

# Možnosti maskování vařivé příchutě ve sterilovaných tavených sýrech

Bc. Radoslav Šenk

---

Diplomová práce  
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Radoslav Šenk**  
Osobní číslo: **T21493**  
Studijní program: **N0721A210004 Technologie potravin**  
Forma studia: **Kombinovaná**  
Téma práce: **Možnosti maskování vařivé příchutě ve sterilovaných tavených sýrech**

## Zásady pro vypracování

### I. Teoretická část

Charakterizujte tavené sýry.

Popište základní principy sterilačního záhřevu.

Zaměřte se na vliv sterilačního záhřevu na vlastnosti tavených sýrů.

### II. Praktická část

Vyrobte modelové vzorky tavených sýrů a podrobte je sterilačnímu záhřevu.

Provedte vybrané analýzy sterilovaných i nesterilovaných produktů.

Získané výsledky vyhodnotte, diskutujte je spolu s odbornou literaturou a vyvodte závěry.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] JEDOUNKOVÁ, Alena, Zuzana LAZÁRKOVÁ, Lucie HAMPELOVÁ, Vendula KŮROVÁ, Matej POSPIECH, Leona BUŇKOVÁ, Pavel FOLTIN, Richardos Nikolaos SALEK, Jiří MALÍŠEK, Jaroslav MICHÁLEK, a František BUŇKA. Critical view on sterilisation effect on processed cheese properties designed for feeding support in crisis and emergency situations. *LWT – Food Science and Technology*. 2022, 114135. ISSN 0023-6438
- [2] LAZÁRKOVÁ, Zuzana, František BUŇKA, Leona BUŇKOVÁ, Felix HOLÁŇ, Stanislav KRÁČMAR a Jan HRABĚ. The effect of different heat sterilization regimes on the quality of canned processed cheese. *Journal of Food Process Engineering*. 2011, 34, 6, s. 1860-1878. ISSN 0145-8876
- [3] LAZÁRKOVÁ, Zuzana, František BUŇKA, Leona BUŇKOVÁ, Pavel VALÁŠEK, Stanislav KRÁČMAR a Jan HRABĚ. Application of different sterilising modes and the effects on processed cheese quality. *Czech Journal of Food Sciences*. 2010, 28, 3, s. 168-176. ISSN 1212-1800
- [4] BUBELOVÁ, Zuzana, Bohuslava TREMLOVÁ, Leona BUŇKOVÁ, Matěj POSPIECH, Eva VÍTOVÁ a František BUŇKA. The effect of long-term storage on the quality of sterilized processed cheese. *Journal of Food Science and Technology*. 2015, 52, 8, s. 4985-4993. ISSN 0022-1155
- [5] EL-BAKRY, Mamdouh a Bhavbhuti M. MEHTA. *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: **31. prosince 2022**

Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2023**

L.S.

---

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

---

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

Ve Zlíně dne 20. února 2023

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

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

### **Prohlašuji,**

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

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Cílem této práce bylo využití ochucující složky v tavených sýrech, která měla maskovat negativní organoleptické vlastnosti, zejména tmavší barvu a horší chuť jako důsledek sterilačního záhřevu. Byly vyrobeny vzorky s příchutěmi rajče a chřest, které byly v hermeticky uzavřených obalech podrobeny dvěma sterilačním režimům při teplotě 120 °C po dobu 15 minut a při teplotě 125 °C po dobu 5 minut. Součástí práce bylo založení skladovacího pokusu při teplotách 6 °C, 22 °C a 40 °C, jehož vyhodnocení po roce skladování bude součástí jiné práce. Byly porovnávány mikrobiologické, chemické, texturní, reologické a organoleptické parametry nesterilovaných a sterilovaných tavených sýrů. Rovněž byl hodnocen vliv sterilačního režimu a skladovací teploty na vlastnosti sterilovaných výrobků. Použité sterilační režimy byly dostatečné k zajištění mikrobiologické bezpečnosti tavených sýrů. V důsledku sterilace byl zjištěn pokles pH, nárůst obsahu amoniaku, zrychlení oxidačních procesů lipidů, změny barvy (tmavnutí a posun chromatičnosti do žluté a červené), měknutí a zhoršení organoleptických vlastností zkoumaných vzorků. V průběhu měsíčního skladování docházelo k nárůstu obsahu amoniaku a produktů oxidace lipidů, změnám v barvě, texturních a viskoelastických vlastnostech a k dalšímu zhoršení organoleptických vlastností s rostoucí skladovací teplotou. Ze zvolených příchutí lépe maskovala negativní důsledky sterilace příchut' rajče, v kombinaci s šetrnějším sterilačním režimem 125/5. Ze skladovacích teplot lze doporučit teplotu 6 °C, příp. i 22 °C.

**Klíčová slova:** tavený sýr, sterilace, Maillardova reakce, vařivá příchut', ochucující složky

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis was to use a flavouring component in processed cheeses to mask negative organoleptic properties, in particular darker colour and poorer taste as a result of sterilising heating. Samples with tomato and asparagus flavours were produced and subjected to two sterilisation regimes at 120 °C for 15 minutes and at 125 °C for 5 minutes in hermetically sealed containers. The work included setting up a storage experiment at 6 °C, 22 °C and 40 °C, the evaluation of which, after one year of storage, will be the subject of another thesis. Microbiological, chemical, textural, rheological and organoleptic parameters of unsterilised and sterilised processed cheese were compared. The effect of sterilisation regime and storage temperature on the properties of the sterilised products was also evaluated. The sterilisation regimes used were sufficient to ensure the microbiological safety of the processed cheeses. A decrease in pH, an increase in ammonia content, an acceleration of lipid oxidation processes, changes in colour (darkening and shift in chromaticity to yellow and red), softening and deterioration of the organoleptic properties of the samples examined were observed as a result of sterilisation. Over the course of one month's storage, there had been increases in ammonia content and lipid oxidation products, changes in colour, textural and viscoelastic properties and a further deterioration in organoleptic properties with increasing storage temperature. Of the flavours selected, the tomato flavour, in combination with the more gentle 125/5 sterilisation regime, masked the negative effects of sterilisation better. Of the storage temperatures, 6 °C or even 22 °C can be recommended.

Keywords: processed cheese, sterilization, Maillard reaction, cooking flavor, flavoring components

Upřímně bych chtěl poděkovat Ing. Zuzaně Lazárkové, Ph.D. za pomoc při vedení diplomové práce, za její obrovskou trpělivost, věcné připomínky, cenné rady a čas, který mi obětovala po celou dobu zpracovávání diplomové práce. Mé poděkování patří také mojí rodině za podporu a trpělivost během celého studia.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 TAVENÉ SÝRY</b> .....	<b>12</b>
1.1 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ .....	12
1.1.1 Přírodní sýr.....	13
1.1.2 Tavicí soli.....	13
1.1.3 Ostatní suroviny .....	14
1.2 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ .....	14
1.2.1 Diskontinuální způsob výroby .....	14
1.2.2 Kontinuální způsob výroby .....	15
1.2.3 Balení tavených sýrů .....	15
<b>2 STERILAČNÍ ZÁHŘEV</b> .....	<b>17</b>
2.1 VLIV ZÁHŘEVU NA MIKROORGANIZMY .....	17
2.1.1 Vliv výchozí koncentrace mikroorganismů na účinnost sterilace .....	17
2.1.2 Decimální redukční doba D .....	18
2.1.3 Termoinaktivační křivky .....	19
2.1.4 Sterilační režim .....	20
2.2 MIKROBIOLOGIE TAVENÝCH SÝRŮ .....	22
2.2.1 Vliv pH na růst mikroorganismů .....	22
2.2.2 Vliv vodní aktivity .....	23
2.2.3 Vliv obsahu tuku .....	23
2.2.4 Vliv látek s emulgačními schopnostmi .....	24
2.2.5 Vliv ostatních faktorů a ingrediencí .....	25
<b>3 VLIV STERILAČNÍHO ZÁHŘEVU NA JAKOST TAVENÝCH SÝRŮ</b> .....	<b>26</b>
3.1 BÍLKOVINY .....	26
3.2 LIPIDY .....	29
3.3 SACHARIDY .....	30
3.3.1 Vznik laktulózy .....	30
3.3.2 Vznik organických kyselin.....	31
3.3.3 Komplex Maillardových reakcí.....	31
3.4 VITAMÍNY A MINERÁLNÍ LÁTKY .....	32
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>34</b>
<b>4 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>35</b>
<b>5 METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>36</b>
5.1 POPIS EXPERIMENTU .....	36
5.2 CHARAKTERISTIKA MODELOVÝCH VZORKŮ TAVENÝCH SÝRŮ .....	36
5.3 VÝROBA VZORKŮ TAVENÝCH SÝRŮ .....	38



5.4	MIKROBIOLOGICKÁ ANALÝZA .....	38
5.5	STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY .....	40
5.6	STANOVENÍ PH.....	40
5.7	STANOVENÍ AMONIAKU .....	41
5.8	STANOVENÍ TIOBARBITUROVÉHO ČÍSLA .....	41
5.9	STANOVENÍ AKTIVITY VODY .....	43
5.10	STANOVENÍ BARVY .....	43
5.11	TEXTURNÍ ANALÝZA .....	44
5.12	REOLOGICKÁ ANALÝZA.....	45
5.13	SENZORICKÁ ANALÝZA .....	46
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE.....</b>	<b>47</b>
6.1	MIKROBIOLOGICKÁ ANALÝZA .....	47
6.2	STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY .....	48
6.3	STANOVENÍ PH.....	49
6.4	STANOVENÍ AMONIAKU .....	49
6.5	STANOVENÍ TIOBARBITUROVÉHO ČÍSLA .....	51
6.6	STANOVENÍ AKTIVITY VODY .....	52
6.7	STANOVENÍ BARVY .....	53
6.8	TEXTURNÍ ANALÝZA .....	56
6.9	REOLOGICKÁ ANALÝZA.....	57
6.10	SENZORICKÁ ANALÝZA .....	59
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>72</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>73</b>

## ÚVOD

Tavené sýry jsou relativně mladou skupinou mléčných výrobků, které na rozdíl od klasických sýrů nevznikly náhodným objevem. Koncem 19. století měla Evropa nadprodukcí sýrů, pro které hledala nové trhy, převážně v USA. Při dlouhých plavbách lodí a nedostatečném chlazení se výrazně zhoršovala jakost tvrdých sýrů. Vyvstal tedy úkol, jak prodloužit trvanlivost sýrů během dopravy do zemí s teplým podnebím, nebo při přepravě na dlouhou vzdálenost. První komerčně vyrobený tavený sýr připravili roku 1911 Walter Gerber a Fritz Stettler ve Švýcarském městě Thun, přičemž s experimentální výrobou majitelé začali již v roce 1905. Při jeho výrobě byl použit rozemletý ementál, do kterého byl přidán citran sodný, sloužící jako tavicí sůl. Celá směs byla zahřívána a díky použití tavicí soli byla vzniklá emulze homogenní a po ztuhnutí se dala zabalit [1, 2, 3, 4].

Jako tavený sýr lze označit sýr vyrobený z přírodního sýra, mléčného tuku, mléčné bílkovinné složky, pitné vody a tavicí soli. Další složkou mohou být ochucující přísady, konzervační a stabilizující složky. Kromě tavených sýrů, tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků existují ještě analogy tavených sýrů, na které se nevztahují žádné legislativní požadavky. K jejich výrobě se používají zejména kaseináty, bílkoviny jiného než mléčného původu, rostlinné oleje, látky sloužící k aromatizaci a jiné. Hlavní přednost spočívá ve snížení nákladů na výrobu, protože dražší mléčná bílkovina a tuk mohou být nahrazeny levnějšími rostlinnými zdroji. Další výhodou může být využití jako veganské alternativy k sýrům díky rostoucímu zájmu o rostlinné alternativy mléčných výrobků v Evropě [5, 6, 7].

Sterilační zákrok aplikovaný u tavených sýrů zajistí obchodní sterilitu. Takto upravené tavené sýry mohou být využity například při sestavování bojových dávek potravin, nebo v podmínkách, kde není k dispozici chladírenská technika. Při termosterilaci dochází u tavených sýrů např. k mírným ztrátám aminokyselin, ke snížení pH a ke změnám barvy a konzistence [6].

Cílem této diplomové práce je v teoretické části zpracování literární rešerše, týkající se charakteristiky tavených sýrů, sterilačního zákroku a změn v důsledku termosterilace. V praktické části je to výroba modelových vzorků tavených sýrů, u kterých jsou použity dvě ochucující složky (rajče a chřest) pro zamaskování organoleptických změn způsobených termosterilací (zejména barvy a vařivé příchuti). Součástí výroby je sterilace části vzorků při dvou sterilačních režimech a založení skladovacího pokusu.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 TAVENÉ SÝRY

V podmínkách České republiky definuje tavený sýr vyhláška ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb., v platném znění, jako sýr, který byl tepelně upraven tavením. Jako „tavený sýrový výrobek“ se označí mléčný výrobek, který je tepelně ošetřen tavením, obsahuje více než 5 % laktózy a v němž sýr tvoří nejméně 50 % hmotnostních sušiny tohoto výrobku. Jako „tavený mléčný výrobek“ se pak označí mléčný výrobek, který je tepelně ošetřen tavením a obsahuje více než 5 % laktózy [5].

Přípustné povolené složky jiné než sýry pro výrobu tavených sýrů, tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků definuje Příloha č. 6 k vyhlášce č. 397/2016 Sb., viz. Tab. 1. [5].

Tabulka 1 Přehled povolených složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů, tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků [5].

Složka jiná než sýr	Tavený sýr a tavený roztíratelný sýr		Tavený sýrový výrobek a tavený mléčný výrobek
	druhově pojmenovaný	druhově nepojmenovaný	
Máslo, máselný tuk, smetana, máselný koncentrát	pouze pro standardizaci obsahu tuku	ano	ano
Ostatní mléčné složky	ne	ano obsah nejvýše 5 % hmot. laktózy ve finálním taveném sýru	ano
Jedlá sůl	ano	ano	ano
Bakteriální kultury	ano	ano	ano
Enzymy <sup>*)</sup>	ano	ano	ano
Cukry (sacharidy se sladícím účinkem)	ne	ne	ano
Koření a sezónní zelenina	podle druhu výrobku a v množství, které postačuje, aby dodalo konečnému výrobku charakteristickou chuť		
Ostatní zdravotně nezávadné potraviny	ano		ano

Průměrná roční spotřeba tavených sýrů v ČR za období (2012–2021) činila 1,9 kg na jednoho obyvatele, přičemž se pohybovala mezi 1,8–2,2 kg. V České republice jsou tavené sýry tradiční mléčnou potravinou a jejich výrobou se zabývá řada mlékárenských podniků. Spotřeba tavených sýrů v České republice nás řadí celosvětově na první příčku [2, 8].

### 1.1 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

Základní surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýry, mléčný tuk, mléčné bílkovinné složky, pitná voda, tavicí soli a u ochucených sýrů různé ochucující přísady, případně konzervační a stabilizující složky [9].

### 1.1.1 Přírodní sýr

Úspěšná výroba taveného sýra je závislá na kvalitě a výběru přírodních sýrů. Je možné použít jeden nebo více druhů sýrů, nebo směsi sýrů různého stupně zrání. Kritéria pro výběr přírodního sýra zahrnují chuť, texturu, konzistenci a úroveň kyselosti. K praktickým výhodám patří možnost využití přírodních sýrů s různými (zejména mechanickými) vadami, pro které by nebylo možné je uvádět do oběhu pro přímý prodej spotřebiteli. Přírodní sýry s mikrobiologickými vadami se používat nedoporučuje, zejména při výskytu sporulujících bakterií nebo plísní [6, 10].

Po prvotním výběru přírodních sýrů se produkty vyjmou z obalu, před zpracováním jsou sýry zbaveny kůry a rozemlety. Tato fyzikální úprava přírodního sýra usnadňuje rozpouštění, zajišťuje správné promíchání přidaných přísad a zlepšuje lepší kontakt mezi emulgačními solemi a jednotlivými složkami sýra [10].

### 1.1.2 Tavicí soli

Běžně nelze zahřívat přírodní sýr ani jejich směsi na teplotu tavení bez toho, aniž by se směs rozdělila na 3 jednotlivé fáze – vysrážené bílkoviny na dně, vodní fázi ve střední části a tuk na povrchu. Proto je při tavení nezbytný přídavek tavicích solí k přírodním sýrům, díky čemuž se rychle rozpouštějí bílkoviny a zamezuje se jejich srážení tím, že vážou určitý podíl vápníku ze sýra [9, 11].

Tavicí soli v průběhu tavení zajišťují odštěpení  $\text{Ca}^{2+}$  navázaného na proteinovou matici přírodního sýra a jejich výměnu za  $\text{Na}^+$  nebo  $\text{K}^+$ . To způsobí zvýšení rozpustnosti kaseinu, respektive jeho hydrolytických štěpů a rovněž dojde k rozptýlení proteinů a tzv. peptizaci. Klíčovou úlohou tavicích solí je tedy upravit prostředí v tavené směsi tak, aby proteiny mohly uplatnit své přirozené vlastnosti emulgátorů.

Během procesu tavení se navazují polyvalentní anionty přes vápenaté ionty na proteiny a zvyšuje se jejich hydrofilní charakter, zvyšuje se vázání vody a roste viskozita taveniny vedoucí k tzv. krémování. Jako tavicí soli se používají sodné a draselné soli kyseliny fosforečné a citronové. Od roku 1929 se začaly využívat polyfosfáty. Obvykle se využívají citráty s rozsahem pH 5,0–5,7 pro výrobu sýrů s tužší konzistencí, fosfáty s rozsahem pH 6,0–6,3 pro výrobu roztíratelných sýrů. Fosfátové tavicí soli mají definovaný obsah  $\text{P}_2\text{O}_5$ , který je sledován. Při výběru druhu tavicí soli záleží na druhu suroviny – přírodního sýra, jeho struktuře a zralosti (se zvyšující se zralostí sýra se dávka tavicí soli snižuje), dále

na požadovaných vlastnostech vyráběného taveného sýra, podmínkách tavení, chlazení a balení. Obsah tavicích solí ve finálním výrobku by neměl přesáhnout 3 % [6, 9, 11].

### 1.1.3 Ostatní suroviny

Kromě přírodních sýrů je hojně využíván tvaroh, jehož základním úkolem je navýšení tukuprosté sušiny. Při použití velmi zralých sýrů se přidává do směsí za účelem dodání kaseinu, u kterého neproběhly rozsáhlé hydrolyzační procesy, což má podstatný vliv na stabilitu struktury a konzistenci taveného sýra [6].

Pro navýšení obsahu tuku se používá zejména máslo a v některých výrobcích i smetana, která výrobek může příjemně zjemnit. Zejména pro úpravu sušiny se využívá pitná voda. Dalšími surovinami, využívanými při výrobě tavených sýrů, jsou přísady ovlivňující chuť a barvu. Část základních surovin – přírodních sýrů, je v současnosti nahrazována různými mléčnými koncentráty (např. sušená syrovátka, sušené odstředěné mléko, kasein), ale i surovinami nemléčného původu (nativní a modifikované škroby, další polysacharidy), což může mít podstatný vliv na jakost finálního výrobku. Smyslem použití mléčných i nemléčných náhrad je především snížení nákladů na surovinovou skladbu [6, 12].

## 1.2 Technologie výroby tavených sýrů

Při výrobě tavených sýrů se využívá tepelné úpravy přírodních sýrů za přídavku tavicích solí. Přírodní sýry se s přísadami za stálého míchání zahřívají na teplotu kolem 85 °C (také až 120 °C). Tavení v závislosti na použité teplotě má pasterační, případně sterilační účinek. Roztavená hmota se horká balí a následně v obalech chladí [11].

Tavené sýry lze vyrábět diskontinuálním nebo kontinuálním způsobem. Technologický postup zahrnuje výběr jednotlivých složek a jejich přípravu podle zvolené receptury, rozemletí, přídavek tavicích solí, promíchání, tavení, formování a balení, chlazení a skladování [9, 13].

### 1.2.1 Diskontinuální způsob výroby

V zemích střední Evropy, včetně České republiky stále převládá diskontinuální způsob výroby tavených sýrů. Surovinové složení směsi pro tavení závisí zejména na požadavcích, které jsou kladeny na výsledný tavený sýr. Důležitými parametry jsou především obsah sušiny, tuku v sušině a očekávaná konzistence finálního výrobku. Určení směsi tavicích solí (obvykle 2–3 % hmotnosti surovinové skladby) závisí zejména na charakteru přírodních sýrů (druh, stupeň zralosti), pH suroviny, požadovaných vlastnostech výsledného taveného sýra

a ostatních použitých surovinách. Zohlednit je potřeba i konkrétní typ výrobního zařízení, balicí techniku, nebo třeba průběh chlazení [6].

Připravená a rozmělněná směs přírodních sýrů se společně s ostatními surovinami nadávkuje do tzv. tavicího kotle (viz. Obr. 1). Po nadávkování surovin, včetně tavicích solí, je tavicí kotel uzavřen a začne vlastní proces tavení. Za sníženého tlaku a v relativně krátkém čase se zvýší teplota až na tzv. tavicí teplotu, obvykle v diskontinuálním procesu 90–100 °C, která je udržována řádově několik minut [6, 10].



Obrázek 1 Ukázka tavicího zařízení typu Stephan, Stephan Machinery [6].

### 1.2.2 Kontinuální způsob výroby

V případě kontinuálního způsobu výroby tavených sýrů se tavení provádí v nerezových trubkách při teplotě 130–145 °C po dobu 2–3 s. Při kontinuálním způsobu výroby je zajišťován sterilační efekt, zatímco diskontinuální proces výroby obvykle zajišťuje pouze efekt pasterační [14].

### 1.2.3 Balení tavených sýrů

V České republice jsou tavené sýry baleny převážně do hranolovitých nebo trojúhelníkových forem předem vyložených hliníkovou fólií, která je z vnitřní strany

lakovaná. Uzavírání obalů po naplnění probíhá na baličkách, které umožňují fólii zavařit, což má podstatný vliv na prodloužení trvanlivosti tavených sýrů. K dalším užívaným obalovým materiálům patří např. laminované hliníkové obaly, tuby, plasty, kelímky, sklenice, nebo kovové konzervy. Aby se snížila pravděpodobnost následné kontaminace mikroorganismy, je potřeba taveninu balit co nejdříve po utavení, aby teplota neklesla pod 60–70 °C. Pokud se použije kontinuální způsob výroby tavených sýrů, je nezbytné zajistit aseptické plnění. Důraz by měl být kladen i na kvalitu obalových materiálů, zejména na mechanickou odolnost a bariérové vlastnosti zaručující trvanlivost produktu. V neposlední řadě musí následné skladování, přeprava a uvádění na trh probíhat při teplotě od 2 do 8 °C, s výjimkou výrobků ošetřených vysokotepelem ošetřením nebo sterilací [5, 6, 14].



## 2 STERILAČNÍ ZÁHŘEV

Sterilace potravin je metoda, při níž se vytvořením extrémních podmínek usmrtí většina mikroorganismů, které by mohly vyvolávat kažení nebo onemocnění z potravin. V užším slova smyslu se za sterilaci považuje ošetření vysokou teplotou, obecně se termín sterilace může použít i pro aplikaci např. vysokého tlaku, ultrazvuku, ozařování, nebo kombinaci metod [15].

Při usmrcení všech forem přítomných organismů je dosaženo absolutní sterility produktu. Tento zákrok je označován jako sterilizace. Na rozdíl od zdravotnictví, kde jsou používány pro mikroorganismy zcela drastické podmínky, při nichž dochází k usmrcení 100 % přítomných mikroorganismů, není pro většinu potravin absolutní sterilita nutná. Je potřeba snížit mikrobiální kontaminaci na úroveň zaručující zdravotní nezávadnost, při co možná nejmenším zhoršení sensorických a výživových vlastností potravin. Takovýto výsledek zákroku označujeme jako praktickou sterilitu [15, 16].

### 2.1 Vliv záhřevu na mikroorganismy

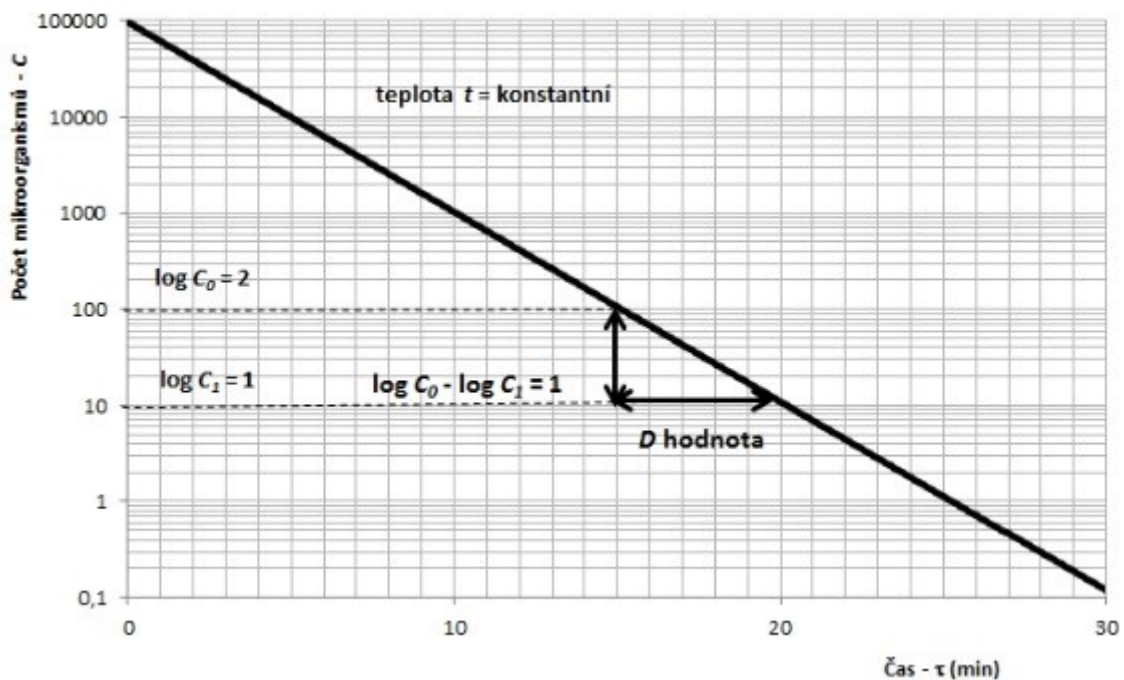
Záhřev potravin na teploty způsobující denaturaci bílkovin, obvykle vyšší než 55 °C, vede k inaktivaci mikroorganismů. Zároveň jsou při záhřevu inaktivovány nežádoucí enzymy, které mohou negativně ovlivnit vlastnosti produktu. Dále mohou být inaktivovány některé mikrobiální toxiny, např. botulotoxin, který se při vyšších teplotách, blízcích se 100 °C, rozkládá. Naopak termostabilní toxiny, např. enterotoxin produkovaný rodem *Staphylococcus aureus*, snesou i několikahodinový var [16].

Smrtící účinek vysokých teplot se vyjadřuje jako smrtící (letální) teplota. Jedná se o nejnižší teplotu, při které dojde k usmrcení mikroorganismu během určité doby, zpravidla 10 minut. Při použití dostatečně vysoké teploty po dostatečně dlouhou dobu dochází k usmrcení veškerých mikroorganismů včetně spor. Smrtící účinky vysokých teplot závisí nejen na druhu mikroorganismu, ale také na počátečním počtu přítomných mikroorganismů [17]. Volba sterilačního zákroku, potřebného pro požadovaný účinek, pak závisí především na kontaminujícím mikroorganismu, druhu potraviny, pH, aktivitě vody, počáteční koncentraci kontaminujícího mikroorganismu, velikosti a typu obalu [18].

#### 2.1.1 Vliv výchozí koncentrace mikroorganismů na účinnost sterilace

Rychlost inaktivace závisí na výchozí koncentraci mikroorganismů a je přímo úměrná koncentraci přežívajících mikroorganismů. Množství přežívajících mikroorganismů s časem

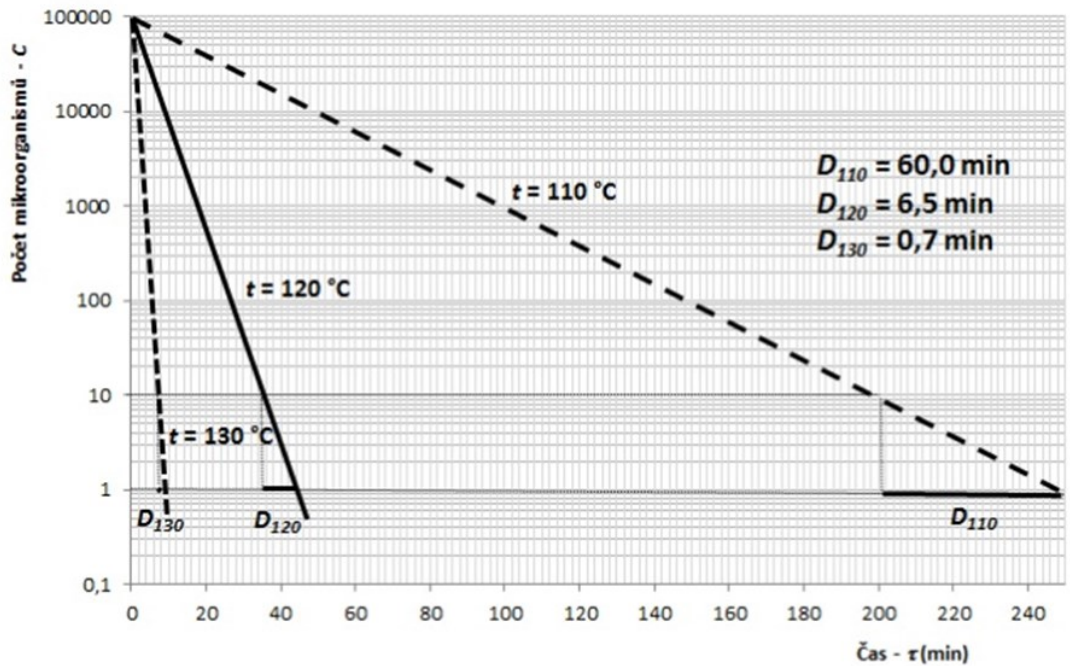
exponenciálně klesá, z čehož vyplývá, že teoreticky absolutní sterility není možné dosáhnout, protože křivka přežívání mikroorganismů protne nulu v nekonečnu. V mikrobiologii je exponenciální pokles počtu přežívajících jedinců vyjadřován jako lineární pokles dekadického logaritmu počtu jedinců v čase (viz. Obr. 2). Rychlost inaktivace se charakterizuje decimální redukční dobou  $D$  [16].



Obrázek 2 Přímka přežití mikroorganismů a decimální redukční doba pro konstantní teplotu [16].

### 2.1.2 Decimální redukční doba $D$

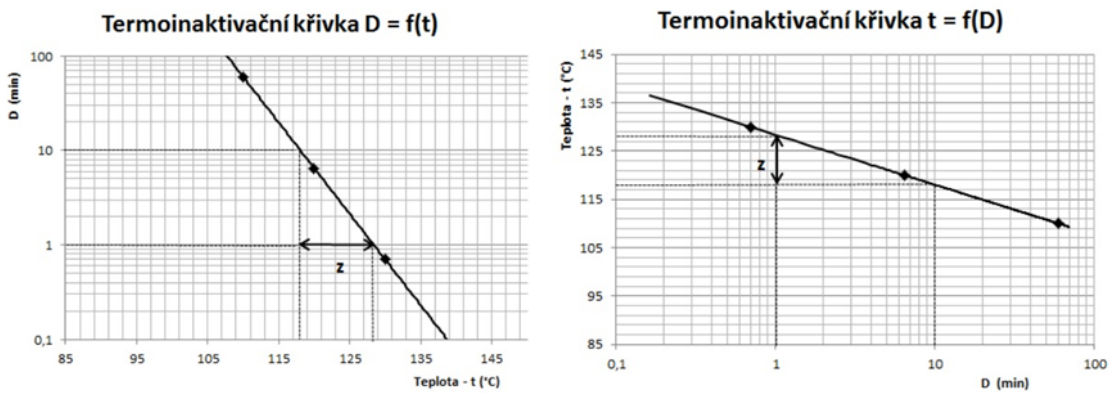
Decimální redukční doba  $D$  vyjadřuje dobu záhřevu v minutách při konstantní teplotě, která je potřebná pro redukci přítomných mikroorganismů o jeden řád (na 10 % výchozího počtu mikroorganismů). Decimální redukční doba  $D$  závisí na teplotě zahřívání. S rostoucí teplotou se zrychluje úbytek mikroorganismů a decimální redukční doba  $D$  potřebná pro snížení počátečního počtu mikroorganismů se o jeden řád zkracuje (viz. Obr. 3). Hodnoty  $D$  se používají k posouzení termorezistence jednotlivých mikroorganismů. Čím je termorezistence daného mikroorganismu větší, tím vyšší bude při určité teplotě jeho  $D$  hodnota. Se zvyšující se teplotou se hodnota  $D$  bude snižovat. Vzhledem k tomu, že hodnota  $D$  je vždy vztažena k určité teplotě, je příslušná teplota uvedena jako index (např.  $D_{121} = 1$  pro *Clostridium sporogenes* znamená, že při působení teploty 121 °C po dobu 1 minuty se počet živých buněk sníží na 10 % [17].



Obrázek 3 Přímka přežití mikroorganismů a decimální redukční doba D pro různé teploty [16].

### 2.1.3 Termoinaktivační křivky

Pro významné mikroorganismy byly zjištěny závislosti decimální redukční doby D na teplotě, tzv. D-t termoinaktivační křivky. Termoinaktivační křivky mohou být uváděny jako závislost teploty záhřevu na decimální redukční době  $t = f(D)$ , nebo jako závislost decimální redukční doby na teplotě záhřevu  $D = f(t)$ , viz. Obr. 4.



Obrázek 4 Termoinaktivační křivky [16].

Při grafickém znázornění křivek je vyznačena teplotní citlivost  $z$  ( $^{\circ}\text{C}$ ), která je definována jako změna teploty, jež způsobí, že decimální redukční doba  $D$  se změní desetkrát při vynesení  $D$ - $t$  čáry ve formě závislosti  $t = f(D)$  [16].

Pro přehlednost nejsou obvykle uváděny termoinaktivační křivky pomocí grafů, ale hodnoty decimální redukční doby  $D$  při určité referenční teplotě a hodnoty teplotní citlivosti  $z$  jsou tabelovány pro jednotlivé mikroorganismy (viz. Tab. 2). Obdobně jsou popsány a tabelovány i průběhy destrukce enzymů, složek potravin, nebo dosažení optimální konzistence [16].

Tabulka 2 Hodnoty  $D$  a  $z$  pro vybrané mikroorganismy [16].

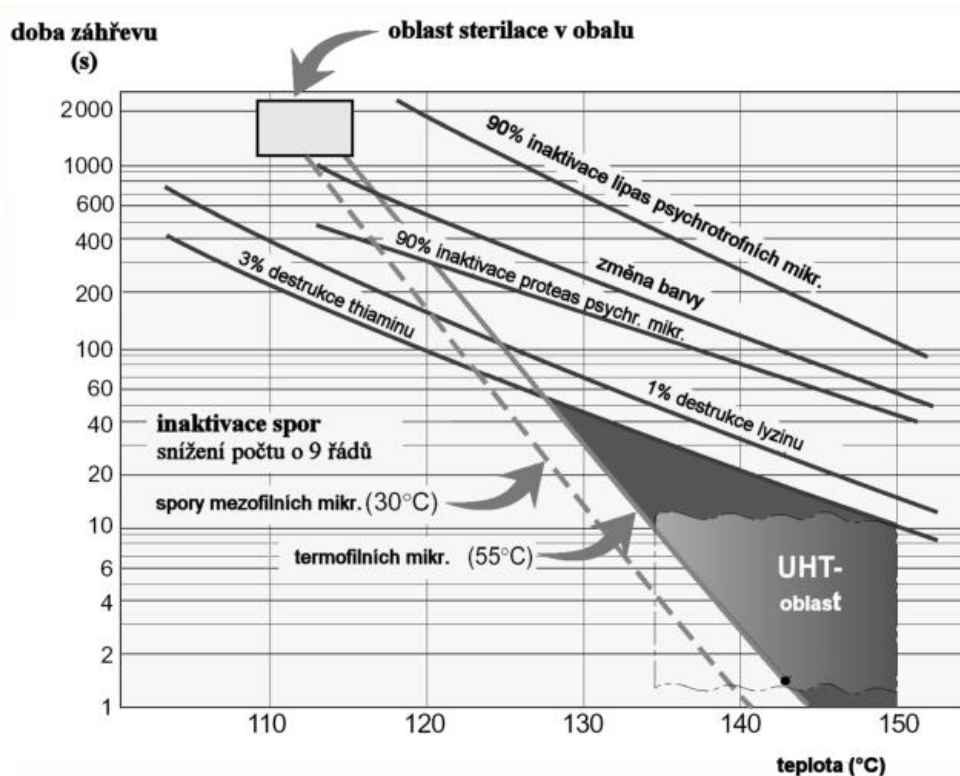
	$D$ (min)	$t$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$z$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	4,0–5,0	121,1	7,8–12,0
<i>Clostridium thermosaccharolyticum</i>	3,0–4,0	121,1	9,0–12,0
<i>Clostridium botulinum A a B</i>	0,1–0,2	121,1	8,0–10,0
<i>Clostridium sporogenes</i>	0,1–1,5	121,1	8,0–10,0
<i>Bacillus coagulans</i>	0,01–0,07	121,1	8,0–10,0
<i>Bacillus subtilis</i>	0,5–0,8	121,1	7,8–12,2
<i>Bacillus polymyxa</i>	0,1–0,5	100,0	7,0–9,0
rod <i>Lactobacillus a Leuconostoc</i>	0,5–1,0	66,0	4,0–6,0
Vegetativní bakterie, kvasinky a plísňe	0,5–3,0	65,5	4,4–6,7
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,2–2,0	65,5	4,4–6,7
rod <i>Salmonella</i>	0,02–0,25	65,5	4,4–5,5
Peroxidasy	3,0	121,1	37,2
Thiamin	158–247	121,1	25,0–27,0
Karotenoidy	0,038	60,0	18,9
Chlorofyl a	13,0–34,1	121,1	45,0–51,0

Účelem sterilace je inaktivace mikroorganismů při minimálních sensorických změnách potravin, čehož lze obvykle dosáhnout zvýšením teploty ošetření po řádově kratší dobu. Je to dáno teplotní citlivostí mikroorganismů  $z$ , která bývá obvykle nižší než pro chemické změny v potravinách. Tím je také dán rozdíl účinku tepelného ošetření potravin v obalu a mimo obal (v tepelném výměníku), viz. Obr. 5. [19].

#### 2.1.4 Sterilační režim

Teplota sterilace spolu s dobou jejího dosažení, trvání a poklesu tvoří dohromady sterilační režim, který se odvozuje z termoinaktivační křivky mikroorganismů, jež se v dané potravine

mohou vyskytovat. Jakákoliv postačující kombinace teploty a času odečtená z termoinaktivační čáry musí zasáhnout každé místo výrobku, tedy i jádro (střed) výrobku. Moderní postupy proto při sterilaci pevných hmot upravují ohřev tak, že počítají s dílčím účinkem teplot při jejím vzestupu i poklesu. U tekutých potravin se použitím trubkových průtokových sterilátorů dosahuje prostupu tepla mnohem snadněji. Uzavřené obaly s tekutým nebo částečně tekutým obsahem se sterilují v otočných autoklávech tzv. rotoklávech [16].



Obrázek 5 Průběh inaktivačních čar mikroorganismů a enzymů a termodestrukčních čar nutričně významných složek mléka [19].

Termoinaktivační účinek konkrétního sterilizačního zákroku se vyjadřuje hodnotou  $F$ . Hodnota  $1F$  vyjadřuje smrtící účinek teploty  $121,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $250\text{ }^{\circ}\text{F}$ ), působící právě 1 minutu. Inaktivační účinek sterilace kontaminované potraviny mikroorganizmem, jehož decimální redukční doba  $D$  a teplotní citlivost  $z$ , lze vypočítat podle vzorce:

$$F_s = D * \log_{10} \left( \frac{C_0}{C_1} \right)$$

kde  $C_0$  je koncentrace vitálních mikroorganismů v potravine před záhřevem,  $C_1$  její požadované snížení záhřevem na a  $F_S$  inaktivační účinek [16, 20].

Poměr počáteční a konečné koncentrace mikroorganismů ve výše uvedené rovnici lze interpretovat jako „kolikrát se koncentrace záhřevem sníží“. Dekadický logaritmus pak vyjadřuje „o kolik dekadických řádů se má záhřevem koncentrace snížit“. Pokud decimální redukční podíl  $D$  vyjadřuje dobu záhřevu na danou teplotu  $t_{ref}$  pro snížení koncentrace o jeden řád, potom význam veličiny  $F$  vyjadřuje dobu záhřevu potřebnou pro snížení koncentrace o požadovaný počet dekadických řádů [19].

Požadovaná míra snížení je volena na základě mikrobiologických rozborů, podle odhadované míry pomnožení před záhřevem, podle stupně jistoty, jakého chce výrobce dosáhnout. V případě výpočtu pro mikroorganismus *Clostridium botulinum* se vždy pracuje se snížením o 12 řádů [20].

Výběr mikroorganismu či mikroorganismů, podle kterého se účinek záhřevu hodnotí, se provádí podle druhu potraviny. V případě málo kyselých potravin o pH vyšším než 4 se nejčastěji uvažuje o sporách rodu *Clostridium botulinum*, v konkrétních případech se může jednat o spory termofilních bakterií (*Cl. thermosaccharolyticum* a *Bacillus stearothermophilus*). U kyselých potravin o pH nižším než 4 je uvažována běžná mikroflóra kyselých potravin, a v některých případech se pracuje s termorezistentními plísněmi. Posuzování inaktivačního účinku může být také zaměřeno na tepelné namáhání ve vztahu k destrukci významných složek potraviny či na inaktivaci enzymů [20].

## 2.2 Mikrobiologie tavených sýrů

Mikroflóra tavených sýrů může být ovlivněna mnoha vnějšími i vnitřními faktory, kdy mezi nejvýznamnější faktory lze zařadit pH, vodní aktivitu, obsah tuku a přídavných látek s emulgačními účinky, nebo přídavek dalších potravinářských aditiv. Proces výroby lze z hlediska použitých tavicích teplot vzhledem k pH považovat za pasteraci. K dalším významným faktorům ovlivňujícím jakost a trvanlivost tavených sýrů patří mikrobiologická kvalita použitých vstupních surovin, důsledné dodržování hygienických podmínek během výrobního procesu, druh obalových materiálů a podmínky skladování [21].

### 2.2.1 Vliv pH na růst mikroorganismů

Většina mikroorganismů nejlépe roste v neutrálním prostředí při hodnotách pH 7,0, což souvisí se skutečností, že intracelulární pH mikroorganismů se pohybuje okolo hodnoty 6,5,

příčemž odchylka  $\pm 0,5$  jednotky není pro mikroorganismus kritická. Tavené sýry mají obvykle pH v rozmezí 5,6–6,0, což umožňuje růst mnohých mikroorganismů. Použitá teplota při výrobě (z pravidla vyšší než 80 °C a nižší než 100 °C) vede k usmrcení vegetativních forem mikroorganismů, společně však s hodnotou  $\text{pH} > 4,5$  umožňuje vyklíčení spor bakterií, jejichž germinace teplotním ošetřením může být naopak stimulována [6, 22].

### 2.2.2 Vliv vodní aktivity

Pro růst a množení mikroorganismů je dostupnost vody jednou z nejzákladnějších podmínek a lze ji vyjádřit pomocí hodnoty vodní aktivity  $a_w$ . Mikroorganismy podílející se na kažení potravin většinou vyžadují prostředí s vodní aktivitou  $a_w > 0,91$ , plísňe jsou schopny růst dokonce i při  $a_w = 0,80$  [21].

Hodnoty vodní aktivity v tavených sýrech se obvykle pohybují v rozmezí  $a_w$  0,91–0,96, což jsou hodnoty vhodné pro zamezení růstu některých kmenů *C. botulinum* a pro prevenci produkce jejich toxinu. Při vodní aktivitě tavených sýrů  $a_w < 0,944$  nebyla zjištěna produkce toxinu, ale při hodnotách vodní aktivity  $a_w > 0,957$  byla již přítomnost toxinu detekována. Pokud se hodnoty  $a_w$  pohybovaly v rozmezí 0,944–0,957 závisela přítomnost *C. botulinum* a produkce jeho toxinů na dalších vlastnostech výrobku, zejména na obsahu sušiny, koncentraci NaCl, pH a obsahu hydrogenfosforečnanu sodného [21, 23].

### 2.2.3 Vliv obsahu tuku

Obsah tuku ve výchozích surovinách může mít vliv na růst nežádoucích mikroorganismů v tavených sýrech. Bylo zjištěno, že v prostředí tavených sýrů se sníženým obsahem tuku byl snížen růst anaerobních bakterií ve srovnání s výrobky, ve kterých nebyl obsah tuku redukován (obsah sušiny, soli a pH byl v obou porovnávaných výrobcích stejný) [6].

Prostředí tavených sýrů s nízkým obsahem tuku je méně příznivé i pro mnoho jiných bakteriálních rodů, např. *Listeria monocytogenes* nebo *Salmonella sp.* V nízkotučných sýrech byl růst těchto bakterií inhibován rychleji než v sýrech, kde obsah tuku redukován nebyl. Vůči výše zmíněným mikroorganismům v sýrech vykazují inhibiční účinky také některé mastné kyseliny jako jsou kyselina kaprinová, laurová, olejová a linolenová [21].

Existuje několik vysvětlení pro zjevné ochranné účinky tuku. Jedním z nich je, že lipidy poskytují bakteriím ochranu před vlivy prostředí a chrání je před antimikrobními látkami rozpustnými ve vodné fázi, čímž snižují inhibiční efekt látek, jež působí antimikrobně [23]. Obsah tuku může dále ovlivňovat produkci botulotoxinu. U sýrů tukuprostých a s nízkým obsahem tuku může být produkce tohoto toxinu zpožděna ve srovnání se sýry plnotučnými.

U vzorků tavených sýrů s obsahem tuku sušiny <1 % a <5 % nebyla při skladování zaznamenána produkce botulotoxinu po dobu 56 týdnů při 27 °C, zatímco u podobných sýrů s 20% obsahem tuku v sušiny byla produkce botulotoxinu detekována po 4 týdnech skladování při teplotě 27 °C [21].

#### 2.2.4 Vliv látek s emulgačními schopnostmi

K nejčastěji využívaným látkám s emulgačními účinky lze zařadit fosforečnany, polyfosforečnany a citrany. Kromě těchto látek lze při výrobě tavených sýrů použít také emulgátory, např. monoacylglyceroly mastných kyselin [6].

##### 2.2.4.1 Látky s emulgačními účinky

Antimikrobní účinek fosforečnanů je popisován především u grampozitivních bakterií, některých mikromycet a kvasinek. Fosforečnany s delšími řetězci mají lepší inhibiční účinky než fosforečnany s řetězci kratšími. Na inhibiční působení má vliv také teplota, pH prostředí (při pH>7,4 vyšší citlivost), počáteční populace mikroorganismů či přídavek iontů kovů. U bakterií tvořících spory dochází při použití polyfosforečnanů k potlačení procesu germinace spor. Při aplikaci polyfosforečnanů na buňky *Bacillus cereus* byl popsán vliv na morfologii buněk rostoucích v exponenciální fázi, což se projevilo lyzí buněk a neschopností tvorby septa při dělení. Účinky několika typů polyfosforečnanů byly zkoumány ve vztahu k růstu vegetativních buněk *Clostridium perfringens* izolovaných z kontaminovaných potravin. Koncentrace polyfosforečnanů inhibujících růst *C. perfringens* jsou vyšší než u jiných bakterií. Testované polyfosforečnany snížily schopnost sporulace této bakterie, a to i při použití subletálních koncentrací [6, 21].

Při snižování obsahu sodných solí v tavených sýrech byly navrženy soli draselné. Jejich účinek proti *C. botulinum* však nebyl spolehlivě prokázán. Ve srovnání se sodnými solemi vykazují draselné soli pouze 75% antibotulinovou aktivitu [21].

U gramnegativních bakterií bývá účinek fosforečnanů popisován zřídka. V laboratorních podmínkách byl zjištěn účinek u *Aeromonas hydrophila* [24].

##### 2.2.4.2 Emulgátory

Při výrobě tavených sýrů lze využít jako emulgátory monoacylglyceroly. Emulgační schopnost 1-monoacylglycerolů (MAG) závisí na typu mastné kyseliny a s rostoucím počtem uhlíků v řetězci se zvyšuje. MAG inhibovaly hlavně růst grampozitivních bakterií,



což se projevilo prodlouženou klidovou fází, snížením specifické rychlosti růstu a snížením hustoty buněk [21, 25].

Určité složky potravin (např. škroby, sérový albumin, fosfolipidy, cholesterol) mohou s MAG i mastnými kyselinami reagovat, a tak snížit jejich inhibiční účinek na nežádoucí mikroorganismus. Použití inhibičních látek může být navíc v některých potravinách nežádoucí, protože může docházet ke změnám jejich organoleptických vlastností [6].

### 2.2.5 Vliv ostatních faktorů a ingrediencí

Kyselina propionová může při pH 6,0 inhibovat růst sporulujících bakterií, např. *Bacillus subtilis*. Při pH nižším (4,0–5,0) kyselina propionová působí inhibičně i na kvasinky a mikromycety. Za antimikrobní působící látky lze považovat také její soli. Jsou popsány inhibiční účinky propionanu sodného na *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Lactobacillus plantarum*, *Proteus vulgaris*, *Torula sp.* nebo propionanu vápenatého na *Bacillus subtilis* či *L. monocytogenes*. Obecně je zastavení růstu mikroorganismů přisuzováno koncentracím kyseliny propionové v rozsahu 0,1–1,0 % [21].

Kyselina sorbová může zpomalit nebo zabránit růstu bakterií, kvasinek nebo mikromycet. Její účinek na mikroorganismy kontaminující potraviny je stejně jako u kyseliny mléčné dán schopností disociovat uvnitř buňky. Vzhledem k faktu, že rozpustnost kyseliny sorbové je nízká a mnohem lépe se rozpouští v tucích, je její použití omezeno na potraviny s vyšším obsahem lipidů. V případě, kdy je požadovaná vyšší rozpustnost ve vodě se používají sorbany, zejména sorban draselný. Mezi nesporné výhody použití kyseliny sorbové či jejích solí patří to, že tyto látky nemají vliv na pach ani chuť výrobků, do kterých jsou přidávány. Pro člověka je sorban draselný považován za netoxický. Jeho inhibiční účinky byly prokázány vůči širokému spektru mezofilních a psychrotrofních bakterií, bakteriím z čeledi *Enterobacteriaceae*, fakultativně anaerobním bakteriím a laktobacilům. Přídavek sorbanu draselného v koncentraci 0,13–0,26 % snižuje růst *C. botulinum* a produkci toxinů. Do tavených sýrů může být kyselina sorbová přidána v množství menším než 0,2 % hmotnosti finálního výrobku [6, 23].

### 3 VLIV STERILAČNÍHO ZÁHŘEVU NA JAKOST TAVENÝCH SÝRŮ

Sterilované tavené sýry, jako speciální skupinu výrobků je možno využít např. při sestavování bojových dávek potravin (balíčků potravin zajišťujících příslušníkům armády stravu na 24 hodin). Další využití nachází při zabezpečení stravování členů Integrovaného záchranného systému při jejich operačním nasazení, nebo v případech kdy není k dispozici chladírenská technika. Doba minimální trvanlivosti sterilovaných tavených sýrů je nejméně dva roky při běžné teplotě okolí [6].

Sterilační záhřev u tavených sýrů způsobuje významné změny barvy, konzistence, chuti a termolabilních biologicky aktivních látek. Poslední jmenované reakce souvisí zejména s průběhem komplexu Maillardových reakcí (KMR), které mohou vést také k tvorbě procesních kontaminantů. Mnohé z těchto sloučenin mohou být karcinogenní a mutagenní (zejména heterocyklické aromatické aminy, jako jsou pyridoimidazoly, pyridoindoly nebo tetraazafluoranteny). Rychlost procesu CMR je ovlivňována několika faktory, včetně surovinové skladby potravin (a tedy různé podíly bílkovin, tuků a mono-, di- a polysacharidů v systému), obsahem vody a hodnotou vodní aktivity ( $a_w$ ), metodou tepelného zpracování, použitou teplotou a dobou zdržení této teploty, rychlostí gradientu nárůstu teploty a následného ochlazování a mnoho dalších [26].

V důsledku tepelného zpracování během termosterilace dochází u tavených sýrů k několika modifikacím proteinů, např. k defosforylaci, deaminaci, tvorbě lyzinoalaninu, rozpadu a tvorbě S-S můstků. Tyto modifikace mohou ovlivnit obsah určitých aminokyselin v bílkovinách a způsobují zvýšení obsahu nebílkovinného dusíku (cca 18 %) [27].

U lipidů může docházet během déletrvajícího záhřevu k oxidačním reakcím, kterým podléhá především volný tuk. K nejčastějším oxidačním reakcím nenasycených mastných kyselin patří autooxidace, jejíž primárními produkty jsou hydroperoxydy, které bývají velmi reaktivní. Řadou reakčních mechanismů jsou hydroperoxydy (zejména v průběhu skladování) konvenovány na sekundární produkty autooxidace, mezi které patří mnoho sensoricky aktivních látek, které pak mohou způsobit nežádoucí pachy a pachutě [28].

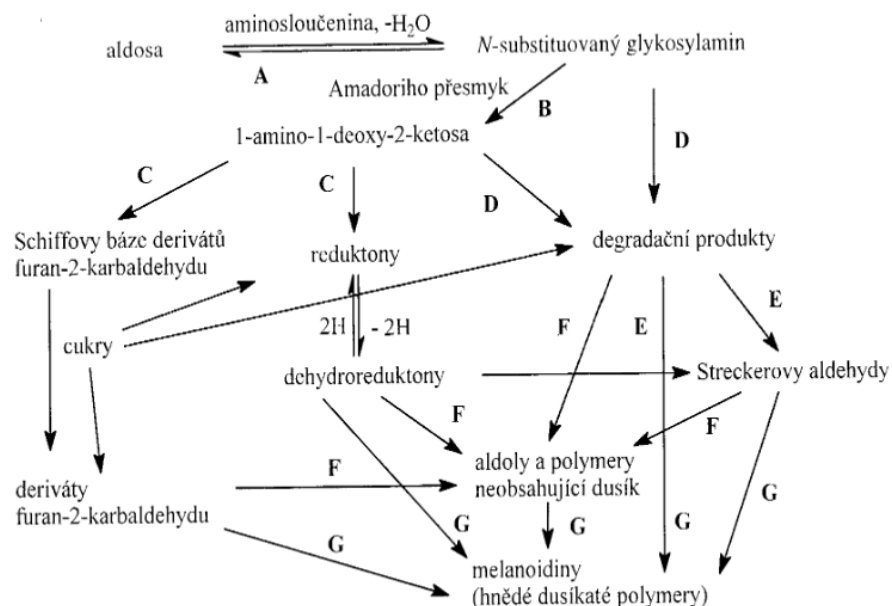
#### 3.1 Bílkoviny

V důsledku tepelného záhřevu může v přítomnosti redukujících sacharidů probíhat KMR za vzniku mnoha sensoricky aktivních látek. V průběhu těchto reakcí vzniká řada velmi reaktivních karbonylových sloučenin, které reagují nejen vzájemně, ale také s přítomnými

aminosloučeninami. Průvodním jevem KMR je vznik hnědých pigmentů – melanoidinů [29, 30].

Reakčními partnery redukujících sacharidů jsou bílkoviny a volné aminokyseliny, které spolu reagují především prostřednictvím  $\epsilon$ -aminoskupiny vázaného lyzinu. U sýrů se mimo bílkovin a aminokyselin na KMR významně podílí i biogenní aminy. Mimo sacharidů, jejichž degradačních produktů a degradačních produktů aminokyselin, se do reakcí zapojují také karbonylové sloučeniny v potravinách přítomné již jako primární látky, nebo vzniklé z jiných prekurzorů než sacharidů (např. aldehydy vzniklé oxidací tuků), což celý komplex reakcí činí ještě složitější [29].

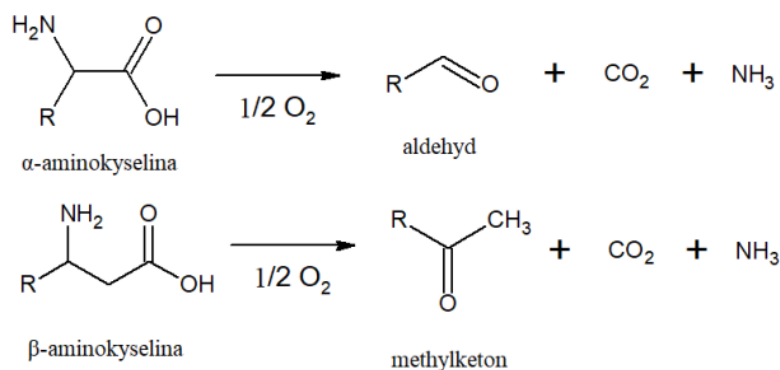
V KMR se rozeznávají tři fáze (viz. Obr. 6). Počáteční fáze zahrnuje tvorbu glykosylaminu následovanou Amadoriho přesmykem (reakce A, B). Střední fáze zahrnuje dehydrataci a fragmentaci sacharidů a Streckerovu degradaci aminokyselin (reakce C, D a E). Závěrečnou fází jsou reakce meziproduktů, které vedou k tvorbě heterocyklických sloučenin (zpravidla důležité vonné a chuťové látky) a vysokomolekulárních pigmentů melanoidinů, které jsou nositeli hnědého zbarvení (reakce F a G) [29].



Obrázek 6 Schématické znázornění KMR [29].

Další reakcí, ke které dochází při tepelném záhřevu a skladování potravin, je Streckerova degradace aminokyselin, při níž dochází k oxidaci aminokyselin působením oxidačních činidel. V principu jde o vznik karbonylové sloučeniny obsahující o jeden atom uhlíku méně než výchozí aminokyselina, a dále vzniká oxid uhličitý a amoniak. Aktivními látkami

při Streckerově degradaci aminokyselin jsou hydroperoxyd mastných kyselin, nenasycené aldehydy a ketony, deriváty furan-2-karbaldehydu,  $\alpha$ -hydroxyaldehydy a  $\alpha$ -hydroxyketony. Aktivními látkami jsou také kyselina pyrohroznová, benzochinony, naftochinony a anthrachinony. Obecné schéma Streckerovy degradace aminokyselin je znázorněno na Obr. 7 [29].



Obrázek 7 Obecné schéma Streckerovy degradace aminokyselin [29].

Hlavním produktem těchto reakcí jsou tzv. Streckerovy aldehydy, které se buďto přímo uplatňují jako vonné látky v potravinách, nebo jako látky, z nichž následnými reakcemi vznikají četné další vonné a chuťové látky. Negativní stránkou jsou ztráty některých esenciálních aminokyselin (např. valinu, leucinu, izoleucinu, treoninu, metioninu a fenylalaninu) [29].

Sterilizace obecně způsobuje ztráty celkového a biologicky dostupného lyzinu, zvýšení obsahu amoniaku, vytvoření tmavšího odstínu a snížení přijatelnosti taveného sýra. Tyto procesy jsou intenzivnější v případě snížené teploty a prodloužené doby sterilizace. Pro praxi lze doporučit sterilizační režimy  $125\text{ }^\circ\text{C}$  po dobu 3,2 min a  $120\text{ }^\circ\text{C}$  po dobu 10 min, protože produkty získané pomocí těchto režimů měly vlastnosti podobné vlastnostem nesterilovaného taveného sýra [31].

Při koumání vlivu sterilizace ( $117\text{ }^\circ\text{C}$  po dobu 20 min) na obsah aminokyselin v tavených sýrech byly pozorovány statisticky významné ztráty aminokyselin cystein, metionin, leucin, arginin, asparagová kyselina, serin, alanin, lyzin, histidin, glutamová kyselina a izoleucin v proteinové frakci. Oproti tomu nebyl obsah aminokyselin tryptofan, prolin, tyrozin, valin a fenylalanin sterilací významně ovlivněn.

Snížení obsahu aminokyselin může být způsobeno několika reakcemi, z nichž za zmínku stojí již zmíněné Streckerova degradace aminokyselin a KMR. Při mnoha procesech

rozkladu aminokyselin se uvolňuje amoniak. Výsledky ukázaly, že ke ztrátám aminokyselin dochází také v důsledku deaminačních procesů a že sterilace vede ke zvýšení koncentrace amoniaku o více než  $50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  v průměru (pro definovaný sterilizační režim). Důležitou roli mohou hrát také lipidové reakce (např. oxidace), jejichž produkty mohou ovlivnit následné reakce dusíkatých látek [13, 27].

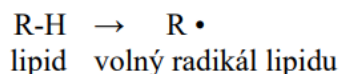
### 3.2 Lipidy

Při běžně využívaných režimech pasterace a sterilace mléka nejsou obvykle lipidy příliš ovlivněny. Pokud však k určitým změnám dochází, jde zejména o změny membrán tukových kuliček a mírné oxidační změny [28].

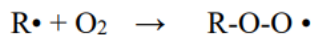
Autooxidace mastných kyselin je nejběžnějším typem oxidace. Při běžné teplotě se reakce zúčastňují jen nenasycené mastné kyseliny. K autooxidaci nasycených mastných kyselin dochází ve významnější míře jenom při zvýšených teplotách odpovídajících např. pečení, smažení, nebo pražení. Autooxidace uhlovodíkového řetězce je radikálová řetězová reakce probíhající ve třech stupních [32]. Mechanismus autooxidace je zjednodušeně uveden na Obr. 8.

Prvním stupněm je iniciace, kdy dochází ke ztrátě vodíkového radikálu ( $\text{H}\cdot$ ) a vzniká volný radikál mastné kyseliny ( $\text{R}\cdot$ ). Tato část reakce je iniciována např. energií získanou z tepla (záhřev), nebo z ozáření ultrafialovým či radioaktivním zářením. Druhý stupeň autooxidační reakce se nazývá propagační stupeň. Vzniklý volný radikál mastné kyseliny ( $\text{R}\cdot$ ) reaguje s kyslíkem za vzniku peroxylového (peroxidového) radikálu ( $\text{ROO}\cdot$ ), který díky své reaktivitě snadno reaguje s další molekulou mastné kyseliny  $\text{RH}$ , vytváří hydroperoxid ( $\text{ROOH}$ ) a další volný radikál mastné kyseliny ( $\text{R}\cdot$ ). Sled těchto reakcí se může opakovat jednou, několikrát až mnohokrát. Reakce volného radikálu mastné kyseliny s kyslíkem je mnohem rychlejší než reakce peroxylového radikálu s další molekulou mastné kyseliny, nebo lipidu, a proto je tato reakce tou, která řídí rychlost procesu autooxidace. Třetí stupněm se nazývá terminační. Ten nastává v okamžiku, kdy je koncentrace volných radikálů v reakční směsi tak vysoká, že dva radikály spolu reagují za vzniku neradikálového a poměrně stabilního produktu [29, 32].

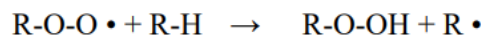
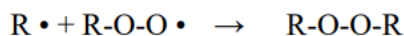
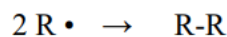
Zejména v průběhu skladování jsou hydroperoxydy celou řadou reakčních mechanismů konvertovány na tzv. sekundární produkty autooxidace. Podle typu vznikajících produktů je možné tyto reakce rozdělit na tři skupiny [28,32].

**Iniciační reakce****Propagační reakce**

tvorba peroxylového radikálu



tvorba hydroperoxidu

**Terminační reakce**

Obrázek 8 Autooxidační řetězová reakce lipidů [29].

První skupinou jsou reakce, při nichž nedochází ke změně počtu atomů uhlíku v molekule a vznikají během nich např. cyklické peroxidy a endoperoxidy, epoxykyseliny, hydroxykyseliny a oxokyseliny. Druhou skupinu představují reakce, při nichž se snižuje počet atomů uhlíku v produktu v důsledku štěpení molekuly a vznikají tak např. aldehydy, uhlovodíky a oxokyseliny. Mnohé z těchto produktů lze zařadit mezi senzory aktivní látky, způsobují nežádoucí pachy a pachuti, tzv. žluknutí tuků [29, 30]. Při následné reakci aldehydů, které jsou velmi reaktivní a v oxidovaném tuku dále reagují, běžně dochází k aldolizaci, retroaldolizaci a k reakcím s dalšími složkami potravin, např. bílkovinami. Posledním typem reakcí jsou polymerační reakce, při nichž se počet atomů uhlíku v produktu zvyšuje [29, 32].

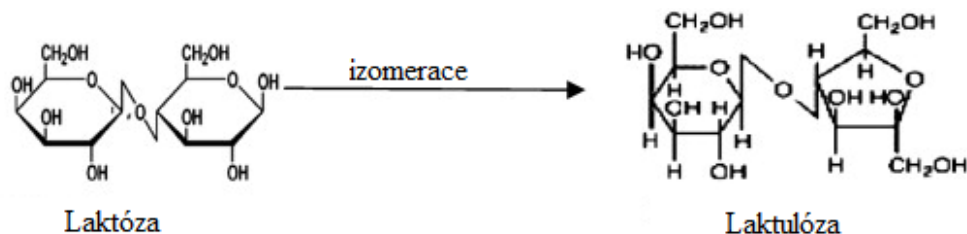
### 3.3 Sacharidy

V mléce a mléčných výrobcích je převládajícím cukrem disacharid laktóza a v menším množství potom příbuzné oligosacharidy. Monosacharidy, především glukóza, se v mléce vyskytují v nevýznamném množství. Mezi nejčastější změny v důsledku tepelného záhřevu sacharidů mléka se řadí vznik laktulózy, kyselin a již zmíněný KMR [28, 29].

#### 3.3.1 Vznik laktulózy

Laktulóza se v mléce přirozeně nevyskytuje a vzniká především v důsledku tepelného záhřevu. Reakční mechanismus vzniku je nazýván „Lobry de Bruyn-Alberda van Ekenstein drahou“ (schématické znázornění na Obr. 9.). Touto drahou mohou vznikat i další produkty, nicméně laktulóza patří k nejvýznamnějším [28].

Laktulóza je 1,5krát sladší než laktóza, proto je možno vnímat chuť sterilovaných mléčných výrobků jako sladší. Laktulóza stimuluje růst bifidogenní mikroflóry a stejně jako laktóza má slabé laxativní účinky [28, 30, 33].



Obrázek 9 Schématický proces izomerizace laktózy na laktulózu [33].

### 3.3.2 Vznik organických kyselin

Při tepelném ošetření nad 100 °C může docházet ke sledu reakcí vedoucích ke vzniku organických kyselin z laktózy. Vznikají především kyselina mravenčí a v množství do 5 % také kyselina mléčná. Vznik organických kyselin může probíhat podobným reakčním mechanismem jako při vzniku laktulózy [28].

### 3.3.3 Komplex Maillardových reakcí

Laktóza, jako redukující sacharid při tepelném ošetření vstupuje do KMR, což již bylo zmíněno v části věnované bílkovinám. Produkty vznikající v KMR mohou ovlivnit organoleptické vlastnosti mléčných výrobků. V důsledku vysokých a déle trvajících záhřevů může dojít ke vzniku melanoidinů, což vede k mírnému zhnědnutí [33].

Při zkoumání vlivu různých režimů tepelné sterilace na kvalitu tavených sýrů, byl popsán rozdíl kvality jednotlivých vzorků v závislosti na obsahu přidané laktózy a zvoleném sterilačním režimu. Obecně měla sterilace za následek ztrátu aminokyselin, hydrolyzu bílkovin a degradaci barvy a chuti tavených sýrů, ve srovnání s nesterilovanými vzorky. V případě sterilačního režimu za snížené teploty a prodloužené doby expozice, byly výše uvedené procesy intenzivnější a došlo k významnějšímu poklesu kvality sterilovaných výrobků. Přidávky laktózy způsobily další pokles kvality sterilovaných tavených sýrů, zejména pokud překročily 1,0 % celkové hmotnosti výrobku. Při nejvyšší sterilační teplotě a nejkratší použité době expozice (125 °C po dobu 3,2 min) se kvalita testovaných tavených sýrů ve srovnání s nesterilovanými vzorky snížila pouze mírně. Nižší sterilační teploty (110 °C po dobu 100 min a 115 °C po dobu 32 min), zejména v kombinaci s vyšším obsahem

laktózy (1,5 a 2,0 % celkové hmotnosti výrobku) nevedly k sensoricky přijatelným výrobkům [34].

### 3.4 Vitamíny a minerální látky

Obsah vitamínů skupiny A, D a E se sterilací mění jen nepatrně (do 10 %). Částečné změny nastávají u skupiny vitamínů B, u vitamínu B12 je zaznamenán úbytek vyšší a u vitamínu C je úbytek 100 % [11].

Souhrnný přehled obsahu vitamínů v tavených sýrech se v literatuře nepodařilo dohledat. Při sestavování přehledové Tab. 3 bylo vycházeno z obsahu jednotlivých vitamínů v plnotučném kravském mléce a z průměrných ztrát v důsledku UHT záhřevu [29].

Tabulka 3 Obsah vitamínů v plnotučném syrovém mléce a ztráty vitamínů při UHT záhřevu [29].

vitamín	syrové mléko	ztráta	poznámka
Thiamin	0,3-0,7 (mg/kg)	10-20 %	
Riboflavin	0,2-3,0 (mg/kg)	2-5 %	při skladování na slunci ztráta 20-40 %/h
Niacin	0,8-5 (mg/kg)	do 5 %	
Pyridoxin	0,2-2,0 (mg/kg)	5-10 %	při skladování 30-35 %
Kys. pantothenová	0,4-4,0 (mg/kg)	do 5%	skladování 6 týdnů 20-35 %
Biotin	0,01-0,09 (mg/kg)	10-15 %	
Folacin	0,03-0,28 (mg/kg)	10-20 %	
Korinoidy B 12	3-38 (μg/kg)	10-20 %	
Vitamín C	5-20 (mg/kg)	20-50 %	
Vitamín A	0,3-1 (mg/kg)	do 6 %	skladování 4 týdny 3-7 %, nevhodné obaly 20 i 30 % za hodinu
Vitamín D	1 (μg/kg)		
Vitamín E	0,2-1,2 (mg/kg)	do 10 %	
Vitamín K	0,01-0,03 (mg/kg)		

Při výzkumu zaměřeném na obohacení tavených sýrů o vitamín D, bylo zjištěno, že ani přídavek 400 IU/100 g neměl negativní vliv na sensorické ani fyzikální vlastnosti [35].

Při experimentální výrobě byly vyrobeny modelové vzorky tavených sýrů, obohacené komerčně dostupným vitamínem D v dávce 100 IU na porci (28 g). Při teplotě 79 °C byla směs zahřívána po dobu 1 minuty, za tepla zabalena a zchlazena na teplotu 4–6 °C. Sýry rozdělené na dvě části byly od druhého dne uchovávány při teplotě 4 až 6 °C (první část) anebo při teplotě 21 až 29 °C (druhá část) po dobu 5 měsíců. Ke ztrátám vitamínu D nedošlo během zpracování, ani při skladování v různých teplotách. Při pokusné teplotě 232 °C po dobu 5 minut se obsah vitamínu D snížil o 25 až 30 % [36].

Nejvýznamnější minerální látkou obsaženou v tavených sýrech je vápník. Využitelnost vápníku z tavených sýrů je ve srovnání s přírodními sýry snižena, díky použitým tavicím



solím na bázi fosforečnanů. Optimální poměr mezi vápníkem a fosforem by se měl pohybovat mezi 2:1 až 1:1. V přírodních sýrech je tento poměr zhruba 1,5:1, zatímco v sýrech tavených se tento poměr pohybuje mezi 1:1,5 až 1:3, přičemž při poměru nad 1:1,5 již dochází ke zhoršení vstřebávání vápníku. Při prováděném experimentu na krysách byla srovnávána využitelnost vápníku z mléka, jogurtu, taveného sýra a ze stravy založené na obilovinách. Využitelnost vápníku byla u všech tří mléčných výrobků vyšší než u obilné stravy. Z druhé strany byla však bilance metabolismu vápníku pocházejícího z tavených sýrů méně příznivá než u ostatních mléčných produktů [1, 6].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo pokusit se maskovat negativní organoleptické vlastnosti, zejména tmavší barvu a horší chuť tavených sýrů, které byly podrobeny sterilačnímu záhřevu, a to využitím ochucujících složek. Aby mohl být splněn tento hlavní cíl, bylo potřeba splnit následující dílčí cíle:

- V teoretické části provést literární rešerši týkající se (I) tavených sýrů, se zaměřením na legislativu a způsob výroby, (II) charakteristiky sterilačního záhřevu a jeho vlivu na mikroorganismy a (III) vlivu sterilačního záhřevu na vlastnosti tavených sýrů.
- V praktické části navrhnout surovinové skladby s použitím ochucujících složek, vyrobit modelové vzorky tavených sýrů a část vzorků podrobit dvěma sterilačním režimům.
- U nesterilovaných i sterilovaných vzorků provést mikrobiologickou analýzu, chemickou analýzu (sušina, pH, amoniak, tiobarbiturové číslo, aktivita vody), a dále texturní, reologickou a senzoricou analýzu. Tyto analýzy provést i po 1 měsíci skladování při 3 různých teplotách.
- Získané výsledky vyhodnotit, diskutovat a zformulovat závěry.

Zamýšlené uplatnění výrobků je např. při sestavování bojových dávek potravin, při zabezpečení stravování členů Integrovaného záchranného systému při jejich operačním nasazení, nebo v případech kdy není k dispozici chladírenská technika.

## 5 METODIKA PRÁCE

### 5.1 Popis experimentu

Pro praktickou část této diplomové práce byly vyrobeny modelové vzorky tavených sýrů, s příchutí rajče-bazalka-česnek (dále jen rajče) a chřest-slanina (dále jen chřest). Po výrobě byla část vzorků uložena do lednice (nesterilované vzorky) a zbylé vzorky byly rozděleny na polovinu a podrobeny dvěma různým sterilačním režimům: 120 °C/15 min a 125 °C/5 min (sterilované vzorky). Součástí experimentu bylo i založení skladovacího pokusu při 3 teplotách. Modelové vzorky nesterilovaných i sterilovaných tavených sýrů byly podrobeny analýzám 1. den po výrobě a po měsíci skladování.

### 5.2 Charakteristika modelových vzorků tavených sýrů

Při výrobě modelových vzorků tavených sýrů byly použity následující suroviny:

- Eidamská cihla 30 % (obsah sušiny ~50 % (w/w) a obsah tuku v sušině ~30 % (w/w), výrobce: LACRUM Velké Meziříčí, s.r.o., Česká republika),
- Máslo (obsah sušiny ~84 % (w/w), obsah tuku v sušině ~ 82 % (w/w), výrobce: MADETA, a.s. České Budějovice, Česká republika),
- Pitná voda,
- Směs fosforečnanových tavicích solí (hydrogenfosforečnan sodný  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , dihydrogenfosforečnan sodný  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , difosforečnan tetrasodný  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  a sodná sůl polyfosforečnanu  $(\text{NaPO}_3)_n$ , výrobce: Fosfa a.s., Břeclav, Česká republika),
- Česnek sušený granulovaný, (výrobce: Allnature s.r.o., Hradec Králové, Česká republika),
- Bazalka sušená drcená, (výrobce: Allnature s.r.o., Hradec Králové, Česká republika),
- Rajčatový koncentrát v prášku, (výrobce: Sosa Ingredients S.L., Barcelona, Španělsko),
- Přírodní extrakt z bílého chřestu práškový, (výrobce: Sosa Ingredients S.L., Barcelona, Španělsko),
- Práškové aroma s příchutí slanina, (výrobce: Aromka s.r.o., Brno, Česká republika).

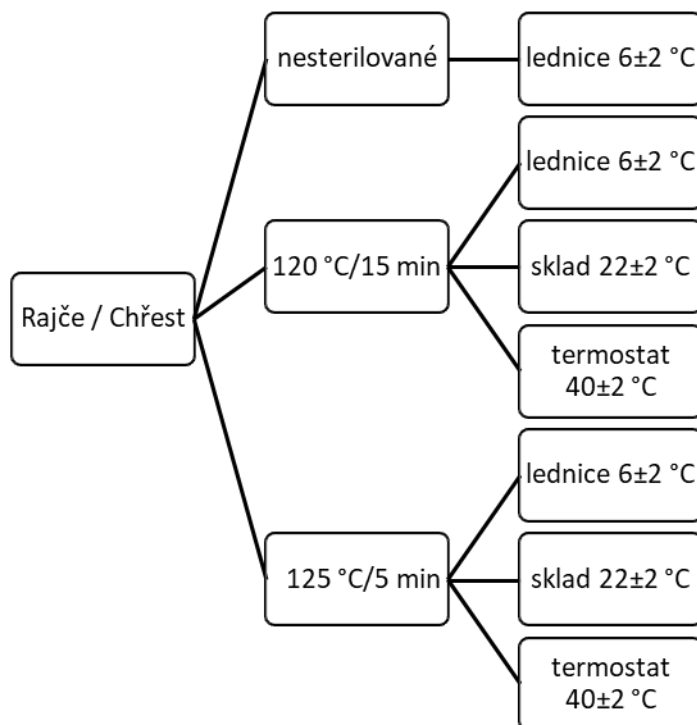
Surovinová skladba pro obě varianty příchutí je uvedena v Tab. 4. Schéma skladovacího pokusu je znázorněno na Obr. 10, ze kterého je patrné, že třetina sterilovaných tavených sýrů

byla skladována v lednici při teplotě u  $6 \pm 2$  °C, třetina v klimatizovaném skladu při teplotě  $22 \pm 2$  °C a poslední třetina v termostatu při teplotě  $40 \pm 2$  °C. Skladovací pokus bude pokračovat po dobu 1 roku a jeho výsledky budou součástí další diplomové práce.

Tabulka 4 Surovinová skladba vzorků tavených sýrů

	Suroviny (g)	příchuť	
		rajče	chřest
1	Eidamská cihla 30 %	570	570
2	Máslo	200	200
3	Tavicí soli *	30	30
4	Pitná voda	600	600
5	Rajčatový prášek	14	x
6	Bazalka sušená	3	x
7	Česnek sušený	4	x
8	Chřest práškový	x	14
9	Slanina aroma	x	3
Součet		1421 g	1417 g

\* složení směsi tavicích solí:  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ –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



Obrázek 10 Schéma skladování vyrobených vzorků tavených sýrů

### 5.3 Výroba vzorků tavených sýrů

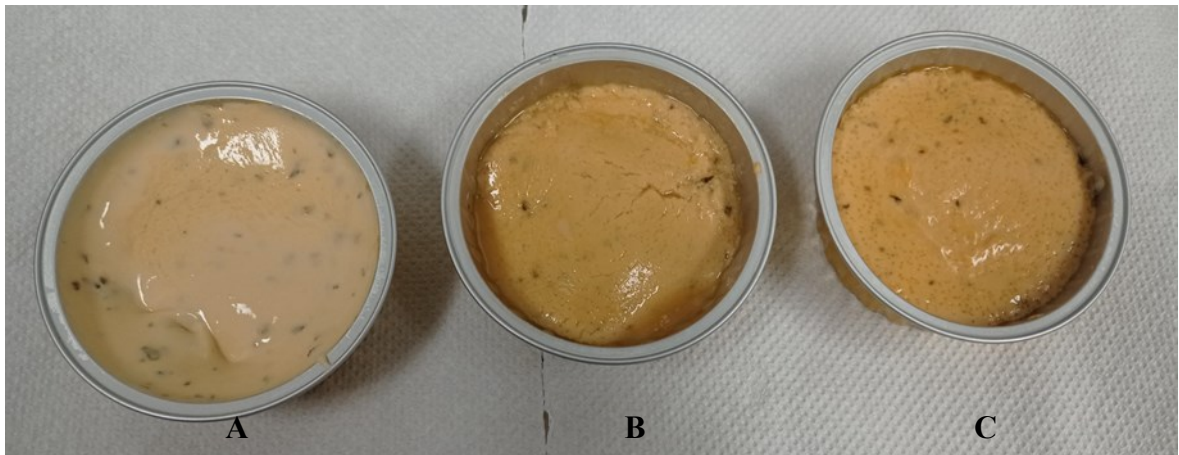
Vzorky tavených sýrů charakterizované v kapitole 5.2 byly vyrobeny v laboratořích Ústavu technologie potravin, Fakulty technologické, Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. V prvním kroku byly naváženy všechny suroviny podle surovinové skladby uvedené v Tab. 4. (celkové množství produktu v jedné výrobě bylo 1421 g u příchutě rajče a 1417 g u příchutě chřest, pro skladovací pokus byla u každé příchuti tavba provedena 19x).

Suroviny byly postupně nadávkovány do zařízení Vorwerk Thermomix TM6-1 (výrobce Vorwerk GmbH&Co). Eidamská cihla byla před výrobou rozkrájena na menší díly (kostky s hranou cca 1 cm) a před přidáním ostatních surovin byla krátce rozmělněna. V dalším kroku byla směs za stálého míchání přivedena k tavicí teplotě 90 °C, při které byla udržována po dobu 1 minuty. Horká utavená směs byla nalévána do 100 g hliníkových misek (výška 27,4 mm, průměr 84,1 mm, výrobce: Aluflexpack). Naplněné misky byly zakryty hliníkovými víčky a uzavíracím zařízením pro obaly (Novaseal, výrobce: Nirosta) byly při teplotě 280 °C působící po dobu 3 s uzavřeny.

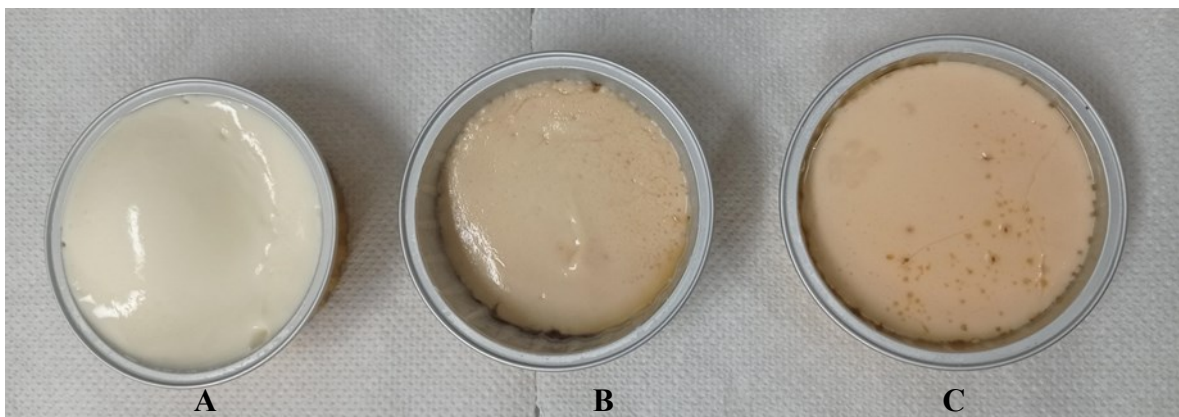
Část vzorků byla zchlazena a uložena do lednice při teplotě  $6 \pm 2$  °C. Zbývající vzorky byly rozděleny po výrobě na dvě poloviny a podrobeny sterilaci v autoklávu (FVA/A1, výrobce Fedegari) při dvou různých režimech (viz kapitola 5.1). Teplota uvnitř vzorků byla během sterilace sledována dataloggery (RT-F55, výrobce: Analytical s.r.o.), průběh sterilizačního režimu byl kontrolován pomocí autoklávočných čidel. Po sterilaci byly vzorky během 50 minut zchlazeny na 50 °C a uloženy ke skladování (viz Obr. 10). Fotografie nesterilovaných a sterilovaných vzorků tavených sýrů jsou na Obr. 11 (příchut' rajče) a Obr. 12 (příchut' chřest). Nesterilované vzorky jsou označeny písmenem A, vzorky sterilované sterilizačním režimem 120/5 písmenem B a režimem 125/5 písmenem C.

### 5.4 Mikrobiologická analýza

Mikrobiologickou analýzou byl stanoven celkový počet mikroorganismů, aerobních a anaerobních sporulujících mikroorganismů a kvasinek a plísní podle příslušných ČSN norem [37, 38, 39].



Obrázek 11 Fotografie vzorků nesterilovaných a sterilovaných tavených sýrů s příchutí rajče



Obrázek 12 Fotografie vzorků nesterilovaných a sterilovaných tavených sýrů s příchutí chřest

Pro stanovení celkového počtu mikroorganismů byly za aseptických podmínek odebrány vzorky tavených sýrů a v poměru 1:9 homogenizovány se sterilním fyziologickým roztokem. U nesterilovaných vzorků bylo vyhodnocení prováděno z ředění  $10^{-1}$  a  $10^{-2}$ . Sterilované vzorky byly vyhodnocovány při ředění  $10^0$  a  $10^{-1}$  (u sterilovaných vzorků nebyl očekáván vysoký počet mikroorganismů). Za aseptických podmínek byl napipetován objem 0,1 ml vzorku z příslušného ředění na Petriho misku s pevnou půdou PCA (Plate Count Agar) a následně vložen do termostatu při teplotě  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  k inkubaci po dobu 72 hodin. Celkový počet mikroorganismů byl stanoven počítáním KTJ (kolonie tvořící jednotku).

Kvasinky a plísňe byly stanoveny pomocí počítání KTJ vyrostlých na pevné půdě SAB (Sabouraudova půda). Vzorky byly inkubovány při teplotě  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  po dobu 72 hodin. Počet aerobních sporulujících mikroorganismů byl stanoven pomocí počítání KTJ na pevné půdě

PCA, inkubace probíhala při teplotě 30 °C po dobu 48 hodin. Anaerobní sporující mikroorganismy byly počítány z KTJ vyrostlých na pevné půdě RCA (Reinforced Clostridium Agar). Vzorky byly inkubovány při teplotě 30 °C po dobu 72 hodin za anaerobních podmínek v termostatu se zvýšenou koncentrací CO<sub>2</sub>.

Kolonie tvořící jednotku se vypočítají ze vzorce:

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

V rovnici je násobeno číslem 10 z důvodu množství vzorku o objemu 0,1 ml a výsledek je přepočítán na 1 g.

## 5.5 Stanovení obsahu sušiny

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

Stanovení bylo provedeno vázkovou metodou po navážení vzorku, který byl smíchán s mořským pískem (3 g vzorku a 20 g mořského písku). Misky se vzorky byly vloženy do sušárny (VENTICELL, BMT) a sušeny při teplotě 102 ± 2 °C do konstantního úbytku hmotnosti (cca po dobu 5 hodin). Po vychlazení byly misky váženy na analytických vahách PLJ 1200-3A (výrobce Kern). Obsah sušiny byl pro každý vzorek stanovován 3krát [40].

Výpočet obsahu vody byl proveden dle vzorce:

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

w, obsah vody v % (w/w)

m<sub>1</sub>, hmotnost vysoušecí misky s křemenným pískem [g]

m<sub>2</sub>, hmotnost vysoušecí misky s křemenným pískem a vzorkem před sušením [g]

m<sub>3</sub>, hmotnost vysoušecí misky s křemenným pískem a vzorkem po vysušení [g]

Obsah sušiny byl vypočítán podle vzorce:

$$S = 100 - w$$

S, obsah sušiny v % (w/w)

w, obsah vody v % (w/w)

## 5.6 Stanovení pH

Hodnota pH je definována jako záporně vzatý dekadický logaritmus aktivity oxoniových kationtů. Obecně platí rovnice:  $pH = -\log(a_{H_3O^+})$ , kde a značí aktivitu iontů (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) [41].



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

## 5.7 Stanovení amoniaku

Při termosterilaci obecně dochází ke ztrátám aminokyselin, v důsledku čehož se zvyšuje obsah amoniaku ve sterilovaných tavených sýrech [6].

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

Vnější hrana Conwayovy nádoby byla potřena vrstvou vazelíny a vzorek byl homogenizován s vodou (5 g vzorku a 15 ml vody po dobu 3 minut) za použití homogenizátoru Stomacher. Poté byl homogenát odstředěn (6000 ot/min, po dobu 10 minut). Do vnitřní části nádoby byl napipetován 1 ml 1%  $H_3BO_3$  s 2 kapkami Conwayova indikátoru. Na jednu stranu vnějšího prostoru nádoby byl napipetován 1 ml nasyceného roztoku  $K_2CO_3$  a na opačnou stranu vnějšího prostoru nádoby byl napipetován 1 ml odstředěného homogenátu. Po naplnění byla nádobka rychle uzavřena a obsah opatrně promíchán tak, aby došlo ke smísení vzorku s roztokem  $K_2CO_3$ . Po 2 hodinách byl absorbovaný amoniak titrován 0,005M  $H_2SO_4$  do růžového zbarvení. Stanovení amoniaku bylo provedeno u všech vzorků 3krát [42].

Stanovení amoniaku bylo vypočteno dle vzorce:

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

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

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

$F_{H_2SO_4}$ , faktor  $H_2SO_4$

## 5.8 Stanovení tiobarbiturového čísla

Při oxidaci tuků způsobované buďto činností lipoxygenáz nebo při tzv. autooxidaci, se v iniciační fázi začínají vytvářet volné radikály, které pokračuje vytvářením hydroperoxidů a nových radikálů ve fázi propagační a končí rekombinací radikálů ve fázi terminační. V primární fázi vytvořené peroxidy a hydroperoxidy jsou sensoricky nepatrné a teprve při sekundární přeměně na další produkty dochází k významné změně organoleptických

vlastností, zejména pachu a chuti, tzv. žluknutí tuků. Nejvýznamnější je zejména tvorba 1,3-propandialu (malondialdehydu) při oxidaci tuků s pentadienovým uspořádáním dvojných vazeb [43].

Tiobarbiturovým číslem lze vyjádřit množství malondialdehydu vzniklého při oxidaci lipidů. V průběhu stanovení dochází k reakci malondialdehydu s kyselinou 2-tiobarbiturovou za vzniku barevného komplexu. Měření vzniklého barevného komplexu je provedeno při 532 nm (červený pigment) či 450 nm (žlutý pigment), dle zbarvení vzniklého produktu [44].

Pro stanovení tiobarbiturového čísla bylo do 50 ml zkumavky naváženo 5 g homogenizovaného vzorku a přidáno 15 ml kyseliny chloristé o koncentraci 3,86 % a 0,5 ml 4,2% etanolového roztoku butylhydroxytoluenu (BHT). Na slepý pokus číslo 1 (vliv zbarvení vzorku) bylo odměřeno do 50 ml zkumavky 5 ml destilované vody, 15 ml kyseliny chloristé o koncentraci 3,86 % a 0,5 ml 4,2% etanolového roztoku BHT. V dalším kroku byly vzorky promíchány na vortexu, protřepány po dobu 15 minut na třepačce a odstředěny při 6000 ot/min po dobu 10 minut. Ze zkumavky byl odebrán supernatant o objemu 4 ml, který byl napipetován spolu se 4 ml roztoku kyseliny tiobarbiturové o koncentraci 0,02 mol/l do skleněné zkumavky. Z každého vzorku byly připraveny 2 zkumavky. Dále byl připraven slepý pokus číslo 2 (vliv zbarvení kyseliny tiobarbiturové), pro který byly smíchány 4 ml vzorku s 4 ml destilované vody. Všechny zkumavky byly vařeny ve vodní lázni (100 °C) po dobu 45 min. Po zchlazení byly všechny vzorky spolu se slepými pokusy přefiltrovány přes stříkačkový filtr a na spektrofotometru UV-VIS (UV-1280, výrobce Shimadzu) byla při vlnové délce 450 nm (žluté zbarvení) proměřena absorbance všech vzorků i slepých pokusů. Tiobarbiturové číslo se udává v jednotkách absorbance při dané vlnové délce na 1 mg vzorku ( $A_{450}/\text{mg}$ ). Stanovení tiobarbiturového čísla bylo provedeno u všech vzorků 3krát.

Tiobarbiturové číslo bylo počítáno podle vzorce:

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

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

$A_{VZ}$ , absorbance vzorku

$A_{SP1}$ , absorbance slepého pokusu číslo 1

$A_{SP2}$ , absorbance slepého pokusu číslo 2

m, navážka vzorku [g]

## 5.9 Stanovení aktivity vody

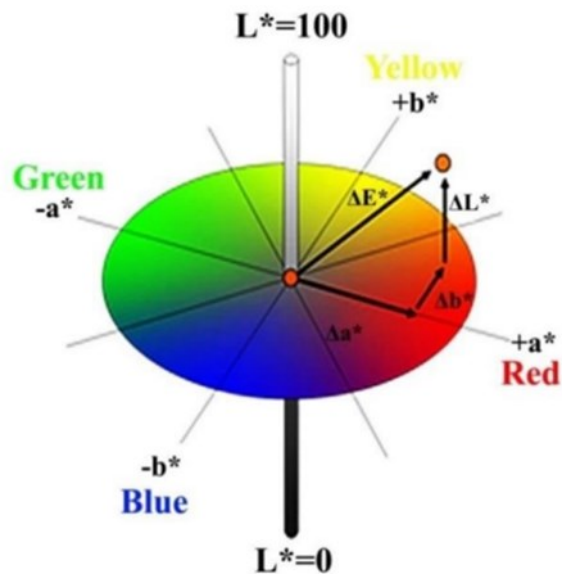
Aktivita vody je nepřímo úměrná osmotickému tlaku – čím vyšší je osmotický tlak, tím nižší je aktivita vody. Látky s nízkou aktivitou vody jsou nevhodné pro růst mikroorganismů [18]. Vodní aktivita ( $a_w$ ) byla naměřena laboratorním přístrojem pro měření vodní aktivity METER AquaLab 4TE (výrobce AquaLab, Decagon, USA). Každý vzorek byly měřen celkem 2krát, kdy před každým měřením musel být přístroj nakalibrován roztokem 0,920 Water activity -2,33 mol/kg of NaCl in H<sub>2</sub>O (Aqualab by DECAGON).

Měření probíhalo v plastových kulatých formách, do kterých se nanasla potřebná vrstva vzorku tak, aby uvnitř nebyly přítomny vzduchové bublinky. Poté byl vzorek vložen do přístroje a následovalo samotné měření.

## 5.10 Stanovení barvy

Pro instrumentální měření barvy vzorků byl využit spektrofotometr UltraScan PRO (výrobce HunterLab). Byla použita barevná škála CIE Lab ( $L^*a^*b^*$ ) s osvětlením D65 (průměrné denní světlo) a úhlem 10° v trojrozměrném prostoru CIE  $L^*a^*b^*$ . Před začátkem měření byla provedena kalibrace přístroje na černé ( $L^*=0$ ) a bílé ( $L^*=100$ ) pozadí. Na základě změny intenzity procházejícího paprsku byly získány hodnoty souřadnic. Každý vzorek byl proměřen 3krát.

Naměřená data byla vyhodnocena pomocí barevného prostoru CIE  $L^*a^*b^*$  (viz Obr. 13), kde je barva definována jako bod v trojrozměrném prostoru ve vztahu k souřadnicím. Souřadnice  $L^*$  je světlost barvy (jas) a nabývá hodnot od 0 (černá barva) do 100 (bílá barva),  $a^*$  vymezuje rozpětí barev od zelené ( $-a^*$ ) po červenou ( $+a^*$ ) a  $b^*$  vymezuje rozpětí barev od modré ( $-b^*$ ) po žlutou ( $+b^*$ ). Parametr  $L^*$  je umístěn ve vertikální rovině a parametry  $a^*$  a  $b^*$  v rovině horizontální [45, 46].



Obrázek 13 Trojrozměrný barevný prostor CIE  $L^*a^*b^*$  [46]

## 5.11 Texturní analýza

Texturní profilová analýza (TPA) je instrumentální metoda, která je využívána k hodnocení texturních vlastností potravin. Při zkoušce je vzorek vystavený dvěma krokům komprese simulujících žvýkání potravy v ústech. Pomocí TPA je získána závislost času a síly, kdy čas může být přepočítán na deformaci a může být určena např. tvrdost, křehkost, přilnavost, pružnost, žvýkatelnost, gumovitost, soudržnost [47, 48].

TPA byla provedena na texturometru Ta.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie) při 20 °C. V kompresním testu byly vzorky v původních obalech podrobeny dvojnásobné kompresi o 25 % původní výšky válcovou sondou o průměru 20 mm (rychlost sondy 1 mm/s, spouštěcí síla 5 g). Ze získané zátěžové křivky (vyjadřující sílu potřebnou k deformaci potravin za určitý čas) byla určena tvrdost, jako výška prvního píku.

Kromě TPA bylo provedeno stanovení roztíratelnosti. Vzorky byly dávkovány do spodní části (držáku) kónické sondy a následně byly podrobeny penetraci horní částí kónické sondy (rychlost sondy 1 mm/s, hloubka 2 mm) pod úhlem 45 °. Roztíratelnost byla ze zátěžové křivky odečtena jako plocha prvního píku. Jak TPA, tak i roztíratelnost byly stanoveny pro každý vzorek 3krát.

## 5.12 Reologická analýza

Reologická analýza je důležitou metodou, kterou lze identifikovat základní texturní a strukturální vlastnosti látek. Zkoumá deformaci a tok látek při napětí, které na ně působí v průběhu času. K základním mechanickým vlastnostem potravin se řadí viskozita a elasticita. Viskozitu určuje vnitřní tření a je závislé zejména na přitažlivých silách mezi částicemi a elasticita je popisována za pomoci kombinace vlastností viskózní tekutiny a elastické pevné látky. Princip analýzy spočívá v řízené deformaci vzorku, při které se zkoumá chování při toku látek [49].

Viskoelastické vlastnosti tavených sýrů byly měřeny na přístroji HAAKE RheoStress 1 (Thermo Scientific, Německo) v geometrii deska – deska (MCP 35 a P35 Ti L, průměr 35 mm, mezera 1 mm). Měření bylo prováděno při teplotě 20 °C a amplitudě smykového napětí 20 Pa. Před každým stanovením byl přístroj kalibrován. Na spodní neotáčivou desku byl nanesen vzorek v takovém množství, aby byla po spuštění horní měřicí otáčivé desky pokryta celá plocha, na které měření probíhá. Případné přebytky vzorku byly opatrně odebrány. Měřené hodnoty dat a času byly převedeny na hodnoty napětí a deformace, ze kterých lze vypočítat viskoelastické vlastnosti, jako elastický ( $G'$ ) a viskózní ( $G''$ ) modul pružnosti, nebo tangens fázového posunu. Reologická analýza byla provedena pro každý vzorek vždy 3krát [50].

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

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

$G^*$ , komplexní modul pružnosti [Pa]

$G'$ , elastický modul pružnosti [Pa]

$G''$ , viskózní modul pružnosti [Pa]

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

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

$G'$ , elastický modul pružnosti [Pa]

$G''$ , viskózní modul pružnosti [Pa]

Pokud je hodnota  $\tan \delta$  větší než 1, pak má vzorek viskózní charakter. Je-li hodnota  $\tan \delta$  menší jak 1, má vzorek elastický charakter [bz].

### 5.13 Senzorická analýza

Senzorická analýza byla provedena v senzorické laboratoři splňující požadavky ČSN EN ISO 8589 panelem 12 vybraných posuzovatelů (zaměstnanců Ústavu technologie potravin) vyškolených dle požadavků ČSN EN ISO 8586. Vzorky tavených sýrů byly podávány při teplotě 20 °C spolu s neutralizátorem (pitná voda a bílé pečivo). Pro hodnocení vzhledu a barvy, konzistence a chuti a vůně byly využity 7bodové hédonické stupnice (1 – vynikající, 4 – dobrý, 7 – nepřijatelný) a pro hodnocení tuhosti a cizích chutí a pachů pak 7bodové intenzitní stupnice (1 – nejméně intenzivní, 4 – středně intenzivní, 7 – nejvíce intenzivní) [52, 53].

## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 6.1 Mikrobiologická analýza

Všechny vzorky byly podrobeny mikrobiologické analýze, která zahrnovala stanovení celkového počtu mikroorganismů (CPM), počtu aerobních a anaerobních sporulujících mikroorganismů a počtu kvasinek a plísní. U vzorků sterilovaných byla navíc provedena termostátová zkouška, při které byly vzorky uloženy v termostatu při 37 °C po dobu jednoho týdne a následně byly uskutečněny výše uvedené mikrobiologické analýzy. Na základě získaných výsledků byla zhodnocena mikrobiologická jakost nesterilovaných vzorků a účinek sterilizačního záhřevu u vzorků sterilovaných.

U nesterilovaných vzorků tavených sýrů s příchutí rajče byl CPM stanoven na  $3 \cdot 10^2$  KTJ/g a počet aerobních sporulujících mikroorganismů na  $2 \cdot 10^3$  KTJ/g. Anaerobní sporulující mikroorganismy ani kvasinky a plísně nebyly ve vzorcích detekovány. Vyšší počet aerobních sporulujících mikroorganismů než CPM pravděpodobně souvisí s výskytem spor v ochucující složce, s největší pravděpodobností bazalce. Častým kontaminujícím mikroorganismem většiny koření jsou sporulující bakterie rodu *Bacillus*. Při skladování v lednici spory nevyklíčí, nepředstavují tudíž riziko pro spotřebitele [54].

U nesterilovaných vzorků s příchutí chřest byl CPM stanoven na  $2 \cdot 10^1$  KTJ/g. Sporulující aerobní i anaerobní mikroorganismy ani kvasinky a plísně ve vzorcích nebyly detekovány.

Ve sterilovaných vzorcích se u obou příchutí i sterilizačních režimů podle předpokladu nepodařilo detekovat žádný ze sledovaných mikroorganismů. Účinnost provedené sterilace byla ověřena i termostátovou zkouškou, která opět neprokázala přítomnost žádných sledovaných mikroorganismů. Lze tedy konstatovat že oba použité sterilizační režimy byly dostatečné pro zajištění praktické sterility vyrobených vzorků.

Obdobné výsledky mikrobiologické analýzy nesterilovaných a sterilovaných vzorků tavených sýrů byly zveřejněny například v práci věnující se sterilaci tavených sýrů při různých sterilizačních režimech (110/100, 115/32, 120/10 a 125/3,2 °C/min). Výsledky mikrobiologické analýzy nesterilovaných vzorků po měsíci skladování při teplotě  $6 \pm 2$  °C ukázaly na přítomnost CPM v množství  $3,7 \cdot 10^4$  KTJ/g, aerobních sporulujících mikroorganismů v množství  $2,3 \cdot 10^4$  KTJ/g, anaerobních mikroorganismů tvořících spory v množství  $1,9 \cdot 10^4$  KTJ/g a plísní nebo kvasinek v množství  $8,7 \cdot 10^3$  KTJ/g. Ve vzorcích

podrobených sterilaci nebyla přítomnost odhalena ani při termostátové zkoušce, což prokazovalo dostatečnost všech použitých sterilačních režimů [34].

## 6.2 Stanovení obsahu sušiny

Sušina byla stanovována gravimetrickou metodou a vyjádřena v % (w/w). Průměrné hodnoty jsou uvedeny v Tab. 5 a 6. Naměřené hodnoty se pohybovaly u tavených sýrů s příchutí rajče v rozmezí 37,0–37,9 % (w/w) a u tavených sýrů s příchutí chřest pak v rozmezí 37,0–38,0 % (w/w). Teoretický obsah sušiny vypočítaný ze surovinové skladby byl 37 % (w/w).

Tabulka 5 Výsledky stanovení pH a sušiny pro tavené sýry s příchutí rajče

	Skladování (měsíce)	Sterilační režim (teplota/výdrž)	Teplota skladování (°C)	Sušina (w/w %)	pH
Nesterilované	0	-		37,5 ± 0,2	5,6 ± 0,1
	1	-		37,9 ± 1,7	5,6 ± 0,1
Sterilované	0	120/15		37,2 ± 0,3	5,2 ± 0,2
		125/5		37,4 ± 0,4	5,4 ± 0,2
	1	120/15	6	37,0 ± 0,7	5,3 ± 0,2
			22	37,8 ± 0,7	5,2 ± 0,1
			40	37,5 ± 0,4	5,3 ± 0,2
		125/5	6	37,1 ± 0,3	5,3 ± 0,2
			22	37,6 ± 0,1	5,4 ± 0,1
			40	37,3 ± 0,9	5,4 ± 0,1

Tabulka 6 Výsledky stanovení pH a sušiny pro tavené sýry s příchutí chřest

	Skladování (měsíce)	Sterilační režim (teplota/výdrž)	Teplota skladování (°C)	Sušina (w/w %)	pH
Nesterilované	0	-		38,0 ± 0,3	5,7 ± 0,1
	1	-		37,8 ± 0,9	5,8 ± 0,1
Sterilované	0	120/15		37,4 ± 0,2	5,5 ± 0,2
		125/5		37,3 ± 1,4	5,4 ± 0,1
	1	120/15	6	37,0 ± 0,3	5,5 ± 0,1
			22	37,5 ± 0,3	5,4 ± 0,1
			40	37,2 ± 0,6	5,5 ± 0,1
		125/5	6	37,6 ± 0,6	5,4 ± 0,2
			22	37,4 ± 0,3	5,5 ± 0,1
			40	37,9 ± 1,1	5,4 ± 0,1



Nebyly pozorovány žádné významné rozdíly mezi jednotlivými vzorky, z čehož lze usuzovat, že sterilace ani skladování při různých teplotách nemá na obsah sušiny vliv, což potvrdily i předchozí výzkumy. Vzhledem k použitému balení vzorků (hermeticky uzavřené konzervy) nebyly změny sušiny očekávány. Podobný obsah sušiny umožnil vzájemné srovnání všech analyzovaných vzorků [31, 34, 55].

### 6.3 Stanovení pH

Průměrné hodnoty pH jednotlivých vzorků jsou uvedeny v Tab. 5 (pro vzorky s příchutí rajče) a 6 (pro vzorky s příchutí chřest). Naměřená hodnota pH vzorků tavených sýrů se pohybovala v rozmezí hodnot 5,2–5,6 u příchuti rajče a 5,3–5,8 u příchuti chřest. Naměřené hodnoty pH nesterilovaných vzorků po výrobě byly u obou příchutí téměř totožné (5,6 pro příchut' rajče a 5,7 pro příchut' chřest) a k významné změně nedošlo ani v průběhu měsíčního skladování (+0,0 pro příchut' rajče a +0,1 pro příchut' chřest).

K mírným změnám podle očekávání došlo u vzorků sterilovaných. U sterilizačního režimu 120/15 došlo k poklesu hodnot pH o 0,4 u příchuti rajče a 0,2 u příchuti chřest a u sterilizačního režimu 125/5 došlo k poklesu o 0,2 u příchuti rajče a 0,3 u příchuti chřest. Z naměřených hodnot po měsíčním skladování při různých teplotách nelze vypozařovat žádnou významnou změnu pH. Pokles pH v důsledku termosterilace o 0,1–0,2 dokazují již jiné výzkumy a pravděpodobně je způsoben hydrolýzou použitých polyfosforečnanových solí, u nichž se se snižujícím počtem monomerů v polyfosforečnanovém řetězci zvyšuje puřační schopnost [6, 34].

### 6.4 Stanovení amoniaku

Průměrné hodnoty volného amoniaku ( $\text{NH}_3$ ) jednotlivých vzorků jsou uvedeny v Tab. 7 (pro vzorky s příchutí rajče) a 8 (pro vzorky s příchutí chřest). Naměřené hodnoty  $\text{NH}_3$  vzorků tavených sýrů se pohybovaly v rozmezí hodnot 43,1–96,4  $\text{mg/kg}^{-1}$  u příchuti rajče a 29,5–81,4  $\text{mg/kg}^{-1}$  u příchuti chřest.

Nejnižší hodnoty  $\text{NH}_3$  byly naměřeny u vzorků, které nebyly podrobeny sterilaci. Vyšší naměřené hodnoty po výrobě u příchuti rajče byly zřejmě způsobeny použitou ochucující složkou. V závislosti na použitém sterilizačním režimu se u příchuti rajče obsah  $\text{NH}_3$  zvýšil o 79 % při použití sterilizačního režimu 120/15 a o 46 % při použití sterilizačního režimu 125/5. U příchuti chřest byl nárůst o 115 % při použití sterilizačního režimu 120/15 a o 92 % při použití sterilizačního režimu 125/5. I přes vyšší procentuální nárůst u příchuti chřest byl

celkový obsah  $\text{NH}_3$  nižší než u příchuti rajče. Z výsledků vyplývá, že při použití šetrnějšího sterilizačního režimu (tj. 125/5) sice došlo ke zvýšení koncentrace  $\text{NH}_3$ , ale méně výrazně, než v případě sterilizačního režimu 120/15.

Tabulka 7 Výsledky stanovení  $\text{NH}_3$  a TČ pro tavené sýry s příchutí rajče

	Skladování (měsíce)	Sterilační režim (teplota/výdrž)	Teplota skladování (°C)	$\text{NH}_3$ (mg/kg <sup>-1</sup> )	TČ (A <sub>450</sub> /mg)
Nesterilovaný	0	-		43,1 ± 2,1	51,8 ± 2,4
	1	-		48,6 ± 2,4	55,3 ± 2,3
Sterilovaný	0	120/15		77,1 ± 3,8	80,7 ± 3,9
		125/5		62,8 ± 0,9	71,5 ± 1,4
	1	120/15	6	79,0 ± 3,2	79,2 ± 0,3
			22	88,1 ± 1,8	92,3 ± 1,1
			40	96,4 ± 3,9	106,9 ± 2,6
	1	125/5	6	63,5 ± 3,1	70,8 ± 3,4
			22	72,4 ± 1,1	82,4 ± 2,3
			40	81,2 ± 0,8	93,7 ± 2,4

Tabulka 8 Výsledky stanovení  $\text{NH}_3$  a TČ pro tavené sýry s příchutí chřest

	Skladování (měsíce)	Sterilační režim (teplota/výdrž)	Teplota skladování (°C)	$\text{NH}_3$ (mg/kg)	TČ (A <sub>450</sub> /mg)
Nesterilovaný	0	-		29,5 ± 1,4	32,4 ± 1,3
	1	-		34,0 ± 0,7	35,1 ± 1,5
Sterilovaný	0	120/15		63,5 ± 3,1	64,6 ± 0,2
		125/5		56,7 ± 1,8	58,2 ± 2,8
	1	120/15	6	61,2 ± 2,8	63,8 ± 3,1
			22	72,2 ± 3,6	70,3 ± 1,3
			40	81,4 ± 3,4	82,7 ± 0,7
	1	125/5	6	52,1 ± 2,1	59,1 ± 0,3
			22	61,0 ± 1,5	65,2 ± 1,4
			40	69,8 ± 1,9	73,6 ± 2,5

V článku, jenž popisuje použití různých sterilizačních režimů (110/100, 115/32, 120/10 a 125/3,2 °C/min) při sterilaci tavených sýrů s přidávkem laktózy (0,0–2,0 % w/w), byl jedním ze sledovaných parametrů obsah  $\text{NH}_3$ . Produkty ošetřené všemi sterilizačními režimy odhalily statisticky významný nárůst obsahu  $\text{NH}_3$  ve srovnání s vzorky nesterilovanými. Snížení teploty a prodloužení doby sterilace způsobilo významné zvýšení  $\text{NH}_3$ . Rozdíly v množství  $\text{NH}_3$  nebyly významné pouze u produktů ošetřených sterilizačními režimy 120/10 a 125/3,2. Nárůst obsahu  $\text{NH}_3$  obecně odpovídá snížení množství lyzinu a důvod lze najít

v KMR, nebo např. Streckerově degradaci aminokyselin. Vliv koncentrace laktózy na nárůst  $\text{NH}_3$  nebyl popisován [31].

Další nárůst  $\text{NH}_3$  byl sledován po měsíci skladování, přičemž teplota měla zásadní vliv. Nejvyšší nárůst byl zaznamenán u vzorků skladovaných při teplotě 40 °C. Rozdíl v přírůstku  $\text{NH}_3$  po měsíci skladování mezi skladovacími teplotami 6 °C a 40 °C se pohyboval v rozmezí 17,4–20,2 mg/kg<sup>-1</sup> a byl srovnatelný u obou příchutí i použitých sterilačních režimů.

Obdobné výsledky byly popsány i autory věnujícími se dlouhodobému skladování sterilovaných tavených sýrů. Byl hodnocen vliv teplot (6, 23 a 40 °C) na kvalitu sterilovaných tavených sýrů během 24měsíčního skladování. Při srovnání nárůstu  $\text{NH}_3$  bylo zvýšení koncentrace pozorováno s rostoucí teplotou skladování u všech vzorků. Růst hladiny  $\text{NH}_3$  o tři čtvrtiny po dvou letech byl zaznamenán u vzorků skladovaných při 40 °C, ve srovnání s vzorky skladovanými při teplotě 6 °C [55].

Naměřené hodnoty  $\text{NH}_3$  byly v souladu s výsledky jiných autorů věnujících se termosterilaci a skladování tavených sýrů. Obecně platí, že v důsledku sterilace a při následném skladování dochází ke KMR, hlavně pak ke Streckerově degradaci aminokyselin, která vede mimo jiné k produkci  $\text{NH}_3$  [27, 34].

## 6.5 Stanovení tiobarbiturového čísla

Nejvýznamnějším produktem peroxidace lipidů polynenasycených mastných kyselin je malondialdehyd, který je stanovován v jednom z nejpoužívanějších testů, při kterém je využíváno reakcí s reaktivními látkami kyseliny tiobarbiturové (TČ) [56].

Průměrné hodnoty TČ jednotlivých vzorků jsou uvedeny v Tab. 7 (pro vzorky s příchutí rajče) a 8 (pro vzorky s příchutí chřest). Naměřené hodnoty TČ vzorků tavených sýrů se pohybovaly v rozmezí 51,8–106,9 A<sub>450</sub>/mg u příchuti rajče a 32,4–82,7 A<sub>450</sub>/mg u příchuti chřest. Nejnižší hodnoty (a tedy nejmenší úroveň oxidace lipidů) byly naměřeny u nesterilovaných vzorků po výrobě, přičemž úplně nejnižší hodnotu vykazoval vzorek s příchutí chřest. U vzorků sterilovaných již došlo k nárůstu TČ. Ze srovnávání použitých sterilačních režimů vychází u obou příchutí lépe sterilační režim 125/5. Podobně jako v případě amoniaku se tento režim jeví jako šetrnější a míra oxidace lipidů je menší než u režimu 120/15. U příchuti rajče došlo k navýšení TČ v důsledku sterilace o 55 % při použití sterilačního režimu 120/15 a o 38 % při použití sterilačního režimu 125/5. U příchuti chřest

došlo k ještě významnějšímu zvýšení TČ v důsledku sterilace, a to o 100 % při použití sterilizačního režimu 120/15 a o 79 % při použití sterilizačního režimu 125/5.

Z hodnot v Tab. 7 a 8 lze vyčíst, že u nesterilovaných vzorků v průběhu měsíčního skladování ve srovnání s vzorky sterilovanými došlo jen k mírnému nárůstu TČ. Rovněž lze vysledovat vliv skladovací teploty na hodnoty TČ, kdy po měsíčním skladování při teplotě 6 °C ke změnám prakticky nedocházelo a u obou příchutí i sterilizačních režimů byla naměřena změna do  $\pm 2$  %. Výraznější trend se dal vyzorovat u skladovací teploty 22 °C, kde došlo k navýšení v rozmezí 9–15 %. Nejvýraznější zvýšení lze pozorovat u skladovací teploty 40 °C, kde nárůst TČ nabýval hodnot 27–33 %.

Naměřené hodnoty korespondují s výsledky popisovanými v práci zabývající se vlivem světla a teploty na oxidační stabilitu tavených sýrů. Zde bylo popsáno, že pasterovaný tavený smetanový sýr skladovaný po dobu jednoho roku podléhá různým typům chemických změn v závislosti na teplotě skladování a vystavení světlu. Skladování při teplotě 37 °C vyvolalo reakce zhnědnutí, které jsou evidentní jako změny barvy vyvíjející se lineárně s časem. Zhnědnutí bylo méně významné při teplotě okolí (20 °C) a chybělo při teplotě 5 °C. Intenzita světla, které byly vzorky vystaveny (2000 lx) měla na zhnědnutí pouze malý vliv. Vystavení světlu vyvolávalo tvorbu lipidových peroxidů, které byly stabilní při teplotě 5 °C, ale už ne při vyšších teplotách [57].

## 6.6 Stanovení aktivity vody

Aktivita vody se u nesterilovaných vzorků pohybovala u příchuti rajče v rozmezí 0,9846–0,9890 a u příchuti chřest v rozmezí 0,9881–0,9921. V případě sterilovaných vzorků byla zjištěna aktivita vody 0,9815–0,9911 (rajče) a 0,9908–0,9965 (chřest). Vliv použitého sterilizačního režimu, ani teploty skladování nebyl pozorován, výsledky se pro všechny vzorky lišily pouze nepatrně.

Vliv vodní aktivity (popisovaný v kapitole 2.2.2) má významný vliv na růst mikroorganismů. Naměřené hodnoty vodní aktivity popisované výše korespondují s počty mikroorganismů (popisované v kapitole 6.1) u nesterilovaných vzorků tavených sýrů stanovených při mikrobiologické analýze. Pro zachování mikrobiologické bezpečnosti výrobků skladovaných při teplotách vyšších než chladírenských, je potřeba tyto výrobky ošetřit sterilací.

## 6.7 Stanovení barvy

Maskování tmavší barvy jako důsledku termosterilace byl jeden z cílů této diplomové práce. Barvu tavených sýrů určuje základní surovina pro výrobu přírodních sýrů – mléko, zejména pak mléčný tuk a přirozeně obsažená barviva retinol a karotenoidy. V důsledku sterilace může docházet ke změně barvy v KMR, při vzniku hnědých pigmentů (melanoidinů). Výsledná barva je závislá na použitých surovinách a zvoleném sterilačním režimu [58].

Průměrné hodnoty tří základních parametrů ( $L^*$ ,  $a^*$  a  $b^*$ ) jednotlivých vzorků jsou uvedeny v Tab. 9 (pro vzorky s příchutí rajče) a 10 (pro vzorky s příchutí chřest). Naměřené hodnoty vzorků tavených sýrů se pohybovaly pro parametr  $L^*$  v rozmezí 51,9–77,7, pro parametr  $a^*$  v rozmezí 9,4–16,8 a pro parametr  $b^*$  v rozmezí 22,9–55,2 u příchuti rajče. U příchuti chřest se naměřené hodnoty pohybovaly v rozmezí 62,0–86,0 (parametr  $L^*$ ), 0,1–8,5 (parametr  $a^*$ ) a 13,2–35,3 (parametr  $b^*$ ).

Tabulka 9 Výsledky stanovení hodnot  $L^*$ ,  $a^*$  a  $b^*$  pro tavené sýry s příchutí rajče

	Skladování (měsíce)	Sterilační režim (teplota/výdrž)	Teplota skladování (°C)	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Nesterilovaný	0	-		77,7 ± 0,9	9,4 ± 0,1	22,9 ± 0,3
	1	-		75,0 ± 0,5	10,2 ± 0,5	29,7 ± 0,9
Sterilovaný	0	120/15		66,5 ± 0,3	13,5 ± 0,2	30,6 ± 0,1
		125/5		68,4 ± 0,4	12,4 ± 0,4	28,4 ± 0,2
	1	120/15	6	64,2 ± 0,8	16,1 ± 0,4	41,5 ± 0,6
			22	62,1 ± 0,6	16,8 ± 0,6	41,7 ± 1,5
			40	51,9 ± 0,7	16,4 ± 0,1	55,2 ± 0,3
		125/5	6	66,6 ± 0,5	14,6 ± 0,8	40,1 ± 0,8
			22	64,0 ± 0,7	14,5 ± 0,7	40,2 ± 1,8
			40	61,9 ± 1,4	14,9 ± 0,1	53,6 ± 1,5

Souřadnice  $L^*$  vyjadřuje světlost barvy (jas) a nabývá hodnot od 0 (černá barva) do 100 (bílá barva). Naměřené hodnoty se výrazně liší u použitých příchutí, sterilačních režimů i skladovacích teplot. V důsledku sterilace došlo k poklesu jasu u všech vzorků, což znamená změny barvy směrem k tmavším odstínům, mírnější změny lze pozorovat u sterilačního režimu 125/5. Tmavnutí vzorků vlivem sterilace je patrné na Obr. 11 a 12 (viz kapitola 5.3). Nejtmavší barvy dosáhl sterilovaný vzorek s příchutí rajče ve sterilačním režimu 120/15 ( $L^*=66,5$ ) a nejsvětlejší byl vzorek s příchutí chřest ve sterilačním režimu 125/5 ( $L^*=74,8$ ). K dalšímu tmavnutí docházelo i v průběhu skladování, přičemž nejmenší změny vykazovaly

vzorky skladované při teplotě 6 °C, u nichž došlo po měsíci skladování ke snížení hodnot  $L^*$  v rozmezí 1,8–2,7 u příchuti rajče a 2,5–3,8 u příchuti chřest. Obdobné výsledky vykazovaly vzorky sterilované i nesterilované. U vzorků skladovaných při teplotě 22 °C došlo k poklesu hodnoty  $L^*$  o 4,4 u příchuti rajče a 5,3–5,6 u příchuti chřest. Oba sterilační režimy byly srovnatelné. Vzorky skladované při teplotě 40 °C vykazovaly podle očekávání nejvýraznější pokles jasu. U vzorků s příchutí rajče byl již patrný rozdíl i u jednotlivých sterilačních režimů. Šetrnějším se ukázal sterilační režim 125/15, u nějž došlo k poklesu  $L^*$  v průběhu měsíčního skladování o 6,5 ve srovnání s druhým sterilačním režimem, kde byl naměřen pokles  $L^*$  o 14,6. U příchuti chřest byl pokles  $L^*$  v rozmezí 9,5–10,6 a nebyl zde pozorován významný rozdíl mezi jednotlivými sterilačními režimy.

Tabulka 10 Výsledky stanovení hodnoty  $L^*$ ,  $a^*$  a  $b^*$  pro tavené sýry s příchutí chřest

	Skladování (měsíce)	Sterilační režim (teplota/výdrž)	Teplota skladování (°C)	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Nesterilovaný	0	-		86,0 ± 1,0	0,1 ± 0,1	13,2 ± 0,3
	1	-		82,2 ± 0,1	0,5 ± 0,1	16,8 ± 0,2
Sterilovaný	0	120/15		72,6 ± 0,4	7,5 ± 0,1	27,6 ± 0,3
		125/5		74,8 ± 0,3	7,1 ± 0,3	25,2 ± 0,2
	1	120/15	6	70,1 ± 1,3	8,3 ± 0,4	32,7 ± 0,8
			22	67,3 ± 0,3	8,4 ± 0,2	33,1 ± 0,2
			40	62,0 ± 0,8	8,5 ± 0,3	35,3 ± 0,7
		125/5	6	71,9 ± 1,0	7,9 ± 0,3	30,3 ± 1,2
			22	69,2 ± 1,8	8,0 ± 0,4	30,9 ± 0,3
			40	65,3 ± 0,8	8,2 ± 0,3	32,8 ± 0,3

Hodnota  $a^*$  vyjadřuje rozpětí barev od zelené ( $-a^*$ ) po červenou ( $+a^*$ ) a  $b^*$  vymezuje rozpětí barev od modré ( $-b^*$ ) po žlutou ( $+b^*$ ). U vzorků podrobených sterilaci a skladování byl očekáván růst hodnot  $a^*$  i  $b^*$  v souvislosti s probíhajícím KMR. Další barevné změny vzorků byly očekávány s rostoucí teplotou skladování. Ke zvýšení hodnoty  $a^*$  (zčervenání) došlo v průběhu sterilace více u vzorků s příchutí chřest, a to z hodnoty 0,1 na 7,5 u sterilačního režimu 120/15 a na 7,1 u sterilačního režimu 125/5. U příchuti rajče došlo jen k asi polovičnímu zvýšení parametru  $a^*$ , a to z hodnoty 9,4 na hodnotu 13,5 u sterilačního režimu 120/15 a 12,4 u sterilačního režimu 125/5. Menší změna u vzorků s příchutí rajče je dána ochucující složkou, kterou se částečně podařilo zamaskovat změnu barvy v důsledku sterilačního záhřevu.

Ztmavnutí vzorku v důsledku sterilace je popisováno autory v práci věnující se účinkům sterilace na jakost tavených sýrů při různých kombinacích teploty a času (110/100, 115/32, 120/10 a 125/3,2 °C/min). Intenzivnější změny bylo dosaženo u sterilačních režimů kombinujících nižší teploty a delší čas [31].

V průběhu měsíčního skladování došlo k nárůstu hodnoty  $a^*$  u vzorků s příchutí rajče v rozmezí 2,1–3,3 a u vzorků s příchutí chřest v rozmezí 0,8–1,1. Významný rozdíl v navýšení tohoto parametru nebyl pozorován ani mezi sterilačními režimy, ani mezi teplotami skladování. Změny barvy u vzorků s příchutí rajče byly ve srovnání s příchutí chřest intenzivnější.

U hodnoty  $b^*$  došlo ke zvýšení (zežloutnutí) v důsledku sterilace u vzorků s příchutí rajče o hodnotu 7,7 u sterilačního režimu 120/15 a o hodnotu 5,5 u sterilačního režimu 125/5. U příchuti chřest došlo ke zvýšení o 14,4 u sterilačního režimu 120/15 a 12,0 u sterilačního režimu 125/5. Menší změna u vzorků s příchutí rajče je dána ochucující složkou a tmavší barvou vzorku již před sterilací. Ke stejným závěrům došli i autoři v práci věnující se sterilaci tavených sýrů, ve kterých uvádějí významné změny hodnot na ose  $a^*$  směrem k červené barvě, a na ose  $b^*$  směrem ke žluté barvě v důsledku sterilace vzorků tavených sýrů [26].

Ke zvýšení hodnoty  $b^*$  v průběhu měsíčního skladování při teplotě 6 °C docházelo 2x více u sterilovaných i nesterilovaných vzorků s příchutí rajče než u vzorků s příchutí chřest. Rozdíl po výrobě a po měsíci skladování byl u příchuti rajče 6,8–11,7 ve srovnání se stejnými vzorky s příchutí chřest u nichž byl nárůst 3,6–5,1. S vyšší teplotou skladování dále rostly i hodnoty  $b^*$ . U vzorků s příchutí rajče při teplotě 22 °C o 11,1–11,8 a o 24,6–25,2 při teplotě skladování 40 °C. U vzorků s příchutí chřest byl nárůst při teplotě 22 °C o 5,5–5,7 a o 7,6–7,7 při teplotě skladování 40 °C. Při zvýšení hodnoty  $b^*$  po měsíčním skladování nebyl patrný vliv použitého sterilačního režimu, zato byl patrný vliv zvyšující se teploty skladování, zejména u vzorků s příchutí rajče, u kterého došlo při teplotě skladování 40 °C během jednoho měsíce k třikrát vyššímu nárůstu než u vzorků s příchutí chřest.

Změny barvy v průběhu skladování jsou popsány v článku s názvem vliv skladovací teploty a doby na konzistenci na barvu sterilovaného taveného sýra. Byl hodnocen vliv sterilace (117 °C po dobu 20 min) na barvu a konzistenci tavených sýrů. Sterilace vedla k tmavšímu odstínu a během skladování (24 měsíců) se jeho intenzita v závislosti na testované teplotě (8 a 23 °C) zvětšovala. Změna barvy sterilovaných tavených sýrů byla výraznější při vyšší

skladovací teplotě (23 °C) ve srovnání s výrobky uchovávanými při teplotě chladírenské (8 °C) [59].

## 6.8 Texturní analýza

Texturní analýza zahrnovala jednak texturní profilovou analýzu, ze které byly získány hodnoty tvrdosti, a jednak stanovení roztíratelnosti. Tvrdost vzorku vyjadřuje maximální sílu dosaženou během prvního stlačovacího cyklu a simuluje žvýkání mezi stoličkami. Průměrná naměřená tvrdost je uvedena v Tab. 11 (pro vzorky s příchutí rajče) a 12 (pro vzorky s příchutí chřest). U vzorků s příchutí rajče se průměrná tvrdost pohybovala v rozmezí 0,21–1,52 N a u vzorků s příchutí chřest v rozmezí 0,17–1,41 N. Počáteční tvrdost u nesterilovaného vzorku s příchutí rajče klesla v důsledku sterilace z 0,87 N na 0,38 N při použití sterilizačního režimu 120/15 a na 0,21 N při použití sterilizačního režimu 125/5. U vzorků s příchutí chřest se počáteční tvrdost v důsledku sterilace snížila z 0,62 N na 0,26 N při použití sterilizačního režimu 120/15 a na 0,17 N při použití sterilizačního režimu 125/5.

Naopak ke zvýšení tvrdosti docházelo v průběhu měsíčního skladování a byl zde patrný trend nárůstu tvrdosti se zvyšující se teplotou skladování. U sterilizačního režimu 120/15 se hodnota zvýšila zhruba 3násobně proti hodnotě po výrobě u skladovací teploty 6 °C a 4násobně u skladovací teploty 40 °C. U sterilizačního režimu 125/15 byl nárůst zhruba 5násobný proti hodnotě po výrobě při skladovací teplotě 6 °C a téměř 7násobný u teploty 40 °C. Pokud srovnáme jednotlivé sterilizační režimy, vychází režim 125/5 co se týče hodnot tvrdosti po skladování šetrněji, než režim 120/15. Obdobný vývoj byl pozorován i u vzorků tavených sýrů s příchutí chřest.

Zvyšování pevnosti vzorků v průběhu skladování bylo popsáno v práci s názvem vliv skladovací teploty a doby na konzistenci na barvu sterilovaného taveného sýra. Autoři zde popisují, že během 2letého období skladování se změnila konzistence sterilovaných tavených sýrů. Pevnost produktů skladovaných při 8 °C se během skladování postupně zvyšovala a při teplotě 23 °C byl zpočátku nárůst výraznější, ale ve druhém roce skladování došlo ke snížení pevnosti a tavené sýry skladované při teplotě 23 °C se staly méně pevnými než výrobky uchovávané při teplotě 8 °C [59].

U hodnot roztíratelnosti lze pozorovat opačný trend než u tvrdosti, kdy nejtvrďší vzorky jsou roztíratelné nejhůře a naopak. V literatuře je popisována změna roztíratelnosti v důsledku zvyšující se elasticity následkem sterilace a následného skladování [26, 59].



Tabulka 11 Výsledky stanovení tvrdosti a roztíratelnosti pro tavené sýry s příchutí rajče

	Skladování (měsíce)	Sterilační režim (teplota/výdrž)	Teplota skladování (°C)	Tvrdost (N)	Roztíratelnost (N·s <sup>-1</sup> )
Nesterilovaný	0	-		0,87 ± 0,03	0,06 ± 0,002
	1	-		0,45 ± 0,02	0,22 ± 0,007
Sterilovaný	0	120/15		0,38 ± 0,01	0,20 ± 0,009
		125/5		0,21 ± 0,01	0,31 ± 0,014
	1	120/15	6	1,20 ± 0,05	0,26 ± 0,003
			22	1,37 ± 0,04	0,12 ± 0,004
			40	1,52 ± 0,07	0,04 ± 0,002
		125/5	6	1,01 ± 0,01	0,35 ± 0,014
			22	1,21 ± 0,03	0,22 ± 0,008
			40	1,40 ± 0,04	0,11 ± 0,005

Tabulka 12 Výsledky stanovení tvrdosti a roztíratelnosti pro tavené sýry s příchutí chřest

	Skladování (měsíce)	Sterilační režim (teplota/výdrž)	Teplota skladování (°C)	Tvrdost (N)	Roztíratelnost (N·s <sup>-1</sup> )
Nesterilovaný	0	-		0,62 ± 0,02	0,08 ± 0,002
	1	-		0,36 ± 0,01	0,25 ± 0,009
Sterilovaný	0	120/15		0,26 ± 0,01	0,21 ± 0,010
		125/5		0,17 ± 0,01	0,35 ± 0,013
	1	120/15	6	1,08 ± 0,02	0,29 ± 0,011
			22	1,22 ± 0,04	0,18 ± 0,008
			40	1,41 ± 0,03	0,07 ± 0,002
		125/5	6	0,80 ± 0,01	0,40 ± 0,016
			22	0,99 ± 0,02	0,26 ± 0,013
			40	1,21 ± 0,04	0,19 ± 0,004

Zvyšování tvrdosti tavených sýrů v důsledku sterilace, popisované v literárních zdrojích je v rozporu s naměřenými hodnotami námi vyrobených vzorků, kde byl po sterilaci naopak zaznamenán pokles tvrdosti. Tento jev může být způsoben použitím ochucujících přísad, či jiným způsobem výroby. Při skladování se vzorky chovaly podle očekávání a v souladu s výsledky jiných autorů [26,59].

## 6.9 Reologická analýza

Z naměřených hodnot  $G'$  a  $G''$  (které v této práci nejsou publikovány) byl vypočítán komplexní modul pružnosti  $G^*$ , vyjadřující celkový odpor vzorku proti deformaci. Průměrné hodnoty  $G^*$  jednotlivých vzorků vypočítané při referenční frekvenci 1 Hz jsou uvedeny v Tab. 13 (pro vzorky s příchutí rajče) a 14 (pro vzorky s příchutí chřest). Vypočítané

hodnoty  $G^*$  vzorků tavených sýrů se pohybovaly v rozmezí hodnot 1179–5121 Pa u příchuti rajče a 1008–4063 Pa u příchuti chřest. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny u nesterilovaných vzorků po výrobě, což znamená, že tyto vzorky byly nejtěžší, a nejnižší hodnoty byly pozorovány u vzorků po sterilaci při použití sterilačního režimu 125/5, které tedy byly nejměkčí.

Tabulka 13 Výsledky stanovení  $G^*$  a  $\tan \delta$  pro tavené sýry s příchutí rajče

	Skladování (měsíce)	Sterilační režim (teplota/výdrž)	Teplota skladování (°C)	$G^*$ (Pa)	$\tan \delta$
Nesterilovaný	0	-		5121 ± 148	0,519 ± 0,02
	1	-		1390 ± 66	0,706 ± 0,03
Sterilovaný	0	120/15		1658 ± 81	0,692 ± 0,01
		125/5		1179 ± 34	0,784 ± 0,03
	1	120/15	6	1292 ± 53	0,723 ± 0,02
			22	1543 ± 72	0,503 ± 0,01
			40	2405 ± 114	0,450 ± 0,02
		125/5	6	1032 ± 39	0,794 ± 0,03
			22	1217 ± 51	0,618 ± 0,02
			40	1581 ± 74	0,492 ± 0,01

Tabulka 14 Výsledky stanovení  $G^*$  a  $\tan \delta$  pro tavené sýry s příchutí chřest

	Skladování (měsíce)	Sterilační režim (teplota/výdrž)	Teplota skladování (°C)	$G^*$ (Pa)	$\tan \delta$
Nesterilovaný	0	-		4063 ± 96	0,637 ± 0,03
	1	-		1081 ± 54	0,867 ± 0,04
Sterilovaný	0	120/15		1319 ± 47	0,821 ± 0,02
		125/5		1008 ± 33	0,913 ± 0,04
	1	120/15	6	1025 ± 17	0,894 ± 0,03
			22	1236 ± 58	0,702 ± 0,03
			40	1482 ± 61	0,540 ± 0,01
		125/5	6	1100 ± 47	0,916 ± 0,02
			22	1311 ± 62	0,713 ± 0,02
			40	1604 ± 55	0,515 ± 0,01

U vzorků s příchutí rajče je jasně patrný nárůst v průběhu měsíčního skladování, zejména u skladovací teploty 40 °C a sterilačního režimu 120/15. U vzorků s příchutí chřest je nárůst srovnatelný u obou sterilačních režimů. Získané výsledky korespondují se získanými výsledky tvrdosti (viz kapitola 6.7) a lze tedy konstatovat, že vlivem sterilace došlo

k měknutí vzorků, a naopak s rostoucí skladovací teplotou docházelo k tuhnutí sterilovaných tavených sýrů.

Z naměřených hodnot  $G'$  a  $G''$  byl dále vypočítán  $\tan \delta$ , vyjadřující míru tuhosti gelu. Je-li hodnota  $\tan \delta$  větší než 1, pak má vzorek viskózní charakter a pokud je hodnota  $\tan \delta$  menší jak 1, má vzorek elastický charakter. Vypočítané hodnoty  $\tan \delta$  vzorků tavených sýrů se pohybovaly v rozmezí hodnot 0,450–0,794 u příchuti rajče (viz Tab. 13) a 0,515–0,916 u příchuti chřest (viz Tab. 14). Všechny naměřené hodnoty byly menší než 1, a lze tedy vyslovit závěr, že vzorky vykazovaly spíše elastický charakter. S klesajícím komplexním modulem pružnosti hodnota fázového posunu rostla.

Zvyšující se pevnost vzorku  $G^*$  jako následek sterilace je popsán v článku věnujícím se sterilovaným taveným sýrům. Autoři zde zkoumali vliv sterilačního režimu 120 °C/40 min. u vzorků tavených sýrů s různým obsahem sušiny a tuku v sušině. Bylo zde popsáno zvyšování pevnosti sterilovaných vzorků, což je v rozporu s našimi závěry, kdy pevnost se po sterilaci snižovala. Jak již bylo popsáno u texturní analýzy, mohlo být toto snížení pevnosti následkem použití ochucujících složek, či odlišného postupu výroby [26].

## 6.10 Senzorická analýza

Hodnocení organoleptických vlastností zahrnovalo hodnocení vzhledu a barvy, konzistence, tuhosti, chuti a vůně a cizích chutí a pachů. Výsledky sensorické analýzy vzhledu a barvy, konzistence a tuhosti jsou uvedeny v Tab. 15 (pro vzorky s příchutí rajče) a 17 (pro vzorky s příchutí chřest) a výsledky stanovení chuti a vůně a cizích chutí a pachů pak v Tab. 16 (pro vzorky s příchutí rajče) a 18 (pro vzorky s příchutí chřest). Výsledky jsou prezentovány jako mediány. Nesterilované vzorky (bez ohledu na příchut') byly hodnoceny jako vynikající v parametrech vzhled a barva, konzistence i chuť a vůně. Tuhost u nich byla hodnocena jako střední (optimální) a intenzita cizích chutí a pachů byla zanedbatelná.

U sterilovaných vzorků již byly mezi oběma příchutěmi pozorovány rozdíly. V případě sterilovaných tavených sýrů s příchutí rajče došlo vlivem obou sterilačních režimů ke zhoršení vzhledu a barvy a chuti a vůně na velmi dobré a konzistence na výbornou. S rostoucí teplotou skladování (23 a 40 °C) pak docházelo k dalšímu zhoršení těchto parametrů, přičemž vzorky skladované měsíc v termostatu byly hodnoceny jako nedobré. Se zhoršující se chutí a vůní koresponduje rostoucí intenzita cizích chutí a pachů. Intenzita tuhosti sterilovaných tavených sýrů s příchutí rajče se vlivem sterilace snížila a následkem vyšší skladovací teploty pak opět rostla na optimum. V případě sterilovaných tavených sýrů

s příchutí chřest byl pozorován podobný trend vývoje organoleptických vlastností jako byl popsán u příchutí rajče. Parametry vzhled a barva a chuť a vůně byly ovšem u této příchuti hodnoceny hůře než u rajčete a také přítomnost cizích chutí a pachů byla intenzivnější.

Vliv sterilace na zhoršení organoleptických vlastností tavených sýrů byl popsán autory v práci hodnotící vliv různých sterilačních režimů (110/100, 115/32, 120/10 a 125/3,2 °C/min), na jakost tavených sýrů. Nejmenší změny byly zaznamenány u vzorků ošetřených při teplotě 125 °C po dobu 3,2 min. Sterilační režim při 120 °C po dobu 10 minut způsobil ještě přijatelnou změnu vlastností tavených sýrů [34].

Tabulka 15 Výsledky senzoričkého hodnocení vzhledu a barvy, konzistence a tuhosti pro tavené sýry s příchutí rajče

	Skladování (měsíce)	Sterilační režim (teplota/výdrž)	Teplota skladování (°C)	Vzhled a barva	Konzistence	Tuhost
Nesterilovaný	0	-		1	1	4
	1	-		1	1	4
Sterilovaný	0	120/15		3	2	2
		125/5		3	2	2
	1	120/15	6	3	2	2
			22	4	3	3
			40	6	5	4
		125/5	6	3	2	2
			22	4	3	3
			40	6	5	4

Tabulka 16 Výsledky senzoričkého hodnocení chuti a vůně a cizích chutí a pachů pro tavené sýry s příchutí rajče

	Skladování (měsíce)	Sterilační režim (teplota/výdrž)	Teplota skladování (°C)	Chuť a vůně	Cizí chutě a pachy
Nesterilovaný	0	-		1	1
	1	-		1	1
Sterilovaný	0	120/15		3	2
		125/5		3	2
	1	120/15	6	3	3
			22	4	4
			40	6	5
		125/5	6	3	3
			22	4	4
			40	6	5

Tabulka 17 Výsledky senzoričkého hodnocení vzhledu a barvy, konzistence a tuhosti pro tavené sýry s příchutí chřest

	Skladování (měsíce)	Sterilační režim (teplota/výdrž)	Teplota skladování (°C)	Vzhled a barva	Konzistence	Tuhost
Nesterilovaný	0	-		1	1	4
	1	-		1	1	4
Sterilovaný	0	120/15		4	2	2
		125/5		4	2	2
	1	120/15	6	4	2	2
			22	5	4	3
			40	7	5	4
	1	125/5	6	4	2	2
			22	6	3	3
			40	7	5	4

Tabulka 18 Výsledky senzoričkého hodnocení chuti a vůně a cizích chutí a pachů pro tavené sýry s příchutí chřest

	Skladování (měsíce)	Sterilační režim (teplota/výdrž)	Teplota skladování (°C)	Chuť a vůně	Cizí chutě a pachy
Nesterilovaný	0	-		1	1
	1	-		1	1
Sterilovaný	0	120/15		5	3
		125/5		5	3
	1	120/15	6	5	4
			22	6	4
			40	7	6
	1	125/5	6	5	4
			22	6	5
			40	7	6

Zhoršení vzhledu a barvy vlivem sterilace i vyšší teploty skladování lze pravděpodobně přisoudit tmavnutí způsobenému vznikem melanoidinů během KMR (viz Obr. 11 a 12 v kapitole 5.3). Výsledky senzoričké analýzy v tomto ohledu korelují s výsledky instrumentálního hodnocení barvy, kde bylo pozorováno tmavnutí (pokles jasu). Horší hodnocení chutě a vůně (a zároveň intenzivnější cizí chutě a pachy) byly pravděpodobně způsobeny mj. vařivou příchutí, která vzniká též jako důsledek KMR. Pozorované snížení intenzity tuhosti koresponduje s výsledky texturní profilové analýzy.

Obdobné výsledky byly popsány při zkoumání vlivu dlouhodobého skladování na kvalitu sterilovaných tavených sýrů. Použité teploty byly 6, 23 a 40 °C a skladovací pokus probíhal 24měsíců. Provedená senzorická analýza, zahrnující mimo jiné i barvu a lesk u vzorků skladovaných při teplotě 6 °C nepotvrdila významné zhoršení ani po 2 letech skladování. Vzorky skladované při teplotě 40 °C byly jako neuspokojivé hodnoceny již po 6 měsících skladování [55]. V dostupné literatuře nebyly nalezeny publikace zabývající se pokusem o zamaskování negativních projevů sterilace různými příchutěmi tavených sýrů.

Srovnáme-li tedy obě příchutě, můžeme konstatovat, že v případě příchuti rajče se alespoň částečně podařilo maskovat tmavnutí a negativní vařivou příchuť, pokud byly tyto vzorky skladovány v lednici nebo při pokojové teplotě (hodnocení nejhůře jako dobré). V případě nejvyšší skladovací již maskování úspěšné nebylo. Použití chřestové příchuti se ukázalo jako neefektivní.

## ZÁVĚR

Tato práce se zabývala možností maskování vařivé příchutě ve sterilovaných tavených sýrech. Byly vyrobeny vzorky tavených sýrů se dvěma příchutěmi – rajče a chřest. Část vzorků byla podrobena sterilaci při režimech 120 °C/15 min a 125 °C/5 min. Se sterilovanými i nesterilovanými vzorky byl založen skladovací pokus při teplotách 6 °C, 22 °C a 40 °C. Byly porovnány mikrobiologické, chemické, texturní, viskoelastické a organoleptické parametry nesterilovaných a sterilovaných tavených sýrů. Rovněž byl hodnocen vliv použitého sterilačního režimu a skladovací teploty. Skladovací pokus nadále probíhá a jeho výsledky budou prezentovány v dalších pracích.

Použité sterilační režimy byly dostatečné k zajištění zdravotní nezávadnosti tavených sýrů. V důsledku sterilace byl zjištěn pokles hodnot pH, nárůst obsahu amoniaku, zrychlení oxidačního procesu lipidů, změny barvy v důsledku KMR (tmavnutí a intenzivnější odstín červené a žluté), změny texturních a reologických vlastností (měknutí) a zhoršení organoleptických vlastností zkoumaných vzorků. Naopak na obsah sušiny na aktivitu vody sterilace vliv neměla.

Výsledky analýz po měsíčním skladování potvrdily další nárůst obsahu amoniaku, produktů autooxidace lipidů vyjádřené růstem hodnot TČ, pokračující změny barvy v důsledku KMR, změny v texturních a viskoelastických vlastnostech (tuhnutí) a další zhoršení organoleptických vlastností s rostoucí skladovací teplotou.

Cíle práce byly splněny v těchto bodech:

- Zvolené sterilační režimy byly dostatečné, vzorky splňovaly podmínky praktické sterility
- Příchut' rajče částečně maskovala negativní důsledek termosterilace – vařivou příchut' a tmavší barvu, a to v případě skladování těchto vzorků v lednici či při pokojové teplotě
- U příchuti chřest maskovací účinek pozorován nebyl

Obecně lze doporučit na základě výsledků této práce využití šetrnějších sterilačních režimů (kombinaci vyšší sterilační teploty působící kratší čas) a pokud je to možné, tak chladírenské teploty skladování. Nicméně, ani při pokojové teplotě nebyla jakost sterilovaných tavených sýrů zásadně ovlivněna. Ze zvolených příchutí lépe maskuje změny barvy, chuti a vůně příchut' rajče, nicméně by bylo vhodné v dalších výzkumech hledat další možnosti příchutí.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

1. *Testovali jsme tavené sýry* [online], 2012. VŠCHT [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://www.cz-test.cz/clanek/testovali-jsme-tavene-syry#>
2. KOPÁČEK, Jiří, 2011. *100 let od zahájení výroby tavených sýrů* [online]. [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://www.cz-test.cz/clanek/100-let-od-zahajeni-vyroby-tavenych-syru>
3. USTUNOL, Zey, 2009. *Processed Cheese: What is that Stuff Anyway?: Michigan Dairy Review* [online]. Vol. 14 No. 2 [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://www.canr.msu.edu/uploads/234/76591/cheese.pdf>
4. KOPÁČEK, Jiří, 2010. *TAVENÉ SÝRY – švýcarský vynález, ale tak trochu český fenomén* [online]. AGRAL, 7.(6/2010) [cit. 2023-02-19]. ISSN 1801-9102. Dostupné z: [https://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/Berankova/Re6\\_2010.pdf](https://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/Berankova/Re6_2010.pdf)
5. Vyhláška o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje: Sýry a tvarohy. In: *Vyhláška č. 397/2016 Sb.* Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397?text=taven%C3%BD+s%C3%BDr>
6. BUŇKA, František, Leona BUŇKOVÁ a Stanislav KRÁČMAR. *Základní principy výroby tavených sýrů*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. ISBN 9788073753368.
7. TAMIME, A. Y., c2011. *Processed cheese and analogues*. Chichester, West Sussex, UK: Wiley-Blackwell. ISBN 9781444341850.
8. *Český statistický úřad: Spotřeba potravin - 2021* [online], 2022. [cit. 2023-04-23]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2021>
9. KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH, 2012. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-145-0.
10. MIZUNO, R. a J.A. LUCEY. *Effects of Emulsifying Salts on the Turbidity and Calcium-Phosphate-Protein Interactions in Casein Micelles* [online]. 3070-3078 [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: doi:[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72988-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72988-X)
11. JANŠTOVÁ, Bohumíra, 2012. *Technologie mléka a mléčných výrobků*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. ISBN isbn978-80-7305-635-3.



12. KAPOOR, Rohit a Lloyd E. METZGER, 2008. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects—A Review. *COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY*. (7), 194-214.
13. EL-BAKRY, Mamdough a Bhavbhuti M. MEHTA, 2022. *Processed cheese science and technology*. Cambridge, MA: Woodhead Publishing. ISBN 9780128214602.
14. GUINEE TIMOTHY P., 2004. *Cheese - Chemistry, Physics and Microbiology (3rd Edition)*. ISBN 9780080523439. Dostupné také z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsknv&an=edsknv.kt004R01AF&scope=site>
15. Sterilace. *Bezpečnost potravin* [online]. [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/sterilace/>
16. KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH, 2013. *Procesy a zařízení v potravinářství a biotechnologiích*. Ostrava: Key Publishing. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-163-4.
17. KILLER, Jiří, 2019. *Potravinářská mikrobiologie: pro posluchače FAPPZ*. 3. přepracované vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-2945-4.
18. ŠILHÁNKOVÁ, Ludmila, 2008. *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology*. Vyd. 3. [i.e. 4.], opr. a dopl., v nakl. Academia 1. vyd. [i.e. 2. vyd.]. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-1703-1.
19. KADLEC, Pavel, 2003. *Procesy potravinářských a biochemických výrob*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 8070805277.
20. INGR, Ivo, 2007. *Základy konzervace potravin*. Vyd. 3., přeprac. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN isbn9788073751104.
21. BUŇKOVÁ, Leona, František BUŇKA a Iva DOLEŽÁLKOVÁ, 2010. Faktory ovlivňující mikroflóru tavených sýrů. *Mlékařské listy* [online]. **2010**(121), 32-37 [cit. 2023-03-31]. ISSN 1212-950X. Dostupné z: [http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2010/121\\_s\\_viii-xii.pdf](http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2010/121_s_viii-xii.pdf)
22. NĚMEC, Miroslav a Dagmar MATOULKOVÁ, 2015. *Základy obecné mikrobiologie*. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-7923-6.

23. GLASS, Kathleen a M. Ellin DOYLE. *Safety of Processed Cheese A Review of the Scientific Literature* [online]. [cit. 2023-03-31]. Dostupné z: [https://fri.wisc.edu/docs/pdf/ProcCheese\\_May2005\\_v2.pdf](https://fri.wisc.edu/docs/pdf/ProcCheese_May2005_v2.pdf)
24. VELÁZQUEZ, L.D.C., M.E. ESCUDERO a A.M.S. DE GUZMÁN. Antibacterial effects of different food-related phosphates using aeromonas hydrophila. *Journal of Food Protection* [online]. 2001, **64**(2), 195–200 [cit. 2023-04-01]. ISSN 0362028X. Dostupné z: doi:10.4315/0362-028X-64.2.195
25. JANIŠ, Rahula et al., 2011. *Comparison of antibacterial effect of seven 1-monoglycerides on food-borne pathogens or spoilage bacteria* [online]. [cit. 2023-04-01]. ISSN edsair. Dostupné z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsair&an=edsair.doi.dedup..2b5917c38ba5400132c2a49dfb3ff9cd&scope=site>
26. JEDOUNKOVÁ, Alena et al., 2022. Critical view on sterilisation effect on processed cheese properties designed for feeding support in crisis and emergency situations. *LWT* [online]. **171** [cit. 2023-04-03]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2022.114135
27. BUŇKA, F., J. HRABĚ a S. KRÁČMAR, 2004. The effect of sterilisation on amino acid contents in processed cheese. *International Dairy Journal* [online]. **14**(9), 829–831 [cit. 2023-04-03]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2004.02.008
28. BUŇKA, František, 2013. *Mlékárenská technologie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN isbn978-80-7454-254-1.
29. VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ, 2009. *Chemie potravin I*. 3. Tábor: OSSIS. ISBN 9788086659176.
30. ŠNIRC, Július et al., 2015. *Mlieko a mliečne výrobky*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita. ISBN isbn9788055213118.
31. LAZÁRKOVÁ, Zuzana, František BUŇKA, Leona BUŇKOVÁ, Pavel VALÁŠEK, Stanislav KRÁČMAR a Jan HRABĚ. Application of different sterilising modes and the effects on processed cheese quality. *Czech Journal of Food Sciences* [online]. 2010, **28**(3), 168-176 [cit. 2023-04-10]. ISSN 12121800. Dostupné z: doi:10.17221/44/2008-CJFS

32. KAŠPÁRKOVÁ, Věra. *CHEMIE A TECHNOLOGIE TUKŮ II* [online]. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická [cit. 2023-04-10]. ISBN č. CZ.1.07/2.2.00/28.0132. Dostupné z: <http://kosmetika.ft.utb.cz/Services/Downloader.ashx?id=484&disposition=inline>
33. KUMARI, Shweta, 2011. Lactulose: Production, purification and potential applications. *Biotechnology Advances* [online]. **29**, 940-948 [cit. 2023-04-05]. ISSN 07349750. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975011001406>
34. LAZÁRKOVÁ, Z. et al., 2011. The effect of different heat sterilization regimes on the quality of canned processed cheese. *Journal of Food Process Engineering* [online]. **34**(6), 1860–1878 [cit. 2023-04-05]. ISSN 01458876. Dostupné z: doi:10.1111/j.1745-4530.2009.00376.x
35. TALBOT-WALSH, Grace, David KANNAR a Cordelia SELOMULYA, 2018. A review on technological parameters and recent advances in the fortification of processed cheese. *Trends in Food Science* [online]. **81**, 193-202 [cit. 2023-04-13]. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2018.09.023
36. UPRETI, P., 2002. Estimation and Fortification of Vitamin D3 in Pasteurized Process Cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. **85**, 3173-3181 [cit. 2023-04-13]. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsair&an=edsair.doi.....482d752bf9d5c834efbb45386eb24cb5&scope=site>
37. ČSN EN ISO 4833-1: *Mikrobiologie potravinového řetězce – Horizontální metoda pro stanovení počtu mikroorganismů*, 2014.
38. ČSN EN ISO 6611: *Mléko a mléčné výrobky – Stanovení počtu jednotek vytvářejících kolonie kvasinek a/nebo plísní – Technika počítání kolonií vykultivovaných při 25 °C*, 2009. 2.
39. HARRIGAN, W. F. *Laboratory methods in food microbiology*. San Diego, California: Academic Press, c1998. ISBN 0123260434.
40. ČSN EN ISO 5534: *Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda)*, 2005.

41. DOSTÁL, Jiří, 2009. *Biochemie: pro posluchače bakalářských oborů*. Brno: Masarykova univerzita. ISBN isbn978-80-210-5020-4.
42. PIPEK, Petr, 1991. *Návody pro laboratorní cvičení z technologie neúdržných potravin*. 2. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. ISBN 80-7080-104-2.
43. FEREIDOON SHAHIDI, Author, Author YING ZHONG a Editor FEREIDOON SHAHIDI, 2005. Lipid Oxidation: Measurement Methods. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* [online]. [cit. 2023-04-16]. ISBN 9780471678496. ISSN edsmrw. Dostupné z: doi:10.1002/047167849X.bio050
44. KRISTENSEN, Dorte, Eva HANSEN a Allan ARNDAL, 2001. Influence of light and temperature on the colour and oxidative stability of processed cheese. *International Dairy Journal* [online]. **11**, 837-843 [cit. 2023-04-16]. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsair&an=edsair.doi.....05ae13009b038827c212c57cf9ffa9c5&scope=site>
45. ROLF G. KUEHNI, 2012. ISBN 9781118533567. Dostupné také z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsair&an=edsair.doi.....f88a1d205b7c75b8e8fc862cfdb447a4&scope=site>
46. JI, Xiaodi a Minghui GUO, 2018. Predicting Color Change in Wood During Heat Treatment Using an Artificial Neural Network Model. *BioResources* [online]. **13**(3), 6250-6264 [cit. 2023-04-16]. ISSN 19302126. Dostupné z: doi:10.15376/biores.13.3.6250-6264
47. SZCZESNIAK, A.S. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference* [online]. 2002, 13(4), 215–225 [cit. 2023-04-17]. ISSN 09503293. Dostupné z: doi:10.1016/S0950-3293(01)00039-8
48. B. A. LAW. Cheese-Ripening and Cheese Flavour Technology [online]. 2010 [cit. 2023-04-17]. ISSN edsair. Dostupné z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsair&an=edsair.doi.....99338d27cb755b840a2878a1bf0378a0&scope=site>
49. HAVRÁNEK, Antonín, 2007. *Úvod do bioreologie*. Praha: Karolinum. ISBN isbn978-80-246-1445-8.
50. GUNASEKARAN, Sundaram a M. Mehmet AK, c2003. *Cheese rheology and texture*. Boca Raton, FL: CRC Press. ISBN 9781420031942.

51. PERRECHIL, F.A. a R.L. CUNHA, 2010. Oil-in-water emulsions stabilized by sodium caseinate: Influence of pH, high-pressure homogenization and locust bean gum addition. *Journal of Food Engineering* [online]. **97**(4), 441-448 [cit. 2023-04-23]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2009.10.041
52. ČSN EN ISO 8589: *Senzorická analýza - Obecné pokyny pro uspořádání sensorického pracoviště*, 2008.
53. ČSN EN ISO 8586: *Senzorická analýza - Obecná směrnice pro výběr, výcvik a sledování činnosti vybraných posuzovatelů a odborných sensorických posuzovatelů*, 2015.
54. GABROWSKA, M. Microbiological quality of selected spices and herbs including the presence of Cronobacter spp. *Food Microbiology* [online]. (49), 1-5 [cit. 2023-05-01]. ISSN 0740-0020. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.01.004>
55. BUBELOVÁ, Zuzana, Bohuslava TREMLOVÁ, Leona BUŇKOVÁ, Matej POSPIECH, Eva VÍTOVÁ a František BUŇKA. The effect of long-term storage on the quality of sterilized processed cheese. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 2015, **52**(8), 4985-4993 [cit. 2023-04-26]. ISSN 00221155. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-014-1530-4
56. KUMAR, Shashank a R.K. CHAITANYA. *Assessment of Antioxidant Potential of Dietary Components* [online]. 2018 [cit. 2023-04-30]. ISSN edsair. Dostupné z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsair&an=edsair.doi.....d3e13c29d1bd9917f08e45166d20576b&scope=site>
57. KRISTENSEN, Dorthe, Eva HANSEN a Allan ARNDAL. Influence of light and temperature on the colour and oxidative stability of processed cheese. *International Dairy Journal* [online]. 2001, **11**, 837-843 [cit. 2023-04-30]. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsair&an=edsair.doi.....05ae13009b038827c212c57cf9ffa9c5&scope=site>
58. DÜRRSCHMID, K., E. SLABBER, W. KNEIFEL a G. OSTHOFF. *Flavours and Flavourants, Colours and Pigment* [online]. 2011 [cit. 2023-04-30]. ISSN edsair. Dostupné z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsair&an=edsair.doi.....1b1e2342fb2322f29e609abb2a9b1f9c&scope=site>

59. BUŇKA, František, Jiří ŠTĚTINA a Jan HRABĚ. The effect of storage temperature and time on the consistency and color of sterilized processed cheese. *European Food Research and Technology: Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung A* [online]. 2008, **228**(2), 223-229 [cit. 2023-05-04]. ISSN 14382377. Dostupné z: doi:10.1007/s00217-008-0926-7

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

BHT	Butylhydroxytoluen
CPM	Celkový počet mikroorganismů
ČSN	Česká technická norma
KMR	Komplex Maillardových reakcí
KTJ	Kolonie tvořící jednotku
MAG	Monoacylglycerol
PCA	Plate Count Agar
RCA	Reinforced Clostridium Agar
SAB	Sabouraudova půda
TČ	Tiobarbiturové číslo
TPA	Texturní profilová analýza
UHT	Ultra-high temperature

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Ukázka tavicího zařízení typu Stephan, Stephan Machinery.....	15
Obrázek 2 Přímka přežití mikroorganismů a decimální redukční doba pro konstantní teplotu.....	18
Obrázek 3 Přímka přežití mikroorganismů a decimální redukční doba D pro různé teploty.....	19
Obrázek 4 Termoinaktivační křivky.....	19
Obrázek 5 Průběh inaktivačních čar mikroorganismů a enzymů a termodestrukčních čar nutričně významných složek mléka.....	21
Obrázek 6 Schématické znázornění KMR.....	27
Obrázek 7 Obecné schéma Streckerovy degradace aminokyselin.....	28
Obrázek 8 Autooxidační řetězová reakce lipidů.....	30
Obrázek 9 Schématický proces izomerizace laktózy na laktulózu.....	31
Obrázek 10 Schéma skladování vyrobených vzorků tavených sýrů.....	37
Obrázek 11 Fotografie vzorků nesterilovaných a sterilovaných tavených sýrů s příchutí rajče .....	39
Obrázek 12 Fotografie vzorků nesterilovaných a sterilovaných tavených sýrů s příchutí chřest .....	39
Obrázek 13 Trojrozměrný barevný prostor CIE L*a*b* .....	43



**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Přehled povolených složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů, tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků .....	12
Tabulka 2 Hodnoty D a z pro vybrané mikroorganismy.....	20
Tabulka 3 Obsah vitamínů v plnotučném syrovém mléce a ztráty vitamínů při UHT záhřevu .....	32
Tabulka 4 Surovinová skladba vzorků tavených sýrů.....	37
Tabulka 5 Výsledky stanovení pH a sušiny pro tavené sýry s příchutí rajče.....	47
Tabulka 6 Výsledky stanovení pH a sušiny pro tavené sýry s příchutí chřest.....	47
Tabulka 7 Výsledky stanovení NH <sub>3</sub> a TČ pro tavené sýry s příchutí rajče.....	49
Tabulka 8 Výsledky stanovení NH <sub>3</sub> a TČ pro tavené sýry s příchutí chřest.....	49
Tabulka 9 Výsledky stanovení hodnot L*, a* a b* pro tavené sýry s příchutí rajče.....	52
Tabulka 10 Výsledky stanovení hodnot L*, a* a b* pro tavené sýry s příchutí chřest.....	53
Tabulka 11 Výsledky stanovení tvrdosti a roztíratelnosti pro tavené sýry s příchutí rajče...	56
Tabulka 12 Výsledky stanovení tvrdosti a roztíratelnosti pro tavené sýry s příchutí chřest...	56
Tabulka 13 Výsledky stanovení G* a tan δ pro tavené sýry s příchutí rajče.....	57
Tabulka 14 Výsledky stanovení G* a tan δ pro tavené sýry s příchutí chřest.....	57
Tabulka 15 Výsledky sensorického hodnocení vzhledu a barvy, konzistence a tuhosti pro tavené sýry s příchutí rajče.....	59
Tabulka 16 Výsledky sensorického hodnocení chuti a vůně a cizích chutí a pachů pro tavené sýry s příchutí rajče.....	59
Tabulka 17 Výsledky sensorického hodnocení vzhledu a barvy, konzistence a tuhosti pro tavené sýry s příchutí chřest.....	60
Tabulka 18 Výsledky sensorického hodnocení chuti a vůně a cizích chutí a pachů pro tavené sýry s příchutí chřest.....	60

