

# Vliv přídavku hydrokoloidů na vybrané parametry ochucených sterilovaných tavených sýrů

Veronika Holšteinová

---

Bakalářská práce  
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Veronika Holšteínová  
Osobní číslo: T21228  
Studijní program: B0721A210002 Technologie a hodnocení potravin  
Specializace: Technologie potravin  
Forma studia: Prezenční  
Téma práce: Vliv přidavku hydrokoloidů na vybrané parametry ochucených sterilovaných tavených sýrů

## Zásady pro vypracování

### I. Teoretická část

Charakteristika tavených sýrů.

Charakteristika karagenanu a furcellaranu a jejich vliv na konzistenci tavených sýrů.

Sterilizace a její vliv na jednotlivé složky tavených sýrů.

### II. Praktická část

Výroba modelových vzorků tavených sýrů včetně jejich sterilace.

Vybrané analýzy modelových vzorků.

Vyhodnocení výsledků a jejich diskuze.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] Kratochvílová, Alena, Salek, Richardos Nikolaos, Vašina, Martin, Lorencová, Eva, Kůrová, Vendula, Lazárková, Zuzana, Dostálová, Jolana, Šenkýřová, Jana. The impact of different hydrocolloids on the viscoelastic properties and microstructure of processed cheese manufactured without emulsifying salts in relation to storage time. *Foods*, 2022, roč. 11, č. 22, s. nestránkováno. ISSN 2304-8158
- [2] Jedouňková, Alena, Lazárková, Zuzana, Hampelová, Lucie, Kůrová, Vendula, Pospiech, Matej, Buňková, Leona, Foltin, Pavel, Salek, Richardos Nikolaos, Malíšek, Jiří, Michálek, Jaroslav, Buňka, František. Critical view on sterilisation effect on processed cheese properties designed for feeding support in crisis and emergency situations. *LWT-Food Science and Technology*, 2022, roč. 171, č. Neuveden, s. nestránkováno. ISSN 0023-6438
- [3] Lazárková, Zuzana, Buňka, František, Buňková, Leona, Holáň, Felix, Kráčmar, Stanislav, Hrabě, Jan. The Effect of Different Heat Sterilization Regimes on the Quality of Canned Processed Cheese. *Journal of Food Process Engineering*, 2011, roč. 34, č. 6, s. 1860-1878. ISSN 0145-8876
- [4] Lazárková, Zuzana, Buňka, František, Buňková, Leona, Valášek, Pavel, Kráčmar, Stanislav, Hrabě, Jan. Application of different sterilising modes and the effect on processed cheese quality. *Czech Journal of Food Sciences*, 2010, roč. 28, č. 3, s. 168-176. ISSN 1212-1800
- [5] El-Bakry, Mamdouh a Mehta, Bhavbhuti M. *Processed Cheese Science and Technology: Ingredients, Manufacture, Functionality, Quality, and Regulations*. Cambridge: Elsevier, 2022. ISBN: 978-0-12-821445-9

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

Datum zadání bakalářské práce: **1. ledna 2024**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **17. května 2024**

L.S.

---

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

---

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

Ve Zlíně dne 19. února 2024

# PROHLÁŠENÍ AUTORKY BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

## Prohlašuji,

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

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studentky:

.....  
podpis studentky

## **ABSTRAKT**

Tato práce byla zaměřena na vliv přídavku karagenanu a furcellaranu na vybrané vlastnosti tavených sýrů. Byly vyrobeny modelové vzorky tavených sýrů (obsah sušiny 40 % hm., obsah tuku v sušině 55 % hm.) bez přídavku tavicích solí s příchutí rajčete, která by měla maskovat tmavnutí a vařivou příchut' sýrů způsobené vlivem sterilace. Jako náhrada tavicích solí byl použit furcellaran a  $\kappa$ -karagenan v množství 1 % hm. Polovina vzorků byla sterilována, a byl tedy zjišťován vliv sterilačního záhřevu na vybrané parametry vzorků. Celkem byly tedy vyrobeny 4 vzorky, u kterých byly prováděny chemické analýzy (obsah sušiny, vodní aktivita, pH, obsah amoniaku a TBARS hodnota), instrumentální stanovení barvy a stanovení tvrdosti po 7, 30 a 90 dnech skladování. Největší vliv na tavené sýry měla sterilace, která zapříčinila zvýšení obsahu amoniaku, nárůst TBARS a pokles pH. Hydrokoloidy měly vliv na tvrdost tavených sýrů, kdy vzorky s furcellaranem byly měkčí než s karagenanem. Použití rajčatového prášku bylo efektivní v maskování vzniku tmavší barvy vlivem sterilace.

**Klíčová slova:** tavený sýr, hydrokoloidy, karagenan, furcellaran, sterilace, tvrdost

## **ABSTRACT**

This work was focused on the effect of carrageenan and furcellaran addition on selected properties of processed cheese. Model samples of processed cheeses (dry matter content 40 wt.%, fat content 55 wt.%) without the addition of emulsifying salts were produced with a tomato flavour to mask the darkening and cooked flavour of the cheeses caused by sterilisation. Furcellaran and  $\kappa$ -carrageenan were used as substitutes for the emulsifying salts at 1 % w/w. Half of the samples were sterilised and the effect of sterilisation heating on selected sample parameters was therefore investigated. A total of 4 samples were produced and subjected to chemical analyses (dry matter content, water activity, pH, ammonia content and TBARS value), instrumental colour determination and hardness determination after 7, 30 and 90 days of storage. Sterilisation had the greatest effect on the processed cheeses, causing an increase in ammonia content, an increase in TBARS and a decrease in pH. Hydrocolloids had an effect on the hardness of the processed cheeses, with samples with furcellarate being softer than those with carrageenan. The use of tomato powder was effective in masking the development of darker colour due to sterilisation.

Keywords: processed cheeses, hydrokoloids, carragenan, furcellaran, sterilization, hardness

Tímto bych ráda poděkovala své vedoucí doc. Ing. Zuzaně Lazárkové, Ph.D., za odborné vedení, trpělivost a čas který mi věnovala při psaní bakalářské práce.

Také bych ráda poděkovala své rodině, přítelovi, své vedoucí v práci a kamarádům, kteří mě podporovali a byli tu pro mě.

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 ROZDĚLENÍ TAVENÝCH SÝRŮ .....	12
1.2 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ .....	12
1.2.1 Suroviny pro výrobu tavených sýrů .....	14
<b>2 HYDROKOLOIDY</b> .....	<b>18</b>
2.1 KARAGENAN .....	19
2.1.1 Chemická struktura a vlastnosti .....	19
2.1.2 Získávání .....	20
2.2 FURCELLARAN .....	20
2.2.1 Chemická struktura a vlastnosti .....	21
2.2.2 Získávání .....	22
<b>3 STERILACE</b> .....	<b>24</b>
3.1 DRUHY STERILACE .....	24
3.2 VLIV STERILACE NA SLOŽKY TAVENÉHO SÝRA .....	25
3.2.1 Komplex Maillardových reakcí.....	25
3.2.2 Denaturace a další reakce bílkovin .....	25
3.2.3 Oxidační reakce lipidů .....	26
3.2.4 Izomerace laktózy na laktulózu.....	27
3.2.5 Změny organoleptických vlastností .....	27
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>29</b>
<b>4 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>30</b>
<b>5 METODIKA</b> .....	<b>31</b>
5.1 VÝROBA VZORKŮ TAVENÉHO SÝRA.....	31
5.2 POUŽITÉ METODY ANALÝZY .....	32
5.2.1 Stanovení hodnoty pH.....	32
5.2.2 Stanovení obsahu sušiny .....	32
5.2.3 Stanovení vodní aktivity .....	33
5.2.4 Stanovení obsahu amoniaku.....	33
5.2.5 Stanovení hodnoty TBARS.....	34
5.2.6 Instrumentální analýza barvy .....	34
5.2.7 Stanovení tvrdosti.....	35
<b>6 VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>36</b>
6.1 STANOVENÍ HODNOTY PH .....	36
6.2 STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY .....	36
6.3 STANOVENÍ VODNÍ AKTIVITY .....	37



6.4	STANOVENÍ OBSAHU AMONIAKU .....	37
6.5	STANOVENÍ HODNOTY TBARS .....	39
6.6	INSTRUMENTÁLNÍ ANALÝZA BARVY .....	39
6.7	STANOVENÍ TVRDOSTI.....	41
<b>ZÁVĚR</b>	.....	<b>43</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b>	.....	<b>44</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b>	.....	<b>51</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	.....	<b>52</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b>	.....	<b>53</b>

## ÚVOD

Tavené sýry patří k nejmladším mléčným potravinám, které jsou oblíbené vzhledem k jejich dlouhodobé trvanlivosti a cenové dostupnosti. Poslední dobou se moderní technologie tavených sýrů posouvá a zkoumají se různé faktory, které ovlivňují vzhled, vůni, chuť a konzistenci tavených sýrů. V dnešní době se objevuje snaha některých výrobců nahrazovat chemické látky, které se přidávají do potravin, přírodními složkami. V našem případě byla snaha o nahrazení fosforečnanových tavicích solí, které mohou být pro některé spotřebitelé neakceptovatelné z hlediska nevhodného poměru vápníku a fosforu, i vysokého obsahu sodíku, jehož příjem je v populaci obecně vysoký a dle výživových doporučení by se měl snížit. Tato bakalářská práce byla koncipována na posouzení vlivu použitých hydrokoloidů (karagenanu a furcellaranu) na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů a zjištění, zda je možné nahradit běžné komerční fosforečnanové tavicí soli právě hydrokoloidy, které se v dnešní době v potravinářství široce využívají. Mezi nejznámější hydrokoloidy patří karagenan, furcellaran agar, pektin a spousta dalších. V dnešní době je trendem vyrábět potraviny s delší dobou trvanlivosti; k tomu slouží např. sterilace, která inaktivuje mikroorganismy a jejich spory a prodlužuje tak právě trvanlivost. Sterilované výrobky mohou vydržet při vhodném skladování několik měsíců až let. Sterilace ovšem u mléčných výrobků způsobuje tmavnutí výrobků a vznik vařivé příchuti, což ze sensorického hlediska není úplně žádoucí. Bakalářské práce proto zkoumala, zda je tmavnutí a vařivou chuť možné zamaskovat pomocí rajčatové složky.

Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou část a praktickou část. Cílem teoretické části bylo charakterizovat tavené sýry, charakterizovat použité hydrokoloidy (karagenan a furcellaran) a jejich vliv na konzistenci tavených sýrů a v neposlední řadě popsat sterilaci a její vliv na tavené sýry. Cílem praktické části bylo vyrobit modelové vzorky tavených sýrů s příchutí a s obsahem hydrokoloidů a provést vybrané analýzy během 90denního skladování. Dalším cílem pak bylo vyhodnotit vliv sterilačního záhřevu a použitých hydrokoloidů na vlastnosti tavených sýrů a zjistit, zda je možné pomocí rajčatového prášku zamaskovat průvodní jevy sterilačního záhřevu.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 TAVENÉ SÝRY

Dle vyhlášky 397/2016 Sb., v platném znění, pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje se jako „tavený sýr“ označí sýr, který byl tepelně upraven tavením, jako „tavený sýrový výrobek“ se označí mléčný výrobek, který byl tepelně ošetřen tavením, obsahuje více než 5 % laktózy a v němž sýr tvoří nejméně 50 % hmotnosti sušiny tohoto výrobku a jako „tavený mléčný výrobek“ se označí výrobek, který byl tepelně ošetřen tavením a obsahuje více než 5 % laktózy (Česko, 2016).

Komerční výroba tavených sýrů začala v Evropě a USA kolem let 1910–1920. Technologie výroby byla založena na sýru Cheddar a dalších druzích sýrů, jako emulgační činidla byly používány citronany nebo fosforečnany (Mulsow a kol., 2007).

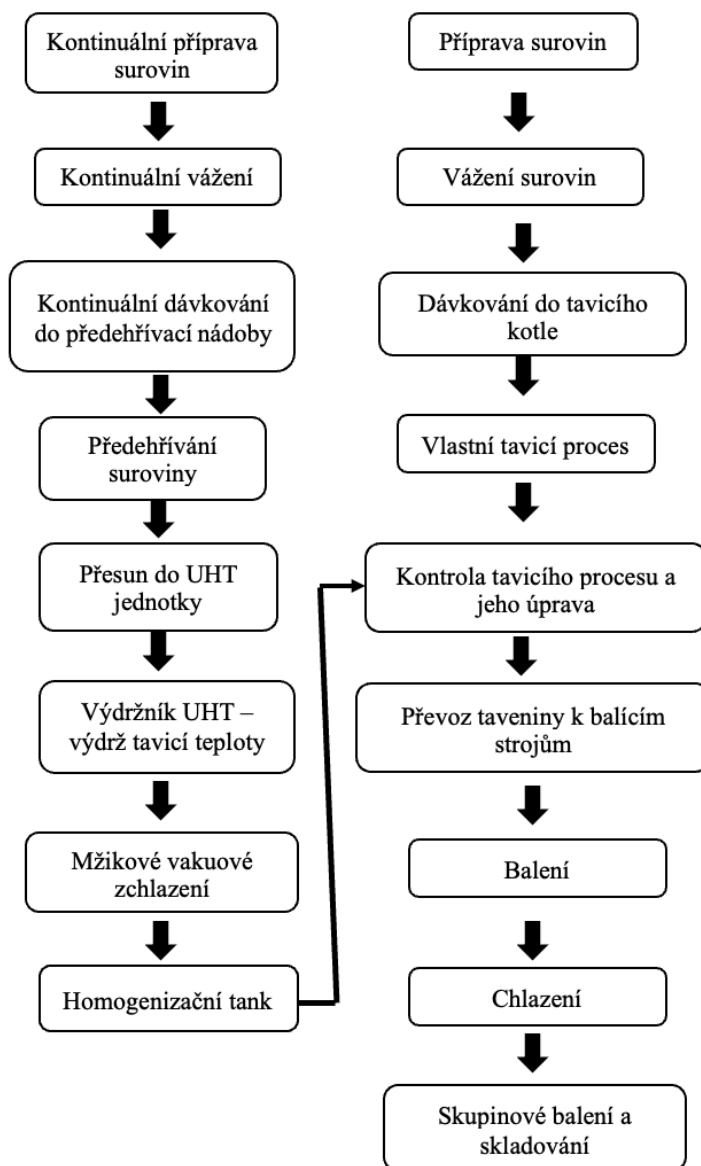
### 1.1 Rozdělení tavených sýrů

Tavené sýry rozdělujeme podle použitých surovin na jednodruhové (v hotovém výrobku převažuje jeden druh sýra) a směsné (základní směs je tvořena více druhy sýrů). Dále tavené sýry rozlišujeme podle chuti na ochucené (jedná se o tavené sýry, do kterých jsou přidány ochucující složky jako například sušené rajče, bylinky, šunka, aj.) a neochucené. Podle použitého tepelného ošetření je lze dělit na pasterované a sterilované. Pasterované tavené sýry jsou sýry, u kterých byla při tavení použita teplota 85–95 °C. Toto tepelné ošetření usmrcuje vegetativní formy mikroorganismů, přežívají ho spory. Trvanlivost těchto výrobků je 1–3 měsíce a je nutné je skladovat v lednici, aby spory nemohly vyklíčit. Sterilované tavené sýry jsou sýry, které byly ošetřeny teplotou okolo 120 °C. Toto tepelné ošetření ničí jak vegetativní formy mikroorganismů, tak i jejich spory. Sýry ošetřeny tímto způsobem jsou baleny do hermetických obalů. Trvanlivost těchto výrobků je až 24 měsíců při pokojové teplotě (Buňka a kol., 2006).

### 1.2 Technologie výroby tavených sýrů

Tavené sýry se vyrábějí zahříváním směsi přírodních tavených sýrů. Existují dva způsoby výroby tavených sýrů, a to diskontinuálně nebo kontinuálně (viz Obrázek 1). Při kontinuální výrobě se využívají sterilační teploty, ale s ohledem na to, že obvykle nebývá využito aseptické plnění, nesplňují takto vyrobené tavené sýry podmínky obchodní sterility a je třeba je skladovat při chladírenských teplotách (Spreer a Mixa, 1998). V České republice převládá diskontinuální výroba, která je rozdělena do čtyř fází:

- příprava směsi k tavení,
- určení směsi tavicích solí,
- proces tavení připravované směsi
- balení, chlazení, skladování a expedice (Kadlec, 2002; Buňka a kol., 2009).



Obrázek 1 Schéma výroby tavených sýrů diskontinuálním a kontinuálním způsobem (Guinee, 2003)

### Příprava směsi k tavení

Prvním krokem výroby je zvolení typu a množství přírodních sýrů, tavicích solí, vody a volitelných přísad. Volba surovinové skladby se provádí pomocí počítačových programů (Fox a kol., 2017)

### Proces tavení

Vlastní tavicí proces je nejdůležitější fází při výrobě tavených sýrů. Důležitá je teplota, celková doba tavení, ale také způsob míchání. Připravená směs se nalévá do tavicího kotle, ve kterém je míchadlo a směs se za stálého míchání zahřívá. Tavení probíhá za sníženého tlaku (0,04 MPa) za teploty 85–95 °C po dobu 10–15 minut. Vlastní výdrž tavicí teploty bývá obvykle 1–3 minuty. (Kadlec, 2002; Buňka a kol, 2009; Janštová, 2012).

### Balení a chlazení

Tavené sýry jsou nejčastěji baleny do hranolových nebo trojúhelníkových forem vyložených hliníkovou folií. Sýry se balí co nejdříve po tavení, při teplotě nad 60–70 °C, aby se zamezilo případné kontaminaci. Chlazení se nejčastěji provádí v chladících tunelech při teplotách 4–8 °C. Tavené sýry je nutno skladovat, přepravovat a uvádět na trh při teplotě stanovené výrobcem (Česko, 2016; Janštová, 2012).

#### 1.2.1 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

Mezi suroviny pro výrobu tavených sýrů patří přírodní sýr, máslo, tavicí soli, ostatní mléčné složky a ochucující látky (viz Tabulka 1). Mezi výhody tavených sýrů patří možnost přidávat různé druhy sýrů v různém stupni stáří, ale také přidávání různých ochucujících látek, díky které lze dosáhnout nové chuťové varianty taveného sýru (Janštová, 2012).

Tabulka 1 Požadavky na složky jiné než sýry v tavených sýrech (Česko, 2016)

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

### **Přírodní sýr**

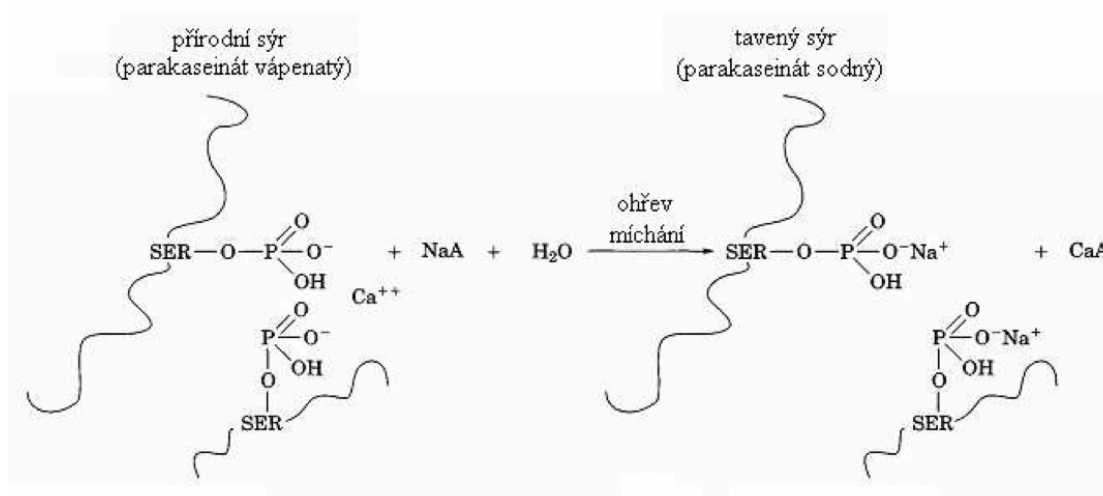
Hlavní surovinou pro výrobu tavených sýrů je přírodní sýr. Používají se sýry různých druhů a o různém obsahu tuku. Vybírají se přírodní sýry v různém stupni prozrálosti, aby ve výsledném výrobku bylo dosaženo optimální chuti a konzistence. Výhodou mladých sýrů je vysoká vaznost vody a tvorba tužší konzistence výsledného výrobku, mezi nevýhody patří nadměrné bobtnání a prázdňější chuť. Prozrálejší sýry mají výhodu plného aroma a jsou snadněji tavitelné. Nevýhodou je možnost tvorby ostré chuti a nadměrně měkkého výrobku. Proto se používají směsi přírodních sýrů o různém stupni zralosti. V České republice se typicky tavené sýry vyrábějí ze sýrů holandského typu, eidamské cihly či goudy. Ve světě je pak možné se setkat s tavenými sýry z ementálu, chedaru nebo mozzarely (Fernandes, 2009; Janštová, 2012).

### **Tavicí soli**

Tavicí soli jsou tvořeny z monovalentního alkalického kovu (obvykle sodíku, případně draslíku) a soli vícesytných aniontů (fosforečnany, citronany). Dávka tavicích solí se pohybuje okolo 3 % (Mulsow a kol., 2007).

Tavicí soli nejsou amfifilní (látky, které mají současně vlastnosti hydrofilní i hydrofobní) a proto nejsou samy emulgátory. Jejich úkolem je upravit prostředí v tavené směsi. Tavicí soli zvyšují pH z původních hodnot 5,0 až 5,5 na 5,6 až 6,1 (Lee a kol., 2004).

Hlavním principem jejich působení (viz Obrázek 2) je přeměna nerozpustného parakazeinátu vápenatého na rozpustnější parakazeinan sodný pomocí iontové výměny (Mulsow a kol., 2007). Tato výměna zvyšuje intenzitu disperze přítomných bílkovin. Následně dochází k peptizaci a dispergaci přítomných proteinů. Během procesu tavení v přítomnosti vody dochází k navazování polyvalentních aniontů na kazeiny pomocí vápenatých iontů. Hydratace proteinů vede ke zvýšení viskozity, což označujeme jako krémování (Buňka a kol., 2022).



Obrázek 2 Iontová výměna iontů vápníku za ionty sodíku při tavicím procesu (Buňka a kol., 2009)

V dnešní době je možné vyrobit tavený sýr bez přídavku tavicích solí. Nevýhodou tavicích solí je snížení poměru vápníku a fosforu, to může mít za následek snížení využitelnosti vápníku z tavených sýrů. Další nevýhodou je vysoký obsah sodíku, jehož příjem je ve společnosti nadměrný (Miciński a kol., 2013). Tavicí soli lze nahradit jinými látkami, které mají podobné funkční vlastnosti. Jednou z možností, kterou lze tavicí sůl nahradit jsou hydrokoloidy (Černíková a kol., 2010). Používají se hydrokoloidy na bázi polysacharidů (agar, karagenan, furcellaran) nebo také proteinů (želatina, kazein) (Kwak a kol., 2002; Ahmad a kol., 2016).

Ve studii Černíková a kol. (2010) byly testovány různé hydrokoloidy jako náhrady tavicích solí. Dle výsledků studie nelze jako náhradu použít lokustovou gumu, modifikovaný škrob a pektin, naopak vhodnou náhradou je  $\kappa$ -karagenan.

### Ostatní mléčné složky

Mezi mléčné složky můžeme zařadit kazeiny, kazeináty, syrovátkové proteiny. Kazeiny jsou čisté bílkoviny, které mají vysoký podíl nepolárních aminokyselin v primární struktuře, ve vodě jsou obtížně rozpustné. Jejich izoelektrický bod je pH 4,6. Při výrobě tavených sýrů se používá zejména sladký kazein. Skládá se z para- $\kappa$ -kazeinových frakcí. Sladký kazein je nejběžněji používaným zdrojem bílkovin pro výrobu tavených sýrů. Taveným sýrům dodává pružnost a pevnost (El-Bakry a Mehta, 2022; Corredig, 2009).



K výrobě tavených sýrů se dále používají kazeináty vápenaté. Ovlivňují nepřímo tuhost sýra a schopnost tání. Sýry, které obsahují kazeinát vápenatý mají, vyšší pH, měkčí texturu a vysoký stupeň disociace kazeinu (El-Bakry a Mehta, 2022).

Syrovátkové proteiny představují 20 % obsahu všech bílkovin v mléku. Použití vede k lepší textuře a roztíratelnosti (Sołowiej a kol., 2022).

Mezi další mléčné složky, které se používají, patří tvaroh, sušené mléko, sušená syrovátka, jako zdroje bílkovin a smetana a máslo jako zdroje mléčného tuku (Buňka a kol., 2009)

### **Potravinářské přídatné látky**

Jedná se o látky, které ovlivňují vzhled, konzistenci, chuť a vůni. Podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 jsou potravinářské přídatné látky definovány jako látky, které se běžně nekonzumují přímo jakožto potraviny, ale záměrně se přidávají do potravin pro technologické účely, jako je konzervace potravin. Do tavených sýrů se jako přídatné látky mohou přidávat kyseliny, barviva, želírující látky, konzervanty a aromata (Evropa, 2008).

## 2 HYDROKOLOIDY

Biopolymery převážně rostlinného, ale i živočišného a mikrobiálního původu, jsou látky dodávající potravinám funkční vlastnosti. Jsou přidávány k některým mlékárenským produktům s cílem stabilizovat strukturu finálního výrobku, respektive optimalizovat jejich texturu a současně i celkový sensorický profil výrobku (Duboc a Mollet, 2001).

Hydrokoloidy rozdělujeme podle zdrojů na rostlinné hydrokoloidy, hydrokoloidy z mořských řas, mikrobiální hydrokoloidy a živočišné hydrokoloidy. Mezi rostlinné hydrokoloidy řadíme lokustovou gumu a guarovou gumu, které se získávají ze semen, konjakovou gumu, která se získává z hlízy, a patří sem i pektin, celulóza a škrob. Mezi hydrokoloidy získávané z mořských řas řadíme karagenan, agar a furcellaran, které jsou získávané z červených mořských řas a potom alginát, který je získávaný z hnědých řas (Williams a Phillips, 2009).

Mezi živočišné hydrokoloidy řadíme globin, želatinu a kolagen. Globin je získáván z hemoglobinu. Izolovaný globin je využíván pro své funkční vlastnosti jako emulgační schopnost, rozpustnost a také schopnost bobtnat. Želatina je získávána hydrolyzou z kolagenu. V potravinářství se želatina používá pro svou schopnost tvořit čiré, elastické gely. Kolagen je složen ze tří šroubovicově stočených polypeptidových řetězců (Álvarez a kol., 2009; Budwalda, 2014).

Mezi hydrokoloidy produkované mikroorganismy řadíme xantan, kurdlan, dextran, celulózu a gellan. Xantan se používá při výrobě masové šťávy, zmrzlin, cukrovinek, masných produktů a nápojů (džusů). Dextran je polymer  $\alpha$ -D-glukózy, používá se při stabilizaci mražených mléčných pokrmů a v cukrovinkách (Diaz-Montes, 2021).

Hydrokoloidy se hojně používají v mnoha potravinářských recepturách ke zlepšení kvalitativních vlastností. Používají se především jako zahušřovadla, stabilizátory a želírující látky. Jako zahušřovadla se používají v polévkách, omáčkách, salátových dresincích, zatímco jako želírující látky se používají ve výrobcích jako jsou marmelády, restrukturalizované potraviny a gely s nízkým obsahem cukru. (Guinee a O'Kennedy, 2007; Buňka a kol., 2009; Phillips a Williams, 2009; Saha a Bhattacharya, 2010).

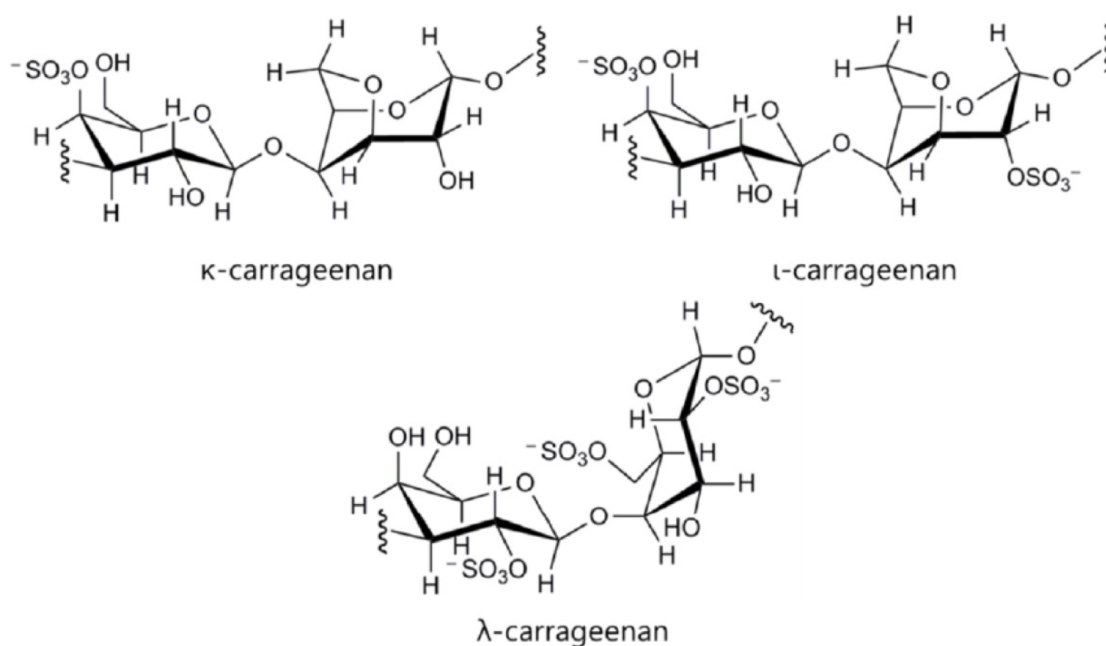
## 2.1 Karagenan

Karagenan nebo také E 407, je přírodní zahušťovadlo, emulgátor a stabilizátor, který se přirozeně vyskytuje v červených řasách (Buňka a kol., 2009).

### 2.1.1 Chemická struktura a vlastnosti

Z chemického hlediska (viz Obrázek 3) jsou karagenany vysokomolekulární hydrofilní sulfátové polysacharidy, které se skládají z D-galaktózy a 3,6-anhydrogalaktózy spojených střídavě  $\alpha$ -1,3 a  $\beta$ -1,4 glykosidickými vazbami (Pacheco-Quito a kol., 2020).

Kappa-,  $\iota$ - a  $\lambda$ -karagenan se liší v počtu a poloze esterově vázaných sulfátových skupin na každou opakující se disacharidovou jednotku a také počtu 3,6-anhydrogalaktózových můstků. Kappa-karagenan má pouze jednu sulfátovou skupinu a také jeden 3,6-anhydrogalaktózový můstek. Je složen z 28–35 % 3,6-anhydrogalaktózových můstků a 25–30 % sulfátových skupin. Iota-karagenan má podobnou strukturu jako  $\kappa$ -karagenan, ale množství 3,6-anhydrogalaktózových můstků je 25–30 % a sulfátových skupin 28–30 %. Lamba-karagenan je složen z 32–39 % sulfátových skupin a neobsahuje žádný 3,6-anhydrogalaktózový můstek (Li a kol., 2014; Pacheco-Quito a kol., 2020).



Obrázek 3 Struktura karagenanu (Damodaran a Parkin, 2017)

Všechny karagenany jsou rozpustné v horké vodě, ale pouze sodné soli  $\kappa$ -karagenanu a jota formy jsou rozpustné ve studené vodě. Obvykle koncentrace soli v potravinách nemá vliv na  $\iota$ -karagenan, i když vyšších viskozit se dosáhne, když se roztok zahřeje a ochladí. Roztoky  $\lambda$ -karagenanu tvoří při natlakování nebo míchání pseudoplastické roztoky. Tyto roztoky se běžně používají pro zahušťování zejména mléčných výrobků a pro zajištění neviskózní, krémové textury systému (Voldřich, 2004).

Mezi nejdůležitější chemické vlastnosti karagenanu patří rozpustnost, gelovatelnost, zahušťování a synergie. Karagenan je snadno rozpustný v horké vodě za vzniku průsvitného koloidního roztoku. Karagenan vytváří termoreverzibilní gel v přítomnosti draselných iontů. Další vlastností je zahušťování, tzn. že při nízké koncentraci karagenan tvoří sol s nízkou viskozitou. Tvoří synergický účinek s gumou konjac, xanthanovou gumou a dalšími koloidy, které mohou zlepšit elasticitu a zadržování vody gelu (Nečas a Bartošíková, 2013).

Karagenan je také využíván v mlékárenském průmyslu při výrobě tavených sýrů. Zvýšená koncentrace  $\kappa$ -karagenanu a  $\iota$ -karagenanu v tavených sýrech mění jejich vlastnosti. Vzniká gel, který je tužší než u běžných tavených sýrů. To způsobuje interakce mezi karagenanovými řetězci a vede k vytvoření hustší síťové struktury (Černíková a kol., 2008).

### 2.1.2 Získávání

Karagenany se získávají z červených mořských řas (např. druhy *Agardhiella*, *Hypnea*, *Solieria*), které jsou sušeny, čímž se zabraňuje degradaci. Následně jsou řasy opakovaně promývány, aby se odstranily hrubé nečistoty (např. písek a sůl). Poté probíhá horká alkalická extrakce, při které dochází k uvolnění karagenanu. Karagenan je v horkém roztoku očištěn a přeměněn na prášek (Li a kol., 2014).

## 2.2 Furcellaran

Strukturou a vlastnostmi se podobá  $\kappa$ -karagenanu, a proto je řazen mezi karageny jako E407. Rozdíl mezi  $\kappa$ -karagenanem a furcellaranem je v tom, že  $\kappa$ -karagenan má sulfátovou skupinu vázanou na každé druhé cukerné jednotce, furcellaran ji má na každé třetí jednotce (Velíšek, 2002).

Furcellaran je též známý jako „dánský agar“, jelikož většina jeho zdrojů se nachází ve studených vodách severní Evropy. Furcellaran je obvykle produkován řasami *Furcellaria*

*lumbricalis*. Na rozdíl od agaru, který má velmi nízký obsah síranu, je jeho obsah ve furcellaranu významný (Venugopal, 2011).

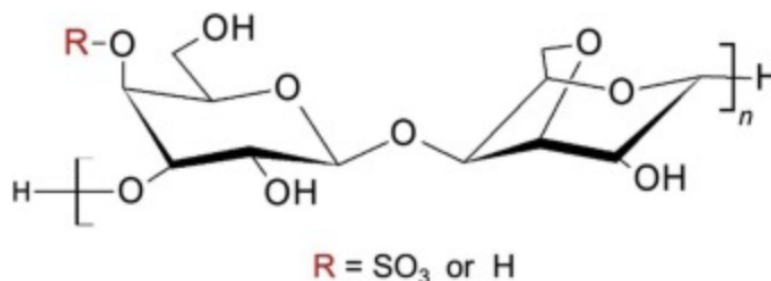
*Furcellaria lumbricalis* (viz Obrázek 4) je černožlutá řasa, která se kromě pobřeží Dánska také vyskytuje nejen v brakických vodách Baltského moře, ale i na mnoha pobřežích severního Atlantiku (Velíšek a Hajšlová, 2009).



Obrázek 4 *Furcellaria lumbricalis* (Rayment, 2008)

### 2.2.1 Chemická struktura a vlastnosti

Furcellaran je přírodní sulfátový aniontový polysacharid (viz. Obrázek 5) získávaný obvykle z červené řasy, který svými vlastnostmi připomíná agar i karagenan. Furcellarany se v přírodě vyskytují jako směs sodných, draselných, hořečnatých a vápenatých solí lineárního polymeru složeného ze strukturních jednotek. Furcellaran se převážně skládá z D-galaktózy (46–53 %), 3,6-anhydro-D-galaktózy (28,5–30,1 %) a jejich sulfátů (16–20 %). Hodnoty průměrné molární hmotnosti se pohybují v rozmezí hodnot kolem 290–500 kDa v závislosti na extrakčním postupu (Marangoni a kol., 2021; Phillips a Williams, 2009).



Obrázek 5 Chemická struktura furcellaranu (Marangoni a kol., 2021)

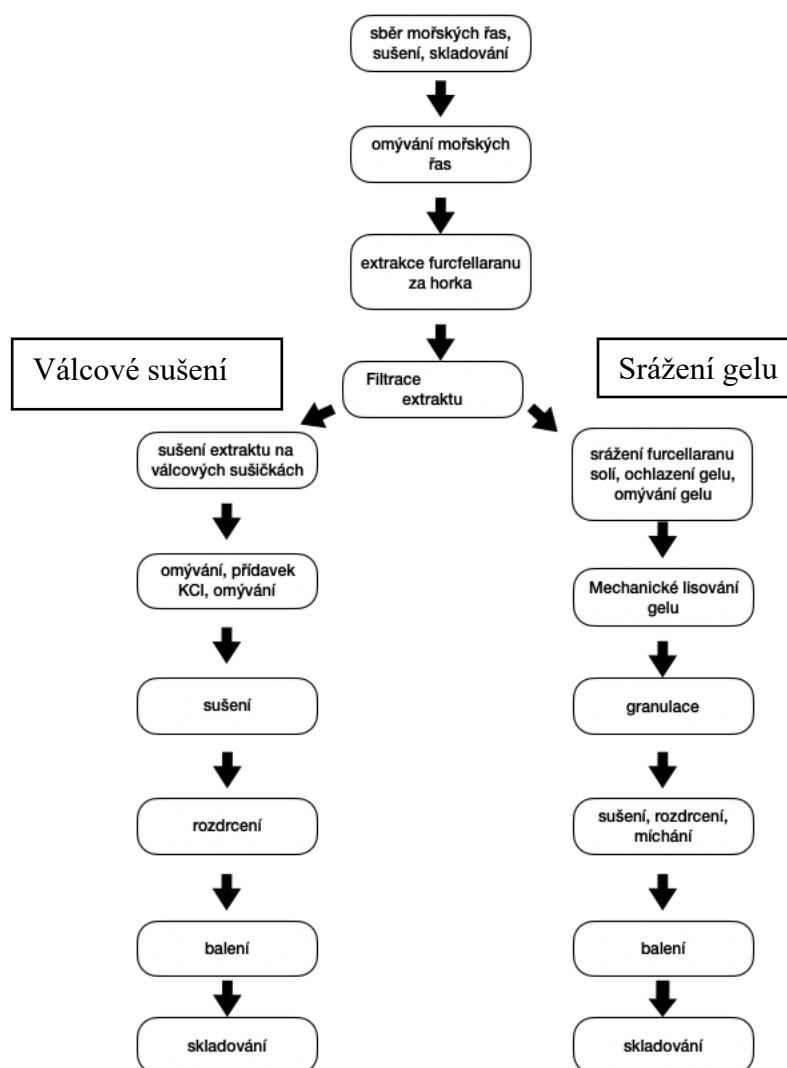
Furcellaran se používá zejména jako želírující činidlo, zahušťovadlo nebo stabilizátor v nápojích, cukrářských náplních a polevách. Vzhledem k výrobnímu postupu, kdy dochází ke srážení chloridem draselným, je obsah chloridu draselného až 15 %. Obsah chloridu draselného má význam pro gelovací vlastnosti furcellaranu (Tykvartová a kol., 2008).

Furcellaran se používá při vývoji folií, které jsou vhodné jako obaly na potraviny. Je to především proto, že není toxický, je biologicky odbouratelný, rozpustný ve vodě a má výjimečnou schopnost tvořit gel. Používá se i v kosmetickém průmyslu, kde se používá v emulzích jako například při výrobě zubních past. Díky obsahu draslíku se používá jako tmel v tabletách, mýdlech na holení a vlasových šamponech (Marangoni a kol., 2021).

Je využíván také v mlékárenském průmyslu, například při výrobě tavených sýrů, ale v menším měřítku než karagenan. Používá se u výrobků, kde je žádoucí měkká konzistence (Vincová a kol., 2023).

### 2.2.2 Získávání

Proces získávání furcellaranu je zobrazen na Obrázku 6. Nejčastější používané formy extrakce furcellaranu jsou ve vodě nebo v alkalickém prostředí. Obecně platí, že po sběru a identifikaci řas se promyjí, aby se odstranily pevné nečistoty a poté se řasy ošetří vhodným typem zásady, aby se extrahoval polysacharid. Alkálie se pečlivě vybírá tak, aby se získala konkrétní sůl, která má významné důsledky na vlastnosti dispergace, hydratace, zahušťování a tvorby gelu. Dlouhodobé působení alkálií podporuje vnitřní přeskupení, které modifikuje jeho strukturu, přičemž nabývá pravidelné konformace. Asociace mezi řetězci jsou tak silnější, a proto výsledný materiál vykazuje vyšší pevnost v tahu (Phillips a Williams, 2009).



Obrázek 6 Schéma výroby furcellaranu (Marangoni Júnior a kol., 2021)

### 3 STERILACE

Sterilace je tepelné ošetření potravin, které se používá k inaktivaci vegetativních forem mikroorganismů a většiny bakteriálních spor. Málo kyselé potraviny o pH vyšším než 4,0, určené ke skladování za pokojové teploty, se sterilují při teplotách nad 120 °C, protože musí být kromě vegetativních buněk inaktivovány také bakteriální spory (Kadlec a kol., 2013). Naproti tomu technologicky kyselé potraviny (pH <4,0), je možno sterilovat při teplotách pod 100 °C, protože v kyselém prostředí spory nemohou klíčit (Holdsworth, 2004).

Cílem termosterilačního zákroku je omezit možnost znehodnocení konzervy na předem stanovenou mez, např. vyloučit možnost rozvoje *Clostridium botulinum*, nebo omezit možnost rozvoje *Clostridium thermosaccharolyticum* na jednu konzervu z tisíce ošetřených. Volba zákroku potřebného pro požadovaný účinek pak závisí zejména na těchto parametrech:

- druh kontaminujícího mikroorganismu,
- potravina, zejména její kyselost a aktivita vody,
- počáteční koncentrace kontaminujícího mikroorganismu,
- obal, zejména typ a objem (Kadlec a kol., 2013).

#### 3.1 Druhy sterilace

Sterilační zařízení lze třídit podle několika hledisek. Sterilizátory zpracovávají potraviny buď mimo obal nebo v obalech. Při sterilaci mimo obal proudí zařízením přímo sterilovaná potravina (např. ovocný protlak), která se teprve poté plní do obalů. Kontinuální sterilaci nekyselých potravin vhodné konzistence lze provozovat v prakticky stejných sterilátorech s regenerací tepla, jaké se používají pro potraviny kyselé. Při sterilaci v obalech prochází zařízením naplněné a uzavřené konzervy. Pro sterilaci nekyselých potravin v obalu se obecně používají autoklávy. Jde o tlakové nádoby, ve kterých je možno uzavřít konzervy a sterilovat je při příslušné teplotě větší než 100 °C. Uvnitř autoklávy se ustaví tlak rovný tlaku vodní páry při sterilační teplotě (Singh a Heldman, 2014; Fellows, 2022).

Sterilátory nekyselých potravin musí být vzhledem k sterilační teplotě nad 100 °C konstruovány na přetlak proti atmosféře (daný tlakem vodní páry při sterilační teplotě), aby bylo možné dosáhnout inaktivace bakteriálních spor za přiměřenou dobu. Sterilátory dále mohou pracovat kontinuálně nebo vsádkově (Kadlec a kol., 2013).



## 3.2 Vliv sterilace na složky taveného sýra

Sterilace ovlivňuje všechny hlavní složky tavených sýrů, hlavně bílkoviny, tuky a laktózu. Vlivem sterilace lze očekávat průběh těchto chemických reakcí:

- komplex Maillardových reakcí,
- denaturace bílkovin,
- oxidační reakce lipidů,
- izomerace laktózy na laktulózu (Buňka a kol., 2004).

### 3.2.1 Komplex Maillardových reakcí

Maillardovy reakce, také jinak reakce neenzymatického hnědnutí, patří mezi nejvýznamnější a nejrozšířenější chemické reakce. Jedná se o reakci redukcujících sacharidů s aminosloučeninami. Během této reakce vzniká řada reaktivních karbonylových sloučenin, které reagují společně s aminosloučeninami. Bílkoviny reagují s redukcujícími sacharidy pomocí  $\epsilon$ -aminoskupiny vázaného lyzinu, méně  $\alpha$ -aminoskupiny N-koncových aminokyselin. Tyto reakce probíhají při teplotách kolem 140–165 °C a dochází při nich k tvorbě sensoricky aktivních sloučenin. Při Maillardových reakcích vzniká např. i karcinogenní akrylamid. Během reakce vznikají také melanoidiny, což jsou hnědé pigmenty, které jsou žádoucí např. u barvy kůrky u chleba, jsou ale nežádoucí např. u sušených a sterilovaných potravin (Velíšek, 2002; Velíšek a Hajšlová, 2009).

Součástí Maillardových reakcí je i Steckerova degradace aminokyselin (oxidační deaminace). Produktem této reakce jsou karbonylové sloučeniny o jeden atom uhlíku kratší než původní aminokyselina, oxid uhličitý a amoniak. Důsledek Streckerovy degradace může být inkorporace síry a dusíku do produktů Maillardovy reakce. Produkty Streckerových degradací ovlivňují chuť a vůni potraviny (Adamiec a kol., 2001).

### 3.2.2 Denaturace a další reakce bílkovin

Nativní konformace globulárních bílkovin a tím i jejich vlastnosti se mění již mírným účinkem různých fyzikálních faktorů a chemických činidel. Primární struktura proteinů však zůstává zachována. Změny konformace proteinů bývají obvykle nevratné (ireverzibilní). Důsledkem těchto změn je ztráta biologické aktivity a původní funkce proteinů. Denurací se skupina proteinů mění v méně uspořádanou. Nové, původně nepřístupné funkční skupiny,

mohou integrovat s vodou, a proto mnoho bílkovin vykazuje v denaturovaném stavu zvýšenou schopnost vázat vodu. Denuraci vyvolávají fyzikální faktory (nejčastěji změny teploty, tlaku, působení ultrazvuku, pronikavé elektromagnetické záření) (Velíšek, 2002).

Další reakcí proteinů je deaminace. Deaminaci podléhají volné aminokyseliny, ze kterých vznikají  $\alpha$ -keto kyseliny. Produktem deaminace je amoniak. Zároveň vznikají i těkavé mastné kyseliny (Delgado, 2016; Fox a kol., 2017).

### 3.2.3 Oxidační reakce lipidů

Nejběžnějším typem je autooxidace mastných kyselin za podmínek, které přicházejí v úvahu při zpracování nebo skladování potravin. Produktem autooxidace jsou vysoce reaktivní primární produkty oxidace, hydroperoxydy. Ty se mohou změnit na sekundární produkty – aldehydy, ketony, estery, uhlovodíky a kyseliny. Výsledkem přítomnosti těchto látek jsou nežádoucí pachy a chutě (tzv. žluknutí tuků). Při pokojové teplotě se vzdušným kyslíkem oxidují jen nenasycené mastné kyseliny. Za vyšších teplot odpovídajících teplotám pečení, smažení a pražení dochází také k autooxidaci nasycených mastných kyselin (Velíšek a Hajšlová, 2009; Šnirc a kol., 2015). Tavené sýry podléhají oxidaci snadněji, pokud jsou vystaveny světlu (Fernández a kol., 2014).

Mechanismus autooxidace se skládá z iniciace, propagace a terminace a je zobrazen na Obrázku 7.

1. **iniciační fáze:**
  - $R-H \rightarrow R\cdot + \cdot H$  uhlovodíkový radikál (iniciátory, homolytický rozklad)
2. **propagační fáze:**
  - $R\cdot + O_2 \rightarrow R-O-O\cdot$  hydroperoxylový radikál
  - $R-O-O\cdot + R-H \rightarrow R-O-O-H + R\cdot$  hydroperoxid
    - až tisíce článků (vliv teploty,  $pO_2$  aj.)
    - hydroperoxid = primární produkt oxidace
    - rozklad hydroperoxidů
3. **terminační fáze** - vzájemné reakce radikálů, polymery různých typů
  - $R\cdot + R\cdot \rightarrow R-R$  (vazba C-C)
  - $R\cdot + R-O-O\cdot \rightarrow R-O-O-R$  (vazba C-O-O-C)
  - $2 R-O-O\cdot \rightarrow R-O-O-R + O_2$

Obrázek 7 Obecný mechanismus autooxidace uhlovodíkového řetězce (Davídek, 2012)

Mezi další reakce lipidů patří hydrolytické žluknutí, při kterém se uvolňují mastné kyseliny, které u většiny tuků nepůsobí žluknutí. Výjimkou jsou tuky, které obsahují vázané mastné kyseliny s kratším uhlovodíkovým řetězcem. S ketonovým žluknutím lipidů se setkáváme

hlavně u másla. Uvolněná máselná kyselina mu dodává nepříjemný pronikavý pach. Uvolněné mastné kyseliny s 6–10 atomy uhlíku se enzymově oxidují a po odštěpení karboxylu vznikají 2-alkanony. Nejčastěji jsou to 2-pentanon, 2-heptanon a 2-nonanon. Ty mají specifickou parfémovou příchut' (Velíšek, 2002).

Reakcí proteinů s oxidovanými lipidy vznikají lipoproteiny různých typů, v nichž jsou lipidy a proteiny vázány nejen fyzikálními vazbami, ale také kovalentními vazbami. Reakcemi proteinů s hydroperoxydy a volnými radikály se v proteinech štěpí některé vazby a vznikají radikály a oligomery proteinů. Vůči oxidaci jsou nejvíce citlivé aminokyseliny cystein a metionin, dále histidin, tryptofan a fenylalanin (Velíšek, 2002).

### 3.2.4 Izomerace laktózy na laktulózu

Při záhřevu potravin dochází k izomeraci laktózy na laktulózu. Laktulóza vzniká přeměnou glukózy, která je obsažena v laktóze, na její izomer fruktózu. Tento epimer vzniká díky vlivu tepelného záhřevu za mírně alkalických podmínek. Ve výživě je laktulóza považována za prebiotikum, které pomáhá k správné funkci mikroflóry tlustého střeva. Její přítomnost pomáhá rozeznat mléko pasterované od sterilovaného (Fox a McSweeney, 2004; Christison a kol., 2016; Martínez-Monteagudo a Saldaña, 2018).

### 3.2.5 Změny organoleptických vlastností

Většina výše uvedených reakcí, ke kterým dochází vlivem sterilace, ovlivňuje i organoleptické vlastnosti potravin. Textura potraviny je dána zejména obsahem vody a tuku, obsahem a složením polysacharidů, obsahem bílkovin (zejména nerozpustných). Změny textury nastávají při významnějších změnách v obsahu vody nebo tuku, v důsledku destrukce polysacharidů, koagulací nebo hydrolyzou proteinů (Studer a kol., 2004).

Chuť a vůně závisí na obsahu látek s příslušnými vlastnostmi a na jejich koncentraci. Významným zdrojem změn vůně a chuti je tvorba sensoricky aktivních látek.

Vliv sterilačního záhřevu na chuť a vůni není dán jenom vznikem určitých sensoricky aktivních látek v potravíně, ale zejména jejich koncentrací. Intenzivnější tepelné ošetření (80–100 °C) způsobuje vařivou chuť, která je způsobena převážně -SH skupinami, které snižují oxidačně-redukční potenciál a působí tak jako antioxidanty. Aktivní -SH skupiny se během skladování ztrácejí, čímž mizí i vařivá chuť, ale potraviny se stávají snadněji

přístupné oxidačním reakcím. Chuť je ovlivněna oxidačními reakcemi lipidů a vzniká žluklá chuť (Hansen a kol., 1980; Walstra a kol., 2006).

Technologické zpracování ovlivňuje určitým způsobem i barvu potraviny, změny jsou dány zejména degradací přirozených barviv, které se nacházejí v potravině, barevné látky mohou také vznikat při technologickém zpracování. Reakce proteinů při záhřevu ovlivňuje barvu konečného výrobku, kdy dochází ke změně barvy dočervena až dohněda, hnědou barvu způsobují melanoidiny, které vznikají při Maillardových reakcích (Studer a kol, 2004, Lazárková a kol., 2010).

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce bylo sledovat vliv přídavku použitých hydrokoloidů (furcellaranu a karagenanu) na vybrané vlastnosti tavených sýrů a též zjištění, zda je možné tyto hydrokoloidy použít jako náhradu běžných tavicích solí. Dále byl pozorován vliv sterilace a doby skladování na vybrané parametry tavených sýrů. V bakalářské práci byly vyrobeny tavené sýry s rajčatovou příchutí, protože dalším cílem bylo sledování možnosti maskování vařivé příchutě a nežádoucího tmavnutí, které jsou důsledkem sterilačního záhřevu.

Cílem teoretické části bakalářské práce bylo:

- charakterizovat tavené sýry
- charakterizovat karagenan a furcellaran a jejich vliv na konzistenci tavených sýrů
- popsat sterilaci a její vliv na tavené sýry.

Cílem praktické části bylo:

- vyrobit modelové vzorky tavených sýrů s příchutí a s obsahem hydrokoloidů
- provést vybrané analýzy
- vyhodnotit a diskutovat výsledky a vyvodit závěry.

## 5 METODIKA

V bakalářské práci byly vyrobeny tavené sýry (obsah sušiny 40 % hm., obsah tuku v sušině 55 % hm.) bez přídavku tavicích solí s příchutí rajčete, která by měla maskovat tmavnutí a vařivou příchut' sýrů způsobené vlivem sterilace. Jako náhrada tavicích solí byl použit furcellaran a  $\kappa$ -karagenan v množství 1 % hm. Polovina vzorků byla sterilována, druhá nikoli. Celkem byly vyrobeny 4 vzorky. Zároveň byl prováděn skladovací pokus, kdy sterilované vzorky byly skladovány při pokojové teplotě ( $23\pm 2$  °C) a nesterilované při teplotě  $5\pm 2$  °C po dobu 3 měsíců.

### 5.1 Výroba vzorků taveného sýra

K výrobě vzorků tavených sýry byly použity suroviny, které jsou vypsány v Tabulce 2. Eidamská cihla byla nakrájena na menší kostičky a všechny suroviny byly naváženy a poté dány do tavicího zařízení (Vorwerk Thermomix, Wuppertal, Německo). V přístroji došlo k zahřátí směsi na 90 °C a tato tavicí teplota byla udržována po dobu 1 minuty. Po utavení byla hmota přelita do hliníkových misek, které byly zataveny na zařízení výrobce Nirosta spol. s.r.o. (Chlumec nad Cidlinou, Česká republika). Polovina vzorků byla dána do chladničky a skladována při teplotě  $5\pm 2$  °C. Druhá polovina byla zchlazena na 25 °C a sterilována v autoklávu Fedegari FV A2/A1 (Fedegari Autoclavi, Albuzzano, Itálie) při teplotě 120 °C po dobu 10 minut. Sterilované vzorky byly skladovány při laboratorní teplotě  $23\pm 2$  °C.

Tabulka 2 Surovinová skladba

Surovina	Množství [kg]
Eidamská cihla 30 %	0,150
Máslo	0,230
NaCl	0,010
Pitná voda	0,460
Hydrokoloid	0,00970
Micelární kazein	0,100
Rajče	0,010

## 5.2 Použité metody analýzy

Vyrobené vzorky nesterilovaných a sterilovaných tavených sýrů byly podrobeny chemické analýze, instrumentální analýze barvy a texturní analýze. Všechny analýzy byly provedeny 7., 30. a 90. den od data výroby.

### 5.2.1 Stanovení hodnoty pH

Hodnota pH je definována jako opačná hodnota dekadického logaritmu aktivity oxoniových kationtů. Ve zředěných vodných roztocích lze hodnotu aktivity vyjádřit jako (Clark, 2002):

$$pH = -\log (c(H_3O^+))$$

Hodnota pH byla stanovena pomocí kalibrového vpichového pH metru (HI 99161, Hanna Instruments), který byl zapíchnut do vzorku a poté byla po ustálení odečtena hodnota. Měření bylo u každého vzorku provedeno třikrát.

### 5.2.2 Stanovení obsahu sušiny

Stanovení obsahu sušiny patří mezi nejčastější analýzy používané v potravinářském průmyslu. Nejběžnější metoda stanovení obsahu sušiny je metoda sušení vzorku. Stanovení je založeno na ztrátě hmotnosti po vysušení (Mathlouthi, 2001).

Z každého vzorku byla provedena 3 stanovení. Na analytických vahách (Selva–váhy s.r.o., GR–200, Česká republika) byla navážena hmotnost 3 g s přesností na 4 desetinná místa. A vzorky navážené do hliníkových vysoušeček byly vloženy do sušárny a byly vysušeny při teplotě 105 °C po dobu cca 5 hodin do dosažení konstantního úbytku hmotnosti. Poté byly vloženy do exikátoru a zchlazeny na laboratorní teplotu. Po zchlazení byly hliníkové vysoušečky zváženy na analytických vahách, aby bylo možné vypočítat obsah sušiny ve vzorcích.

Obsah sušiny se počítá podle vzorce:

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

w.....obsah vody [%]

m<sub>1</sub>.....hmotnost hliníkové vysoušečky s mořským pískem před sušením [g]

m<sub>2</sub>.....hmotnost hliníkové vysoušečky s mořským pískem a vzorkem taveného sýra před sušením [g]



$m_3$ .....hmotnost hliníkové vysoušečky s mořským pískem a vzorkem taveného sýra po sušení [g]

$$S = 100 - w$$

s.....obsah sušiny [%]

### 5.2.3 Stanovení vodní aktivity

Aktivita vody je ukazatelem obsahu vody, která není vázaná na jiné složky potravin a je tak vhodným prostředím pro růst mikroorganismů. Hodnota vodní aktivity potravin se pohybuje v rozmezí 0–1. Hodnotu jedna má pouze voda (Nielsen, 2010).

Hodnota vodní aktivity byla stanovena po kalibraci na přístroji AquaLab (AquaLab, Pullman, USA), kdy byl do testovací nádoby umístěn vzorek, tak aby pokrýval celé dno. Stanovení bylo u každého vzorku provedeno třikrát.

### 5.2.4 Stanovení obsahu amoniaku

Ze vzorku dojde k vyloučení amoniaku nasyceným roztokem uhličitanu draselného, který se přijme do roztoku kyseliny borité a stanoví se titračně pomocí roztoku kyseliny sírové (Kadlec a kol., 2013).

Bylo naváženo 5 g vzorku, který byl smíchán s 15 ml destilované vody a zhomogenizován. Homogenizovaný vzorek byl odstředěn po dobu 10 minut při 6000 ot/min. Do vnitřního prostoru Conwayovy nádoby byl napipetován 1 ml 1% kyseliny borité a přidány 2 kapky indikátoru podle Conwaje. Na jednu stranu vnějšího prostoru Conwayovy nádoby byl napipetován 1 ml nasyceného roztoku uhličitanu draselného a na druhou stranu 1 ml supernatantu z odstředěného vzorku. Poté se obsah nádoby lehce promíchal, tak aby se spojily kapaliny ve vnější straně nádoby a nakonec byla nádobka po uzavření ponechána 2 hodiny při laboratorní teplotě. Následně byl vnitřní obsah nádoby titrován kyselinou sírovou o koncentraci 0,005 M. Měření bylo provedeno třikrát a obsah amoniaku byl vypočítán podle vzorce:

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

$NH_3$  .....obsah amoniaku [mg/kg]

$V_{H_2SO_4}$  .....spotřeba  $H_2SO_4$  při titraci [ml]

$F_{H_2SO_4}$  .....faktor  $H_2SO_4$  [-] (Pipek, 1991).

### 5.2.5 Stanovení hodnoty TBARS

Malondialdehyd vzniká jako sekundární produkt oxidace polynenasycených mastných kyselin. Je využíván jako biomarker oxidace lipidů, díky jednoduché reakci s kyselinou tiobarbiturovou– tzv. TBARS test (thiobarbituric acid reactive substances = sloučeniny reagující s kyselinou tiobarbiturovou) (Shahidi a Zhong, 2005).

Bylo naváženo 5 g vzorku, které bylo ve zkumavce smícháno s 15 ml 3,86 % kyseliny chloristé a 0,5 ml 4,2 % etanolového roztoku butylhydroxytoluenu. Vzorek byl dán na třepačku na 15 minut a poté do odstředivky na 5 minut při 6000 ot/min. Dále byl vzorek přefiltrován přes filtrační papír a 4 ml filtrátu byly napipetovány do zkumavek s 4 ml  $0,02\text{mol/dm}^3$  kyselinou tiobarbiturovou. Byly provedeny i 2 slepé vzorky. Slepý vzorek 1 byl připraven smícháním 5 ml destilované vody s 15 ml 3,86 % kyseliny chloristé a 0,5 ml 4,2 % etanolového roztoku butylhydroxytoluenu. Slepý vzorek 2 představoval 4 ml přefiltrované vzorku a 4 ml destilované vody. Zkumavky ve vodní lázni byly přivedeny k varu po dobu 45 minut. Nakonec byly zchlazeny a byla změřena absorbance při vlnové délce 450 nm. Měření bylo provedeno třikrát u každého vzorku a hodnota TBARS byla vypočítána podle vzorce:

$$TBARS = \frac{A_{vz} - A_{S1} - A_{S2}}{m} \times 1000$$

TBARS.....hodnota TBARS [ $A_{450}/\text{mg}$ ]

$A_{vz}$ .....absorbance vzorku [-]

$A_{S1}$ .....absorbance slepého vzorku 1 [-]

$A_{S2}$ .....absorbance slepého vzorku 2 [-]

$m$ .....navážka vzorku [g] (Pipek, 1991).

### 5.2.6 Instrumentální analýza barvy

K měření barvy se používají kolorimetry a spektrofotometry. Kolorimetry zachycují tři základní barvy viditelné lidským okem, a to červenou, zelenou a modrou. Kolorimetry se obvykle používají při rutinní kontrole potravin. Spektrofotometry měří propustnost objektu

v celém spektru vlnových délek viditelného světla. Jsou přesnější než kolorimetry (Warris, 1999).

Pro analýzu byl použit spektrofotometr HunterLab UltraScan Pro (Hunter, Reston, USA).

Stanovovanými parametry byly jas  $L^*$  (0=černá barva a 100=bílá barva), zelenočervená složka  $a^*$  a modrožlutá složka  $b^*$ . Analýza byla provedena s osvětlením D65 a  $10^\circ$  posuzovatelem (Thomareis a Dimitreli, 2022). Vzorek taveného sýra byl nanesen do měřicí cely a umístěn na čočku přístroje. Měření probíhalo u každého vzorku třikrát.

### 5.2.7 Stanovení tvrdosti

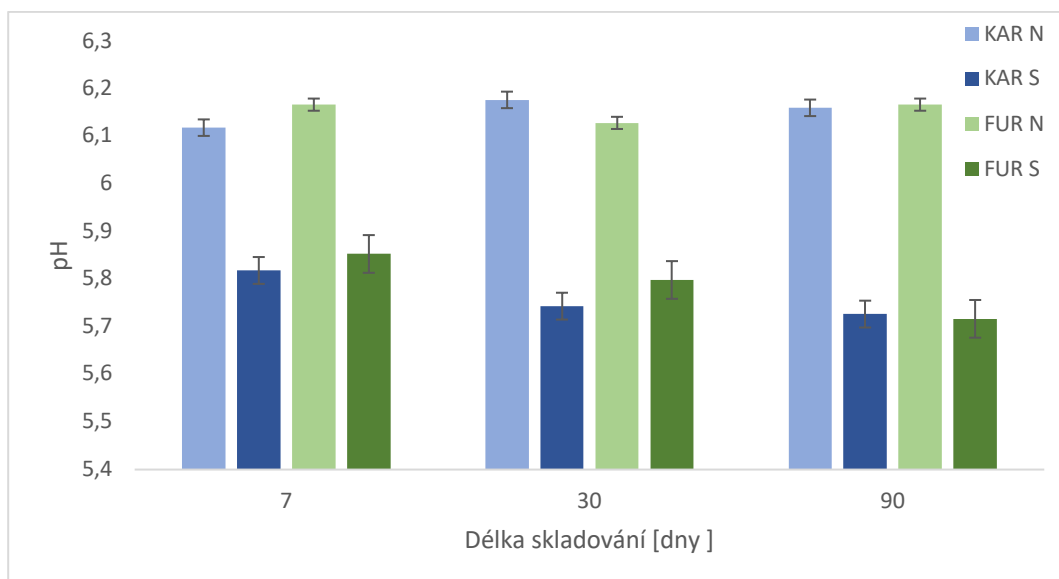
Analýza tvrdosti je součástí texturní profilové analýzy potravin. Výsledkem je graf závislosti síly na čase, ze kterého lze kromě tvrdosti (tj. maximální síla při první kompresi) odečíst nebo vypočítat také křehkost, přilnavost, pružnost a další texturní parametry (Weiserová a kol., 2011).

Analýza byla provedena pomocí texturního profilového analyzátoru TA.XTplus (Stable Micro Systems, Godalming, Velká Británie). Vzorky byly podrobeny dvojnásobné kompresi o 25 % původní výšky, a to válcovou sondou o průměru 2 cm (rychlost deformace byla 2 mm/s). Měření bylo provedeno třikrát u každého vzorku.

## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 6.1 Stanovení hodnoty pH

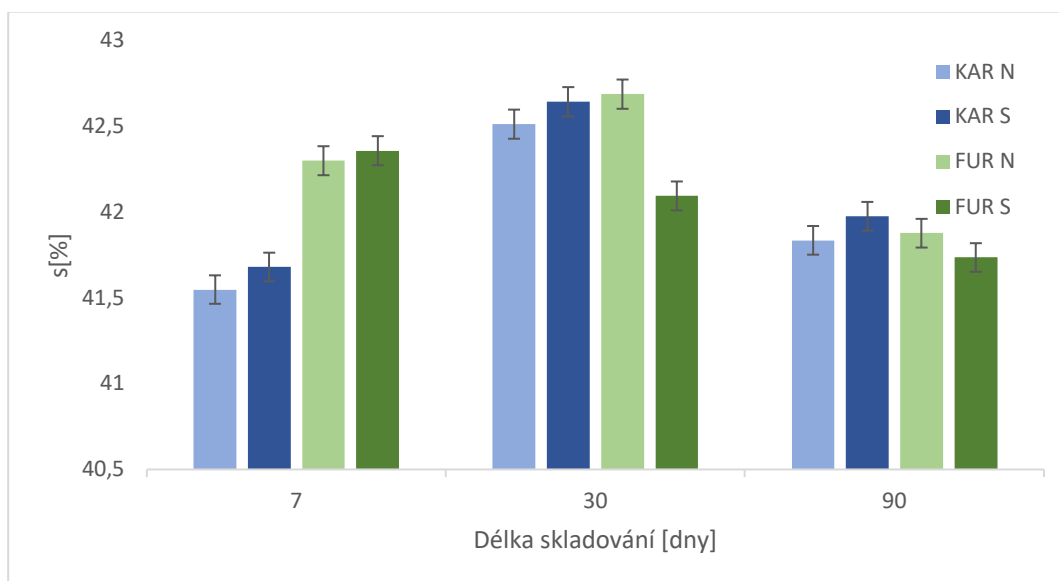
Výsledky stanovení pH jsou zobrazeny na Obrázku 8. Hodnoty pH u sterilovaných vzorků se pohybovaly v rozmezí od 5,71 do 5,84 a u nesterilovaných vzorků od 6,11 do 6,19, což odpovídá optimálním hodnotám, které by u tavených sýrů měly být v rozmezí 5,6 až 6,1 (Buňka a kol., 2009) Největší vliv na hodnoty pH měla sterilace, kdy došlo k poklesu pH o 0,4. V průběhu skladování se pH nijak výrazně neměnilo, u sterilovaných tavených vzorků pH nepatrně klesalo. Stejně tak použitý druh hydrokoloidů hodnoty pH zásadně neovlivnil.



Obrázek 8 Výsledky stanovení hodnoty pH

### 6.2 Stanovení obsahu sušiny

Výsledky stanovení obsahu sušiny jsou na Obrázku 9. Obsah sušiny se během skladování nesterilovaných i sterilovaných vzorků tavených sýrů pohyboval v rozmezí 41,6–42,7 % hm. bez ohledu na použitý hydrokoloid. To víceméně odpovídá parametrům zadané surovinové skladby (40 % hm.). Mírně vyšší sušina byla pravděpodobně způsobena vyšší sušinou použité eidamské cihly. Vzorky byly baleny a skladovány hermeticky (tzn. v obalech nepropustných pro vlhkost), a proto se obsah sušiny neměnil ani vlivem sterilace, ani použitým hydrokoloidem, ani v průběhu skladování.



Obrázek 9 Výsledky stanovení obsahu sušiny

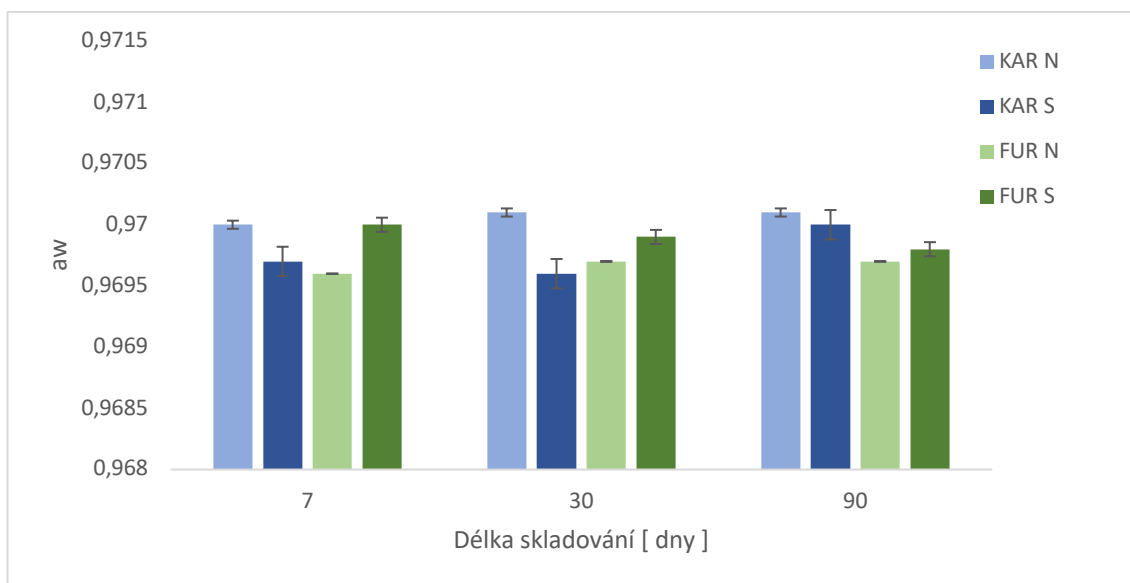
### 6.3 Stanovení vodní aktivity

Výsledky stanovení vodní aktivity jsou znázorněny na Obrázku 10. Aktivita vody se u všech tavených sýrů pohybovala v úzkém rozmezí (0,9696–0,9701). Sterilace, použité hydrokoloidy ani skladování neměly vliv na hodnotu vodní aktivity. Aktivita vody je definována jako poměr tlaku vodních par potraviny ke tlaku par destilované vody a jedná se o vodu, která je dostupná v médiu pro chemické a biochemické reakce. Čím je vyšší hodnota vodní aktivity, tak je potravina náchylnější k mikrobiálnímu kažení. Vzorky analyzované v této bakalářské práci mají vysoké hodnoty vodní aktivity, a tudíž mohou snadněji podléhat mikrobiálnímu kažení (např. bakterie vyžadují hodnotu vodní aktivity minimálně 0,93, kvasinky 0,83 a plísně jsou nejtolerantnější, potřebná hodnota aktivity vody je 0,75) (Klaban, 2011).

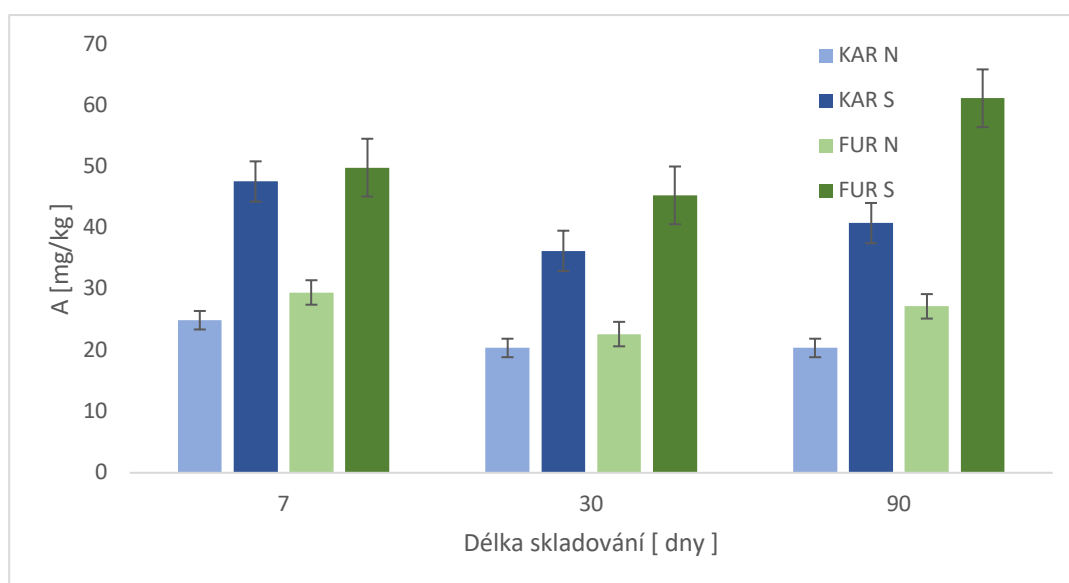
### 6.4 Stanovení obsahu amoniaku

Výsledky stanovení obsahu amoniaku jsou prezentovány na Obrázku 11. U nesterilovaných vzorků se obsah amoniaku pohyboval v rozmezí 20–30 mg/kg a u sterilovaných se pohyboval v rozmezí 36–61 mg/kg. Obsah amoniaku byl 2krát vyšší u sterilovaných vzorků, z čehož vyplývá, že sterilace ovlivňuje obsah amoniaku. Podobné výsledky byly publikovány v práci Škubníková (2021), kdy obsah amoniaku byl u sterilovaných tavených sýrů vyšší 2x až 3x než u nesterilovaných vzorků. Podobné výsledky byly také publikovány

ve studii Bubelová a kol. (2015), kdy autoři prezentovali zvýšení obsahu amoniaku vlivem sterilace tavených sýrů. Při sterilačním záhřevu dochází např. ke Streckerově degradaci aminokyselin, jejímž produktem je právě amoniak (Buňka a kol., 2009). Vliv hydrokoloidů ani skladování neměly významný vliv na obsah amoniaku.



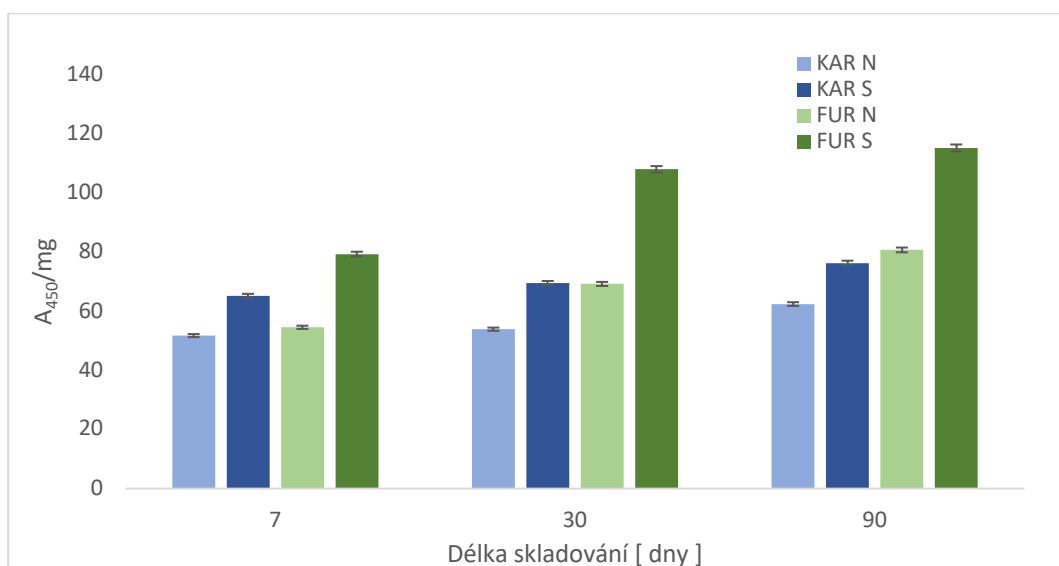
Obrázek 10 Výsledky stanovení vodní aktivity



Obrázek 11 Výsledky stanovení obsahu amoniaku

## 6.5 Stanovení hodnoty TBARS

Výsledky stanovení hodnoty TBARS jsou zobrazeny na Obrázku 12. Hodnoty TBARS se u nesterilovaných tavených sýrů pohybovaly v rozmezí 52–81, u sterilovaných v rozmezí 65–115. Vlivem sterilace došlo ke zvýšení hodnot TBARS, což je dáno zvýšením jednoho z hlavních sekundárních produktů oxidace tuků – malondialdehydu a lze konstatovat, že sterilizační záhřev zapříčinil intenzivnější průběh oxidačních reakcí lipidů (Shahidi a Zhong, 2005). V práci Škubníková (2021) byl také popsán nárůst tiobarbiturového čísla vlivem sterilace tavených sýrů, které se zvýšilo 4krát až 6krát oproti původním hodnotám v nesterilovaných vzorcích. Během skladování hodnoty TBARS mírně stoupaly přibližně o 15 %. Vzorky s obsahem furcellaranu vykazovaly vyšší hodnoty TBARS ve srovnání se vzorky, které obsahovaly karagenan, zejména u sterilovaných vzorků.

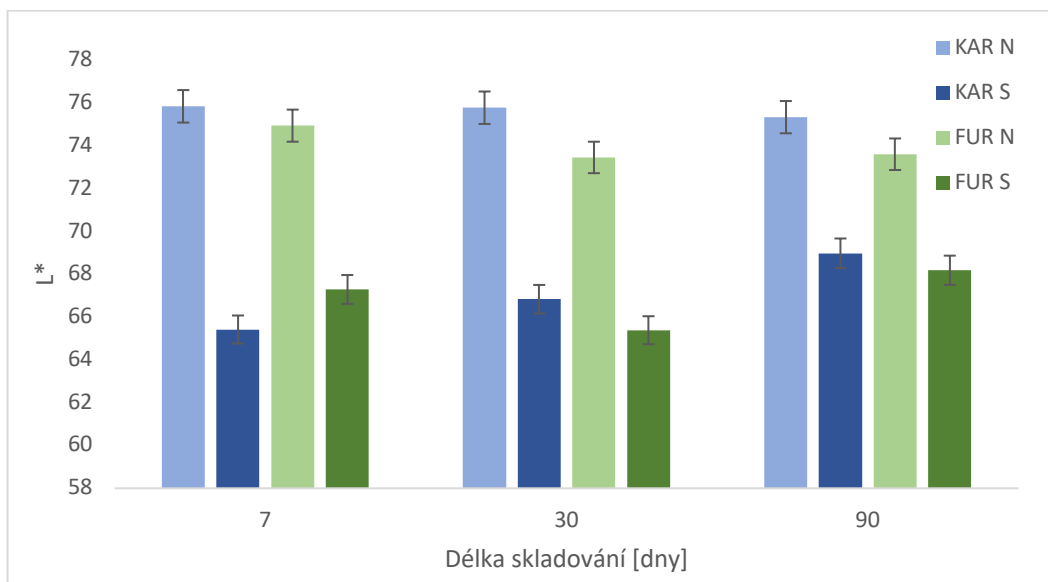


Obrázek 12 Výsledky stanovení hodnoty TBARS

## 6.6 Instrumentální analýza barvy

Výsledky instrumentální analýzy barvy jsou znázorněny na obrázcích 13–15. Hodnoty světelnosti ( $L^*$ ; viz Obrázek 13) se lišily u sterilovaných a nesterilovaných vzorků tavených sýrů. U nesterilovaných vzorků se hodnoty pohybovaly v rozmezí 74–76. U sterilovaných tavených sýrů se hodnoty pohybovaly v rozmezí 65–69. Sterilované vzorky byly tmavší, jelikož vlivem sterilace dochází ke změně barvy (tmavnutí). Podobné výsledky byly publikovány v práci Lazárková (2009), kde u sterilovaných tavených sýrů došlo k poklesu

jasu ve srovnání s nesterilovanými. Tmavnutí je způsobeno produkty Maillardových reakcí, hnědými pigmenty melanoidiny (Osthoff, 2011). Samotné hydrokoloidy neměly na světelnost vzorků významný vliv. Podobně se světelnost neměnila ani během skladování tavených sýrů.

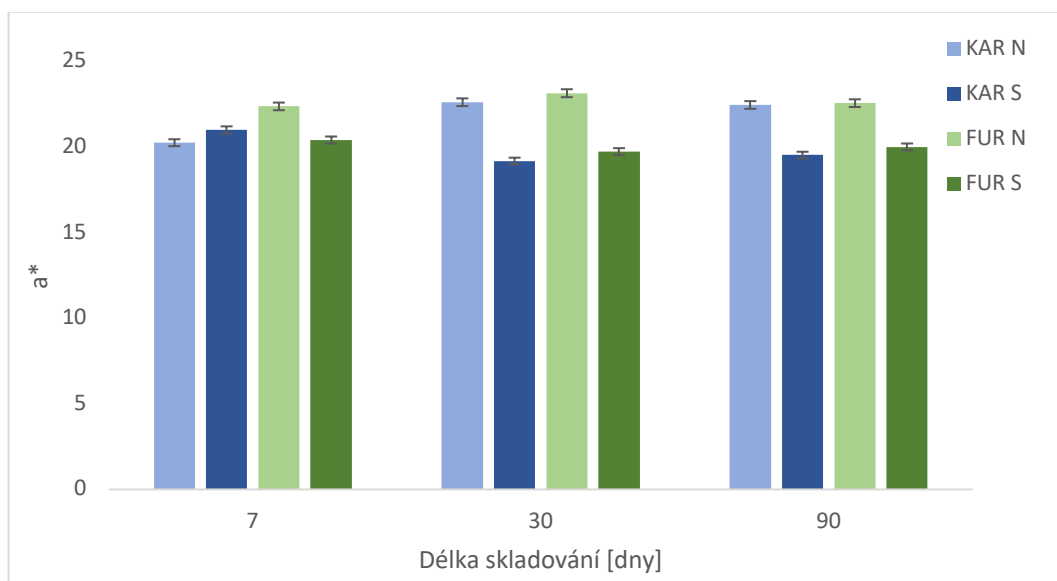
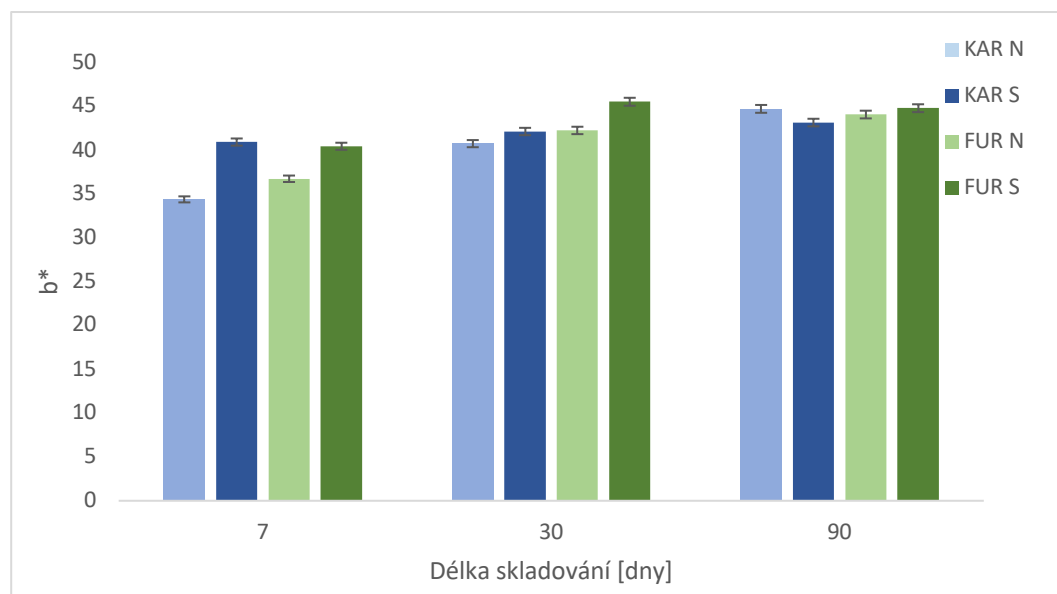


Obrázek 13 Výsledky stanovení instrumentální analýzy barvy –  $L^*$

Zelenočervená složka ( $a^*$ , Obrázek 14) se u sterilovaných a nesterilovaných vzorků významně nelišila, i když došlo k mírnému snížení hodnot  $a^*$  vlivem sterilace (z původních 20–23 u nesterilovaných vzorků na 19–21 u vzorků sterilovaných). Podle výzkumu Lazárková (2009) došlo u tavených sýrů k posunu chromaticity do červené oblasti vlivem sterilační teploty. Z výsledků získaných v této bakalářské práci je patrné, že přidáním rajčatové složky do surovinové skladby tavených sýrů došlo pravděpodobně k zamaskování barevné změny vlivem sterilačního záhřevu. Vliv použitého hydrokoloidu ani délky skladování pozorován nebyl.

Aplikace karagenanu/furcellaranu a skladování neovlivnily ani hodnoty modrozluté složky ( $b^*$ , Obrázek 15). Sterilace způsobila mírné zvýšení  $b^*$  po 7 dnech skladování a v případě přídatku furcellaranu i po 30 dnech skladování. Nicméně se nepotvrdil závěr výzkumu Jedouňková a kol. (2022), ve kterém bylo zjištěno, že sterilace zapříčinila významné žloutnutí tavených sýrů. Opět je tedy možné předpokládat, že se alespoň částečně podařilo zamaskovat barevné změny jako důsledek sterilace.

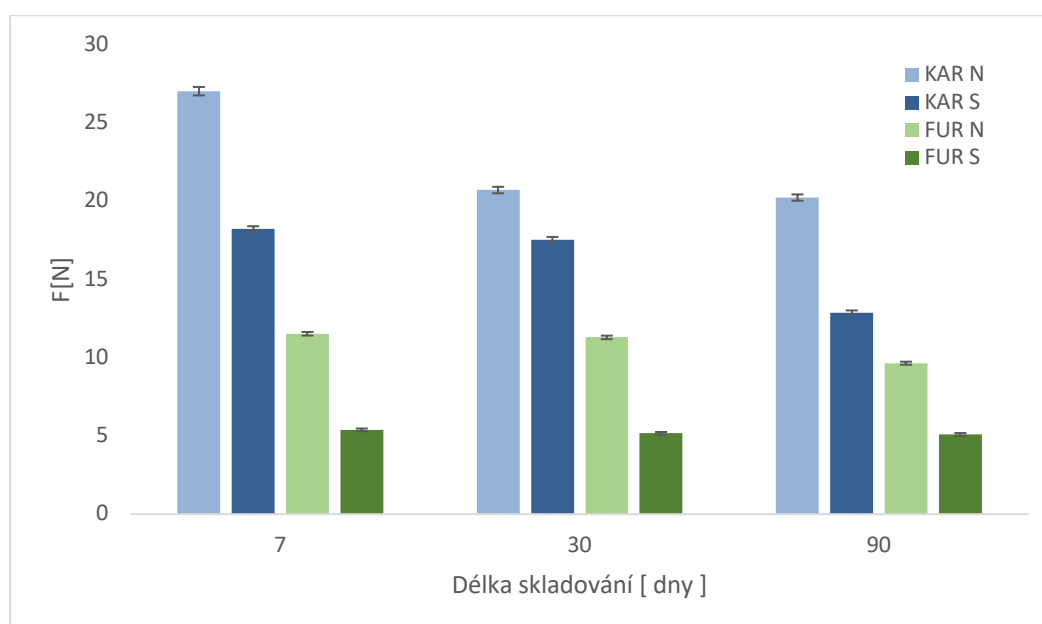


Obrázek 14 Výsledky stanovení instrumentální analýzy barvy –  $a^*$ Obrázek 15 Výsledky stanovení instrumentální analýzy barvy –  $b^*$ 

## 6.7 Stanovení tvrdosti

Výsledky stanovení tvrdosti jsou prezentovány na Obrázku 16. Největší rozdíl byl zaznamenán mezi použitými hydrokoloidy. Vzorky s karagenanem byly tvrdší (tvrdost se pohybovala v rozmezí 13–27 N) než vzorky s furcellaranem (5–12 N). Karagenan tedy lze považovat za účinnější ve zpevnění tavených sýrů ve srovnání s furcellaranem. V diplomové práci Halamková (2023) bylo uvedeno, že největší vliv na texturu tvarohových

roztíratelných sýrů má právě karagenan. V diplomové práci Novák (2013) bylo zjištěno, že největší vliv na tvrdost tavených sýrů měl také karagenan. Délka skladování měla na tvrdost tavených sýrů jen nepatrný vliv. Naproti tomu sterilaci došlo k poklesu tvrdosti v případě obou hydrokoloidů (z 10–27 N u nesterilovaných tavených sýrů na 5–18 N u sterilovaných). Publikace Jedouňková a kol. (2022) uvádí, že sterilační záhřev měl za následek tuhnutí tavených sýrů, nicméně v našem případě byly vyrobeny tavené sýry bez tavicích solí a pravděpodobně se zde uplatnily jiné faktory vedoucí k měknutí produktů.



Obrázek 16 Výsledky stanovení tvrdosti

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo pozorovat vliv použitých hydrokoloidů na tavené sýry, vliv sterilace, vliv doby skladování, a nakonec také zamaskování negativních projevů sterilace. Vlivy byly pozorovány skrze chemické analýzy, analýzu barvy a texturní analýzu. Jedním ze závěrů bakalářské práce je zjištění, že karagenan i furcellaran je možné využít jako náhradu běžných fosforečnanových tavicích solí.

Z výsledků vyplynulo že největší vliv na tavené sýry měla sterilace, která způsobila:

- pokles pH o cca 0,4;
- dvojnásobný nárůst amoniaku oproti nesterilovaným taveným sýrům, (je to způsobeno Streckerovou degradací aminokyselin, která probíhá při sterilačním záhřevu a jejímž produktem je právě amoniak);
- zvýšení hodnoty TBARS (což je dáno zvýšením obsahu malondialdehydu) a tedy intenzivnější průběh oxidačních reakcí lipidů;
- tmavnutí tavených sýrů vlivem snížení  $L^*$  (způsobeno Maillardovými reakcemi);
- měknutí vzorků, tj. snížení jejich tvrdosti.

Vliv použitého hydrokoloidů byl následující:

- vzorky s obsahem furcellaranu vykazovaly vyšší hodnoty TBARS ve srovnání se vzorky s přídatkem karagenanu;
- vzorky s karagenanem byly tvrdší než vzorky s furcellaranem – (vhodnou volbou hydrokoloidu tak lze vyrobit tavený sýr s požadovanou konzistencí).

Tříměsíční skladování mělo na vlastnosti tavených sýrů jen nepatrný vliv. Došlo např. k mírnému zvýšení hodnot TBARS.

Protože zelenočervená složka ( $a^*$ ) i žlutomodrá složka ( $b^*$ ) u nesterilovaných a sterilovaných vzorků významně nelišily, je možné konstatovat, že se pomocí rajčatové složky alespoň částečně zamaskovat barevné změny způsobené sterilací, což bylo účelem.

V dalších výzkumech je možné experimentovat s jinými příchutěmi (např. červená paprika, šunka), které mají maskovat tmavnutí a barevné změny způsobené sterilačním záhřevem. Dále by bylo vhodné zjistit, zda přidáním rajčatové složky došlo k zamaskování vařivé chuti, a to pomocí sensorické analýzy a případně i analýzy těkavých látek.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

AHMAD, S., M. S. BUTT, I. PASHA a A. SAMEEN, 2016. Quality of processed cheddar cheese as a function of emulsifying salt replaced by  $\kappa$ -carrageenan. *International Journal of Food Properties* 1874–1883. ISSN 1532-2386

ADAMIEC, J., CEJPEK, K., RÖSSNER, J., VELÍŠEK, J., 2001 *Novel Strecker degradation products of tyrosine and dihydroxyphenylalanine*. *Czech Journal of Food Science*, 13-18

ÁLVAREZ, C., BANCES, M., RENDUELES M. a DÍAZ M., 2009. Functional properties of isolated porcine blood proteins. *International journal of food science and technology*. 807-84. ISSN 0950-5423.

BUŇKA F., HRABĚ J., HOZA I., 2006. *Tavené sýry ve výživě člověka. Výživa a potraviny*, 135-136 s. ISSN 1211- 846X.

BUŇKA F., BUŇKOVÁ L., KRÁČMAR S., 2009. *Vybrané hydrokoloidy a emulgátory ve výrobě tavených sýrů*. *Acta fytotechnica et zootechnica*. Nitra: Slovak University of Agriculture in Nitra. ISSN 1336-9245.

BUŇKA F., BUŇKOVÁ L., KRÁČMAR S., 2009. *Základní principy výroby tavených sýrů: Basic principles of processed cheese production: monografie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. *Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. ISBN 978-80-7375-336-8.

BUWALDA, P.L., 2014. Formulating gelatin free products. DAR, Yadunandan Lal Light a Light. M. JOSEPH, ed. *Food Texture Design and Optimization* [online]. John Wiley, s. 93-107

CLARK, J., 2002. The ionic product of water [online]. [cit. 2024-04-01].

ČERNÍKOVÁ, M, BUŇKA, F, PAVLÍNEK, V, BŘEZINA, P, HRABĚ, J, VALÁŠEK, P., 2008. *Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese*. *Food hydrocolloids*. Elsevier, s. 1054-1061. ISSN 0268005X.

ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., POSPIECH, M., TREMLOVÁ, B., HLADKÁ, K., PAVLÍNEK, V., BŘEZINA, P., 2010. *Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production*. *International Dairy Journal*, 20(5)

ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje*. Vyhláška č. 397/2016 Sb. [Online] *Zákony pro lidi*, 1. 1 2017.

DAMODARAN, S., PARKIN, K., 2017. *Food chemistry*. Apple Academic Press. ISBN 9781482208122.

DAVÍDEK, J., 4. AUTOOXIDACE A DALŠÍ REAKCE LIPIDŮ [online]. [cit. 2024-03-17]

DELGADO, R. M., HIDALGO F., J., ZAMORA R., 2016. *Antagonism between lipid-derived reactive carbonyls and phenolic compounds in the Strecker degradation of amino acids*. *Food Chemistry*. ISSN 0308-8146

DIAZ-MONTES, E., 2021. *Dextran: Sources, Structures, and Properties*. str. 554-565. ISSN 2673-4176,

EL-BAKRY, M., DUGGAN E., O'RIORDAN D., O'SULLIVAN M.G., 2011. *Effect of cation, sodium or potassium, on casein hydration and fat emulsification during imitation cheese manufacture and post-manufacture functionality*. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 44(10), 2012-2018 [cit. 2024-04-01]. ISSN 00236438.

EVROPSKÁ UNIE. Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách. *EUR-Lex*.

FELLOWS, P.J., 2022a. *Food Processing technology: Principles and practice*, 5th Edition. Cambridge: Woodhead Publishing, 357–387. Kapitola 11. Heat sterilisation. ISBN 978-0-323-85737-6.

FERNANDES, R., 2009. *Dairy products*. Cambridge: Leatherhead Publishing, 173 s. ISBN 978-1-9052-2462-3.

FERNÁNDEZ, M., GANAN M., GUERRA, C., HIERRO, E., 2014. *Protein oxidation in processed cheese slices treated with pulsed light technology*. *Food Chemistry*[online].ISSN 0308-8146.

FOX, P. F., GUINEE, T. P., COGAN, T. M., MCSWEENEY, P. L. H., 2017. *Fundamentals of Cheese Science* [online].

FOX, P.F., MCSWEENEY, P.L.H., 2004. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Springer - Verlag, 478 s. ISBN 978-0-412-72000

PHILLIPS, G.O., WILLIAMS E., 2009. *Handbook of hydrocolloids*, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition.

GUINEE, T. P., 2003. *Pasteurized Processed Cheesse Product. Encyclopedia of Dairy Science*, vol. 1, 411-418. ISBN 0122272358.

GUINEE, T.P., O'KENNEDY, B.T., 2007. *Reducing salt in cheese and dairy spreads* [online]. Elsevier. ISBN 9781845690182

HALAMKOVÁ, V., 2023. *Přídavek vybraných hydrokoloidů na viskoelastické vlastnosti roztíratelných tvarohových sýrů*. Vedoucí Salek, Richardos Nikolaos. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav technologie potravin.

HANSEN, A.P., SWARTZEL, K.R., GIESBRECHT, F.G., 1980. *Effect of temperature and time of processing and storage on consumer acceptability of ultra-high-temperature steam injected whole milk*. Journal of Dairy Science, s. 187 – 192.

HOLDSWORTH, S.D., 2004. *Optimising the safety and quality of thermally processed packaged foods*. In: RICHARDSON, P., ed. Improving the termal processing of foods. Cambridge: Woodhead Publishing, 3–31. ISBN 978-0-8493-2549-6.

CHRISTISON, T., FISHER, C., YANG, H., LOPEZ, L., 2016: *Fast Determinations of Lactose and Lactulose in Milk Products Using HPAE-PAD* [online], vid. 22. 1. 2017.

JANŠTOVÁ, B. A KOL., 2012, *Technologie mléka a mléčných výrobků. 1. vyd. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno*, 141 s. ISBN 978-80-7305-637- 7.

JEDOUNKOVÁ, A., LAZAROVÁ, Z., HAMPELOVÁ, L., KŮROVÁ, V., POSPIECH, M., et al. 2022. *Critical view on sterilisation effect on processed cheese properties designed for feeding support in crisis and emergency situations*. Online.

KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M., 2010. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 536 s. ISBN 978-80-7418-051-4.

KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M., 2013. *Procesy a zařízení v potravinářství a biotechnologiích*. Monografie (Key Publishing). Ostrava: Key Publishing. ISBN 978-80-7418-163-4.

KADLEC, P., 2002. *Technologie potravin II*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, , 236 s. ISBN 80-7080-510-2.

KLABAN V., 2011. *Ekologie mikroorganismů: ilustrovaný lexikon – biologie, ekologie a patogenity mikroorganismů*. Galén, Praha, 549 s., ISBN: 978-80-7262-770-7.

KWAK, H.S., S.S. CHOI, J. AHN a S.W. LEE, 2002. *Casein hydrolysate fractions act as emulsifiers in process cheese*. Journal of Food Science. ISSN 1750-3841.

LAAMAN, T. R., ed., 2011. *Hydrocolloids in Food Processing* [online]. USA: John Wiley&Sons [cit. 2021-12-02]. ISBN 978-1-5231-1863-2.

LAZÁRKOVÁ, Z., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., VALÁŠEK, P., KRÁČMAR, S., HRABĚ, J., 2010. *Application of different sterilising modes and the effects on processed cheese quality*. Czech Journal of Food Sciences, ISSN 1805-9317

LAZÁRKOVÁ, Z., 2009. *Faktory ovlivňující jakost sterilovaných tavených sýrů*. Vedoucí Hrabě, Jan. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav potravinářského inženýrství.

LEE, S.K., ANEMA, S. a KLOSTERMEYER, H., 2004. *The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads*. International Journal of Food Science and Technology, 39, 763-771.

LI, L., NI, R., SHAO, Y., MAO, S., 2014. *Carrageenan and its applications in drug delivery*. Carbohydr. Polym. 103, s. 1-11. ISSN 0144-8617

MARANGONI JÚNIOR, L., PIOLI VIEIRA, R., JAMRÓZ, E., RODRIGUES ANJOS, C. A., 2021. *Furcellaran: An innovative biopolymer in the production of films and coatings*. Online. roč. 2021, s. 252. [cit. 2024-03-31].

MARTÍNEZ-MONTEAGUDO, S. I., SALDAÑA D.A., 2015. *Kinetics of lactulose formation in milk treated with pressure-assisted thermal processing*. Innovative Food Science & Emerging Technologies [online]., 28, 22-30 ISSN14668564.

MATHLOUTHI, M., 2001. *Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs*. Food Control [online]. 409-417 [cit. 2024-03-16]. ISSN 09567135.

Miciński, J., Kowalski, I., Szarek, J., & Zwierzchowski, G. (2013). *Health-promoting properties of selected milk components*. Journal of Elemntology

MULSOW, B.B., JAROS, D., ROHM, H., 2007. *Processed Cheese and Cheese Analogues*. In Tamime, A.Y. (Ed.) Structure of Dairy Products, 1st ed. Blackwell Publishing Ltd, Oxford. s. 210-235.

NEČAS, BARTOŠÍKOVÁ, 2013. *Caragenan* Online. roč. 2013, s. 187-205. ISSN 0375-8427.

- NIELSEN, S. 2010. *Food analysis*. 4th ed. New York: Springe. ISBN 978-1 4419-1478-1.
- NOVÁK, Pavel. *Vliv koncentrace vybraných hydrokoloidů na texturní vlastnosti tavených sýrů*. Vedoucí Nagyová, Gabriela. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav technologie potravin, 2013
- OSTHOFF, G., E. SLABBER, W. KNEIFEL a K. DÜRRSCHMID. *Flavours and Flavourants, Colours and Pigment*. TAMIME, A. Y., 2011, ed. *Processed Cheese and Analogues* [online]. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2011-05-25, s. 133-147 [cit. 2024-04-19]. ISBN 9781444341850
- PACHECO-QUITO, E-M., RUIZ-CARO, R., VEIGA, M-D., 2020. *Carrageenan: Drug Delivery Systems and Other Biomedical Applications*. *Mar. Drugs*; s. 583 ISSN 1660-3397
- PHILLIPS, G. O., WILLIAMS, P. A., 2009 *Introduction to food hydrocolloids*. EDITED BY GLYN O. PHILLIPS., *Handbook of hydrocolloids*. 2nd rev. ed. Cambridge: Woodhead Pub. ISBN 978-184-5695-873
- PIPEK, Petr, 1991. *Návody pro laboratorní cvičení z technologie neúdržných potravin*. 2. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. ISBN 80-7080-104-2
- RAYMENT, W.J., 2008. *Furcellaria lumbricalis Clawed for weed*, In Tyler Walters H. *Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity*. Key information Reviews[online]
- SAHA D., BHATTACHARYA S., 2010. *Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review*. *Journal of Food Science and Technology*, s 587–597 .
- SHAHIDI, F., ZHONG, Y., 2005. *Lipid Oxidation: Measurement Methods*. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley,
- SINGH, R.P., HELDMAN, D.R., 2014. *Introduction to food engineering*, 5th Edition. Londýn: Academic Press. ISBN 978-0-12-398530-9.
- SOŁOWIEJ, B, G., NASTAJ, M., SZAFRAŃSKA, J, O., TERPIŁOWSKI, K., MAŁECKI, J., MLEKO, S., 2022. *The effect of fat replacement by whey protein microcoagulates on the physicochemical properties and microstructure of acid casein model processed cheese*. *International Dairy Journal* [online]. 131 [cit. 2023- 04-11]. ISSN 09586946
- SPREER, E., MIXA, A., 1998. *Milk and dairy product technology* [online]. New York: M. Dekker, 498 s. ISBN 9781351431354



- STUDER, A., BLANK, I., STADLER, R.H., 2004. *Thermal processing contaminants in foodstuff and potential strategies of control*. Czech journal of Food Sciences 22
- ŠKUBNÍKOVÁ, M., 2021. *Vliv sterilačního záhřevu na jakost tavených sýrů a tavených sýrových omáček*. Vedoucí Lazárková, Zuzana. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav technologie potravin, 2021.
- ŠNIRC, J., GOLIAN, J., HERIAN, K., BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., ČANIGOVÁ, M., 2015. *Mlieko a mliečne výrobky. I diel, Štruktúra, bioaktívne zložky a spracovanie mlieka*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 221 s. ISBN 9788055213118.
- THOMAREIS, A. S., DIMITRELI, G., 2022. *Techniques used for processed cheese characterization*. In: *Processed Cheese Science and Technology* [online]. Elsevier, s. 295-349 [cit. 2024-03-17]. ISBN 9780128214459.
- TUVIKENE, R., TRUUS, K., ROBAL, M., VOLOBUJEVA, O., MELLIKOV, E., PEHK, T., KOLLIST, A., KAILAS, T. & VAHER, M., 2010. *The extraction, structure, and gelling properties of hybrid galactan from the red alga *Furcellaria lumbricalis* (Baltic Sea, Estonia)*. Journal of Applied Phycology [online].
- TYKVARTOVÁ, D., MRÁZEK, J., POSPÍŠIL, M., HRABĚ, J., 2008. *Výběr vhodných hydrokoloidů pro stabilizaci jakosti terminovaných smetanových sýrů*. Potravinářská revue, s. 74–77. ISSN 1801-9102.
- VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J., 2009. *Chemie potravin*. ISBN 978-80-86659-17-6.
- VELÍŠEK, J., 2002. *Chemie potravin I*. 2. upr. vyd. Tábor: OSSIS. ISBN 80-86659-03-8
- VENUGOPAL, V., 2011. *Marine polysaccharides: food applications*. Boca Raton: CRS Press, ISBN 978-1-4398-1526-7
- Vincová, A., Šantová, K., Kůrová, V., Kratochvílová, A., Halámková, V., Suchánková, M., Lorencová, E., Sumczynski, D., & Salek, R. N. (2023). *The impact of divergent algal hydrocolloids addition on the physicochemical, viscoelastic, textural, and organoleptic properties of cream cheese products*. Foods,
- VOLDŘICH, M., 2004. *Potravinářské aditivní látky: Zahušťovadla a stabilizátory*. Potraviny info [online].
- WALSTRA, P., WOUTERS J. T. M., GEURTS, T. J., 2006. *Dairy science and technology*, 782 p. Food science and technology. ISBN 9781420028010.

WARRIS, P. D., 1999. *Meat science: an introductory text*. Dostupné z: doi: 10.1079/9780851994246.

WEISEROVÁ, E., DOUDOVÁ, L., GALIOVÁ, L., ŤÁK, L., MICHÁLEK, J., JANIŠ, R., BUŇKA, F. 2011. *The effect of combinations of sodium phosphates in binary mixtures on selected texture parameters of processed cheese spreads*. *International Dairy Journal*, . 979-986.

WILLIAMS, P.A. a G.O. PHILLIPS, 2009. *Introduction of food hydrocolloids*. PHILLIPS, G.O a P.A. WILLIAMS,ed. *Handbook of Hydrocolloids*. 2.vyd. Glyndwr University, UK: Woodhead Publishing. ISBN 9781845695873.

WUSIGALE, LIANG, L., LUO, Y., 2020 *Casein and pectin: Structures, interactions, and applications*. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 391-403

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABC Význam první zkratky

B Význam druhé zkratky

C Význam třetí zkratky

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Schéma výroby tavených sýrů diskontinuálním a kontinuálním způsobem (Guinee, 2003) .....	13
Obrázek 2 Iontová výměna iontů vápníku za ionty sodíku při tavícím procesu (Buňka a kol., 2009) .....	16
Obrázek 3 Struktura karagenanu (Damodaran a Parkin, 2017) .....	19
Obrázek 4 <i>Furcellaria lumbriicalis</i> (Rayment, 2008) .....	21
Obrázek 5 Chemická struktura furcellaranu (Marangoni a kol., 2021) .....	21
Obrázek 6 Schéma výroby furcellaranu (Marangoni Júnior a kol., 2021) .....	23
Obrázek 7 Obecný mechanismus autooxidace uhlovodíkového řetězce (Davídek, 2012) ..	26
Obrázek 8 Výsledky stanovení hodnoty pH .....	36
Obrázek 9 Výsledky stanovení obsahu sušiny .....	37
Obrázek 10 Výsledky stanovení vodní aktivity .....	38
Obrázek 11 Výsledky stanovení obsahu amoniaku .....	38
Obrázek 12 Výsledky stanovení hodnoty TBARS .....	39
Obrázek 13 Výsledky stanovení instrumentální analýzy barvy – $L^*$ .....	40
Obrázek 14 Výsledky stanovení instrumentální analýzy barvy – $a^*$ .....	41
Obrázek 15 Výsledky stanovení instrumentální analýzy barvy – $b^*$ .....	41
Obrázek 16 Výsledky stanovení tvrdosti .....	42

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Požadavky na složky jiné než sýry v tavených sýrech (Česko, 2016).....	14
Tabulka 2 Surovinová skladba.....	31

