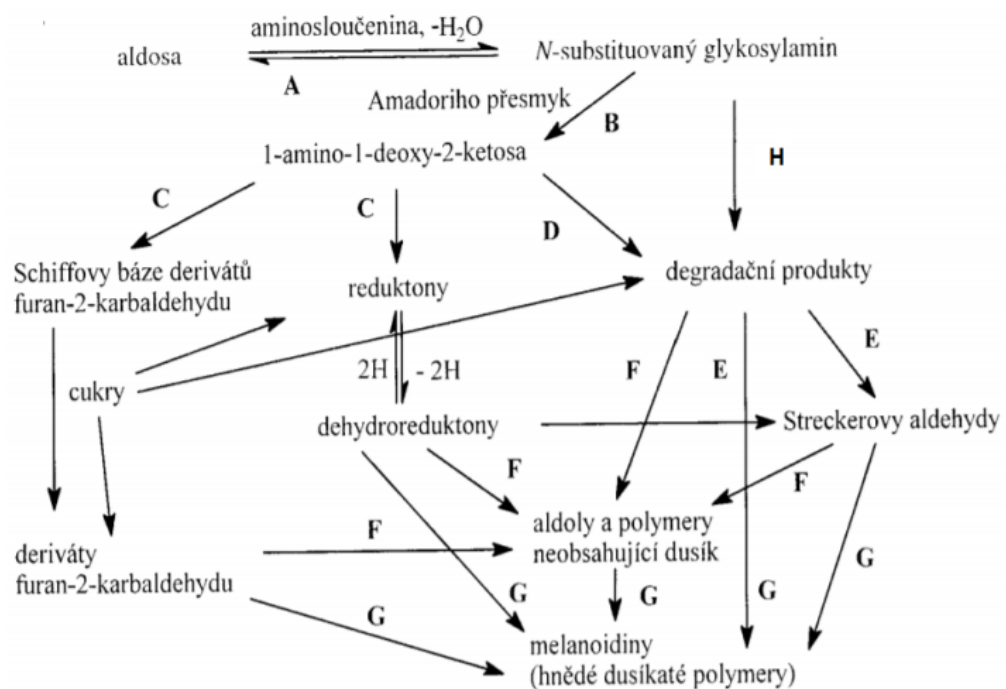
K jedné z nejrozšířenějších a nejvýznamnějších chemických reakcí probíhající během skladování a zpracování potravin patří reakce redukujících sacharidů s aminosloučeninami. Během těchto reakcí vzniká řada reaktivních karbonylových sloučenin, které reagují mezi sebou a taky s přítomnými aminosloučeninami. Jedná se o Maillardovy reakce, též nazývané jako reakce neenzymového hnědnutí, protože průvodním jevem těchto reakcí

je vznik hnědých pigmentů, tzv. melanoidinů. K neenzymovému hnědnutí dochází také jinými reakcemi, např. reakcí bílkovin s oxidovanými lipidy (Kristensen et al., 2001; Velíšek a Hajšlová, 2009).

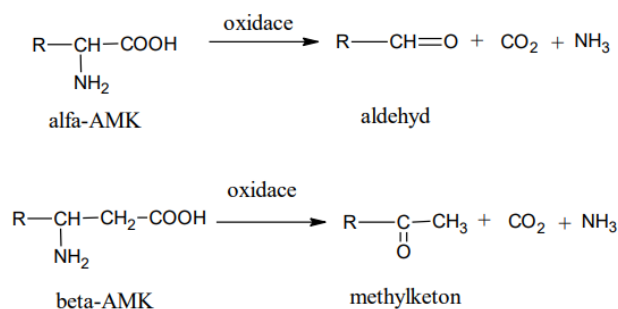
Mezi nejvýznamnější sacharidy, které se podílejí na Maillardově reakci, patří glukóza, fruktóza z monosacharidů. Z disacharidů především laktóza. Redukující sacharidy reagují především s bílkoviny a volnými aminokyselinami. Bílkoviny reagují spolu s redukujícími sacharidy především přes  $\epsilon$ -aminoskupiny vázaného lyzinu (Martins et al., 2000; Velíšek a Hajšlová, 2009).

Kromě sacharidů, produktů jejich rozkladu a produktů rozkladu aminokyselin se reakcí účastní také karbonylové sloučeniny již přítomné v potravine jako primární látka a karbonylové sloučeniny vzniklé v potravine z jiných prekurzorů než sacharidů (např. aldehydy vzniklé oxidací tuků). Díky složitosti Maillardovy reakce jsou často voleny jiné systémy, než jsou potraviny, např. modelový systém pouze s redukujícím cukrem a jednou aminokyselinou. Na obrázku 3 lze vidět schéma podle Hodge. Během reakce aldózy s aminosloučeninou se rozeznávají tři fáze. Nejprve dochází k tvorbě glykozylaminu, po které následuje Amadoriho přesmyk (reakce A a B). Poté dochází k dehydrataci a fragmentaci sacharidů a ke Streckerově degradaci aminokyselin (reakce C, D a E). Na závěr probíhají reakce meziproductů mající za následek tvorbu heterocyklických sloučenin a vysokomolekulárních pigmentů melanoidinů, jež jsou nositeli hnědého zbarvení (reakce F a G). Do reakce mohou vstupovat také reaktivní aldehydy a další sloučeniny vznikající jako sekundární produkty peroxidace lipidů (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Komplex Maillardových reakcí zahrnuje Streckerovu degradaci aminokyselin, někdy také nazývanou jako oxidativní dekarboxylace aminokyselin. Jedná se o významnou reakci, ke které dochází při skladování a při termickém zpracování potravin. Na obrázku 4 je znázorněno její obecné schéma. Jedná se o reakci  $\alpha$ -aminokyselin, při níž dochází k jejich oxidaci na odpovídající aldehyd za vzniku oxidu uhličitého a amoniaku. Hlavními produkty vzniklými během této reakce jsou důležitými vonnými látkami řady potravin. Během Streckerovy degradace dochází také ke ztrátám některých esenciálních aminokyselin (např. valinu, leucinu, izoleucinu a dalším). Streckerova degradace vstupuje do Maillardovy reakce dvěma způsoby – vzniklý aldehyd se může účastnit aldolové kondenzace vedoucí k bezdusíkatým polymerům, nebo může reagovat s aminosloučeninami za vzniku melanoidinů prostřednictvím aldiminů (Adamiec et al., 2001; Nursten, 2005).



Obrázek 3 Schéma podle Hodge (Velíšek a Hajšlová, 2009)



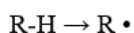
Obrázek 4 Obecné schéma Streckerovy degradace (Velíšek a Hajšlová, 2009)

### 3.2 Lipidy

Dalším z procesů, které mohou ovlivnit jakost tavených sýrů během sterilace a následně skladování, je oxidace lipidů. Při pasteraci a sterilaci mléka dochází pouze k mírným změnám membrán tukových kuliček a k mírným oxidačním změnám. Pokud dochází k déletrvajícimu oxidačnímu záhřevu, může docházet k oxidačním reakcím, kterým podléhá zejména volný tuk. Procesy autooxidace jsou nejběžnějším typem oxidace při zpracování nebo skladování potravin, patří k nejčastějším oxidačním reakcím nenasycených mastných kyselin, jejichž primárními produkty jsou hydroperoxy (Buňka, 2013; Kristensen a Skibsted, 1999).

Autooxidace probíhá ve třech stupních. Na obrázku 5 je znázorněn zjednodušený mechanismus. První stupeň reakce nazývaný jako iniciační stupeň (iniciace) zahrnuje vznik volného radikálu vodíku ( $H\bullet$ ) a volného radikálu mastné kyseliny ( $R\bullet$ ), tyto volné radikály vznikají homolytickým štěpením kovalentní vazby C-H uhlovodíkového řetězce. Druhý stupeň autooxidační reakce se nazývá propagace (propagační stupeň), volný radikál mastné kyseliny ( $R\bullet$ ) je velmi aktivní, takže se snadno spojí s molekulou kyslíku. Vzniká tak peroxylový radikál (nazývaný také peroxidový) ( $R-O-O\bullet$ ). Peroxylový radikál je také velmi reaktivní, takže oddělí atom vodíku z další nenasycené molekuly mastné kyseliny. Vzniká tak hydroperoxid ( $R-O-OH$ ) a další volný radikál mastné kyseliny ( $R\bullet$ ). Tento sled reakcí se může opakovat jednou nebo vícekrát. To je důvodem proč se autooxidaci říká řetězová reakce. Terminační stupeň (terminace) autooxidační reakce nastává za předpokladu, že je koncentrace volných radikálů v reakčním systému vysoká a je pravděpodobné, že dojde k reakci dvou radikálů za vzniku neradikálového produktu, čímž se reakční řetězec ukončí (Velíšek a Hajšlová, 2009).

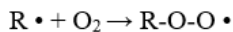
Hydroperoxydy jsou obvykle až během skladování výrobků konvertovány celou řadou reakčních mechanismů na tzv. sekundární produkty autooxidace, které zahrnují mnoho sensoricky aktivních látek (např. aldehydy, ketony, estery, uhlovodíky a další). Tyto procesy mohou způsobit nežádoucí změny chuti a vůně (tzv. žluknutí tuků) (Buňka, 2013; Collins et al., 2003).

**iniciační reakce**

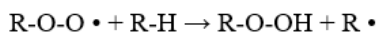
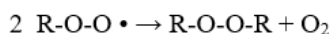
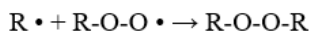
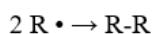
lipid    volný radikál lipidu

**propagační reakce**

tvorba peroxylového radikálu



tvorba hydroperoxidu

**terminační reakce**

Obrázek 5 Autooxidační reakce lipidů (Velíšek a Hajšlová, 2009)

### 3.3 Sacharidy

Tepelné ošetření mléka může mít za následek ovlivnění celé řady reakcí, do kterých vstupují i sacharidy v mléce. Laktóza může být hydrolyzována za vzniku galaktózy a glukózy, ale prakticky k tomu nedochází při běžných pasteračních a sterilačních teplotách. Častější změny v důsledku tepelného záhřevu zahrnují vznik laktulózy, kyselin a komplex Maillardových reakcí (Buňka, 2013).

V průběhu tepelného ošetření může vzniknout laktulóza – epimer laktózy, ve kterém je glukóza přeměněna na její izomer fruktózu. Jedná se o prebiotický sacharid, který stimuluje růst zdraví prospěšných bakterií v gastrointestinálním traktu, jako jsou bifidobakterie a laktobacily, zároveň inhibuje růst patogenních mikroorganismů. Laktulóza se v mléce přirozeně nevyskytuje, je důsledkem tepelného záhřevu a slouží jako indikátor intenzity použitého tepelného ošetření (Buňka, 2013; Panesar a Kumari, 2011).

Při teplotách nad 100 °C mohou nastat reakce, při nichž z laktózy vznikají organické kyseliny – zejména kyselina mravenčí a v menším množství také kyselina mléčná. Díky těmto reakcím může dojít k ovlivnění tepelné stability mléka (Buňka, 2013; Walstra et al., 2006).

Laktóza vstupuje do komplexu Maillardových reakcí spolu s aminosloučeninami, jak již bylo zmíněno v kapitole 3.1. Produkty vznikající v průběhu komplexu Maillardových reakcí mohou ovlivnit organoleptické vlastnosti mléka a mléčných produktů. Zejména se jedná o vliv na barvu. V důsledku vysokých a dlouhotrvajících záhřevů dochází k mírnému zhnědnutí produktů díky vzniku řady produktů, jako jsou melanoidiny (dusíkaté polymery) (Buňka, 2013).

### 3.4 Vitaminy

Nejvíce zastoupený vitamin v tavených sýrech je vitamin B<sub>2</sub> (riboflavin). Vitamin B<sub>2</sub> je poměrně termostabilní, lze tedy říct, že sterilační teplota ho téměř neovlivňuje. Při vystavení světlu v průběhu skladování degraduje, jeho degradaci lze zaznamenat již po 14 dnech skladování (Kristensen et al., 2001).

Malé ztráty jsou zaznamenány u vitaminu B<sub>6</sub> (pyridoxin) a B<sub>12</sub> (kobalamin), zvyšují se zejména během skladování, a to až na 50 %. Naopak nejméně stabilní vitaminy, včetně vitaminu C, B<sub>1</sub> (tiamin) a B<sub>9</sub> (folát, kyselina listová), zahříváním degradují. Vitaminy

rozpustné v tucích vykazují dobrou tepelnou stabilitu, takže téměř nedochází ke ztrátám (Talbot-Walsh et al., 2018).



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem této práce bylo sledovat vliv různých teplot skladování na jakost nesterilovaných a sterilovaných tavených sýrů s příchutí. Dílčím cílem pak byla snaha o zamaskování negativních projevů sterilace (zejména tmavnutí a vařivé příchutě) použitím dvou různých ochucujících složek.

Cílem teoretické části diplomové práce bylo:

- charakterizovat tavené sýry a sterilační záhřev;
- specifikovat vliv sterilace a skladování na jednotlivé složky tavených sýrů.

Cílem praktické části diplomové práce bylo:

- vyrobit modelové vzorky tavených sýrů lišících se použitím ochucujících složek a část vzorků podrobit dvěma sterilačním režimům;
- založit skladovací pokus po dobu jednoho roku při 3 různých skladovacích teplotách;
- u nesterilovaných vzorků provést fyzikálně-chemickou, texturní a reologickou analýzu a analýzu barvy 1 den po výrobě a následně 3 měsíce po výrobě;
- u sterilovaných vzorků provést fyzikálně-chemickou, texturní a reologickou analýzu a analýzu barvy 1 den po výrobě a následně 3, 6, 9 a 12 měsíců po výrobě;
- vyhodnotit získané výsledky, diskutovat a zformulovat závěr.

## 5 METODIKA PRÁCE

Praktická část diplomové práce navazuje na diplomovou práci s názvem „Možnosti maskování vařivé příchutě ve sterilovaných tavených sýrech“ (Šenk, 2023), ve které byl zahájen skladovací pokus, výsledky měření ihned po výrobě v této práci neuvádím.

### 5.1 Popis experimentu

V praktické části diplomové práce byly vyrobeny dva modelové vzorky tavených sýrů s příchutí rajčete (rajče-česnek-bazalka) a chřestu (chřest-slanina). Po utavení byla část vzorků uložena do lednice při teplotě  $6 \pm 2$  °C, kde byla skladována po dobu 3 měsíců od výroby (nesterilované vzorky). Další část vzorků byla podrobena dvěma sterilačním režimům: 120 °C po dobu 15 min a 125 °C po dobu 5 min (sterilované vzorky). Vzorky podrobené sterilačnímu záhřevu byly skladovány po dobu 12 měsíců od výroby při teplotě  $6 \pm 2$  °C v lednici,  $22 \pm 2$  °C v klimatizovaném skladu a  $40 \pm 2$  °C v termostatu. Jednotlivé analýzy byly u nesterilovaných vzorků provedeny 1. den po výrobě a po 3 měsících od výroby. Nesterilované vzorky již dále skladovány nebyly, protože nebyla zaručena jejich zdravotní nezávadnost. U sterilovaných vzorků byly analýzy provedeny 1. den po výrobě, dále po 3, 6, 9 a 12 měsících od výroby.

### 5.2 Charakteristika modelových vzorků tavených sýrů

Pro výrobu modelových vzorků tavených sýrů (obsah sušiny 37 % hm., obsah tuku v sušině 50 % hm.) byly použity níže uvedené suroviny:

- Eidamská cihla 30 % (obsah sušiny ~50 % hm. a obsah tuku v sušině ~30 % hm., výrobce: LACRUM Velké Meziříčí, s.r.o., Česká republika);
- Čerstvé máslo (obsah sušiny ~84 % hm., obsah tuku ~82 % hm., výrobce: MADETA, a.s. České Budějovice, Česká republika);
- Pitná voda;
- Směs tavicích solí fosforečnanového typu – hydrogenfosforečnan sodný  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , difosforečnan tetrasodný  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ , dihydrogenfosforečnan sodný  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  a sodná sůl polyfosforečnanu  $(\text{NaPO}_3)_n$  (výrobce: Fosfa a.s., Břeclav, Česká republika);
- Rajčatový prášek (výrobce: Sosa Ingredients S.L., Moià, Španělsko);
- Bazalka sušená drcená (výrobce: Allnature s.r.o., Hradec Králové, Česká republika);

- Česnek sušený granulovaný (výrobce: Allnature s.r.o., Hradec Králové, Česká republika);
- Přírodní extrakt z bílého chřestu práškový (výrobce: Sosa Ingredients S.L., Moià, Španělsko);
- Práškové aroma s příchutí slanina (výrobce: Aromka Brno s.r.o., Brno, Česká republika).

V tabulce 1 je uvedena surovinová skladba pro výrobu tavených sýrů s příchutí rajčete i chřestu.

Tabulka 1 Surovinová skladba vzorků tavených sýrů s příchutí

Suroviny	Tavený sýr s příchutí	
	Rajče (g)	Chřest (g)
Eidamská cihla 30 %	570	570
Máslo čerstvé	200	200
Tavicí soli*	30	30
Pitná voda	600	600
Rajčatový prášek	14	-
Bazalka sušená	3	-
Česnek sušený	4	-
Chřest práškový	-	14
Práškové aroma slanina	-	3
<b>Součet (g)</b>	<b>1421</b>	<b>1417</b>

\*Složení směsi tavicí soli:  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ –8 g,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ –8 g,  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ –8 g,  $(\text{NaPO}_3)_n$ –6 g

### 5.3 Výroba modelových vzorků tavených sýrů

Výroba modelových vzorků tavených sýrů proběhla v laboratořích Ústavu technologie potravin, Fakulty Technologické na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně. V kapitole 5.2 je uvedena surovinová skladba pro výrobu jedné dávky vzorků tavených sýrů. Výroba byla zopakována celkem 20krát u obou příchutí, aby bylo zajištěno dostatečné množství vzorků, které byly využívány během analýz prováděných v průběhu skladovacího pokusu.

Nejdříve byly všechny suroviny naváženy na analytických vahách. Eidamská cihla byla nakrájena na kostky o velikosti přibližně 1x1cm a byla rozmělněna v zařízení Vorwerk Thermomix TM6-1 (výrobce Vorwerk GmbH&Co). K rozmělněné eidamské cihle byly

přidány zbylé suroviny a směs byla za stálého míchání zahřívána na tavicí teplotu 90 °C, při které byla udržována po dobu 1 min. Utavená směs byla ihned nalévána do 100 g hliníkových misek (výška 27,4 mm; průměr 84,1 mm; výrobce: Aluflexpack). Hliníkové misky s utavenou směsí byly zakryty hliníkovými víčky a uzavřeny pomocí uzavíracího zařízení pro obaly (Novaseal, výrobce: Nirosta) při teplotě 280 °C po dobu 3 s.

Po vychlazení byla část vzorků uložena do lednice při teplotě  $6 \pm 2$  °C (nesterilované vzorky). Zbylé vzorky byly podrobeny sterilaci v autoklávu (FVA/A1, výrobce Fedegari), první polovina sterilačnímu režimu při teplotě 120 °C po dobu 15 min (dále jen 120/15), druhá polovina sterilačnímu režimu při teplotě 125 °C po dobu 5 minut (125/5). Během sterilace byla teplota uvnitř vzorků sledována datalogery (RT-F55, výrobce: Analytical s.r.o.). Pomocí autoklávových čidel byl kontrolován průběh sterilačního režimu. Po sterilaci byly vzorky chlazeny po dobu 50 min na teplotu 50 °C. Po zchlazení byl zahájen skladovací pokus. Sterilované vzorky byly rozděleny na tři třetiny, kdy první třetina byla uložena do lednice při teplotě  $6 \pm 2$  °C, druhá třetina byla uložena do skladu při teplotě  $22 \pm 2$  °C a třetí třetina do termostatu při teplotě  $40 \pm 2$  °C. Vzorkování během skladování bylo popsáno v kapitole 5.1.

#### 5.4 Stanovení obsahu celkové sušiny

Stanovení obsahu celkové sušiny bylo provedeno dle ČSN EN ISO 5534 Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny. Obsah celkové sušiny je hmotnostní podíl látek, který se stanoví tak, že zkušební díl zkušebního vzorku promíchaný s pískem je sušen v sušárně při teplotě 102 °C. Po vysušení se zjišťuje vážením zkušebního dílu zkušebního vzorku úbytek hmotnosti. Obsah celkové sušiny se udává v hmotnostních procentech (ČSN EN ISO 5534, 2005).

Vzorek byl navážen a promíchan s mořským pískem (3 g vzorku a 20 g mořského písku) v misce s plochým dnem. Takto připravené vzorky byly vloženy do sušárny (VENTICELL, výrobce BMT), ve které byly sušeny při teplotě  $102 \pm 2$  °C do konstantního úbytku hmotnosti (doba sušení trvala přibližně 5 h). Po vychlazení v exsikátoru byly jednotlivé misky váženy na analytických vahách PLJ 1200-3A (výrobce Kern). Stanovení obsahu celkové sušiny bylo provedeno pro každý vzorek 3krát.

Obsah vody byl vypočítán dle vzorce:

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

$w$ , je obsah vody v % hm.;

$m_1$ , je hmotnost misky s mořským pískem před sušením (g);

$m_2$ , je hmotnost misky s mořským pískem a zkušebním dílem zkušebního vzorku před sušením (g);

$m_3$ , je hmotnost misky s mořským pískem a zkušebním dílem zkušebního vzorku po vysušení (g).

Výpočet obsahu sušiny byl proveden dle vzorce:

$$S = 100 - w$$

$S$ , je obsah sušiny v % hm.;

$w$ , je obsah vody v % hm.

## 5.5 Stanovení pH

Hodnota pH je definována jako záporný dekadický logaritmus aktivity vodíkových iontů. Platí rovnice  $pH = -\log(a_{H^+})$ , kde  $a$  vyjadřuje aktivitu vodíkových iontů (Dostál, 2009; Horáková et al., 1989).

Stanovení hodnoty pH u jednotlivých vzorků bylo provedeno při laboratorní teplotě pomocí vpichového pH metru (HI 99161, výrobce Hanna Instruments) se skleněnou elektrodou. Hodnota pH byla stanovena pro každý vzorek 6krát.

## 5.6 Stanovení amoniaku Conwayovou metodou

Obsah amoniaku byl ve vzorcích stanoven mikrodifuzní metodou podle Conwaye v Conwayově nádobce. V Conwayově nádobce dochází k vytěsnění amoniaku ze vzorku roztokem uhličitanu draselného a k absorpci v roztoku kyseliny borité. Množství absorbovaného amoniaku se následně stanoví titrací odměrným roztokem kyseliny sírové za použití indikátoru (směs bromkresolové zeleně a metylčerveně) (Kopřiva et al., 2012).

Zkušební vzorek byl homogenizován s destilovanou vodou v poměru 1:3 (5 g vzorku a 15 g vody), homogenát byl následně odstředěn. 1 ml odstředěného vzorku byl pipetován do vnější části Conwayovy nádobky spolu s 1 ml nasyceného roztoku uhličitanu draselného. Do vnitřní části Conwayovy nádobky byl napipetován 1 ml 1% kyseliny borité a byly přidány 2 kapky Conwayova indikátoru (0,033 % hm. bromkresolová zeleň a 0,066 % hm. metylová červeň v 96 % obj. etanolu). Nádobka byla uzavřena, promíchána a inkubována

po dobu 2 h při pokojové teplotě. Poté bylo množství absorbovaného amoniaku v 1% kyselině borité stanoveno titrací 0,005 M kyselinou sírovou ze zeleného do růžového zbarvení. Stanovení bylo pro každý vzorek provedeno 3krát.

Množství absorbovaného amoniaku bylo vypočteno dle vzorce:

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

$NH_3$ , je množství absorbovaného amoniaku (mg/kg);

$V_{H_2SO_4}$ , je spotřeba odměrného roztoku 0,005 M  $H_2SO_4$  při titraci (ml);

$F_{H_2SO_4}$ , je faktor  $H_2SO_4$ .

## 5.7 Stanovení hodnoty tiobarbiturového čísla

Oxidace lipidů zahrnuje tvorbu primárních oxidačních produktů (hydroperoxidů), které jsou nestabilní a náchylné k rozkladu na sekundární oxidační produkty. Mezi sekundární oxidační produkty patří aldehydy, ketony, uhlovodíky, které jsou charakteristické výraznými organoleptickými vlastnostmi, zejména pachem (Hu a Jacobsen, 2016; Shahidi a Fereidoon, 2005).

Test na kyselinu tiobarbiturovou je jednou z nejrozšířenějších metod k detekci oxidativního poškození potravin obsahujících tuk. Během oxidace lipidů vzniká v důsledku degradace polynenasycených mastných kyselin malondialdehyd. Malondialdehyd reaguje s kyselinou 2-tiobarbiturovou za vzniku barevného komplexu, který se měří spektrofotometricky při vlnové délce 532 nm (červený pigment) / 450 nm (žlutý pigment) (Hu a Jacobsen, 2016; Shahidi a Fereidoon, 2005).

Nejprve bylo do 50 ml zkumavky naváženo 5 g homogenizovaného vzorku, ke kterému bylo přidáno 15 ml kyseliny chloristé o koncentraci 3,86 % a 0,5 ml 4,2% etanolového roztoku butylhydroxytoluenu. Slepý pokus číslo 1 byl proveden smícháním 5 ml destilované vody s 15 ml kyseliny chloristé o koncentraci 3,86 % a 0,5 ml 4,2 % etanolového roztoku butylhydroxytoluenu. Vzorek a slepý pokus 1 byly rozmíchány na vortexu a byly vloženy na třepačku, kde byly třepány 15 min. Následně byly odstředěny na odstředivce po dobu 5 min při 6000 ot/min a byly zfiltrány přes papírový filtr. Z filtrátu byly odebrány 4 ml alikvotní části do skleněné zkumavky. K alikvotní části byly pipetovány 4 ml roztoku kyseliny tiobarbiturové o koncentraci 0,02 mol/l. Dále byl připraven slepý pokus číslo 2, kde byl pipetován vzorek spolu s destilovanou vodou. Poté byly takto připravené vzorky

zahřívány na vodní lázni při teplotě 100 °C po dobu 45 min, byly zchlazeny a přefiltrovány přes stříkačkový filtr. Absorbance všech vzorků i slepých pokusů byla proměřena pomocí spektrofotometru UV–VIS (UV-1280, výrobce Shimadzu) při vlnové délce 450 nm (žluté odstíny). Každý vzorek byl analyzován 2krát a poté 3krát proměřen na spektrofotometru, tj.  $n = 6$ .

Výpočet tiobarbiturového čísla byl proveden dle vzorce:

$$T\check{C} = \frac{A_{vz} - A_{SP_1} - A_{SP_2}}{m} \cdot 1000$$

$T\check{C}$ , je tiobarbiturové číslo ( $A_{450}/\text{mg}$ );

$A_{vz}$ , je absorbance vzorku;

$A_{SP_1}$ , je absorbance slepého pokusu číslo 1;

$A_{SP_2}$ , je absorbance slepého pokusu číslo 2;

$m$ , je navážka vzorku (g).

## 5.8 Stanovení aktivity vody

Aktivita vody je definována jako poměr parciálního tlaku vodní páry nad potravinou k parciálnímu tlaku vodní páry nad čistou vodou při dané teplotě. Jedná se o množství dostupné vody pro chemické reakce mikrobiálních buněk (Nowacka et al., 2023).

Mikroorganismy způsobující kažení potravin vyžadují prostředí s vodní aktivitou vyšší než 0,91, plísně mohou růst i při aktivitě vody 0,80. U tavených sýrů se aktivita vody pohybuje v rozmezí 0,91–0,96 (Buňka et al., 2009).

Potraviny málo se kazící mají hodnotu aktivity vody  $\leq 0,65$  (sušené ovoce, med, 60% roztok sacharózy), potraviny středně se kazící mají hodnotu aktivity vody  $< 0,85$  (rýže, mouka, cukrovinky, džemy) a potraviny lehce se kazící mají hodnotu aktivity vody  $> 0,95$  (mléčné výrobky, ovoce, měkké masné výrobky (Berk, 2018; Velíšek a Hajšlová, 2009).

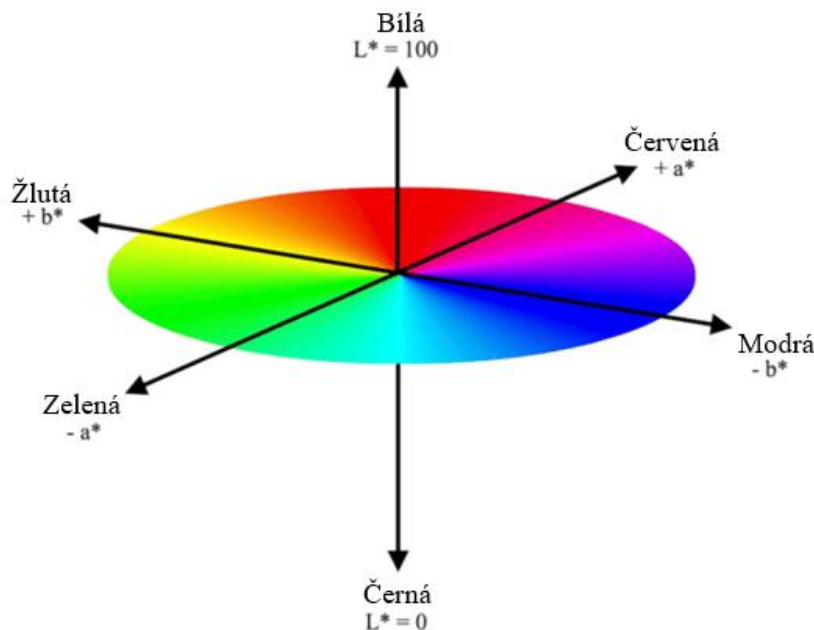
Aktivita vody byla měřena pomocí laboratorního přístroje METER AquaLab 4TE (výrobce AquaLab, Decagon, USA), do kterého byla vložena plastová kulatá forma, v níž byl umístěn vzorek. Před samotným měřením byl přístroj kalibrován roztokem 0,920 Water activity – 2,33 mol/kg of NaCl in H<sub>2</sub>O (Aqualab by DECAGON). Aktivita vody byla pro každý vzorek proměřena 3krát.



## 5.9 Analýza barvy

Pro instrumentální analýzu barvy zkušebních vzorků byl použit spektrofotometr UltraScan VIS (výrobce: HunterLab). Byla použita barevná škála CIE Lab ( $L^*a^*b^*$ ) s osvětlením D65 (standardní denní světlo) a úhlem pozorovatele  $10^\circ$ . Spektrofotometr byl kalibrován za použití bílé (C6299 HunterLab Color Standard) a šedé (C62996 HunterLab Color Standard) referenční desky. K měření byla využita 10 mm křemenná kyveta. Každý vzorek byl proměřen 3krát.

Na obrázku 6 je znázorněn barevný prostor CIE Lab ( $L^*a^*b^*$ ). Parametr  $L^*$  označuje světelnost a nabývá hodnot od 0 do 100 (0 označuje černou barvu, 100 označuje bílou barvu). Parametr  $a^*$  označuje barvu od zelené ( $-a^*$ ) po červenou ( $+a^*$ ), parametr  $b^*$  označuje barvu od modré ( $-b^*$ ) po žlutou ( $+b^*$ ) (Belasco et al., 2020, Nguyen et al., 2018).



Obrázek 6 Trojrozměrný barevný prostor CIE  $L^*a^*b^*$  (Belasco et al., 2020).

## 5.10 Texturní analýza

Texturní profilová analýza (TPA) se využívá k hodnocení texturních vlastností pevných nebo polotuhých potravin. TPA napodobuje žvýkání potravy v ústech. Při tomto testu je vzorek vystaven dvojnásobné kompresi, při které se získá křivka závislosti deformace a síly. Z této křivky lze určit parametry jako tvrdost, křehkost, přilnavost, pružnost, soudržnost, gumovitost a žvýkatelnost (Ahmed a Basu, 2023).

Texturní profilová analýza byla měřena pomocí analyzátoru textury TA.XT plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie) při  $20 \pm 1$  °C. Vzorky v původním obalu byly podrobeny dvojnásobné kompresi o 25 % původní výšky válcovou hliníkovou sondou o průměru 20 mm. Texturní analýza byla provedena pro každý vzorek 3krát. Pro následné vyhodnocení byl použit program Exponent Lite.

Kromě TPA bylo provedeno i stanovení roztíratelnosti. Roztíratelnost je měřítkem, jak snadno a rovnoměrně lze vzorek deformovat a roztírat (El-Bakry a Mehta, 2022; Swenson et al., 2000).

Vzorky byly dávkovány do dolní části kuželové sondy a byly podrobeny penetraci horní částí kuželové sondy. Během stanovení vzorek vytéká pod úhlem 45° mezi dolní a horní částí kuželové sondy, což ukazuje na stupeň roztíratelnosti. Stanovení roztíratelnosti bylo provedeno pro každý vzorek taktéž 3krát. Pro následné vyhodnocení byl použit program Exponent Lite.

### 5.11 Reologická analýza

Při oscilačních zkouškách se zjišťují viskoelastické vlastnosti. Vzorek je vystaven deformaci nebo napětí, které se při použití reometru harmonicky mění s časem (Pluta-Kubica et al., 2021).

Viskoelastické vlastnosti byly stanoveny pomocí dynamického oscilačního smykového reometru HAAKE RheoStress 1 (Thermo Scientific, Německo) v geometrii deska – deska. Před každým měřením jednotlivých vzorků byl přístroj kalibrován. Měření bylo provedeno při teplotě  $20 \pm 0,1$  °C a amplitudě smykového napětí 20 Pa nanesením vzorku na spodní neotáčivou desku tak, aby po spuštění horní otáčivé desky byla pokryta celá měřicí plocha. Ze získaných hodnot lze vypočítat viskoelastické vlastnosti – elastický ( $G'$ ) a viskózní ( $G''$ ) modul pružnosti, nebo tangens fázového posunu. Stanovení viskoelastických vlastností bylo provedeno pro každý vzorek 3krát.

Při oscilačních smykových zkouškách lze celkovou odezvu vzorku charakterizovat pomocí komplexního modulu pružnosti  $G^*$ :

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

$G^*$ , je komplexní modul pružnosti (Pa);

$G'$ , je elastický modul pružnosti (Pa);

$G''$ , je viskózní modul pružnosti (Pa).

Komplexní modul pružnosti popisuje celkový odpor proti deformaci materiálu (považovaného za pružné těleso) a je tedy měřítkem jeho konzistence.

Tangens fázového posunu se vypočítá pomocí vzorce:

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

$\tan \delta$ , je hodnota fázového posunu;

$G'$ , je elastický modul pružnosti (Pa);

$G''$ , je viskózní modul pružnosti (Pa).

Pokud je hodnota  $\tan \delta$  menší než 1, nebo  $G'$  větší než  $G''$ , vzorek má elastický charakter (chování podobné pevné látce). Naopak je-li  $\tan \delta$  větší než 1, nebo  $G''$  větší než  $G'$ , vzorek má viskózní charakter (chování podobné kapalině) (Pluta-Kubica et al., 2021).

## 6 VÝSLEDKY A DISKUSE

V rámci tohoto výzkumu byla po výrobě vzorků prováděna i mikrobiologická analýza, jejíž výsledky jsou součástí diplomové práce Ing. Šenka (Šenk, 2023), jak bylo zmíněno v metodice. Zde je uvedeno jen shrnutí dosažených výsledků, protože jsou relevantní i pro tuto práci. Mikrobiologická analýza zahrnovala stanovení celkového počtu mikroorganismů, počtu aerobních a anaerobních sporulujících mikroorganismů a počtu kvasinek a plísní. Nesterilované vzorky obsahovaly množství mikroorganismů, které splnilo požadavky uvedené v normě ČSN 56 9609 pro tavené sýry (Český normalizační institut, 2008). U sterilovaných vzorků nebyly stanoveny žádné mikroorganismy. U sterilovaných vzorků byla také provedena termostatová zkouška, která nedetekovala žádné ze sledovaných mikroorganismů. Oba sterilační režimy, které byly použity, prokázaly, že byla zajištěna praktická sterilita vzorků (Šenk, 2023).

### 6.1 Stanovení obsahu celkové sušiny

Průměrné hodnoty obsahu sušiny pro vzorky tavených sýrů s příchutí rajčete i chřestu jsou uvedeny v tabulce 2. Naměřené hodnoty se u vzorků s příchutí rajčete v průběhu ročního skladovací pokusu pohybovaly v rozmezí 36,15–37,86 % hm. U vzorků s příchutí chřestu se naměřené hodnoty v průběhu ročního skladovacího pokusu pohybovaly v rozmezí 36,52–37,70 % hm. V průběhu skladování nebyly zaznamenány žádné významné rozdíly mezi jednotlivými vzorky. Teoretická hodnota sušiny vypočítaná v surovinové skladbě byla 37 % hm. Lze tedy říct, že režim sterilace, teplota ani délka skladování neměli zásadní vliv na obsah sušiny. Protože byly tavené sýry baleny do hermeticky uzavřených obalů, byl konstantní obsah sušiny v průběhu skladování očekáván. Srovnatelný obsah sušiny u všech vzorků je důležitý také pro srovnání ostatních parametrů, zejména texturních a reologických. Žádné významné rozdíly v průběhu skladování, které nebyly ovlivněny ani teplotou ani délkou skladování potvrzují již předchozí výzkumy, které byly provedeny (Bubelová et al., 2015; Jedouňková et al., 2022).

### 6.2 Stanovení pH

V tabulce 3 jsou uvedeny průměrné hodnoty pH pro vzorky tavených sýrů s příchutí rajčete i chřestu. V průběhu skladování byl zaznamenán pokles hodnot pH.

Nejvyšší pokles hodnot v průběhu skladování byl zaznamenán u vzorků s příchutí rajčete i chřestu skladovaných v termostatu a podrobených sterilačnímu režimu 120/15. V průběhu

skladování došlo k poklesu pH o 0,5 u vzorků s příchutí rajčete (z původních 5,80 na 5,31) a 0,3 u vzorků s příchutí chřestu (z 5,82 na 5,48). U vzorků skladovaných v lednici a při pokojové teplotě došlo k méně výraznému poklesu, cca o 0,3. Použitá ochucující složka neměla vliv na hodnotu pH. V průběhu skladování nebyly zaznamenány významné rozdíly v použitých ochucujících složkách.

Tabulka 2 Výsledky stanovení obsahu sušiny tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu

Příchut'	Režim sterilace	N	Sušina (% hm.)						
			Skladování	120/15			125/5		
				L	S	T	L	S	T
Rajče	3. měsíc	36,66 ± 0,15	36,58 ± 0,15	36,58 ± 0,62	37,36 ± 0,99	36,50 ± 0,08	37,43 ± 0,08	37,02 ± 0,04	
	6. měsíc	NS	37,01 ± 0,27	36,95 ± 1,03	37,33 ± 0,45	36,48 ± 1,03	37,15 ± 0,64	36,50 ± 0,32	
	9. měsíc	NS	37,69 ± 0,70	36,90 ± 0,28	37,04 ± 1,09	36,86 ± 0,37	37,38 ± 0,34	36,82 ± 0,30	
	12. měsíc	NS	36,26 ± 1,05	36,92 ± 0,68	36,15 ± 0,77	36,92 ± 0,55	37,41 ± 0,96	37,86 ± 0,39	
Chřest	3. měsíc	37,08 ± 0,16	37,30 ± 0,25	37,31 ± 0,26	37,64 ± 0,08	37,17 ± 0,27	37,51 ± 0,30	37,55 ± 0,44	
	6. měsíc	NS	37,53 ± 0,38	37,47 ± 0,66	37,69 ± 0,67	37,62 ± 0,49	37,55 ± 1,20	37,64 ± 0,85	
	9. měsíc	NS	37,60 ± 0,14	37,56 ± 0,96	36,52 ± 0,76	36,66 ± 1,15	37,02 ± 0,66	37,70 ± 0,80	
	12. měsíc	NS	37,45 ± 0,17	36,76 ± 0,19	37,62 ± 0,30	37,01 ± 0,43	36,79 ± 0,26	37,67 ± 0,54	

Pokles hodnot pH v průběhu skladování byl zaznamenán již v předchozích výzkumech (Bubelová et al., 2015; Jedouňková et al., 2022). Snížení hodnot pH lze přičíst tvorbě kyselin v průběhu Maillardových reakcí, defosforylaci kazeinů, rozkladu laktózy (Al-Saadi a Deeth, 2008; Gaucher et al., 2008). Změnu pH lze vysvětlit také hydrolýzou polyfosforečnanových tavicích solí, s klesajícím počtem monomerů v řetězci se zvyšuje jejich pufrovací schopnost

(Buňka et al., 2008). Snížení pH vlivem sterilace bylo zaznamenáno např. v Lazárková et al. (2010) a Lazárková et al. (2011), důvody jsou obdobné těm výše uvedeným.

Tabulka 3 Výsledky stanovení pH tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu

Příchut'	Režim sterilace	N	pH (-)					
			120/15			125/5		
			L	S	T	L	S	T
Rajče	3. měsíc	5,95 ± 0,01	5,79 ± 0,01	5,76 ± 0,01	5,80 ± 0,01	5,79 ± 0,01	5,75 ± 0,01	5,77 ± 0,01
	6. měsíc	NS	5,74 ± 0,05	5,68 ± 0,01	5,69 ± 0,02	5,68 ± 0,01	5,67 ± 0,01	5,59 ± 0,02
	9. měsíc	NS	5,65 ± 0,01	5,63 ± 0,01	5,63 ± 0,04	5,61 ± 0,02	5,64 ± 0,03	5,57 ± 0,03
	12. měsíc	NS	5,52 ± 0,02	5,47 ± 0,01	5,31 ± 0,05	5,45 ± 0,02	5,40 ± 0,02	5,31 ± 0,06
Chřest	3. měsíc	6,04 ± 0,01	5,80 ± 0,01	5,85 ± 0,02	5,82 ± 0,01	5,82 ± 0,01	5,84 ± 0,01	5,81 ± 0,02
	6. měsíc	NS	5,71 ± 0,02	5,71 ± 0,05	5,69 ± 0,01	5,76 ± 0,01	5,66 ± 0,01	5,64 ± 0,01
	9. měsíc	NS	5,78 ± 0,06	5,73 ± 0,08	5,69 ± 0,01	5,73 ± 0,06	5,76 ± 0,04	5,81 ± 0,17
	12. měsíc	NS	5,53 ± 0,01	5,52 ± 0,07	5,48 ± 0,03	5,42 ± 0,04	5,44 ± 0,06	5,50 ± 0,03

### 6.3 Stanovení amoniaku

Průměrné hodnoty obsahu amoniaku vzorků tavených sýrů s příchutí rajčete i chřestu jsou uvedeny v tabulce 4. U vzorků s příchutí rajčete i chřestu došlo k nárůstu obsahu amoniaku v průběhu skladování. Nejvyšší nárůst byl zaznamenán u vzorků podrobených sterilačnímu režimu 120/15 a skladovaných v termostatu. Vypočtená hodnota obsahu amoniaku u vzorku rajčete byla po 3 měsících skladování 49,9 mg/kg, po 12 měsících pak došlo k nárůstu na 149,6 mg/kg. U vzorku chřestu byla hodnota obsahu amoniaku po 3 měsících 65,7 mg/kg,

po 12 měsících 108,8 mg/kg. Množství amoniaku se u příchuti rajčete zvýšilo téměř trojnásobně, u příchuti chřestu téměř dvojnásobně. Nejmenší nárůst obsahu amoniaku byl zaznamenán u vzorků skladovaných v lednici. Z výsledků je taktéž patrné, že vzorky podrobené sterilačnímu záhřevu obsahují více amoniaku než nesterilované vzorky. Vzorky s příchutí chřestu obsahovaly celkově méně amoniaku než vzorky s příchutí rajčete.

Tabulka 4 Výsledky stanovení obsahu amoniaku tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu

Příchut'	Režim sterilace Skladování	N	Obsah amoniaku (mg/kg)					
			120/15			125/5		
			L	S	T	L	S	T
Rajče	3. měsíc	29,5 ± 3,9	40,8 ± 0,1	45,3 ± 3,9	49,9 ± 2,9	36,3 ± 3,9	47,6 ± 2,8	68,0 ± 2,8
	6. měsíc	NS	41,7 ± 2,9	56,7 ± 3,9	72,5 ± 1,9	63,5 ± 2,4	68,0 ± 0,1	74,8 ± 1,8
	9. měsíc	NS	43,1 ± 3,9	63,5 ± 3,9	122,8 ± 1,8	56,7 ± 1,1	76,1 ± 2,9	79,3 ± 3,9
	12. měsíc	NS	49,1 ± 3,9	72,6 ± 3,9	149,6 ± 2,8	77,1 ± 3,9	82,4 ± 2,9	90,7 ± 3,9
Chřest	3. měsíc	31,7 ± 2,9	52,1 ± 1,9	49,9 ± 2,9	65,7 ± 2,9	49,9 ± 1,9	56,7 ± 1,9	66,2 ± 1,9
	6. měsíc	NS	52,1 ± 3,9	57,8 ± 3,9	81,2 ± 3,8	54,4 ± 3,8	58,9 ± 2,9	86,1 ± 3,9
	9. měsíc	NS	54,4 ± 0,1	68,0 ± 3,8	90,7 ± 3,4	61,2 ± 2,8	65,7 ± 3,9	90,7 ± 3,9
	12. měsíc	NS	56,7 ± 3,9	79,3 ± 3,8	108,8 ± 3,8	70,3 ± 3,9	78,0 ± 3,9	104,3 ± 3,9

Zvýšení obsahu amoniaku v průběhu skladování a také vlivem sterilace souvisí se Streckerovou degradací aminokyselin, kde je amoniak jedním z produktů degradace nebo následkem Maillardových reakcí (Buňka et al., 2004). V dříve prováděných výzkumech autoři Bubelová et al. (2015) skladovali tavené sýry při 3 teplotách (6, 23 a 40 °C) a zaznamenali dvojnásobný nárůst koncentrace amoniaku v případě vzorků skladovaných

při 40 °C. Autoři Buňka et al. (2008) ve svém výzkumu také uvádí, že významně vyšší koncentrace amoniaku byla zaznamenána ve sterilovaných výrobcích skladovaných při vyšší teplotě. Námi zjištěný závěr, tedy výraznější nárůst obsahu amoniaku při vyšší skladovací teplotě, odpovídá předchozím studiím (Bubelová et al., 2015; Buňka et al., 2008). Autoři Buňka et al. (2023), Jedouňková et al. (2022) a Lazárková et al. (2010) zaznamenali u vzorků ošetřených sterilačním režimem výrazný nárůst obsahu amoniaku ve srovnání s nesterilovanými vzorky, což je v souladu s výsledky této diplomové práce.

#### 6.4 Stanovení hodnoty tiobarbiturového čísla

V tabulce 5 jsou uvedeny průměrné hodnoty tiobarbiturového čísla vzorků tavených sýrů s příchutí rajčete i chřestu. Hodnota tiobarbiturového čísla se následkem sterilace zvýšila. V průběhu skladování a s rostoucí teplotou skladování došlo k nárůstu tiobarbiturového čísla u všech vzorků podrobených sterilaci. U sterilovaných vzorků skladovaných po celou dobu v lednici byl zaznamenán menší nárůst tiobarbiturového čísla, než je tomu u vzorků skladovaných v termostatu. Vzorky podrobené sterilačnímu režimu při 125 °C po dobu 5 minut vykazovaly nižší hodnoty tiobarbiturového čísla než vzorky sterilované při 120 °C po dobu 15 minut. Z výsledků lze říct, že sterilační režim 125/5 je šetrnější a míra oxidace lipidů je nižší než v případě sterilačního režimu 120/15. V odborné literatuře se obecně doporučuje používat pro sterilaci vyšší teplotu působící adekvátně kratší dobu, která způsobí méně výrazné nutriční ztráty a organoleptické změny (Holdsworth, 2004).

U vzorků s příchutí rajčete i chřestu podrobených sterilačnímu režimu 120/15 skladovaných v termostatu došlo ke zvýšení hodnoty tiobarbiturového čísla. Po 3 měsících skladování u vzorku rajčete byla hodnota tiobarbiturového čísla 114,3 A<sub>450</sub>/mg, po 12 měsících došlo k nárůstu na 159,5 A<sub>450</sub>/mg. U vzorku chřestu byla hodnota tiobarbiturového čísla po 3 měsících od výroby 105,8 A<sub>450</sub>/mg, po 12 měsících pak 150,1 A<sub>450</sub>/mg. U vzorků s příchutí rajčete podrobených sterilačnímu režimu 120/15 a skladovaných ve skladu došlo k menšímu nárůstu hodnoty tiobarbiturového čísla, po 3 měsících byla naměřena hodnota 102,1 A<sub>450</sub>/mg, po 12 měsících pak 131,0 A<sub>450</sub>/mg. U vzorku chřestu byla hodnota tiobarbiturového čísla po 3 měsících od výroby 91,3 A<sub>450</sub>/mg, po 12 měsících pak 127,8 A<sub>450</sub>/mg. Nejmenší nárůst hodnoty tiobarbiturového čísla byl zaznamenán u vzorků s příchutí rajčete sterilovaných režimem 120/15 a skladovaných v lednici, kde po 3 měsících byla naměřena hodnota 89,4 A<sub>450</sub>/mg, po 12 měsících pak 100,7 A<sub>450</sub>/mg. U vzorku chřestu



byla hodnota tiobarbiturového čísla po 3 měsících od výroby 70,2 A<sub>450</sub>/mg, po 12 měsících pak 91,4 A<sub>450</sub>/mg.

Tabulka 5 Výsledky stanovení hodnoty tiobarbiturového čísla tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu

Příchut'	Režim sterilace Skladování	N	Tiobarbiturové číslo (A <sub>450</sub> /mg)					
			120/15			125/5		
			L	S	T	L	S	T
Rajče	3. měsíc	39,5	89,4	102,1	114,3	83,5	96,4	109,7
		± 1,5	± 3,3	± 2,2	± 1,8	± 2,7	± 3,7	± 4,2
	6. měsíc	NS	92,6	107,0	125,1	89,6	101,1	119,4
		± 3,5	± 4,0	± 4,7	± 2,5	± 4,0	± 4,4	± 4,4
9. měsíc	NS	98,7	124,3	135,4	91,2	116,3	127,6	
	± 3,6	± 4,4	± 4,3	± 2,7	± 3,9	± 4,3	± 4,3	
12. měsíc	NS	100,7	131,0	159,5	99,7	128,2	140,7	
	± 3,1	± 2,1	± 1,7	± 3,1	± 4,0	± 4,5	± 4,5	
Chřest	3. měsíc	29,7	70,2	91,3	105,8	62,7	84,3	96,8
		± 1,2	± 3,0	± 2,8	± 3,2	± 2,5	± 2,4	± 3,0
	6. měsíc	NS	78,6	99,1	113,7	74,6	91,0	105,3
		± 3,3	± 2,5	± 3,0	± 2,7	± 2,6	± 3,1	± 3,1
9. měsíc	NS	85,6	116,8	138,9	80,4	104,2	127,2	
	± 3,0	± 2,7	± 3,4	± 2,6	± 2,7	± 3,3	± 3,3	
12. měsíc	NS	91,4	127,8	150,1	88,3	119,6	140,7	
	± 3,2	± 2,9	± 3,1	± 2,0	± 2,1	± 3,0	± 3,0	

V článku zabývající se vlivem světla a teploty na barvu a oxidační stabilitu tavených sýrů byl pozorován nárůst hodnoty tiobarbiturového čísla v průběhu skladování. Nejvyšší naměřená hodnota tiobarbiturového čísla byla stanovena u vzorků tavených sýrů skladovaných při 37 °C. Tato práce prokázala, že tvorba sekundárních produktů oxidace lipidů byla silně závislá na teplotě (Kristensen et al., 2001). Lazárková et al. (2021) zaznamenali pozitivní korelaci mezi zvýšením tiobarbiturového čísla a rostoucí skladovací teplotou u balkánského sýra. Nárůst sekundárních produktů oxidace lipidů vlivem sterilace

tavených sýrů byl popsán např. v publikacích Buňka et al. (2023) a Jedouňková et al. (2022), přičemž autoři přisuzují intenzivnější oxidační procesy komplexu Maillardových reakcí.

## 6.5 Stanovení aktivity vody

V tabulce 6 jsou uvedeny průměrné hodnoty aktivity vody tavených sýrů s příchutí rajčete i chřestu. V průběhu skladovacího pokusu nebyl zaznamenán vliv použitého sterilizačního režimu ani doby a teploty skladování na hodnotu aktivity vody. U vzorků tavených sýrů s příchutí rajčete byla hodnota aktivity vody v rozmezí od 0,9202 do 0,9608, u vzorků s příchutí chřestu od 0,9468 do 0,9692.

Tabulka 6 Výsledky stanovení aktivity vody tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu

Příchut'	Režim sterilace	N	Aktivita vody (-)						
			Skladování	120/15			125/5		
				L	S	T	L	S	T
Rajče	3. měsíc	0,9489	0,9566	0,9490	0,9378	0,9435	0,9315	0,9373	
		± 0,0071	± 0,0019	± 0,0054	± 0,0055	± 0,0028	± 0,0007	± 0,0036	
	6. měsíc	NS	0,9361	0,9472	0,9202	0,9447	0,9314	0,9447	
			± 0,0240	± 0,0083	± 0,0002	± 0,0045	± 0,0010	± 0,0183	
9. měsíc	NS	0,9476	0,9380	0,9485	0,9458	0,9271	0,9567		
		± 0,0188	± 0,0101	± 0,0013	± 0,0028	± 0,0110	± 0,0008		
12. měsíc	NS	0,9593	0,9482	0,9511	0,9554	0,9502	0,9608		
		± 0,0020	± 0,0020	± 0,0030	± 0,0008	± 0,0020	± 0,0029		
Chřest	3. měsíc	0,9653	0,9622	0,9573	0,9631	0,9657	0,9555	0,9621	
		± 0,0072	± 0,0058	± 0,0069	± 0,0062	± 0,0015	± 0,063	± 0,0050	
	6. měsíc	NS	0,9529	0,9480	0,9468	0,9480	0,9475	0,9506	
			± 0,0137	± 0,0110	± 0,0001	± 0,0071	± 0,0045	± 0,0013	
9. měsíc	NS	0,9506	0,9692	0,9647	0,9658	0,9507	0,9643		
		± 0,0040	± 0,0029	± 0,0028	± 0,0028	± 0,0070	± 0,0036		
12. měsíc	NS	0,9607	0,9592	0,9575	0,9584	0,9592	0,9494		
		± 0,0044	± 0,0029	± 0,0034	± 0,0059	± 0,0029	± 0,0018		

Tavené sýry mají obecně vysokou aktivitu vody vhodnou pro pomnožení mikroorganismů. Sterilační záhřev, který mikroorganismy inaktivuje má v tomto ohledu pozitivní vliv. Vodní aktivita tavených sýrů se pohybuje v rozmezí od 0,91 do 0,97 (Fox et al., 2017), naměřené hodnoty v rámci tohoto výzkumu korelují s hodnotou uváděnou v literatuře.

## 6.6 Analýza barvy

Barva tavených sýrů je ovlivněna použitými surovinami (v našem případě zejména ochucujícími složkami) a také ji ovlivňuje použitý sterilační režim. V průběhu sterilace dochází k Maillardovým reakcím, při kterých vznikají hnědé produkty (melanoidiny), které mohou ovlivnit barvu výsledných produktů (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Tabulka 7 Výsledky parametru  $L^*$  tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu

Příchut'	Režim sterilace	N	$L^*$					
			120/15			125/5		
			L	S	T	L	S	T
Rajče	3. měsíc	77,38 ± 0,36	68,98 ± 0,11	67,00 ± 0,40	61,43 ± 0,37	70,91 ± 0,31	63,86 ± 0,91	57,25 ± 0,44
	6. měsíc	NS	69,28 ± 0,22	61,42 ± 1,51	56,39 ± 1,00	65,94 ± 1,48	65,93 ± 1,23	55,16 ± 0,85
	9. měsíc	NS	63,96 ± 0,94	63,38 ± 1,63	54,58 ± 0,09	63,61 ± 0,24	66,77 ± 0,49	50,03 ± 0,45
	12. měsíc	NS	67,59 ± 1,42	63,90 ± 1,03	60,88 ± 0,51	71,12 ± 0,24	63,16 ± 0,42	58,69 ± 0,54
Chřest	3. měsíc	89,59 ± 0,47	78,82 ± 0,41	74,14 ± 5,97	70,04 ± 0,42	82,42 ± 0,92	75,54 ± 0,66	74,34 ± 1,28
	6. měsíc	NS	74,42 ± 0,85	70,25 ± 0,56	67,10 ± 0,63	83,71 ± 0,38	76,75 ± 0,98	66,10 ± 2,94
	9. měsíc	NS	73,58 ± 1,56	71,12 ± 0,45	67,92 ± 0,32	82,25 ± 0,96	76,58 ± 0,74	61,04 ± 0,88
	12. měsíc	NS	72,05 ± 0,60	69,15 ± 0,62	68,53 ± 0,68	82,23 ± 0,53	73,58 ± 0,55	65,92 ± 0,41

Výsledky spektrofotometrické analýzy barvy vzorků tavených sýrů jsou uvedeny v tabulce 7, 8 a 9. V tabulce 7 jsou uvedeny průměrné hodnoty parametru  $L^*$  (světelnost). Parametr  $L^*$  nabývá hodnot od 0 (černá barva) do 100 (bílá barva). Největší pokles (tmavnutí) byl zaznamenán u vzorků s příchutí rajčete i chřestu skladovaných v termostatu. Vzorky sterilované v režimu 125/5 a skladované v termostatu měly u obou příchutí nižší hodnoty než vzorky sterilované při 120/15 a skladované v termostatu. Nejnižší hodnotu (nejtmavší) parametru  $L^*$  vykazoval vzorek s příchutí rajčete podrobený sterilačnímu režimu 125/5 skladovaný v termostatu po 9 měsících. Nejvyšší hodnotu (nejsvětlejší) parametru  $L^*$  měl nesterilovaný vzorek s příchutí chřestu po 3 měsících. V průběhu skladování hodnota světelnosti kolísala u obou vzorků.

Tabulka 8 Výsledky parametru  $a^*$  tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu

Příchut'	Režim sterilace	N	$a^*$						
			Skladování	120/15			125/5		
				L	S	T	L	S	T
Rajče	3. měsíc	9,18 ± 0,29	13,23 ± 0,30	14,34 ± 0,33	14,59 ± 0,10	14,20 ± 0,66	16,92 ± 1,06	16,86 ± 0,18	
	6. měsíc	NS	12,82 ± 0,26	15,66 ± 0,48	16,84 ± 0,46	17,06 ± 0,37	16,32 ± 0,32	17,00 ± 0,62	
	9. měsíc	NS	17,86 ± 0,22	15,21 ± 1,02	17,01 ± 0,15	18,38 ± 0,02	17,14 ± 0,01	19,18 ± 0,06	
	12. měsíc	NS	14,47 ± 0,31	15,02 ± 0,11	16,25 ± 0,09	12,51 ± 0,24	14,24 ± 0,19	16,58 ± 0,17	
Chřest	3. měsíc	0,52 ± 0,02	4,16 ± 0,17	7,17 ± 1,83	8,12 ± 0,37	3,20 ± 0,39	4,91 ± 0,19	5,42 ± 0,29	
	6. měsíc	NS	5,06 ± 0,51	7,50 ± 0,48	10,87 ± 0,33	2,50 ± 0,26	4,33 ± 0,48	9,00 ± 0,92	
	9. měsíc	NS	5,83 ± 0,64	8,47 ± 0,10	11,16 ± 0,08	2,40 ± 0,42	4,22 ± 0,25	12,18 ± 0,58	
	12. měsíc	NS	4,71 ± 0,16	7,98 ± 0,19	10,09 ± 0,07	2,86 ± 0,42	5,47 ± 0,36	11,51 ± 0,12	

V tabulce 8 jsou uvedeny průměrné hodnoty parametru  $a^*$ . Parametr  $a^*$  popisuje rozpětí barev od  $-a^*$  (zelená barva) po  $+a^*$  (červená barva). Vzorky s příchutí rajčete nabývaly vyšších hodnot – byly červenější, což je dáno použitou ochucující složkou. S rostoucí skladovací teplotou došlo jen k velmi mírnému nárůstu u vzorků s příchutí rajčete, tím se alespoň částečně podařilo zamaskovat změnu barvy zapříčiněnou sterilačním záhřevem. U vzorků s příchutí chřestu došlo k výraznějšímu nárůstu hodnoty parametru  $a^*$  s rostoucí skladovací teplotou, maskování změny barvy způsobené sterilačním záhřevem bylo tedy neúspěšné. V průběhu skladování hodnota parametru  $a^*$  kolísala u obou vzorků.

Tabulka 9 Výsledky parametru  $b^*$  tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu

Příchut'	Režim sterilace	N	$b^*$					
			120/15			125/5		
			L	S	T	L	S	T
Rajče	3. měsíc	29,50 ± 0,59	34,70 ± 0,72	35,70 ± 0,86	36,81 ± 0,06	34,09 ± 0,78	39,04 ± 1,32	41,35 ± 1,03
	6. měsíc	NS	31,44 ± 1,03	35,61 ± 0,31	37,45 ± 1,62	33,52 ± 1,33	34,91 ± 0,34	36,46 ± 2,87
	9. měsíc	NS	35,15 ± 0,89	38,36 ± 0,51	41,09 ± 0,80	36,99 ± 2,41	38,23 ± 1,69	43,35 ± 0,89
	12. měsíc	NS	33,92 ± 0,64	37,20 ± 0,44	40,44 ± 0,51	32,78 ± 1,72	38,23 ± 0,50	44,76 ± 0,59
Chřest	3. měsíc	15,29 ± 0,42	24,85 ± 0,32	25,95 ± 4,63	29,90 ± 0,34	22,35 ± 0,71	27,45 ± 0,55	29,39 ± 0,31
	6. měsíc	NS	24,27 ± 1,13	26,28 ± 0,23	30,65 ± 0,21	20,51 ± 0,31	25,87 ± 1,69	29,27 ± 2,47
	9. měsíc	NS	27,34 ± 1,21	29,73 ± 0,14	30,93 ± 0,87	23,87 ± 1,33	27,09 ± 0,32	31,35 ± 1,65
	12. měsíc	NS	21,94 ± 0,35	26,30 ± 0,16	28,75 ± 0,20	20,43 ± 1,38	25,32 ± 0,19	30,76 ± 0,09

V tabulce 9 jsou uvedeny hodnoty parametru  $b^*$ . Parametr  $b^*$  popisuje rozpětí barev od  $-b^*$  (modrá barva) po  $+b^*$  (žlutá barva). S rostoucí skladovací teplotou byl zaznamenán mírný

nárůst u obou vzorků i obou sterilačních režimů. Vzorky s příchutí rajčete nabývaly vyšších hodnot – byly žlutější. V průběhu skladování hodnota parametru  $b^*$  kolísala u obou vzorků.

Již předchozí výzkumy ukázaly, že aplikovaný sterilační záhřev způsobil významný pokles světelnosti a posun chromatičnosti do červených nebo žlutých oblastí ve srovnání s nesterilovanými tavenými sýry (Jedounková et al., 2022). Také bylo pozorováno, že s klesající sterilační teplotou (a současně delší expoziční dobou) vzorky tavených sýrů tmavly (pokles  $L^*$ ) a došlo k posunu barevnosti ze zelené na červenou (nárůst hodnot  $a^*$ ) a také z modré na žlutou (nárůst hodnot  $b^*$ ) (Lazárková et al., 2011). V našem výzkumu bylo pozorováno tmavnutí v případě obou použitých příchutí, ale na základě velmi malého zvýšení hodnot  $a^*$  v případě aplikace rajčatové složky je možné vyhodnotit závěr, že u této příchuti se podařilo maskovat barevné změny alespoň částečně.

## 6.7 Texturní analýza

V rámci texturní analýzy byla provedena texturní profilová analýza, ve které byl získán parametr tvrdost a dále stanovení roztíratelnosti.

V tabulce 10 jsou uvedeny průměrné hodnoty tvrdosti tavených sýrů s příchutí. U vzorků s příchutí rajčete tvrdost v průběhu skladování narůstala. Tvrdost rostla s rostoucí skladovací teplotou a také s délkou skladování. U vzorků s příchutí rajčete byl nejvyšší nárůst pozorován u sterilačního režimu 120/15 skladovaných v termostatu, z hodnoty 1,45 N (3. měsíc) na hodnotu 2,83 N (12. měsíc). U vzorků s příchutí chřestu byl nejvyšší nárůst pozorován u sterilačního režimu 125/5 skladovaných v lednici, z hodnoty 0,64 N (3. měsíc) na hodnotu 1,42 N (12. měsíc).

Ve výzkumu s názvem „Vliv teploty a doby skladování na konzistenci a barvu sterilovaného taveného sýra“ se v průběhu dvouletého skladování tvrdost měnila. Nejprve byl zaznamenán pokles tuhosti sterilovaných vzorků, ale následně docházelo k trvalému nárůstu tuhosti. Zvýšení tuhosti tavených sýrů v důsledku sterilace lze pravděpodobně vysvětlit hydrolyzou polyfosfátových tavicích solí a snížením jejich afinity k vápenatým iontům. Vlivem mohlo být také snížení hodnoty pH v průběhu skladování, který mohl přispět ke zvýšení pevnosti tavených sýrů (Buňka et al., 2008). Intenzivnější nárůst tuhosti tavených sýrů skladovaných při vyšších teplotách ve srovnání s výrobky skladovanými při nižší teplotě pozorovali také v rámci výzkumu zabývajícího se texturou a mikrostrukturou tavených sýrů v blocích (Awad et al., 2002). V publikaci zabývající se hodnocením kvality bílého slaného sýra

skladovaného v plechovkách v závislosti na teplotě a době skladování bylo pozorováno tuhnutí vzorků s prodlouženou dobou skladování a také vyšší teplotou (Lazárková et al., 2021), tyto výsledky opět korespondují s výsledky této diplomové práce.

Tabulka 10 Výsledky tvrdosti tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu

Příchut'	Režim sterilace	N	Tvrdost (N)						
			Skladování	120/15			125/5		
				L	S	T	L	S	T
Rajče	3. měsíc	0,20	0,58	0,93	1,45	0,83	1,59	1,96	
		± 0,02	± 0,08	± 0,08	± 0,12	± 0,14	± 0,11	± 0,07	
	6. měsíc	NS	1,25	1,43	1,87	1,17	1,54	1,98	
			± 0,06	± 0,04	± 0,09	± 0,08	± 0,09	± 0,16	
9. měsíc	NS	1,30	1,47	2,49	1,76	1,91	2,38		
		± 0,08	± 0,10	± 0,10	± 0,04	± 0,12	± 0,11		
12. měsíc	NS	1,59	1,83	2,83	1,91	2,74	2,96		
		± 0,09	± 0,10	± 0,11	± 0,07	± 0,07	± 0,15		
Chřest	3. měsíc	0,12	0,54	0,96	1,35	0,64	0,86	1,07	
		± 0,01	± 0,11	± 0,14	± 0,10	± 0,06	± 0,07	± 0,10	
	6. měsíc	NS	0,78	1,26	1,69	0,81	1,12	1,41	
			± 0,01	± 0,13	± 0,04	± 0,03	± 0,10	± 0,06	
9. měsíc	NS	0,87	1,39	1,85	1,03	1,27	1,59		
		± 0,03	± 0,12	± 0,09	± 0,05	± 0,06	± 0,75		
12. měsíc	NS	1,05	1,56	1,98	1,42	1,60	1,74		
		± 0,04	± 0,04	± 0,04	± 0,10	± 0,10	± 0,10		

V tabulce 11 jsou uvedeny průměrné hodnoty roztíratelnosti tavených sýrů s příchutí. V průběhu skladování byly získané hodnoty konstantní. V průběhu skladování nebyl zaznamenán vliv sterilace, ani teploty a délky skladování na roztíratelnost tavených sýrů s příchutí. U vzorků s příchutí rajčete i chřestu se hodnoty pohybovaly od 0,11 N/s do 0,16 N/s.

V jednom z výzkumů autoři uvedli, že zvýšení tvrdosti v průběhu skladování zhoršuje roztíratelnost tavených sýrů (Buňka et al., 2008). Naměřené výsledky příliš nekorelují s tímto výzkumem, tvrdost v průběhu skladování a se zvyšující se teplotou rostla,

ale roztíratelnost byla po celou dobu skladování konstantní. Tvrdost ale pravděpodobně nebude jediným parametrem, který roztíratelnost může ovlivnit.

Tabulka 11 Výsledky stanovení roztíratelnosti tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu

Příchut'	Režim sterilace	N	Roztíratelnost (N/s)						
			Skladování	120/15			125/5		
				L	L	S	T	L	S
Rajče	3. měsíc	0,12 ± 0,007	0,13 ± 0,005	0,13 ± 0,006	0,12 ± 0,006	0,13 ± 0,001	0,14 ± 0,013	0,15 ± 0,013	
	6. měsíc	NS	0,13 ± 0,012	0,14 ± 0,007	0,14 ± 0,017	0,14 ± 0,016	0,13 ± 0,007	0,15 ± 0,021	
	9. měsíc	NS	0,15 ± 0,006	0,14 ± 0,078	0,15 ± 0,007	0,13 ± 0,009	0,11 ± 0,078	0,14 ± 0,009	
	12. měsíc	NS	0,14 ± 0,012	0,15 ± 0,009	0,13 ± 0,028	0,13 ± 0,008	0,14 ± 0,009	0,16 ± 0,030	
Chřest	3. měsíc	0,14 ± 0,005	0,11 ± 0,019	0,11 ± 0,020	0,13 ± 0,010	0,13 ± 0,005	0,14 ± 0,007	0,13 ± 0,006	
	6. měsíc	NS	0,14 ± 0,016	0,12 ± 0,018	0,12 ± 0,022	0,13 ± 0,027	0,13 ± 0,012	0,14 ± 0,028	
	9. měsíc	NS	0,13 ± 0,001	0,12 ± 0,006	0,13 ± 0,012	0,12 ± 0,005	0,11 ± 0,010	0,14 ± 0,004	
	12. měsíc	NS	0,12 ± 0,022	0,13 ± 0,010	0,14 ± 0,017	0,14 ± 0,003	0,12 ± 0,008	0,16 ± 0,004	

## 6.8 Reologická analýza

V tabulce 12 jsou uvedeny průměrné hodnoty komplexního modulu pružnosti ( $G^*$ ) vzorků tavených sýrů s příchutí pro referenční frekvenci 1 Hz. Pro výpočet komplexního modulu pružnosti byly naměřeny hodnoty elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) a viskózního modulu pružnosti ( $G''$ ), které v této práci nejsou uvedeny.  $G^*$  vyjadřuje celkový odpor vzorku



k deformaci a zahrnuje jak elastickou, tak i viskózní složku. Čím je  $G^*$  vyšší, tím je materiál pevnější (tužší) (Sołowiej et al., 2020).

Tabulka 12 Výsledky stanovení komplexního modulu pružnosti tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu

Příchut'	Režim sterilace Skladování	N	Komplexní modul pružnosti $G^*$ (Pa)					
			120/15			125/5		
			L	S	T	L	S	T
Rajče	3. měsíc	774 ± 58	2274 ± 109	2347 ± 73	3514 ± 111	1237 ± 63	1956 ± 75	2890 ± 85
	6. měsíc	NS	2367 ± 73	2533 ± 76	5196 ± 95	1949 ± 59	3508 ± 112	4837 ± 119
	9. měsíc	NS	3455 ± 95	3624 ± 103	8825 ± 139	2885 ± 76	4321 ± 86	6910 ± 93
	12. měsíc	NS	4482 ± 111	4769 ± 120	10152 ± 142	3430 ± 98	5402 ± 105	9464 ± 121
Chřest	3. měsíc	470 ± 59	889 ± 68	1135 ± 73	1520 ± 68	1271 ± 36	1329 ± 42	1596 ± 64
	6. měsíc	NS	970 ± 72	1238 ± 74	2306 ± 79	1400 ± 52	1604 ± 65	1740 ± 68
	9. měsíc	NS	1264 ± 85	1425 ± 86	3853 ± 75	1780 ± 59	1975 ± 85	2237 ± 89
	12. měsíc	NS	1981 ± 89	2463 ± 91	4085 ± 101	2120 ± 75	2367 ± 102	2616 ± 110

V průběhu skladování došlo k nárůstu  $G^*$  (tuhnutí) u vzorků s příchutí rajčete i chřestu. Nárůst byl pozorován také s vyšší teplotou skladování, tedy vzorky skladované v termostatu dosáhly nejvyšších hodnot. U vzorků s příchutí rajčete podrobených sterilačnímu režimu 120/15 a skladovaných v termostatu byla hodnota komplexního modulu pružnosti ve 3. měsíci skladování 3514 Pa, po 12 měsících došlo k nárůstu na 10152 Pa. U vzorků s příchutí chřestu podrobených sterilačnímu režimu 120/15 a skladovaných v termostatu byla hodnota po 3 měsících 1520 Pa, po 12 měsících došlo k nárůstu na 4085 Pa. Menší nárůst byl zaznamenán u vzorků skladovaných ve skladu a podrobených sterilačnímu režimu

120/15 – pro příchut' rajčete byla hodnota  $G^*$  po 3 měsících 2347 Pa, po 12 měsících 4769 Pa; pro příchut' chřestu  $G^*$  po 3 měsících 1135 Pa, po 12 měsících 2463 Pa. Nejmenší nárůst v průběhu skladování byl zaznamenán u vzorků skladovaných v lednici a podrobených sterilačnímu režimu 125/5, kde pro vzorky s příchutí rajčete byla hodnota  $G^*$  po 3 měsících 1237 Pa, po 12 měsících 3430 Pa, totéž i vzorků s příchutí chřestu, kde byla hodnota  $G^*$  po 3 měsících 1271 Pa, po 12 měsících 2120 Pa.

Tabulka 13 Výsledky stanovení hodnoty fázového posunu tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu

Příchut'	Režim sterilace	N	tan $\delta$ (-)					
			120/15			125/5		
			L	L	S	T	L	S
Rajče	3. měsíc	0,62 ± 0,01	0,56 ± 0,02	0,50 ± 0,04	0,43 ± 0,03	0,58 ± 0,02	0,54 ± 0,01	0,33 ± 0,01
	6. měsíc	NS	0,47 ± 0,04	0,43 ± 0,02	0,28 ± 0,03	0,45 ± 0,04	0,36 ± 0,01	0,24 ± 0,02
	9. měsíc	NS	0,43 ± 0,04	0,39 ± 0,03	0,26 ± 0,02	0,37 ± 0,02	0,30 ± 0,01	0,18 ± 0,01
	12. měsíc	NS	0,36 ± 0,01	0,32 ± 0,02	0,20 ± 0,01	0,28 ± 0,02	0,25 ± 0,01	0,11 ± 0,01
Chřest	3. měsíc	0,73 ± 0,04	0,67 ± 0,04	0,64 ± 0,03	0,58 ± 0,02	0,63 ± 0,02	0,60 ± 0,02	0,50 ± 0,01
	6. měsíc	NS	0,56 ± 0,02	0,51 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,60 ± 0,03	0,56 ± 0,04	0,31 ± 0,01
	9. měsíc	NS	0,47 ± 0,02	0,47 ± 0,03	0,30 ± 0,01	0,53 ± 0,01	0,46 ± 0,01	0,23 ± 0,02
	12. měsíc	NS	0,42 ± 0,02	0,39 ± 0,02	0,21 ± 0,02	0,42 ± 0,01	0,38 ± 0,03	0,17 ± 0,01

V tabulce 13 jsou uvedeny hodnoty fázového posunu (tan  $\delta$ ) pro referenční frekvenci 1 Hz, které byly vypočítány z naměřené hodnoty elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) a viskózního modulu pružnosti ( $G''$ ). V průběhu skladování došlo k poklesu tan  $\delta$  u obou vzorků

s příchutí. Také s rostoucí skladovací teplotou došlo k poklesu  $\tan \delta$  u obou vzorků s příchutí. Vzhledem k tomu, že u všech vzorků byly vypočítána hodnota  $\tan \delta$  menší než 1, vzorky vykazovaly spíše elastický charakter. Hodnota fázového posunu klesala s rostoucí hodnotou komplexního modulu pružnosti. Uvedené výsledky korespondují s výsledky komplexního modulu pružnosti a texturní analýzou tvrdosti, lze tedy říct, že s rostoucí skladovací teplotou a délkou skladování rostla tuhost sterilovaných tavených sýrů s příchutí.

Autoři Buňka et al. (2008) uvedli ve svém výzkumu, že zvýšení tvrdosti korelovalo se snížením hodnoty fázového posunu v prvním roce skladování, což je v souladu se závěry této diplomové práce. Nárůst tuhosti tavených sýrů skladovaných po dobu 12 měsíců při teplotě 40 °C zaznamenali autoři Bubelová et al. (2015). Zvýšení pevnosti tavených sýrů vlivem sterilace pozorovali ve svém výzkumu Jedounková et al. (2022).

## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo sledování vlivu různých teplot skladování na jakost nesterilovaných a sterilovaných tavených sýrů s příchutí rajčete a chřestu. Použití těchto ochucujících složek mělo alespoň částečně zamaskovat negativní projevy sterilace.

V teoretické části byla provedena literární rešerše týkající se charakteristiky tavených sýrů a sterilačního záhřevu. Dále byl specifikován vliv sterilace a skladování na jednotlivé složky tavených sýrů.

V praktické části byly vyrobeny vzorky tavených sýrů s použitím ochucujících složek, a to rajčete a chřestu. Část vzorků byla po výrobě podrobena dvěma sterilačním režimům při teplotě 120 °C po dobu 15 min a při teplotě 125 °C po dobu 5 minut. Dále byl založen skladovací pokus lišící se teplotami skladování (6 °C, 22 °C a 40 °C). V průběhu skladovacího pokusu byly prováděny fyzikálně-chemické, texturní a reologické analýzy a analýza barvy. Byl sledován vliv skladovací teploty, délky skladování i sterilačního režimu na vzorky. Skladovací pokus u nesterilovaných vzorků trval po dobu 3 měsíců, v průběhu této doby mohla být zajištěna zdravotní nezávadnost vzorků. Sterilované vzorky byly skladovány 12 měsíců.

Bylo zjištěno, že

- režim sterilace, teplota a délka skladování neměli vliv na obsah sušiny a aktivitu vody;
- hodnota pH se v průběhu skladování snížila, nejvyšší pokles byl patrný u sterilačního režimu 120/15 a teploty skladování 40 °C;
- hodnota obsahu amoniaku a tiobarbiturového čísla v průběhu skladování rostla, nejvyšší nárůst byl zjištěn u sterilačního režimu 120/15 a teploty skladování 40 °C;
- došlo k tmavnutí a k posunu chromatičnosti do červených a žlutých oblastí sterilovaných vzorků ve srovnání s nesterilovanými;
- tvrdost rostla s rostoucí skladovací teplotou a délkou skladování;
- režim sterilace, teplota a délka skladování neměli vliv na roztíratelnost;
- hodnota komplexního modulu pružnosti v průběhu skladování rostla (vzorky tuhly), nárůst byl pozorován zejména s vyšší skladovací teplotou;

- hodnota fázového posunu v průběhu skladování klesala, pokles byl pozorován také s vyšší skladovací teplotou, což opět potvrzuje tuhnutí vzorků tavených sýrů během skladování.

Zamaskování negativních projevů sterilace (tmavnutí) se alespoň částečně povedlo u vzorků s příchutí rajčete, u příchuti chřestu zamaskování nebylo pozorováno. Z výsledků této práce lze říct, že sterilační režim 125/5 byl šetrnější, což potvrdily i literární zdroje. Jakost tavených sýrů skladovaných dlouhodobě při teplotě 6 °C nebyla ovlivněna, jakost tavených sýrů skladovaných při 22 °C byla přijatelná. Největší změny byly zaznamenány u tavených sýrů skladovaných při 40 °C, tato teplota se zdá být nevhodná pro dlouhodobé skladování.

Tato diplomová práce může být i do budoucna předmětem dalších výzkumů, zejména doplnění sensorické analýzy pro zjištění, zda došlo k maskování vařivé příchutě, případně analýzy těkavých látek a produktů Maillardových reakcí, které by pomohly lépe charakterizovat změny probíhající během skladování.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

ADAMIEC, J.; CEJPEK, K.; RÖSSNER, J. a VELÍŠEK, J., 2001. Novel Strecker degradation products of tyrosine and dihydroxyphenylalanine. Online. Czech Journal of Food Sciences. 2001-2-28, roč. 19, č. 1, s. 13-18. ISSN 12121800. Dostupné z: <https://doi.org/10.17221/6568-CJFS>. [cit. 2024-04-16].

ADAMS, Martin R.; MOSS, Maurice O. a MCCLURE, Peter J., 2015. Food Microbiology. 4th. Royal Society of Chemistry. ISBN 9781849739603.

AGUIAR, Helena F. a GUT, Jorge A.W., 2014. Continuous HTST pasteurization of liquid foods with plate heat exchangers: Mathematical modeling and experimental validation using a time–temperature integrator. Online. Journal of Food Engineering. Roč. 123, s. 78-86. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.09.022>. [cit. 2024-04-17].

AHMED, Jasim a BASU, Santanu, 2023. Advances in Food Rheology and its Applications – Development in Food Rheology. 2nd. Elsevier. ISBN 978-0-12-823984-1.

AL-SAAD, Jasim M S; EASA, Azhar Mat a DEETH, Hilton C, 2013. Effect of lactose on cross-linking of milk proteins during heat treatments. Online. International Journal of Dairy Technology. Roč. 66, č. 1, s. 1-6. ISSN 1364-727X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2012.00878.x>. [cit. 2024-04-08].

AWAD, R.A.; ABDEL-HAMID, L.B.; EL-SHABRAWY, S.A. a SINGH, R.K., 2002. Texture and Microstructure of Block Type Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures. Online. LWT – Food Science and Technology. Roč. 35, č. 1, s. 54-61. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1006/food.2001.0828>. [cit. 2024-04-16].

AWUAH, G.B.; RAMASWAMY, H.S. a ECONOMIDES, A., 2007. Thermal processing and quality: Principles and overview. Online. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. Roč. 46, č. 6, s. 584-602. ISSN 02552701. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2006.08.004>. [cit. 2024-04-17].

BACHMANN, Hans-Peter, 2001. Cheese analogues: a review. Online. International Dairy Journal. Roč. 11, č. 4-7, s. 505-515. ISSN 09586946. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00073-5](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00073-5). [cit. 2024-03-26].

BELASCO, Rebekah; EDWARDS, Tory; MUNOZ, A. J.; RAYO, Vernon a BUONO, Michael J., 2020. The Effect of Hydration on Urine Color Objectively Evaluated in CIE L\*a\*b\* Color Space. Online. *Frontiers in Nutrition*. ISSN 2296-861X. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.576974>. [cit. 2024-03-25].

BERK, Zeki, 2018. *Food Process Engineering and Technolog.* 3rd. UK: Elsevier. ISBN 978-0-12-812018-7.

BHATTACHARYA, Suwendu (ed.), 2014. *Conventional and Advanced Food Processing Technologies*. Online. Wiley. ISBN 9781118406328. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/9781118406281>. [cit. 2024-03-28].

BOWN, G., 2003. Developments in conventional heat treatment. In: ZEUTHEN, P a L. BØGH-SØRENSEN, eds. *Food preservation techniques*. Cambridge: Woodhead Publishing. ISBN 978-1-85573-530-X

BUBELOVÁ, Zuzana; TREMLOVÁ, Bohuslava; BUŇKOVÁ, Leona; POSPIECH, Matej; VÍTOVÁ, Eva et al., 2015. The effect of long-term storage on the quality of sterilized processed cheese. Online. *Journal of Food Science and Technology*. Roč. 52, č. 8, s. 4985-4993. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1530-4>. [cit. 2024-04-06].

BUŇKA, F., ČERNÍKOVÁ, M., HLADKÁ, K., BUŇKOVÁ, L, 2010. Základní charakteristika tavených sýrů a jejich analogů. *Potravinářská revue*, 6. 29-32. Praha: AGRAL s. r. o. ISSN 1801-9102.

BUŇKA, F.; SEDLAČÍK, M.; FOLTIN, P.; LAZÁRKOVÁ, Z.; PĚTOVÁ, M. et al., 2023. Evaluation of processed cheese viscoelastic properties during sterilization observed in situ. Online. *Journal of Dairy Science*. Roč. 106, č. 8, s. 5298-5308. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22833>. [cit. 2024-04-23].

BUŇKA, František, 2013. *Mlékárenská technologie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 978-80-7454-254-1.

BUŇKA, František; BUŇKOVÁ, Leona a KRÁČMAR, Stanislav, 2009. *Základní principy výroby tavených sýrů: Basic principles of processed cheese production: monografie*. Folia

Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-336-8.

BUŇKA, František; HRABĚ, Jan a KRÁČMAR, Stanislav, 2004. The effect of sterilisation on amino acid contents in processed cheese. Online. International Dairy Journal. Roč. 14, č. 9, s. 829-831. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.02.008>. [cit. 2024-04-20].

BUŇKA, František; ŠTĚTINA, Jiří a HRABĚ, Jan, 2008. The effect of storage temperature and time on the consistency and color of sterilized processed cheese. Online. European Food Research and Technology. ISSN 1438-2377. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0926-7>. [cit. 2024-04-21].

BUŇKOVÁ, Leona, BUŇKA, František a DOLEŽÁLKOVÁ, Iva, 2010. Faktory ovlivňující mikroflóru tavených sýrů. Mlékařské listy – Zpravodaj. ISSN 1212-950X.

COLLINS, Yvonne F.; MCSWEENEY, Paul L.H. a WILKINSON, Martin G., 2003. Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. Online. International Dairy Journal. Roč. 13, č. 11, s. 841-866. ISSN 09586946. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00109-2](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00109-2). [cit. 2024-04-12].

ČERNÍKOVÁ, Michaela; BUŇKA, František; PAVLÍNEK, Vladimír; BŘEZINA, Pavel; HRABĚ, Jan et al., 2008. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. Online. Food Hydrocolloids. Roč. 22, č. 6, s. 1054-1061. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.05.020>. [cit. 2024-04-06].

ČERNÍKOVÁ, Michaela; BUŇKA, František; POSPIECH, Matej; TREMLOVÁ, Bohuslava; HLADKÁ, Kristýna et al., 2010. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. Online. International Dairy Journal. Roč. 20, č. 5, s. 336-343. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.12.012>. [cit. 2024-04-06].

ČERNÍKOVÁ, Michaela; NEBESÁŘOVÁ, Jana; SALEK, Richardos Nikolaos; POPKOVÁ, Romana a BUŇKA, František, 2018. The effect of rework content addition on the microstructure and viscoelastic properties of processed cheese. Online. Journal of Dairy Science. Roč. 101, č. 4, s. 2956-2962. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13742>. [cit. 2024-03-19].



ČESKÁ REPUBLIKA, 2016. Vyhláška č. 397/2016 Sb. o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. In: Sbíрка zákonů. Částka 162.

ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2008. ČSN 56 9609, Pravidla správné hygienické a výrobní praxe – Mikrobiologická kritéria pro potraviny.

Český statistický úřad: Spotřeba potravin - 2022 [online]. [cit. 2024-04-13]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2022>

ČSN EN ISO 5534, 2005. Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda). Praha: Český normalizační institut.

DEÁK, T, 2014. Food Technologies: Sterilization. Online. In: Encyclopedia of Food Safety. Elsevier, s. 245-252. ISBN 9780123786135. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00258-4>. [cit. 2024-03-28].

DICKINSON, Eric, 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. Online. Food Hydrocolloids. Roč. 17, č. 1, s. 25-39. ISSN 0268005X. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(01\)00120-5](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00120-5). [cit. 2024-04-06].

DIMITRELI, Georgia a THOMAREIS, Apostolos S., 2009. Instrumental Textural and Viscoelastic Properties of Processed Cheese as Affected by Emulsifying Salts and in Relation to its Apparent Viscosity. Online. International Journal of Food Properties. Roč. 12, č. 1, s. 261-275. ISSN 1094-2912. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10942910802256164>. [cit. 2024-04-05].

DOSTÁL, Jiří, 2009. Biochemie: pro posluchače bakalářských oborů. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-5020-4.

DRAKE, S.L.; YATES, M.D. a DRAKE, M.A., 2010. DEVELOPMENT OF A FLAVOR LEXICON FOR PROCESSED AND IMITATION CHEESES. Online. Journal of Sensory Studies. Roč. 25, č. 5, s. 720-739. ISSN 08878250. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2010.00300.x>. [cit. 2024-04-07].

EL-BAKRY, Mamdough a Bhavbhuti M. MEHTA, 2022. Processed cheese science and technology. Cambridge, MA: Woodhead Publishing. ISBN 978-0-12-821460-2.

EL-SAYED, Howida, 2017. Effect of Thyme on The Quality and Shelf Life of Block Processed Cheese. Online. Journal of Food and Dairy Sciences. 2017-08-01, roč. 8, č. 8, s. 335-340. ISSN 2090-3731. Dostupné z: <https://doi.org/10.21608/jfds.2017.38894>. [cit. 2024-04-07].

ERKMEN, O. a T.F. BOZOGLU, 2016. Food Microbiology: Principles into practice. Chichester: John Wiley & Sons. ISBN 978-1-11923-776-1.

EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EVROPY, 2008. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333 ze dne 16. prosince 2008, o potravinářských přídatných látkách. In: Úřední věstník L 354/16, 13. 12. 2008. Dostupné také z: <https://eurlex.europa.eu/eli/reg/2008/1333/oj>

FATMA, A. Fathi; GEHAN, A.M. Hussein a A.G., Mohamed, 2005. FORTIFICATION OF PROCESSED CHEESE SPREAD WITH ACCUSTOMED EDIBLE MUSHROOM. Online. Arab Universities Journal of Agricultural Sciences. 2005-09-01, roč. 13, č. 3, s. 825-839. ISSN 1110-2675. Dostupné z: <https://doi.org/10.21608/ajs.2005.15317>. [cit. 2024-04-07].

FOX, Patrick F.; GUINEE, Timothy P.; COGAN, Timothy M. a MCSWEENEY, Paul L. H., 2017. Fundamentals of Cheese Science. Online. Boston, MA: Springer US. ISBN 978-1-4899-7679-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9>. [cit. 2024-04-23].

FUNAMI, Takahiro; FANG, Yapeng; NODA, Sakie; ISHIHARA, Sayaka; NAKAUMA, Makoto et al., 2009. Rheological properties of sodium alginate in an aqueous system during gelation in relation to supermolecular structures and Ca<sup>2+</sup> binding. Online. Food Hydrocolloids. Roč. 23, č. 7, s. 1746-1755. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.02.014>. [cit. 2024-04-06].

GAUCHER, Isabelle; MOLLÉ, Daniel; GAGNAIRE, Valérie a GAUCHERON, Frédéric, 2008. Effects of storage temperature on physico-chemical characteristics of semi-skimmed UHT milk. Online. Food Hydrocolloids. Roč. 22, č. 1, s. 130-143. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.04.007>. [cit. 2024-04-08].

GÖRNER, Fridrich a Lubomír VALÍK, 2004. Aplikovaná mikrobiologie požívatín: principy mikrobiologie požívatín, potravinářsky významné mikroorganismy a jejich skupiny,

mikrobiológia potravinárskych výrob, ochorenia mikrobiálneho povodu, ktorých zárodky sú prenášané požívatinami. Bratislava: Malé centrum. ISBN 80-967064-9-7.

GOUDA, A. a ABOU EL-NOUR, A., 2003. CHEESES Processed Cheese. Online. In: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. Elsevier, s. 1108-1115. ISBN 9780122270550. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00204-2>. [cit. 2024-04-06].

GUINEE, T.P.; CARIC, M. a KALÁB, M, 2004. Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. Online. In: Major Cheese Groups. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Elsevier, s. 349-394. ISBN 9780122636530. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S1874-558X\(04\)80052-6](https://doi.org/10.1016/S1874-558X(04)80052-6). [cit. 2024-04-08].

GUINEE, Timothy P., 2017. Pasteurized Processed and Imitation Cheese Products. Online. In: Cheese. Elsevier, s. 1133-1184. ISBN 9780124170124. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00046-6>. [cit. 2024-04-08].

HOLDSWORTH, S.D., 2004. Optimising the safety and quality of thermally processed packaged foods. In: RICHARDSON, P., ed. Improving the thermal processing of foods. Cambridge: Woodhead Publishing. ISBN 978-0-8493-2549-6.

HORÁKOVÁ, Marta; LISCHKE, Peter a GRÜNWALD, Alexander, 1989. Chemické a fyzikální metody analýzy vod. 2. nezm. vyd. Ochrana životního prostředí. Praha: Státní nakladatelství technické literatury.

HU, Min a JACOBSEN, Charlotte, 2016. Oxidative Stability and Shelf Life of Foods Containing Oils and Fats. Online. Elsevier. ISBN 9781630670566. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/C2015-0-00077-6>. [cit. 2024-04-18].

JEDOUNKOVÁ, Alena; LAZÁRKOVÁ, Zuzana; HAMPELOVÁ, Lucie; KŮROVÁ, Vendula; POSPIECH, Matej et al., 2022. Critical view on sterilisation effect on processed cheese properties designed for feeding support in crisis and emergency situations. Online. LWT. Roč. 171. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114135>. [cit. 2024-04-06].

JOHNSON, Mark E.; KAPOOR, Rohit; MCMAHON, Donald J.; MCCOY, David R. a NARASIMMON, Raj G., 2009. Reduction of Sodium and Fat Levels in Natural and

Processed Cheeses: Scientific and Technological Aspects. Online. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Roč. 8, č. 3, s. 252-268. ISSN 1541-4337. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00080.x>. [cit. 2024-04-07].

KADLEC, Pavel, 2003. Procesy potravinářských a biochemických výrob. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 80-7080-527-7.

KADLEC, Pavel; MELZOCH, Karel a VOLDŘICH, Michal, 2013. Procesy a zařízení v potravinářství a biotechnologiích. Monografie (Key Publishing). Ostrava: Key Publishing. ISBN 978-80-7418-163-4.

KANG, E.J.; CAMPBELL, R.E.; BASTIAN, E. a DRAKE, M.A., 2010. Invited review: Annatto usage and bleaching in dairy foods. Online. Journal of Dairy Science. Roč. 93, č. 9, s. 3891-3901. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3190>. [cit. 2024-03-25].

KAPOOR, R.; METZGER, L.E.; BISWAS, A.C. a MUTHUKUMMARAPPAN, K., 2007. Effect of Natural Cheese Characteristics on Process Cheese Properties. Online. Journal of Dairy Science. Roč. 90, č. 4, s. 1625-1634. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2006-746>. [cit. 2024-04-08].

KAPOOR, Rohit a METZGER, Lloyd E, 2008. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects—A Review. Online. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Roč. 7, č. 2, s. 194-214. ISSN 1541-4337. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x>. [cit. 2024-04-07].

KILLER, Jiří, 2019. Potravinářská mikrobiologie: pro posluchače FAPPZ. 3. přepracované vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-2945-4.

KOPŘIVA, Vladimír; HOSTOVSKÝ, Martin; NEKVAPIL, Tomáš; BOUDNÝ, Vladimír a MALOTA, Ladislav, 2012. Vybrané instrumentální metody v biochemických cvičeních: Inovované úlohy. VETERINÁRNÍ A FARMACEUTICKÁ UNIVERZITA BRNO. ISBN 978-80-7305-626-1.

KRISTENSEN, Dorthe a SKIBSTED, Leif H., 1999. Comparison of Three Methods Based on Electron Spin Resonance Spectrometry for Evaluation of Oxidative Stability of Processed Cheese. Online. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1999-08-01, roč. 47, č. 8, s.

3099-3104. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf981396p>. [cit. 2024-04-28].

KRISTENSEN, Dorthe; HANSEN, Eva; ARNDAL, Allan; TRINDERUP, Rikke Appelgren a SKIBSTED, Leif H, 2001. Influence of light and temperature on the colour and oxidative stability of processed cheese. Online. International Dairy Journal. Roč. 11, č. 10, s. 837-843. ISSN 09586946. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00105-4](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00105-4). [cit. 2024-04-12].

LAZÁRKOVÁ, Zuzana, 2009. Faktory ovlivňující jakost sterilovaných tavených sýrů. Disertační. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

LAZÁRKOVÁ, Zuzana; BUŇKA, František; BUŇKOVÁ, Leona; HOLÁŇ, Felix; KRÁČMAR, Stanislav et al., 2011. The effect of different heat sterilization regimes on the quality of canned processed cheese. Online. Journal of Food Process Engineering. Roč. 34, č. 6, s. 1860-1878. ISSN 0145-8876. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2009.00376.x>. [cit. 2024-04-08].

LAZÁRKOVÁ, Zuzana; BUŇKA, František; BUŇKOVÁ, Leona; VALÁŠEK, Pavel; KRÁČMAR, Stanislav et al., 2010. Application of different sterilising modes and the effects on processed cheese quality. Online. Czech Journal of Food Sciences. Roč. 28, č. 3, s. 168-176. ISSN 12121800. Dostupné z: <https://doi.org/10.17221/44/2008-CJFS>. [cit. 2024-04-20].

LAZÁRKOVÁ, Zuzana; ŠOPÍK, Tomáš; TALÁR, Jaroslav; PUREVDORJ, Khatantuul; SALEK, Richardos Nikolaos et al., 2021. Quality evaluation of white brined cheese stored in cans as affected by the storage temperature and time. Online. International Dairy Journal. Roč. 121. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105105>. [cit. 2024-04-23].

LI, Xiang a FARID, Mohammed, 2016. A review on recent development in non-conventional food sterilization technologies. Online. Journal of Food Engineering. Roč. 182, s. 33-45. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.02.026>. [cit. 2024-03-28].

MARTINEZ-RIOS, Veronica; PEDERSEN, Mikael; PEDRAZZI, Monica; GKOGKA, Elissavet; SMEDSGAARD, Jørn et al., 2021. Antimicrobial effect of nisin in processed

cheese – Quantification of residual nisin by LC-MS/MS and development of new growth and growth boundary model for *Listeria monocytogenes*. Online. International Journal of Food Microbiology. Roč. 338. ISSN 01681605. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108952>. [cit. 2024-03-27].

MARTINS, Sara I.F.S; JONGEN, Wim M.F a VAN BOEKEL, Martinus A.J.S, 2000. A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. Online. Trends in Food Science & Technology. Roč. 11, č. 9-10, s. 364-373. ISSN 09242244. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00022-X](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00022-X). [cit. 2024-04-09].

MIZUNO, R. a LUCEY, J.A., 2005. Effects of Emulsifying Salts on the Turbidity and Calcium-Phosphate-Protein Interactions in Casein Micelles. Online. Journal of Dairy Science. Roč. 88, č. 9, s. 3070-3078. ISSN 00220302. Dostupné z: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72988-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72988-X). [cit. 2024-04-08].

NAGYOVÁ, G., ČERNÍKOVÁ, M., PACHLOVÁ, V. a F. BUŇKA, 2014. Srovnání účinnosti vybraných hydrokoloidů na zvyšování pevnosti tavených sýrů. Mlékařské listy [online]. 2014 [cit. 2024-04-04]. Č. 147. Dostupné z: [http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2014/147\\_xxvii-xxxi.pdf](http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2014/147_xxvii-xxxi.pdf)

NGUYEN, Thi Hai Van; NGUYEN, Tat Thang; JI, Xiaodi a GUO, Minghui, 2018. Predicting color change in wood during heat treatment using an artificial neural network model. Online. BioResources. Roč. 13, č. 3, s. 6250-6264. ISSN 19302126. Dostupné z: <https://doi.org/10.15376/biores.13.3.6250-6264>. [cit. 2024-04-12].

NORONHA, Nessa; CRONIN, Denis A.; O'RIORDAN, E. Dolores a O'SULLIVAN, Michael, 2008. Flavouring of imitation cheese with enzyme-modified cheeses (EMCs): Sensory impact and measurement of aroma active short chain fatty acids (SCFAs). Online. Food Chemistry. Roč. 106, č. 3, s. 905-913. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.059>. [cit. 2024-03-25].

NOWACKA, Małgorzata; DADAN, Magdalena a TYLEWICZ, Urszula, 2023. Drying Technologies in Food Processing. Online. Applied Sciences. Roč. 13, č. 19. ISSN 2076-3417. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app131910597>. [cit. 2024-03-25].

NURSTEN, Harry, 2005. Maillard Reaction – Chemistry, Biochemistry and Implications. UK: Royal Society of Chemistry. ISBN 0-85404-964-9.

OLIVEIRA, Rodrigo B.A.; MARGALHO, Larissa P.; NASCIMENTO, Janaina S.; COSTA, Leonardo E.O.; PORTELA, Jéssica B. et al., 2016. Processed cheese contamination by spore-forming bacteria: A review of sources, routes, fate during processing and control. Online. Trends in Food Science & Technology. Roč. 57, s. 11-19. ISSN 09242244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.008>. [cit. 2024-04-07].

PANESAR, Parmjit S. a KUMARI, Shweta, 2011. Lactulose: Production, purification and potential applications. Online. Biotechnology Advances. Roč. 29, č. 6, s. 940-948. ISSN 07349750. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.08.008>. [cit. 2024-04-10].

PLUTA-KUBICA, Agnieszka; ČERNÍKOVÁ, Michaela; DIMITRELI, Georgia; NEBESÁŘOVÁ, Jana; EXARHOPOULOS, Stylianos et al., 2021. Influence of the melt holding time on fat droplet size and the viscoelastic properties of model spreadable processed cheeses with different compositions. Online. International Dairy Journal. Roč. 113. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104880>. [cit. 2024-03-25].

RAHMAN, M. Shafiur, 2007. Handbook of Food Preservation. 2. New York: Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-57444-606-7.

RAMESH, M.N., 2003. STERILIZATION OF FOODS. Online. In: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. Elsevier, s. 5593-5603. ISBN 9780122270550. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/01148-2>. [cit. 2024-04-06].

SHAHIDI a FERREIDON, 2005. Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Volumes 1-6. 6th. John Wiley. ISBN 978-0-471-38460-1.

SMIGIC, Nada, 2018. The effect of nisin and storage temperature on the quality parameters of processed cheese. Online. Mljekarstvo. ISSN 0026704X. Dostupné z: <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2018.0303>. [cit. 2024-04-07].

SOŁOWIEJ, Bartosz G. et al. 2020. Effect of emulsifying salts replacement with polymerised whey protein isolate on textural, rheological and melting properties of acid casein model processed cheeses. International Dairy Journal [online]. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104694>

SWENSON, B.J.; WENDORFF, W.L. a LINDSAY, R.C., 2000. Effects of Ingredients on the Functionality of Fat-free Process Cheese Spreads. Online. Journal of Food Science. Roč.

65, č. 5, s. 822-825. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb13594.x>. [cit. 2024-03-25].

ŠENK, Radoslav, 2023. Možnosti maskování vařivé příchutě ve sterilovaných tavených sýrech. Diplomová. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

ŠILHÁNKOVÁ, Ludmila, 2008. Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology. Vyd. 3., v nakl. Academia 1. vyd. [i.e. 2. vyd.]. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-1703-1.

TALBOT-WALSH, Grace; KANNAR, David a SELOMULYA, Cordelia, 2018. A review on technological parameters and recent advances in the fortification of processed cheese. Online. Trends in Food Science & Technology. Roč. 81, s. 193-202. ISSN 09242244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.023>. [cit. 2024-04-12].

TAMIME, A. Y. (ed.), 2011. Processed Cheese and Analogues. Online. Wiley. ISBN 9781405186421. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/9781444341850>. [cit. 2024-04-07].

UPRETI, P. a METZGER, L.E., 2007. Influence of Calcium and Phosphorus, Lactose, and Salt-to-Moisture Ratio on Cheddar Cheese Quality: pH Changes During Ripening. Online. Journal of Dairy Science. Roč. 90, č. 1, s. 1-12. ISSN 00220302. Dostupné z: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)72603-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)72603-6). [cit. 2024-04-08].

USA, 2007. Cheese and related products: In Food and Drugs. In: Code of Federal Regulations.

VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ, 2009. Chemie potravin I. 3. Tábor: OSSIS. ISBN 9788086659176.

WALSTRA, Pieter, Jan T. M. WOUTERS a T. J. GEURTS, 2006. Dairy science and technology. 2nd ed. Boca Raton: CRC/Taylor & Francis, 782 p. Food science and technology. ISBN 9781420028010.



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

% hm.	Hmotnostní procento
% obj.	Objemové procento
120/15	Sterilační režim při 120 °C po dobu 15 minut
125/5	Sterilační režim při 125 °C po dobu 5 minut
ČSN	Česká technická norma
L	Skladování v lednici při 6 °C
N	Nesterilované tavené sýry s příchutí
NH <sub>3</sub>	Amoniak
NS	Nebylo stanoveno
S	Skladování v klimatizovaném skladu při 22 °C
T	Skladování v termostatu při 40 °C
TČ	Tiobarbiturové číslo
TPA	Texturní profilová analýza
UHT	Ultra high temperature
UV-VIS	Ultrafialovo-viditelné

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Log-lineární model tepelné redukce mikroorganismů .....	22
Obrázek 2 Vliv teploty na hodnotu D .....	23
Obrázek 3 Schéma podle Hodge .....	29
Obrázek 4 Obecné schéma Streckerovy degradace .....	29
Obrázek 5 Autooxidační reakce lipidů .....	30
Obrázek 6 Trojrozměrný barevný prostor CIE $L^*a^*b^*$ .....	41

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Surovinová skladba vzorků tavených sýrů s příchutí .....	36
Tabulka 2 Výsledky stanovení obsahu sušiny tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu.....	45
Tabulka 3 Výsledky stanovení pH tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu .....	46
Tabulka 4 Výsledky stanovení obsahu amoniaku tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu.....	47
Tabulka 5 Výsledky stanovení hodnoty tiobarbiturového čísla tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu.....	49
Tabulka 6 Výsledky stanovení aktivity vody tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu.....	50
Tabulka 7 Výsledky parametru $L^*$ tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu .....	51
Tabulka 8 Výsledky parametru $a^*$ tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu .....	52
Tabulka 9 Výsledky parametru $b^*$ tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu .....	53
Tabulka 10 Výsledky tvrdosti tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu....	55
Tabulka 11 Výsledky stanovení roztíratelnosti tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu.....	56
Tabulka 12 Výsledky stanovení komplexního modulu pružnosti tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu.....	57
Tabulka 13 Výsledky stanovení hodnoty fázového posunu tavených sýrů s příchutí v průběhu skladovacího pokusu.....	58