

Analýza mastných kyselin v ochucených sterilovaných tavených sýrech s přídavkem hydrokoloidů

Pavel Kelnar



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Pavel Kelnar
Osobní číslo:	T23610
Studijní program:	B0721A210002 Technologie a hodnocení potravin
Specializace:	Technologie potravin
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Analýza mastných kyselin v ochucených sterilovaných tavených sýrech s přidavkem hydrokoloidů

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část:

Charakteristika tavených sýrů

Možnosti analýzy mastných kyselin v potravinách

Vliv sterilizačního zahřevu na jednotlivé složky tavených sýrů

II. Praktická část:

Výroba modelových vzorků tavených sýrů včetně jejich sterilace

Analýza mastných kyselin v modelových vzorcích

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] 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 2025**
Termín odevzdání bakalářské práce: **16. května 2025**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 28. února 2025

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení bakalářské práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- 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 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 pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Tato práce byla zaměřena na vliv sterilace a přídavku hydrokoloidů (karagenanu a furcellaranu) na obsah mastných kyselin v ochucených tavených sýrech. Vyrobeny byly modelové vzorky s příchutí rajčete, ve kterých byly jako náhrada běžných tavicích solí použity výše zmíněné hydrokoloidy v množství 1 % hm. Celkem byly vyrobeny 4 vzorky (nesterilovaný / sterilovaný s karagenanem a nesterilovaný / sterilovaný s furcellaranem). U těchto vzorků byla stanovena hodnota pH, obsah sušiny, obsah tuků Soxhletovou metodou a obsah mastných kyselin pomocí GC–MS po předchozí esterifikaci. Sterilační záhřev způsobil pokles pH a též snížení obsahu většiny mastných kyselin. Obsah sušiny a tuku sterilací ovlivněn nebyl. Druh hydrokoloidu žádný ze sledovaných parametrů zásadně neovlivnil. Lze konstatovat, že jak karagenan, tak furcellaran je možné využít jako náhradu tradičních fosforečnanových tavicích solí.

Klíčová slova: tavené sýry, hydrokoloidy, karagenan, furcellaran, sterilace, mastné kyseliny

ABSTRACT

This work focused on the effect of sterilization and addition of hydrocolloids (carrageenan and furcellaran) on the fatty acid content of flavored processed cheese. Tomato-flavoured model samples were produced in which the aforementioned hydrocolloids were used as a substitute for conventional melting salts at a level of 1 % w/w. A total of 4 samples (unsterilised/sterilised with carrageenan and unsterilised/sterilised with furcellaran) were produced. The pH, dry matter content, fat content by Soxhlet method and fatty acid content by GC-MS after prior esterification were determined for these samples. Sterilisation heating caused a decrease in pH and also a decrease in most of the fatty acid content. Dry matter and fat content were not affected by sterilisation. The type of hydrocolloid did not significantly affect any of the parameters monitored. It can be concluded that both carrageenan and furcellaran can be used as substitutes for traditional phosphate fluxing salts.

Keywords: processed cheese, hydrocolloids, carrageenan, furcellaran, sterilisation, fatty acids

Tímto bych rád poděkoval vedoucí mé bakalářské práce doc. Ing. Zuzaně Lazárkové, Ph.D., za pomoc s mou bakalářskou prací a za trpělivost, kterou se mnou za celou dobu měla.

Také děkuji doc. Mgr. Robertu Víchovi, Ph.D. za pomoc při stanovení mastných kyselin na plynovém chromatografu.

Rád bych také poděkoval mé rodině, která mě podporovala po celou dobu mého studia.

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ	13
1.1 HISTORIE	15
1.2 SUROVINY NA VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ	15
1.2.1 Přírodní sýry	16
1.2.2 Další mléčné složky	16
1.2.3 Hydrokoloidy	17
1.2.4 Ochucující složky a barviva	19
1.2.5 Tavicí soli	20
1.3 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ	20
1.3.1 Diskontinuální způsob výroby tavených sýrů	21
1.3.2 Kontinuální způsob výroby tavených sýrů	23
1.4 STERILOVANÉ TAVENÉ SÝRY	23
2 CHARAKTERISTIKA A ANALÝZA MASTNÝCH KYSELIN	25
2.1 CHARAKTERISTIKA MASTNÝCH KYSELIN	25
2.2 METODY ANALÝZY MASTNÝCH KYSELIN	26
2.2.1 Extrakce dle Soxhleta	27
2.2.2 Esterifikace	27
2.2.3 Stanovení mastných kyselin pomocí plynového chromatografu (GC-MS)	28
3 STERILACE	30
3.1 VLIV STERILAČNÍHO ZÁHŘEVU NA JEDNOTLIVÉ SLOŽKY POTRAVIN	31
3.1.1 Maillardovy reakce	33
3.1.2 Denaturace a další reakce bílkovin	33
3.1.3 Oxidační reakce tuků	34
3.1.4 Izomerace laktózy na laktulózu	35
3.1.5 Vznik organických kyselin	35
II PRAKTICKÁ ČÁST	36
4 CÍL PRÁCE	37
5 METODIKA	38
5.1 VÝROBA VZORKŮ TAVENÉHO SÝRA	38
5.2 STANOVENÍ PH	39
5.3 STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY	39
5.4 STANOVENÍ OBSAHU TUKU	40
5.5 STANOVENÍ OBSAHU MASTNÝCH KYSELIN	40
5.5.1 Extrakce	40

5.5.2	Esterifikace	41
5.5.3	Vlastní stanovení mastných kyselin pomocí GC–MS	41
6	VÝSLEDKY A DISKUZE	43
6.1	STANOVENÍ PH	43
6.2	STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY	43
6.3	STANOVENÍ OBSAHU TUKU	44
6.4	STANOVENÍ OBSAHU MASTNÝCH KYSELIN	45
6.4.1	Nasyčené mastné kyseliny	47
6.4.2	Mononenasycené mastné kyseliny	48
6.4.3	Polynenasycené mastné kyseliny	49
ZÁVĚR.....		50
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		51
SEZNAM OBRÁZKŮ		59
SEZNAM TABULEK.....		60
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		61

ÚVOD

Tavené sýry jsou sýry, které byly tepelně upraveny tavením a obsahují více než 5 % laktózy a v němž sýr tvoří nejméně 50 % hmotnostní sušiny tohoto výrobku. V posledních letech patří tavené sýry k stále oblíbenějším mléčným výrobkům a jejich spotřeba například v roce 2023 byla 1,9 kilogramů na obyvatele. Možnými negativy tavených sýrů mohou být nevhodné poměry vápníku a fosforu, nebo také vysoký obsah sodíku, který by se měl v populaci regulovat, kvůli jeho vysokému příjmu. V případě této bakalářské práce byla snaha o nahrazení tavicích solí, hydrokoloidy. V mléčných výrobcích slouží hydrokoloidy jako zahušťovadlo a stabilizátor. Hydrokoloidy jsou bílkoviny a vysoce molekulární polymery, polysacharidy živočišného, rostlinného, řasového nebo mikrobiálního původu, které po přidání vody tvoří viskózní roztok. Trvanlivost tavených sýrů se pohybuje v řádech několika měsíců a je nutné je skladovat v lednici. Pro prodloužení trvanlivosti tavených sýrů a následné skladování při pokojové teplotě je možné využít sterilace. Po použití sterilace dochází k negativním projevům, jako je tmavnutí nebo může dojít ke vzniku vařivé chuti. Kvůli snaze zamaskovat tyto projevy byl v této bakalářské práci použit rajčatový prášek.

Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou část a praktickou část. Cílem teoretické části této práce bylo charakterizovat tavené sýry, popsat suroviny, které lze přidat do směsi tavených sýrů, popsat hydrokoloidy, které jsou významné v potravinářství a jakou mají funkci a popsat výrobu tavených sýrů a sterilovaných tavených sýrů. Z další kapitoly bylo účelem popsat analýzu a také charakteristiku tavených sýrů a ve třetí části byla popsána sterilace a jejich vliv na jednotlivé složky potravin. V praktické části bylo cílem vyrobit ochucené tavené sýry (přídavek rajčatového prášku pro zamaskování negativních projevů sterilace) s přídavkem hydrokoloidů, jakožto náhradou běžných tavicích solí. Dalším cílem pak byla analýza vyrobených vzorků (hodnoty pH, obsah sušiny, obsah tuku, obsah mastných kyselin) a vyhodnocení vlivu sterilace a použitého hydrokoloidu na obsah mastných kyselin ve vyrobených vzorcích.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ

Tavenými sýry se zabývá vyhláška č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. Podle této vyhlášky jako „tavený sýr“ se označí sýr, který byl tepelně upraven tavením. Dále 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 a jako „tavený mléčný výrobek“ se označí mléčný výrobek, který je tepelně ošetřen tavením a obsahuje více než 5 % laktózy (Česko, 2016).

Podle základních pojmů, vyhlášky č. 397/2016 Sb. je sterilací mléka a mléčných výrobků tepelné ošetření mléka a mléčných výrobků jejich nepřímým ohřevem v hermeticky uzavřených obalech na teplotu nad 100 °C po dobu zajišťující splnění požadavku na mikrobiologickou nezávadnost podle nařízení, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu, bez porušení uzávěru (Česko, 2016).

V roce 2009 se konalo v Bruselu poslední jednání o mléce a mléčných výrobcích, kdy se projednalo, že při standardizaci tavených sýrů v rámci Codex alimentarius jsou povolené následující:

1. Přísady: jedlá sůl nebo její substituenty, vhodné zdravotně schválené pomocné látky, pitná voda a další.
2. Přidatné látky: aditiva – tavicí soli, funkčně nezbytné přidatné látky včetně modifikovaných škrobů, stabilizátory.
3. Složení výrobku: jak s ohledem na receptury jednotlivých typů tavených sýrů, tak označování na obalech. V některých zemích je povinné označování tuku a sušiny jako v ČR, v řadě zemí se vyžaduje deklarace obsahu přírodních sýrů ve výrobcích všeobecně nebo u druhových tavených sýrů jako v ČR v té době (Informační centrum bezpečnosti potravin, 2009).

Tavený sýr je sýr, který byl tepelně upraven tavením. Liší se od přírodního sýru tím, že se nevyrábí přímo z mléka, ale hlavní složkou je přírodní sýr, o různém stupni prozrálosti za přítomnosti emulsifikačních solí a dalších mléčných a nemléčných složek, následuje zahřívání a míchání, za účelem vytvoření homogenní směsi. Přehled povolených složek v tavených sýrech je uveden v Tabulce 1. Větší výhodou oproti přírodním sýrům je delší trvanlivost. Původním záměrem tavených sýrů bylo prodloužení trvanlivosti přírodních sýrů

a nalezení alternativního využití pro přírodní sýry, které se obtížně prodávaly (Česko 2016; Yasser, 2022).

Tabulka 1 Přehled povolených složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků (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 *)	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

Tavené sýry (TS) patří mezi moderní a zdravou mléčnou potravinu, obsahující hlavně vysoký obsah vápníku, ale i dalších mléčných složek, které jsou prospěšné pro lidský organizmus. Pro výrobu tavených sýrů se vybírají vysoce kvalitní suroviny. Tavené sýry mají i velkou chuťovou rozmanitost. Tavené sýry jsou v posledních letech čím dál více oblíbenými mléčnými výrobky. Spotřeba tavených sýrů na obyvatele za roky 2014–2023, je uvedena v Tabulce 2 (Kopáček, 2011).

Tabulka 2 Spotřeba tavených sýrů v kilogramech na obyvatele za roky 2014-2023 v ČR (Český statistický úřad, 2024).

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Spotřeba TS	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,8	1,9	1,9	2,1	1,9

Tavené sýry mají v současnosti mnoho chuťových, konzistenčních i tvarových variant. Tavené sýry lze rozdělit podle složení na druhové, směsné, neochucené a ochucené. Dále podle obsahu tuku se tavené sýry dělí na vysokotučné (60–70 %), plnotučné (45–55 %), polotučné (30–45 %) a nízkotučné (30 % a méně). Tavené sýry se dělí i podle způsobu balení na hliníkové fólie, plastové kelímky a vaničky, plechové obaly, plastové tuby a střívka, plátky jednotlivě balené (Šustová a Sýkora, 2013). Také se jedná o výrobky, které se dají buď natírat, nebo existují tavené sýry na krájení, tavené sýrové plátky, tavené sýry v tubách, v plechovkách, ve skle, nebo máme i sýrové dezerty, i tavené sýrové omáčky (Kopáček, 2011).

U analogů sýrů je využití jiných tuků nebo bílkovin, než je obsaženo přirozeně v mléce. Příkladem těchto zdrojů jsou bílkoviny jiného než mléčného původu, tedy rostlinné bílkoviny (sójové a další), rostlinné oleje a tuky. Spolu s chutí co nejvíce napodobují texturu taveného sýra. Hlavním důvodem je snížení nákladů na suroviny, a tedy i výsledná nižší cena výrobku. Tyto analogy mají také jiné nutriční složení, zejména potom skladbu mastných kyselin, která může být pro spotřebitele výhodná (Fox a kol., 2017).

1.1 Historie

Tavený sýr vynalezli v roce 1911 ve Švýcarsku Walter Gerber a Fritz Stettler, kteří tavili švýcarský sýr a po přidání citronanu sodného, jím vznikl hladký a homogenní výrobek. O několik let později, konkrétně roku 1916 se ve Spojených státech zasloužil o rozvoj J. L. Kraft, který konzervoval přírodní sýr v plechovkách, zahříváním a mícháním, aby prodloužil jeho trvanlivost (Kapoor, 2008).

1.2 Suroviny na výrobu tavených sýrů

Na výrobu tavených sýrů se používají mléčné složky, ochucující složky a barviva, tavicí soli a voda. Mezi mléčné složky pro výrobu tavených sýrů se řadí tvaroh, kaseinát, sušené mléko, sušená syrovátka, mléčný tuk (máslo, smetana) a přírodní sýry (což je hlavní surovina), u

ochucených sýrů jsou používány různé ochucující přísady, anebo případně i další konzervační a stabilizující složky (Kadlec a kol., 2012).

1.2.1 Přírodní sýry

Přírodní sýry jsou jednou z hlavních surovin pro výrobu tavených sýrů. K získání taveniny z přírodních sýrů pomáhají tavicí soli. Aby došlo k vyvážení silných a jemných chutí přírodních sýrů, používají se sýry s různým stářím (Chandan a kol., 2016).

Pro požadovanou chuť výsledných tavených sýrů je důležitý vhodný výběr přírodních sýrů, pro které je důležité jak již výše zmíněné jejich stáří, tak i pH, chuť, obsah vápníku a neporušeného kaseinu, protože mají vliv na funkční vlastnosti konečného zpracovaného sýra. Se stářím sýru se například mění textura přírodních sýrů, dochází k rozkladu obsahu bílkovin a tuku působením enzymů obsažených ve výrobku, nebo se také snižuje obsah neporušeného kaseinu a tím i jeho emulgační schopnosti během zpracování sýrů. Významný vliv na konečný tavený sýr, má i obsah vápníku v přírodních sýrech, který může mít za následek špatnou funkčnost, a proto je důležité vybrat i vhodné tavicí soli. Vysoký počáteční obsah vápníku, má následně za následek pevnost a snížení tavitelnosti (Tamime, 2011).

K výrobě tavených sýrů lze použít přírodní sýr holandského typu (eidam, gouda), švýcarského typu, mozzarellu, čedar, sýry v solném nálevu (Didem a kol., 2023).

1.2.2 Další mléčné složky

Mezi tyto složky lze zařadit tvaroh, sušenou syrovátku nebo sušené mléko, jako zdroj bílkovin, a kromě másla i smetanu jako zdroj mléčného tuku (Buňka a kol., 2009). K mléčným složkám lze zařadit také kaseiny, kaseináty a krém. Kaseiny jsou čisté bílkoviny, které se skládají z nepolárních aminokyselin a ty se ve vodě obtížně rozpouští. Důležité jsou také kaseiny vápenaté, které ovlivňují tuhost sýra a jejich schopnost tání. Syrovátkové bílkoviny zase vedou k lepší roztíratelnosti taveného sýra. Velmi důležitými složkami, při výrobě tavených sýrů je také máslo a smetana, díky dodání mléčného tuku do směsi. Musí se dbát na obsah správný obsah složek taveného sýra, kdy tavené sýry smí podle vyhlášky obsahovat maximálně 5% laktózy (El-Bakry a kol., 2011; Brown 2008; Česko, 2016). Lze použít i jiné (levnější) složky než složky mléčného původu, ovšem výrobky musí být nazývány jako analogy tavených sýrů, jde o tuky a bílkoviny rostlinného původu. Musí se dbát na správný obsah složek taveného sýra, kdy tavené sýry smí podle vyhlášky obsahovat maximálně 5% laktózy (Fox a kol., 2017).

1.2.3 Hydrokoloidy

Hydrokoloidy (HK) jsou bílkoviny a vysoce molekulární polymery, polysacharidy živočišného, rostlinného, řasového nebo mikrobiálního původu (příklady jsou uvedeny v Tabulce 3), které po přidání vody tvoří viskózní roztok (international food information service, 2009; Phillips a Williams, 2009).

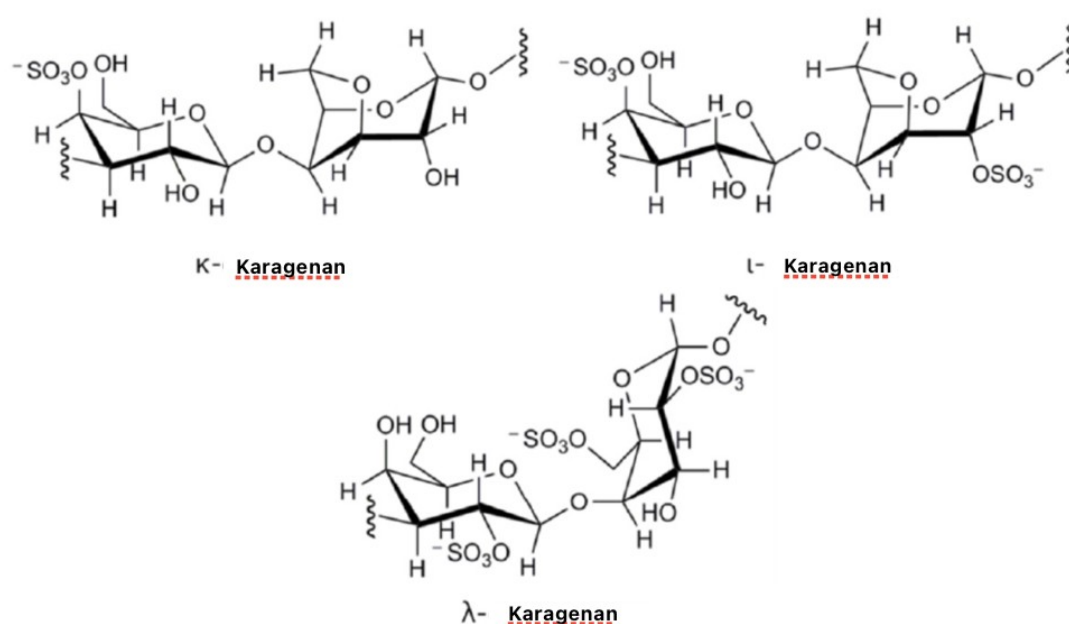
Tabulka 3 Významné hydrokoloidy v potravinářství (upraveno podle Phillips a Williams, 2009).

Rostlinné HK	HK z řas	Mikrobiální HK	Živočišné HK
Stromy – celulóza	Červené mořské řasy – agar, karagenan	xantanová guma, curdlan, dextran, guma gellan, celulóza	želatina, kasein, kaseinát, syrovátkový protein, protein vaječného bílku, chitosan
Exudáty ze stromové pryskyřice – arabská guma, guma karaya, guma ghatti, tragantová pryskyřice			
Rostliny – celulóza, škrob, pektin, sojový protein	Hnědé mořské řasy – alginát		
Semena – guarová guma, guma tara, tamarindová guma, guma ze svatojánského chleba			
Hlízy – konjakový mannan			

Slovo hydrokoloid je spojením slov hydrofilní a koloidní, kde koloidy jsou definovány jako homogenní směs jedné látky, která je rozptýlena v jiné látce. Hydrokoloidy vykazují vlastnosti, které mohou ovlivňovat funkční vlastnosti výsledných produktů, do kterých jsou aplikovány, schopnost tvořit gel, zahušťovat, emulgovat (Zeece, 2020).

Další funkční vlastností může být například rozpustnost ve vodě, což je schopnost vytvářet výše zmíněné disperzní nebo koloidní systémy, tato funkce závisí především na velikosti polymeru, jeho specifické konfiguraci a také na elektrickém náboji. Mezi další funkční vlastnosti, lze zařadit zahušťovací schopnost ke zvýšení viskozity, což je další důležitá vlastnost při použití hydrokoloidů jako stabilizátorů nebo emulgátorů. Polysacharidové hydrokoloidy jsou v zahušťování účinnější než proteinové, a proto mohou být používány v nižší koncentraci. Další již zmíněná vlastnost je gelace, což vede k přechodu sol – gel, dalšími vlastnostmi je povrchová aktivita, tedy schopnost vytvářet tenké vrstvy, nebo interakce polysacharidových hydrokoloidů (Ozilgen a kol., 2018).

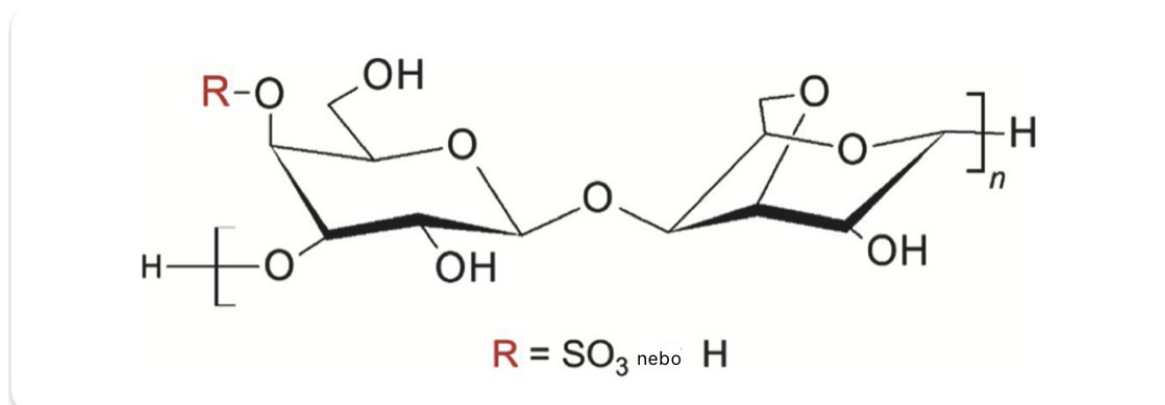
O karagenanech se dá říct, že to jsou aniontové lineární polysacharidy extrahované z červených mořských řas rodu *Rhodophyceae* složených ze střídavě vázaných zbytků anhydrogalaktózy. Existují 3 hlavní frakce karagenanu κ -kappa, ι -iota a λ -lambda, (viz. Obrázek 1), které mají různý počet a polohu sulfátových skupin na galaktózovém dimeru. Karagenany κ -karagenan a ι -karagenan mají na přechodu ve vodném roztoku buď stav uspořádaný, nebo stav neuspořádaný, ale oba tyto karagenany jsou schopny vytvářet gely. Síla gelu je velmi ovlivněna přítomností kationtů (Černíková a kol., 2008).



Obrázek 1 Chemická struktura polysacharidu karagenanu (opraveno podle Damodaran a Parkin, 2017).

Furcellaran je hydrokoloid získaný opět z červené řasy rodu *Rhodophyceae* extrakcí vodou (The U.S. Pharmacopeia Convention, 2018).

Furcellaran má vlastnosti, které připomínají agar a hydrokoloid karagenan. Struktura furcellaranu je na Obrázku 2. Používá se při vývoji tvorby obalů na potraviny, v podobě fólií, protože je netoxický, biologicky rozložitelný, také rozpustný ve vodě a má schopnost vytvořit gel (Marandoni a kol., 2021).



Obrázek 2 Chemická struktura polysacharidu furcellaranu (upraveno podle Marandoni a kol., 2021).

Karagenan, furcellaran a agar mají páteř tvořenou galaktózou, ale liší se umístěním a podílem esterových sulfátových skupin a díky rozdílu ve složení a konformaci mají využití v mnoha potravinách. Karagenan se skládá z opakujících se galaktózových jednotek a (3,6) anhydrogalaktózy, obou sulfátových a nesulfátových skupin, spojených střídavě (1,3) a (1,4) glykosidickými vazbami. Furcellaran se skládá z fragmentu (1,3) a (1,4) glykosidických vazeb, rozdíl ovšem je, že pouze část (asi 60 %) D-galaktózových jednotek je sulfátových. Dříve byl furcellaran nazýván jako „dánský agar“, protože materiál původně získávaný z baltských mořských řas, tvoří velmi pevné a křehké gely, které se podobají agaru. Ale protože toto označení je zavádějící, kvůli odlišnému obsahu esterů sulfátu, tak Evropská unie zavedla karagenan a furcellaran jako E407, kvůli podobnosti ve struktuře (Phillips a Williams, 2009; Mihkel a kol., 2021).

Hydrokoloidy jsou také využívány při výrobě tavených sýrů. Zvýšená koncentrace karagenanu mění vlastnosti tavených sýrů, kdy vzniká gel, který je tužší, než je tomu u běžných tavených sýrů. To způsobuje interakce mezi karagenanovými řetězci a vede k vytvoření hustší síťové struktury. Podle článku o vlivu karagenanu na vyskoelastické vlastnosti taveného sýra byl po přidání karagenanů v koncentracích od 0,05 % do 0,25 % hmotn. ovlivněn vzorek právě odlišnou koncentrací, kdy se zvyšující se koncentrací se zvyšuje i tuhost modelových tavených sýrů (Černíková a kol., 2008).

1.2.4 Ochucující složky a barviva

Změny v chuti a vůni, kterých chceme dosáhnout, lze docílit pomocí přísad, v podobě lyofilizovaných kousků, práškové podobě, sušené, čerstvé nebo tepelně opracované složky, příkladem je koření, šunka, uzené maso, ryby, uzeniny, zelenina a houby. Dle vyhlášky

397/2016 lze použít koření a sezónní zeleninu podle druhu výrobku a v množství, které postačuje, aby dodalo konečnému výrobku charakteristickou chuť (Česko, 2016). Přísady k ochucení taveného sýra, lze přidat buď před vlastním tavením, kde jsou následně tepelně ošetřeny současně s taveným sýrem, nebo lze kombinovat již s hotový výrobkem, pokud tvoří tu větší část z celkového hotového výrobku. Barviva udělují nebo obnovují barvu potravin, mohou být buď přírodní, například karoten (E160 a), pro dodání oranžově žluté barvy, Annato, Bixin, Norbixin (E160 b), pro dodání žluté až červenooranžové zbarvení, dále košenila (E120), které dodává červenou barvu, anebo syntetická. Ke zlepšení barvy tavených sýrů je povoleno použít pouze sýrařská barviva. Barva taveného sýra se však změní i pomocí již výše zmíněné zeleniny nebo šunky (Šustová a Sýkora, 2013).

1.2.5 Tavicí soli

Při tavení slouží tavicí soli k výměně Ca^{2+} iontů, za Na^+ ionty, slouží k rozpouštění bílkovin, umožňují také emulgaci tuku, podílejí se i na vazbě vody a upravují pH taveniny. Jako tavicí soli jsou používány sodné soli kyseliny citronové, kyseliny fosforečné, kyseliny difosforečné a polyfosforečnany. Citrany mají nižší výměnu Ca^{2+} iontů a mění pH, difosforečnany jsou také vhodné pro korekci pH a polyfosforečnany se vyznačují vysokou výměnou iontů a také prodlužují trvanlivost výrobku. Tavicí soli, které řadíme mezi přídatné látky, jsou trvale toxikologicky testované a nepředstavují pro spotřebitele zdravotní riziko. (Pavel Kadlec a kol., 2012).

Tavicí soli musí mít také dobrou rozpustnost ve vodě, nesmí mít vysokou molekulární hmotnost, a hlavně musí být neutrální z hlediska chuti. Mechanismus účinku tavicích solí lze shrnout tak, že za 1. dochází k rozpuštění soli ve vodné fázi, za 2. soli působí na prolomení můstků fosfátu vápenatého, které působí mezi micelami a za 3. dochází k podpoře výměny iontů, při výměně vápenatých iontů za sodné ionty, což vede ke zvýšení rozpustnosti kaseinu ve vodě a parakaseinan vápenatý je díky tomuto procesu přeměněn na rozpustnější parakaseinan sodný (Anciens Ramos a kol., 2022).

1.3 Výroba tavených sýrů

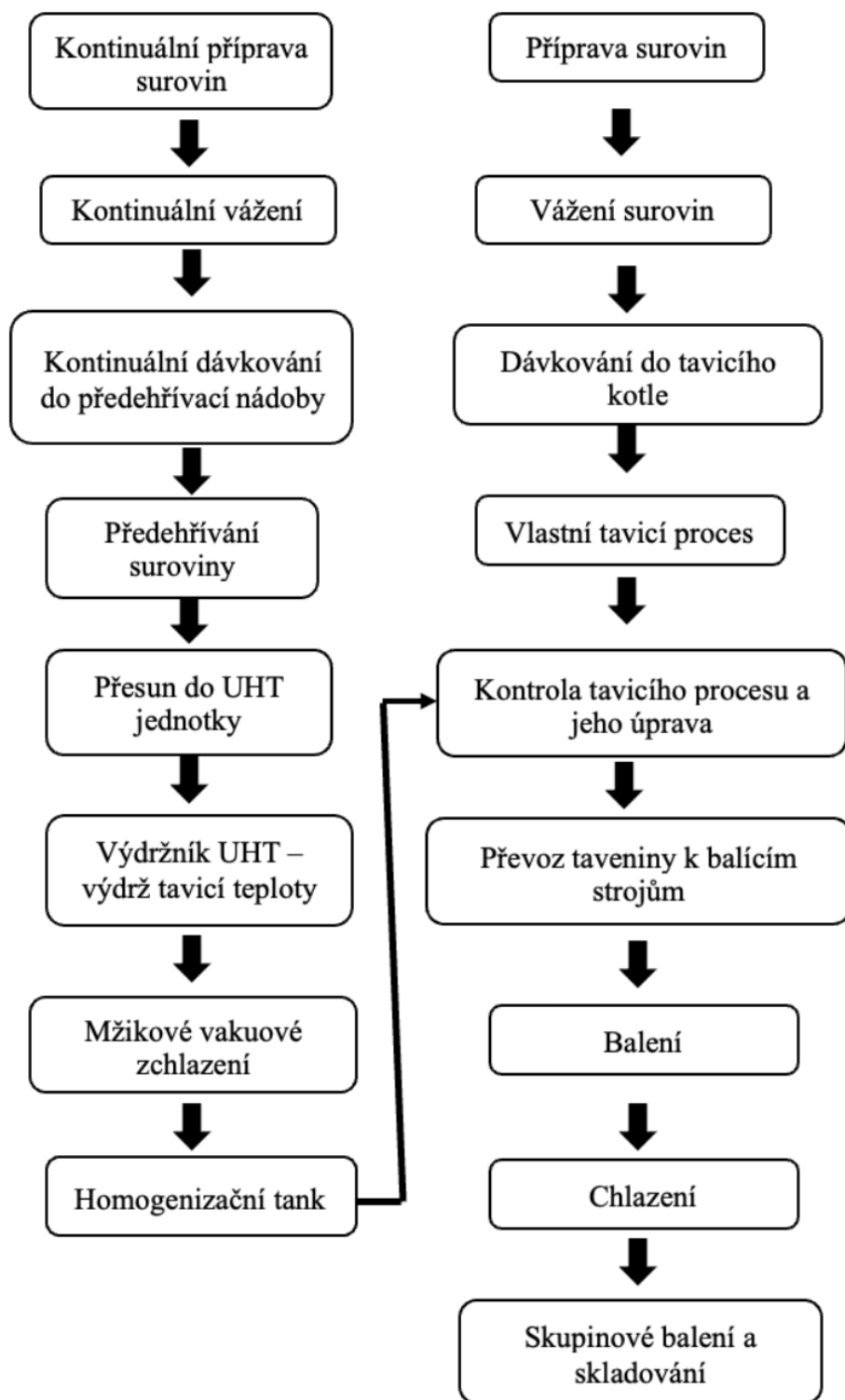
Tavené sýry je možné vyrábět kontinuálně nebo diskontinuálně. Na výrobu tavených sýrů jsou kladeny vysoké požadavky nejen na suroviny, ale také na operace při výrobě jednotlivých druhů tavených sýrů, kde se jedná jak o přípravné operace, například volba sýrů, sestavování směsi vybraných sýrů, krájení, rozmělnování a mletí sýrů, tak i o vlastní

tavicí proces, kam lze zařadit tavení směsi všech surovin v tavičce, za přídavku tavicích solí a vody, konečné formování, balení, nebo také chlazení získané taveniny (Šustová, Sýkora, 2013). Při přípravě směsi se rozemelou všechny druhy přírodních sýrů, které jsou k výrobě potřeba, kdy se používají rychlořezače a následně směs padá mezi válce, které je dokonale rozmělní. Dalším krokem je samotné tavení, které je nejdůležitějším krokem výroby, kdy je důležitá teplota ohřevu, čas ohřevu a také rychlost míchání tavené směsi (Drdák, 1996).

1.3.1 Diskontinuální způsob výroby tavených sýrů

Konkrétně diskontinuální způsob lze shrnout do následujících fází jako jsou na Obrázku 3. Vlastní proces tavení probíhá v tzv. tavicím kotli, kde jsou přidány všechny suroviny, uzavře se tavicí kotel a dojde k samotnému tavení, při teplotě minimálně 70 °C, kdy se za sníženého tlaku v krátkém časovém úseku nejméně 10 minut zvýší teplota na tzv. tavicí teplotu, která je udržována po dobu několika minut. (Buňka a kol., 2009). Horký tekutý sýr z tavicích kotlů, lze uchovávat v horkých jímkách nebo zásobnících, aby byl zajištěn rovnoměrný a stálý přísun taveného sýra do plátkovače nebo plničky. Kontejnery, vložky, nebo sáčky, které přichází do styku s produktem, se po naplnění uzavřou a utěsní aseptickým způsobem tak, aby byla zajištěna ochrana před kontaminací. Každý kontejner musí být označen kódem tak, aby bylo možné snadno identifikovat datum výroby. V České republice se tavené sýry balí většinou do hranolovitých nebo trojúhelníkových fólií, která je z vnitřní strany vyložená hliníkovou fólií. Například maloobchodní produkty jsou k dispozici jako fólií potažené bloky nebo trojúhelníkové porce, které jsou dále ukládány do kartonových obalů jednotlivě zabalené nebo naskládáné plátky, další možností jsou tavené sýry v plastové tubě nebo střívkách (přírodní, syntetická), plastových kelímcích, či vaničkách, zatímco produkty pro gastronomický průmysl jsou vyráběny jako plátky bloků, desek, nebo ve tvaru klobás zabalených v různých typech plastové fólie, nebo do plechovek, sklenic, či kbelíků. Po naplnění se nádoby skládají na sebe tak, aby se zabránilo porušení pečeti v důsledku nadměrného vyboulení a aby se umožnilo postupné ochlazování jednotlivých nádob se sýrem. Sýr by měl být zchlazen minimálně na teplotu 37,5 °C nebo nižší do 24 hodin po naplnění. U plátkových tavených sýrů se chlazení provádí pomalu (10–12 hodin), zatímco u tavených sýrů roztíratelných se provádí chlazení rychlým tempem tak, aby se usnadnila tvorba požadované konzistence. Teplota sýra by měla být před expedicí snížena a teplota chlazení by měla být pod 8 °C. Mražení se nedoporučuje, pokud jsou tavené sýry uchovávány v původních výrobních obalech, jejich trvanlivost je neurčitá a často se udává

v letech. Sterilované výrobky jsou skladovatelné po delší dobu a nevyžadují chlazení (Guinee a Kilcawley, 2017; El-Bakry a kol., 2022; Barros a kol., 2023).



Obrázek 3 Schéma diskontinuálního a kontinuálního způsobu výroby tavených sýrů (upraveno podle Guinee 2003).

Podle vyhlášky 397/2016 se mléko a mléčné výrobky skladují a uvádějí na trh při teplotě od 2 °C do 8 °C s výjimkou tavených sýrů, které se skladují, přepravují a uvádějí na trh při teplotě stanovené výrobcem (Česko, 2016).

1.3.2 Kontinuální způsob výroby tavených sýrů

Při kontinuálním způsobu výroby se směs taví za působení přímé páry, kdy dochází i ke sterilaci za teplot 120–145 °C a odpařením části vody za podtlaku, při kterém dojde ochlazení taveniny za stálého míchání na 80–90 °C. Horká tavenina se následně formuje a balí do forem, které se předem vyloží hliníkovou fólií. Při kontinuálním způsobu výroby sice je využito sterilizačních teplot, ale obvykle není využito aseptického plnění, takže takto vyrobené sýry nesplňují podmínky obchodní sterility a je třeba je skladovat při chladírenských teplotách. Ovšem existují i výjimky, například řetězec Bel sýry Česko, který je uveden v podkapitole diskontinuální výroby, kdy lze tavené sýry skladovat i mimo chladicí zařízení. Schéma kontinuální výroby je uvedeno na Obr. 5 (Březina a kol., 2001; Spreer a Mixa, 1998).

V současné době jsou na trhu výrobky, například značky Kiri, Veselá kráva, nebo Smetanito, které jsou pod řetězcem Bel sýry Česko, které díky UHT ošetření výrobce doporučuje skladovat při pokojové teplotě, tedy do 25 °C (BEL sýry Česko, 2025).

1.4 Sterilované tavené sýry

Výroba sterilovaných tavených sýrů začíná stejně jako u běžného diskontinuálního postupu taveného sýra, který zahrnuje:

1. Přípravu směsi určeně k tavení
2. Stanovení směsi emulgačních solí a dalších přísad
3. Vlastní proces tavení
4. Vysokotlakou homogenizaci, je-li to nutné
5. Balení chlazení a skladování (Lazárková a kol., 2025)

V další fázi je využito sterilace produktu v obalu, při teplotě 115–125 °C po dobu několika (desítek) minut ve sterilizátorech (retortech, autoklávech), kvůli inaktivaci bakteriálních spor, které se mohou tvořit díky vyššímu pH tavených sýrů. Tavené sýry díky vyššímu pH

patří mezi technologicky nekyselé potraviny. V retortu se udržuje přetlak asi 0,3–0,4 MPa. Sterilované tavené sýry lze klasifikovat jako trvanlivé potraviny, kdy jejich doba trvanlivosti může dosáhnout až 24 měsíců při skladování za okolní teploty (do 25 °C). Tavené sýry sterilizované mají v tomto výhodu oproti běžným taveným sýrům, které mají trvanlivost kolem 6 měsíců při skladování ve 4–8 °C (El-Bakry a kol., 2022; Buňková a Buňka, 2017).

2 CHARAKTERISTIKA A ANALÝZA MASTNÝCH KYSELIN

Mastné kyseliny lze rozdělit podle počtu dvojných vazeb na nasycené (SFA), které nemají dvojnou vazbu, dále na mononenasycené (MUFA) s jednou dvojnou vazbou a na polynenasycené (PUFA) s dvěma a více dvojnými vazbami (Pico a Yolanda, 2020).

2.1 Charakteristika mastných kyselin

Mastné kyseliny v celkovém energetickém příjmu představují asi 30–35 % a nejdůležitějším zdrojem mastných kyselin jsou rostlinné oleje, mléčné výrobky, masné výrobky, obilí, tučné ryby a rybí oleje (Das, 2006; Rustan a kol., 2005).

Zdrojem nasycených mastných kyselin jsou produkty živočišného původu, jako je například maso, sádlo, ale také i mléčné výrobky, kde mezi hlavní zdroje patří sýry s vysokým obsahem tuku, máslo, plnotučné mléko a smetana. Výpis mastných kyselin ve třech druzích mléka, je uveden v Tabulce 4. Tučky, které jsou bohaté na nasycené mastné kyseliny jsou v pevném stavu, při pokojové teplotě. Příkladem hlavních nasycených mastných kyselin je kyselina myristová, palmitová a stearová (Pico a Yolanda, 2020). Nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou se mezi sebou liší polohou dvojné vazby a jejich prostorovou konfigurací, mezi tyto nenasycené mastné kyseliny patří kyselina olejová, elaidová nebo například palmitoolejová. Nenasycené mastné kyseliny s dvěma a více dvojnými vazbami jsou důležité ve výživě, protože tělo si je ve většině případů neumí syntetizovat samo. Nejvýznamnější je kyselina linolová, tedy Ω -6 mastná kyselina, což je dienová mastná kyselina, další jsou trienové, kam patří například α -linolenová kyselina, tedy Ω -3 mastná kyselina, γ -linolenová a arachidonová (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Tabulka 4 Obsah mastných kyselin v kozím, ovčím a kravském mléce (upraveno podle Markiewicz, 2013).

Mastné kyseliny (g.100g⁻¹)	Kozí mléko	Ovčí mléko	Kravské mléko
kyselina máselná	2,03	2,57	2,87
kyselina kapronová	2,87	1,87	2,01
kyselina kaprylová	2,92	1,87	1,39
kyselina kaprinová	9,59	6,63	3,03
kyselina laurová	4,52	3,99	3,64
kyselina myristová	9,83	10,17	10,92
kyselina palmitová	24,64	25,10	28,70
kyselina stearová	8,87	8,85	11,23
kyselina olejová	18,65	20,18	22,36
kyselina linolová	2,25	2,32	2,57
konjugovaná kyselina linolová	0,45	0,76	0,57
kyselina linolenová	0,77	0,92	0,50
celkové n–6	1,78	2,97	2,83
celkové n–3	0,44	1,31	0,56
nasyčené mastné kyseliny	68,79	64,23	68,72
mononenasycené mastné kyseliny	24,48	29,75	27,40
polynenasycené mastné kyseliny	3,70	4,82	4,05
n–6/n–3	5,00	2,31	6,01
celkový tuk (g.100g ⁻¹)	4,27	6,09	3,76

2.2 Metody analýzy mastných kyselin

Před vlastním stanovením obsahu mastných kyselin se používají rozpouštědla, nebo směsi rozpouštědel (například n–hexan) za daných podmínek k extrakci tuku z dané potraviny.

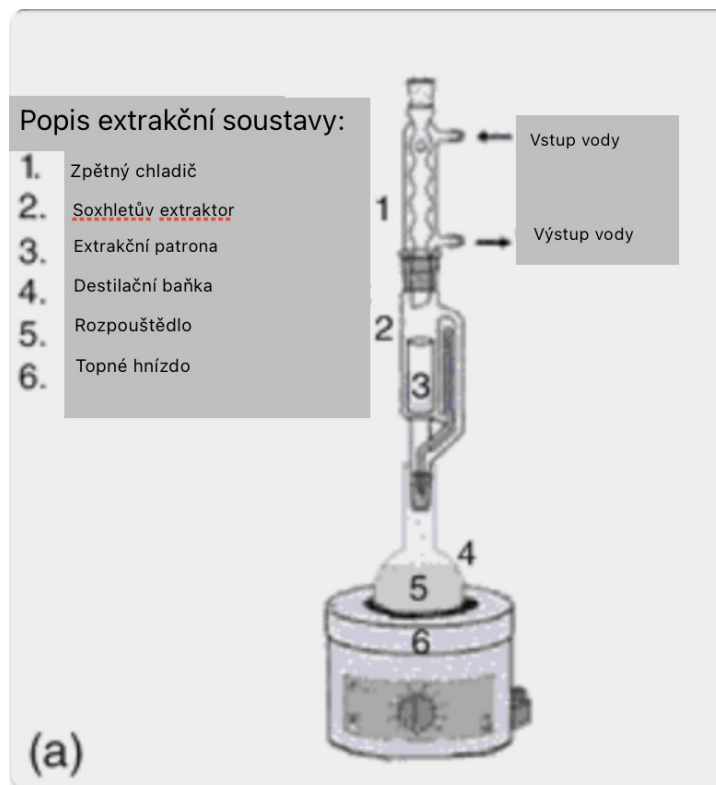
Nejčastěji se používají metody Soxhleta, Grossfelda nebo Gerbera. Důležitým faktorem je teplota, která by neměla přesáhnout 35 °C, protože při překročení hrozí možnost degradace mastných kyselin. Dále je třeba přeměnit mastné kyseliny na methylestery, pomocí esterifikace, která je popsána v této kapitole. V posledním kroku se stanovují vlastní mastné kyseliny například pomocí plynové chromatografie, jako i v případě této bakalářské práce, nebo pomocí spektrofotometrie (Kubáň V. a Kubáň P., 2007; Palmquist a Jenkins, 2003).

2.2.1 Extrakce dle Soxhleta

Extrakce dle Soxhleta je metoda pro extrakci lipidů, pomocí vhodných rozpouštědel. Metoda spočívá v tom, že se materiál, pevný nebo sypký, vloží do extrakční patrony, která je vyrobená z filtračního papíru a vloží se do baňky, naplněné rozpouštědlem, například n-hexanem a baňka se zahřívá. Při extrakci, která probíhá 4–6 hodin se rozpouštědlo odpařuje a stoupá do kondenzátoru, kde dochází, při ochlazení ke zkapalnění, kdy kapalina odkapává do extrakční patrony a rozpouští požadované tuky do okolní kapaliny v baňce. Schéma extrakční aparatury je uvedeno na Obrázku 4. Obsah tuku se určí, jako rozdíl mezi navázkou prázdné baňky a baňky s tukem po oddestilování rozpouštědla (Abd-Aziz a kol., 2024; Kozak a Royle., 2023).

2.2.2 Esterifikace

Esterifikace se používá pro zvýšení těkavosti mastných kyselin, pro stanovení plynovou chromatografií. Mastné kyseliny anebo estery glycerolu se přemění v methylestery, methylováním krátkým varem fluoridu boritého nebo methanolem, tento katalyzátor je vhodný i pro transesterifikaci acylglycerolů (Wilson a kol., 2009; Clendennen a kol., 2019).



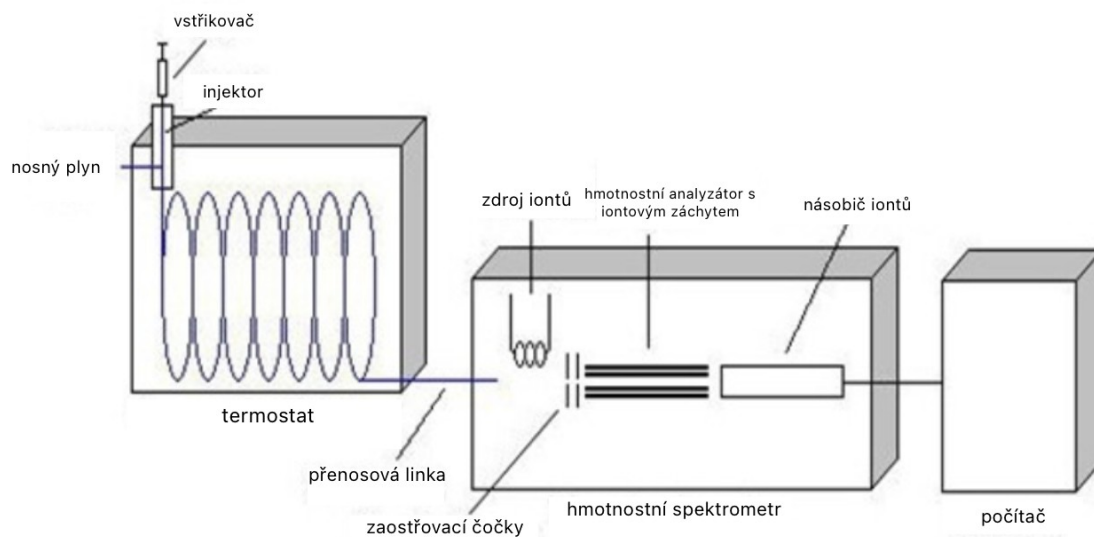
Obrázek 4 Extrakční aparatura k extrakci podle Soxhleta (upraveno podle Abd-Aziz a kol., 2024).

2.2.3 Stanovení mastných kyselin pomocí plynového chromatografu (GC-MS)

Metodou hmotnostního spektrometru lze identifikovat a charakterizovat například organické sloučeniny. Mastné kyseliny se analyzují jako methylestery, popřípadě butylestery. (Anderson a kol., 2015). Jedná se o metodu fyzikálně–chemickou, při které dochází k distribuci složek daného vzorku mezi dvě fáze, a to mezi stacionární a mobilní, kdy je vzorek unášen soustavou v podobě par a dochází k separaci a následné indikaci na základě koncentrace separovaných složek v nosném plynu. Během přenosu do chromatografu je vzorek odpařen pomocí působení vysoké teploty 200–300 °C a smíchán s proudem nosného plynu. Stanovení v tomto případě probíhá v hmotnostním spektrometru (GC–MS), kde se každá sloučenina přemění a oddělí na ionty buď atomů nebo molekul na základě hmotnosti, a to pomocí elektrického nebo magnetického pole (Selinus, 2005). Hmotnostní spektrometr lze rozdělit na 3 části:

1. Zdroj iontů
2. Analyzátor
3. Detektor

Plynový chromatograf je ideální pro separaci látek a hmotnostní spektrometr je ideální pro identifikaci. Vyhodnocení probíhá na počítači v podobě píku ve tvaru Gaussovy křivky. Plynový chromatograf s hmotnostním spektrometrem je zobrazen na Obrázku 5 (Stashenko a Martinez, 2014; Stout a kol., 2018).



Obrázek 5 Plynový chromatograf s hmotnostním spektrometrem (upraveno podle Stashenko a Martinez, 2014).

3 STERILACE

Sterilace je tepelný proces k ošetření potravin, který je využíván k usmrcení vegetativních forem mikroorganismů a bakteriálních spor, kdy se používá teplota mezi 110–150 °C, při daném čase, v závislosti na ohřívání potravině. Zvolení správného typu sterilačního zákroku závisí na druhu kontaminujícího mikroorganismu, dále na potravině, kde je zejména důležité její pH a aktivita vody, na počáteční koncentraci kontaminujícího mikrobu, ale důležitý je i obal potraviny, tedy její typ a objem. (Kadlec a kol., 2012).

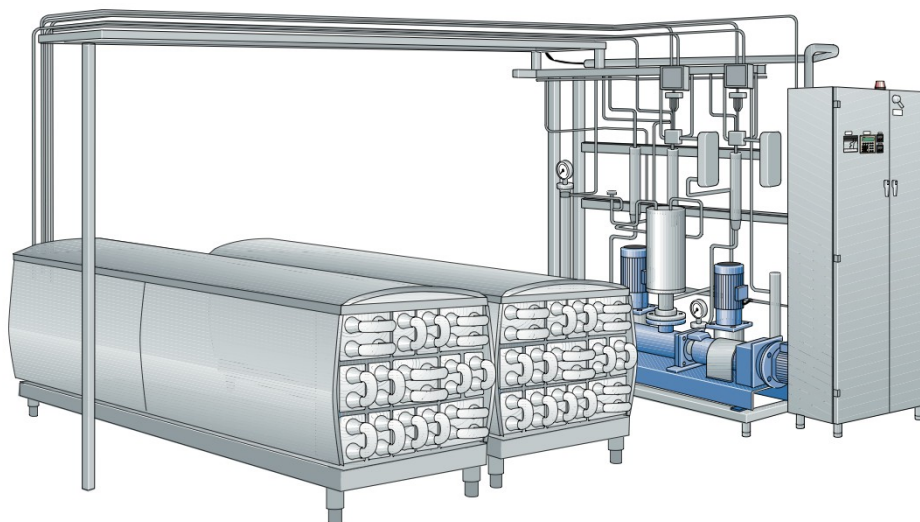
Při vyšší teplotě je potřeba kratší doba působení. Bakterie *Clostridium botulinum* tvoří termorezistentní spory, které v anaerobních podmínkách produkují smrtící botulin toxin, napadající nervový systém. Proto se sterilační procesy potravin zaměřují na tyto spory. V Tabulce 5 je uvedena teplota a délka potřebná pro inaktivaci vybraných mikroorganismů a jejich spor (Richardson, 2004).

Tabulka 5 Teplota a délka potřebná pro inaktivaci vybraných mikroorganismů a jejich spor (Richardson, 2004).

Organizmy a jejich toxiny	Čas/Teplota
Vegetativní buňky	10 min/80 °C
Plísňe	30–60 min/88 °C
Termofilní <i>Clostridium thermosaccharolyticum</i>	3–4 min/121 °C
Termofilní <i>Bacillus stearothermophilus</i>	4 min/121 °C
Mezofilní <i>Clostridium botulinum</i>	3 min/121 °C
Mezofilní Botulinum toxiny	0,1–1 min/121 °C
Mezofilní <i>Clostridium sporogenes</i>	1,5 min/121 °C
Mezofilní <i>Bacillus subtilis</i>	0,6 min/121 °C

Pro nekyselé potraviny o pH nad 4,0 platí, že se sterilují při teplotě 110–150 °C, protože se musí inaktivovat vegetativní buňky a bakteriální spory, zatímco pro kyselé potraviny o pH pod 4,0 platí sterilace při teplotě 85 °C, protože v kyselém prostředí nemohou spory klíčit

(Holdsworth, 2004). Sterilační záhřevy se dělí podle různých hledisek. Záhřevy probíhají buď v obalech, nebo mimo obal. U sterilace mimo obal proudí zařízením (UHT zařízením) přímo daná potravina, která se zahřívá párou a poté se asepticky plní do obalů, zatímco při sterilaci v obalu prochází zařízením hermeticky uzavřená konzerva (zachovává sterilitu obsahu i po sterilizaci), zabezpečená proti pronikání mikroorganismů, při které se jako topné médium používá pára (Kadlec a kol. 2012). Na Obrázku 6 je zobrazeno UHT zařízení založené na trubkových výměnících tepla. Příkladem zařízení ke sterilačnímu procesu je stacionární vertikální retorta, jejíž proces zahrnuje vložení nosiče s plechovkami, naplnění sterilizátoru vodou, aby plechovky byly ponořené, přívod páry a samotnou sterilizaci, chlazení studenou vodou. Schéma vertikální dávkové retorty je zobrazeno na Obrázku 7.

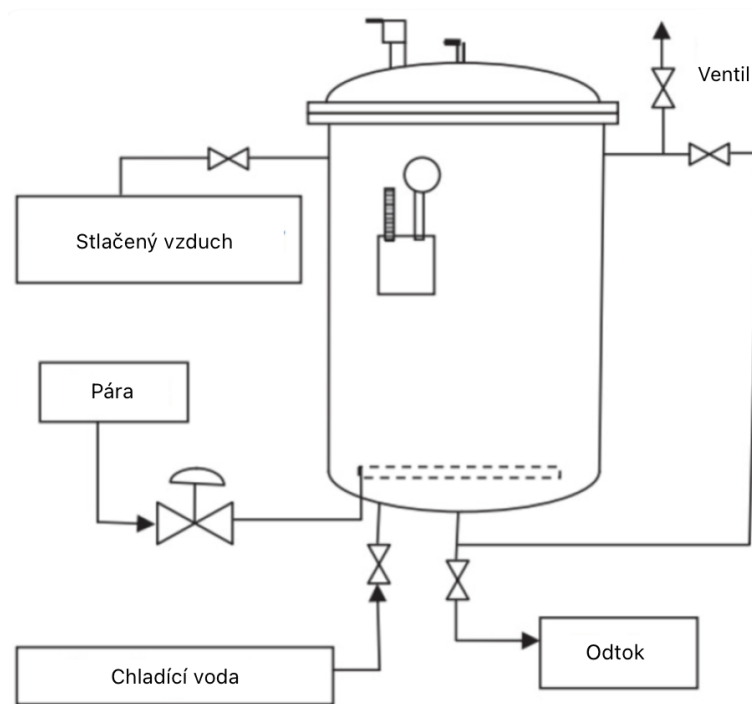


Obrázek 6 Pilotní zařízení UHT založené na trubkových výměnících tepla (Bylund, 2003).

3.1 Vliv sterilačního záhřevu na jednotlivé složky potravin

Při sterilaci, dochází k některým reakcím, na molekulární úrovni, jako k denaturaci bílkovin s následnou deaktivací enzymů, jako jsou lipázy, lipoxygenázy, hydrolázy a inhibitory trypsinu, také dochází k lipidové autooxidaci, k transformaci látek, jako jsou například vitamíny, nebo také dochází k reakci volných nebo na bílkoviny vázaných aminokyselin a poslední reakci lze rozvést do čtyř kategorií a tedy na rekombinaci nitromolekulárních nebo interomolekulárních disulfidových můstků, reakcí kyselých a základních postranních řetězců aminokyselin, reakcí týkající se redukujících cukrů a postranních řetězců aminokyselin a na reakci s postranními řetězci aminokyselin s odchodem ze skupiny eliminací, které mohou vytvářet zkřížené aminokyseliny. Do reakcí při záhřevu lze zařadit

například Maillardovy reakce, kde reagují aminokyseliny a redukující cukry (Arnoldi, 2002).



Obrázek 7 Zjednodušené schéma vertikální dávkové retorty (upraveno podle Lazárková a kol., 2025).

Sterilace tavených sýrů může vést ke vzniku tmavého zbarvení. Sterilace také u tavených sýrů ovlivňuje především bílkoviny, laktózu a tuky. Při působení sterilace lze očekávat tyto reakce:

1. Maillardovy reakce,
2. denaturaci a další reakce bílkovin
3. oxidační reakce tuků,
4. izomerace laktózy na laktulózu,
5. vznik organických kyselin (Fox a Uniacke-Lowe, 2015).

Podle článku, který pojednává o vlivu pasterace a UHT ohřevu na obecné složení a složení mastných kyselin v kravském mléce se pasterované mléko a mléko po UHT záhřevu mírně změnilo ve složení a snížil se celkový obsah tuku, sušiny a zvýšil se obsah močoviny. Ve všech analyzovaných mlékách byly zjištěny vysoké obsahy kyseliny palmitové, olejové,

stearové a myristové. Pasterace a UHT ohřev podstatně nezměnil složení a profil mastných kyselin v kravském mléce (Pestana a kol., 2015).

3.1.1 Maillardovy reakce

Maillardovy reakce jsou souborem reakcí, kde dochází ke vzniku melanoidinů, což jsou hnědé pigmenty, které jsou žádoucí například u kůrky chleba, nebo při pražení kávy a nežádoucí u sušených sterilovaných potravin, zejména u mléka v práškové podobě. Díky těmto pigmentům se tyto reakce nazývají reakcemi neenzymatického hnědnutí. Pod pojmem neenzymatické hnědnutí si můžeme představit například karamelizaci cukrů, kdy dochází k reakci mezi aminosloučeninami a karbonylovými sloučeninami. Bílkoviny tedy reagují s redukujícími cukry za pomoci ε -aminoskupiny vázaného lyzinu. Naopak v malé míře se této reakce účastní α -aminoskupiny z N-koncových aminokyselin. U některé skupiny potravin se kromě aminoskupin a bílkovin v Maillardových reakcích účastní také biogenní aminy. Reakce probíhají za teplot, kolem 140–165 °C. Při Maillardových reakcích také dochází ke vzniku aromatických látek, ale také k tvorbě nežádoucích organoleptických vlastností. Dochází také ke snížení nutriční hodnoty, důsledkem reakce sacharidů a dalších karbonylových sloučenin společně s lyzinem a často limitující aminokyselinou. Bohužel dochází i k tvorbě mutagenních a karcinogenních látek (Coultate, 2016; Velíšek a Hajšlová, 2009).

Podle článku o vlivu tepelné sterilace na kvalitu taveného sýra způsobila sterilace mírný pokles obsahu některých aminokyselin, zejména cysteinu, methioninu, serinu, threoninu a tyrosinu. Podle autorů mohly být hlavním důvodem Maillardovy reakce, kdy vznikaly interakce karbonylových sloučenin s aminokyselinovými složkami (El-Bakry a kol., 2022).

3.1.2 Denaturace a další reakce bílkovin

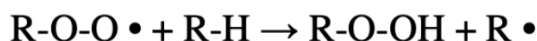
K denaturaci dochází za účinku různých fyzikálních faktorů, například teploty, tlaku a dalších faktorů, a také pomocí chemických látek k nativní konformaci globulárních bílkovin a jejích vlastností, při které se jejich primární struktura nemění. Denaturace je buď vratná, kdy dojde k tzv. renaturaci, nebo nevratná. Důsledkem nevratné denaturace ke změna biologické aktivity proteinů a jejich původních funkcí. Při denaturaci dochází ke změně uspořádané struktury proteinů, na méně uspořádanou strukturu. Nově uspořádaná struktura má schopnost interakce s vodou, a proto má velké množství bílkovin po denaturaci schopnost vázat vodu, a to až o 30–45 % (Velíšek, 2009).

3.1.3 Oxidační reakce tuků

Jako oxidační reakce tuků při skladování s přístupem kyslíku a tepelnému záhřevu, kdy se zhoršuje senzorická jakost, se nazývá žluknutí, a protože je způsobeno i jinými reakcemi než oxidací mastných kyselin, dělíme žluknutí na hydrolytické, oxidační, ketonové a chuťové reverze. Příkladem žluknutí je smažení potravin na oleji, kdy oxidace v tomto případě probíhá rychle, a proto by se oleje vysokým teplotám neměly vystavovat. Autooxidace mastných kyselin, což je jedna z oxidačních reakcí, je popsána na Obrázku 8. Při hydrolytickém žluknutí dochází k uvolnění mastných kyselin, které u velké části tuků nepůsobí žluknutí. Ovšem výjimkou jsou tuky, obsahující mastné kyseliny, které se váží na kratší uhlíkový řetězec, tedy 4–10 uhlíků. U másla dochází za působení ketonového žluknutí k uvolnění máselné kyseliny, kdy po uvolnění dojde ke vzniku nepříjemného zápachu. S ketonovým žluknutím se lze setkat u másla. Kromě mléčných tuků jsou i v kokosovém, nebo palmojádrovém tuku, mastné kyseliny s 6–10 atomy uhlíku, které po odštěpení karboxylu vyvolají parfémovou příchut' (Kilcast a kol., 2011; Velíšek, 2002).



hydroperoxylový radikál



hydroperoxid



Obrázek 8 Schéma autooxidace mastných kyselin (praveno podle Akoh, 2002).

Při reakci oxidace lipidů, dochází ke vzniku lipoproteinů o různých typech, v nichž jsou pomocí fyzikálních a kovalentních vazeb, vázány lipidy a proteiny. Z reakce s hydroperoxidy, epoxidy, volnými radikály a aldehydy se štěpí některé z proteinových vazeb, po které vzniknou radikály a proteinové oligomery, tvořící příčné vazby, kdy se některé aminoskupiny oxidují (Yang a Boyle, 2016; Velíšek, 2002).

3.1.4 Izomerace laktózy na laktulózu

Laktóza je hlavní mléčný disacharid, který je pomocí enzymu laktázy metabolizován na monosacharidy, glukózu a galaktózu. Laktóza může být izomerizována na laktulózu (Christison a kol., 2016). Tento epimer vzniká za mírně alkalických podmínek působením tepelného záhřevu mléka. Přítomnost laktulózy je běžně užívaným indexem tepelného ošetření mléka mezi pasterací a sterilací. Laktulóza, která funguje jako prebiotikum, napomáhá ke správné funkci tlustého střeva (Fox a Uniacke-Lowe, 2015).

3.1.5 Vznik organických kyselin

Ke vzniku organických kyselin z laktózy dochází při teplotě nad 100 °C. Mezi vznikající organické kyseliny patří hlavně kyselina mravenčí a v menším množství také kyselina mléčná, tj. cca do 5 % reakčních produktů. Vznik těchto reakcí může ovlivnit tepelnou stabilitu mléka (Buňka, 2013).

II PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce bylo sledovat vliv přídavku použitých hydrokoloidů (furcellaranu a karagenanu) jako náhrady tavicích solí a vliv sterilačního záhřevu na složení a obsah mastných kyselin v ochucených tavených sýrech.

Cílem teoretické části bakalářské práce bylo:

- charakterizovat tavené sýry
- charakterizovat a popsat analýzu mastných kyselin
- popsat sterilaci a vliv sterilačního záhřevu na jednotlivé složky potravin

Cílem praktické části bakalářské práce bylo:

- vyrobit sterilované ochucené tavené sýry s přídavkem 2 druhů hydrokoloidů
- analyzovat vyrobené vzorky – stanovit hodnotu pH, obsah sušiny, obsah tuku a obsah mastných kyselin pomocí GC–MS
- vyhodnotit vliv sterilace a použitého hydrokoloidu na obsah mastných kyselin ve vyrobených vzorcích

5 METODIKA

V této bakalářské práci byly vyrobeny tavené sýry bez přídavku tavicích solí s příchutí rajčete. Jako náhrada za tavicí soli byly použity dva hydrokoloidy (karagenan a furcellaran) v množství 1 % hm. Polovina vzorků, byla po výrobě sterilována. Celkem tedy byly vyrobeny 4 vzorky (nesterilovaný a sterilovaný s karagenanem, nesterilovaný a sterilovaný s furcellaranem). Nesterilované vzorky byly skladovány v lednici (6 ± 2 °C), sterilované v klimatizovaném skladu (23 ± 2 °C). Po 7 dnech od výroby bylo u všech vzorků měřeno pH pomocí vpichového pH metru, analyzován obsah sušiny gravimetricky, obsah tuku dle Soxhleta a následně byly analyzovány mastné kyseliny pomocí GC–MS.

5.1 Výroba vzorků taveného sýra

Při výrobě tavených sýrů byla nakrájena Eidamská cihla na menší kostičky, které se společně s dalšími naváženými surovinami daly do tavicího zařízení (Vorwerk Thermomix, Wuppertal, Německo). Suroviny, použité při výrobě vzorků tavených sýrů jsou uvedeny v Tabulce 6. V tavicím zařízení se směs zahřála na 90 °C a tato teplota se udržovala po dobu 1 minuty. Hmota byla po utavení přelita do hliníkových misek, které byly na přístroji výrobce Nirosta spol. s.r.o. (Chlumec nad Cidlinou, Česká republika), zataveny hliníkovými víčky. Polovina vzorků byla po vychladnutí skladována v chladničce za teploty 6 ± 2 °C, druhá polovina vyrobených vzorků byla zchlazena na laboratorní teplotu a sterilována při teplotě 120 °C po dobu 10 minut v autoklávu Fedegari FV A2/A1 (Fedegari Autoclavi, Albuzzano, Itálie). Tyto vzorky byly následně skladovány při laboratorní teplotě 23 ± 2 °C.

Tabulka 6 Surovinová skladba

Surovina	Množství (kg)
Eidamská cihla 30 %	0,150
Hydrokoloid	0,00970
Máslo	0,230
Micelární kasein	0,100
NaCl	0,010
Pitná voda	0,460
Sušené rajče	0,010

5.2 Stanovení pH

Hodnota pH je zápornou hodnotou dekadického logaritmu aktivity oxoniových kationtů. Hodnotu aktivity ve zředěných vodných roztocích lze vyjádřit následovně (Clark, 2002):

$$\text{pH} = -\log(c(\text{H}_3\text{O}^+))$$

Pro stanovení hodnoty pH byl použit kalibrovaný vpichový pH metr (HI 99161, Hanna Instruments), na kterém byla po ustálení odečtena hodnota vpichem do vzorku. Měření pH proběhlo u každého vzorku třikrát.

5.3 Stanovení obsahu sušiny

Při stanovení obsahu sušiny je nejběžnější metodou sušení vzorku, které je založené na ztrátě hmotnosti po vysušení vzorku při 105 ± 2 °C (Mathlouthi, 2001).

Stanovení probíhalo třikrát u každého vzorku. Nejdříve byla navážena hmotnost 3 g vzorku do hliníkových vysoušeček s přesností 4 desetinných míst na analytických vahách (Selva-váhy s.r.o., GR–200, Česká republika) a tyto vzorky byly vloženy do sušárny, které byly nastaveny na 105 °C a na délku času 5 hodin do dosažení konstantního úbytku hmotnosti vzorku. Následně byly vzorky kvůli ochlazení na laboratorní teplotu vloženy do exsikátoru. Poté, pro výpočet obsahu sušiny ve vzorku, byly na analytických vahách zváženy hliníkové vysoušečky.

Vzorec pro výpočet obsahu sušiny ve vzorku:

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

w – obsah vody (%),

m_1 – hmotnost hliníkové vysoušečky s mořským pískem před sušením (g),

m_2 – 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 (%),

w – obsah vody (%).

5.4 Stanovení obsahu tuku

Stanovení obsahu tuku závisí na jeho rozpustnosti v nepolárních rozpouštědlech, nejčastěji v etheru či hexanu. Při Soxhletově metodě se tuk stanovuje vážkově po extrakci v Soxhletově extrakčním přístroji, po oddestilování činidla určeného pro extrakci a vysušení vyextrahovaného tuku ze vzorku (VFU Brno, 2025).

Pro stanovení byly do papírové extrakční patry naváženy 3 g vzorku s přesností 0,1 mg. Extrakční patrona byla vložena do drátěného držáku a následně do extrakční baňky se 100 ml hexanu. Extrakční baňka byla následně napojena na zábrus extraktoru Soxtherm a extrakce probíhala asi 2,5 hodiny. Po ukončení extrakce byl hexan oddestilován a zbytek hexanu se nechal volně odpařit v digestoři. Následovalo dosušení v sušárně při 105 °C po dobu 1 hodiny a zchlazení po dobu asi půl hodiny v exsikátoru. Po těchto krocích byl zvážen vyextrahovaný obsah tuku.

Vzorec pro obsah lipidů:

$$T = \frac{m_b - m_a}{n} \times 100$$

T – obsah lipidů (%),

m_a – hmotnost prázdné baňky (g),

m_b – hmotnost baňky s tukem (g),

n – navážka vzorku (g).

Průměrná hodnota obsahu tuku ve vzorku se vypočítala ze tří stanovení.

5.5 Stanovení obsahu mastných kyselin

Pro stanovení mastných kyselin bylo třeba nejdříve ze vzorku vyextrahovat tuk, následně převést mastné kyseliny na těkavé methylestery a tyto pak nakonec stanovit pomocí GC–MS.

5.5.1 Extrakce

Před vlastním stanovením obsahu mastných kyselin se používají rozpouštědla, nebo směsi rozpouštědel (například n–hexan) za daných podmínek k extrakci tuku z dané potraviny. Nejčastěji se používají metody dle Soxhleta, Grossfelda nebo Gerbera (Abd-Aziz a kol., 2024).

Extrakce byla provedena dle Soxhletovy metody. Sušina vzorku taveného sýra byla zvážena spolu s dopředu zváženou extrakční baňkou. Do baňky se následně přidaly 4 ml 0,5M metanolickeho roztoku NaOH. Na extraktor byla připojena extrakční baňka se zábrusem o objemu 250 cm³ spolu se vzorkem a roztokem. Extrakce proběhla po dobu asi 4 hodin na topném hnízdě, za občasného míchání, pod zpětným chladičem.

5.5.2 Esterifikace

Esterifikace se používá pro zvýšení těkavosti mastných kyselin pro stanovení plynovou chromatografií. Mastné kyseliny anebo estery glycerolu se přemění v methylestery, methylováním krátkým varem fluoridu boritého nebo methanolem (Wilson, 2009).

Po extrakci podle Soxhleta proběhlo zmýdelňování pod inertní atmosférou tvořenou dusíkem, které probíhalo asi 30 minut. Poté bylo přes chladič do baňky přidáno 5 ml 15 % metanolickeho roztoku BF₃, který sloužil jako kyselý katalyzátor směsi. Po asi 2 minutách bylo přes zpětný chladič přidáno 5 ml heptanu a udržoval se var po dobu 1 minuty. Po částečném ochlazení a odejmutí chladiče byly přidány 2 ml nasyceného vodného roztoku NaCl. Obsah baňky byl převeden do 100 ml dělicí nálevky a heptanová fáze byla oddělena do kádinky. Dále byla vodná fáze promyta 15 ml heptanu, protřepána a odseparována k předchozí heptanové fázi. Spojené heptanové fáze byly promyty v dělicí nálevce 40 ml nasyceného vodného roztoku NaCl a protřepány. Opět se heptanová fáze oddělila a vodná fáze byla promyta 15 ml heptanu a odseparována k předchozí heptanové fázi. Spojené heptanové fáze byly promyty 15 ml nasyceného vodného roztoku NaCl a heptanová fáze byla znovu oddělena a tentokrát vysušena bezvodým síranem sodným. Vzorky se zakoncentrovaly na vakuové rotační odparce a kvantitativně se převedly do 10 ml odměrných baněk. Následně se vzorek v baňce doplnil po rysku a do nové 10 ml baňky se převedl 1 ml vzorku pro stanovení plynovou chromatografií.

5.5.3 Vlastní stanovení mastných kyselin pomocí GC–MS

Jedná se o metodu fyzikálně–chemickou, při které dochází k distribuci složek daného vzorku mezi dvě fáze, a to mezi stacionární a mobilní, kdy je vzorek unášen soustavou v podobě par a dochází k separaci a následné indikaci na základě koncentrace separovaných složek v nosném plynu (Anderson a kol., 2015).

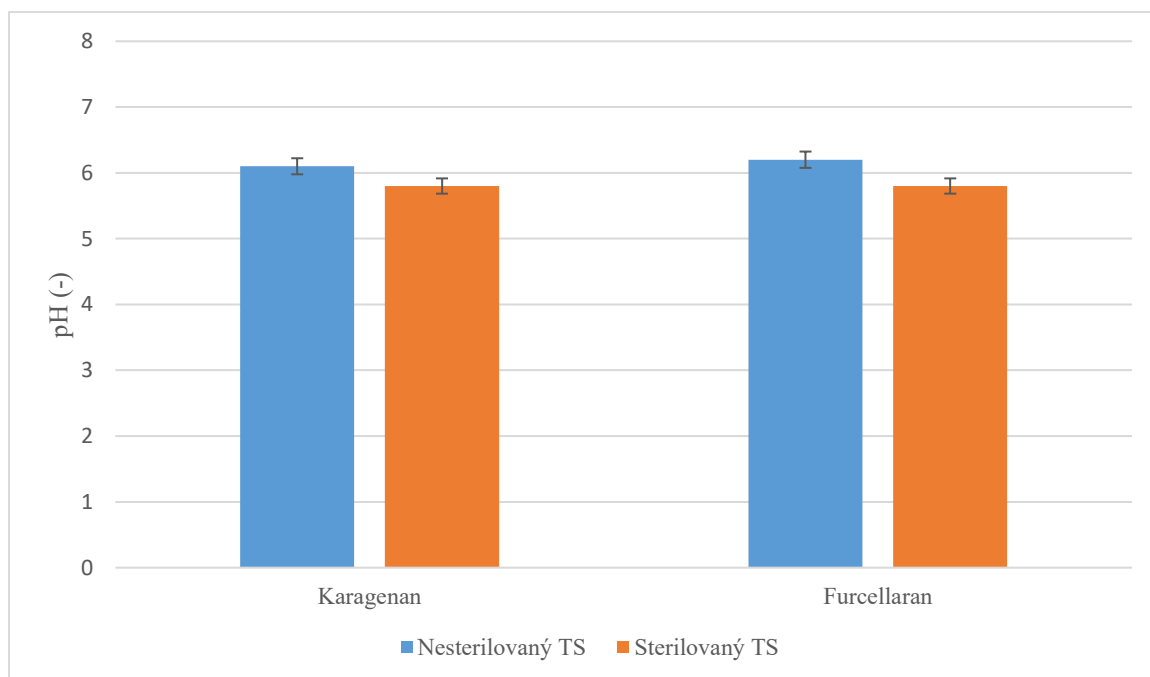
Metylestery mastných kyselin ve vzorcích byly stanoveny plynovou chromatografií s hmotnostním spektrometrem (GC–2010, SHIMADZU), za použití kolony Agilent HP–88

(100 m x 0,25 mm x 0,2 μ m). Při stanovení byl použit objem nástriku 1 μ l, teplota nástriku byla nastavena na 250 °C, splitovací poměr byl 1:100 (poměr toku splitovacím ventilem a kolonou), jako nosný plyn byl použit dusík, v teplotním programu bylo zvoleno 80 °C/5 min, 200 °C/15 min, 250 °C/8 min. Vnitřním standardem, který byl použitý, byla kyselina undekanová.

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

6.1 Stanovení pH

Výsledky stanovení hodnot pH jsou zobrazeny na Obrázku 9. Hodnoty pH u nesterilovaných vzorků se pohybovaly v rozmezí 6,1–6,2 a u sterilovaných se hodnoty pH pohybovaly kolem 5,8. Stanovené pH u vzorků odpovídají optimálním hodnotám až na nesterilovaný vzorek s přídavkem furcellaranu, kde došlo k mírné odchylce na pH 6,2. U tavených sýrů (TS) by se mělo pH pohybovat v rozmezí 5,6–6,1 (Buňka a kol., 2009). Uvedené rozmezí ale platí pro tavené sýry s tavicími solemi a vzorky vyrobené v této práci tedy mohou mít hodnoty pH mírně odlišné. Na hodnotu pH měla vliv sterilace, kdy po sterilaci došlo ke snížení hodnot o 0,3–0,4. Typ hydrokoloidů neměl na pH zásadní vliv. Vzorky s karagenanem i furcellaranem měly podobné hodnoty pH.

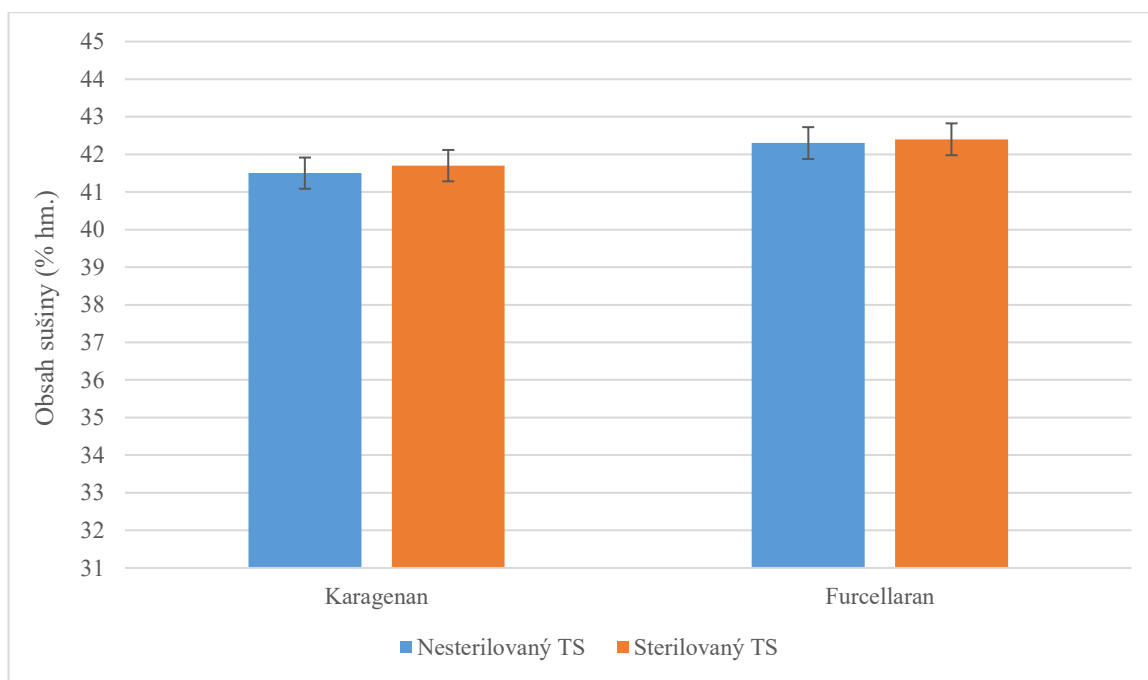


Obrázek 9 Výsledky stanovení hodnoty pH

6.2 Stanovení obsahu sušiny

Výsledky stanovení obsahu sušiny jsou zobrazeny na Obrázku 10. Obsah sušiny u nesterilovaných vzorků se pohybovaly v rozmezí 41,5–42,3 % hm. a u sterilovaných vzorků se obsah sušiny pohyboval v rozmezí 41,7–42,4 % hm. Tyto hodnoty jsou mírně vyšší, než bylo vypočítáno ze surovinové skladby (40 % hm). Na tento obsah mohlo mít vliv použití

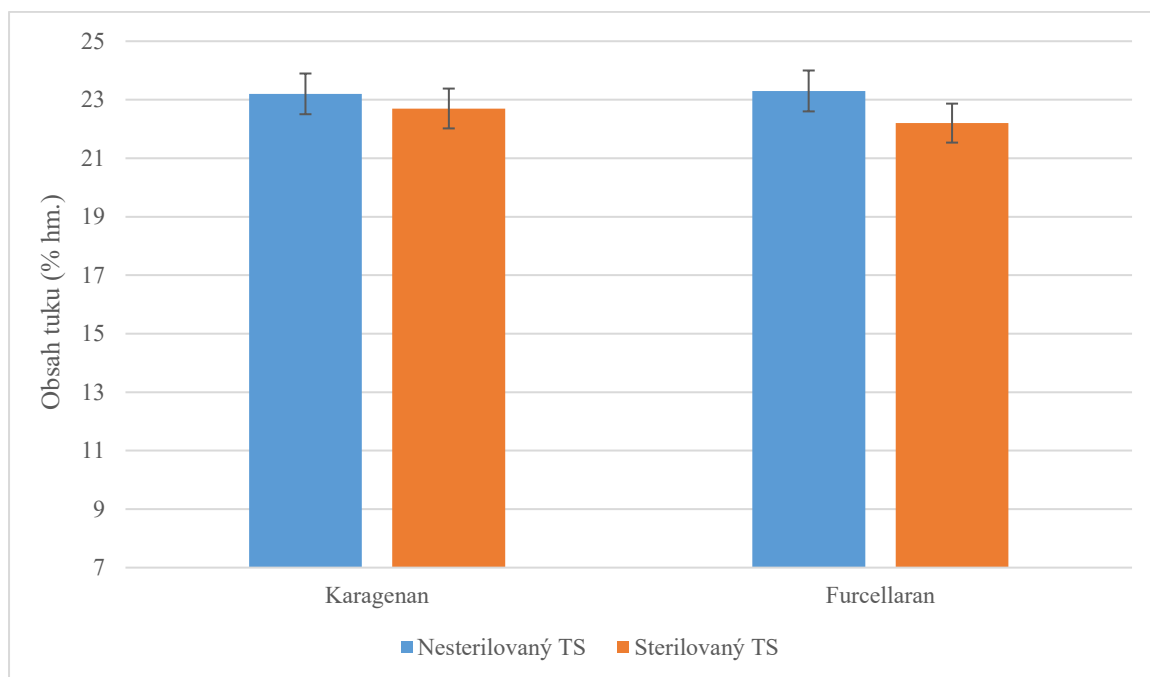
Eidamské cihly s vyšší sušinou, než bylo předpokládáno. Na sušinu vyrobených vzorků nemělo vliv použití hydrokoloidů a ani použití sterilace, protože vzorky byly baleny a skladovány hermeticky, (to znamená, že byly baleny v obalech nepropustných pro vlhkost). Změny v obsahu sušiny tedy nebyly očekávány. Srovnatelný obsah sušiny všech vzorků umožnil vzájemné porovnání všech vzorků tavených sýrů.



Obrázek 10 Výsledky stanovení obsahu sušiny

6.3 Stanovení obsahu tuku

Výsledky stanovení obsahu tuku jsou zobrazeny na Obrázku 11. Obsah tuku u nesterilovaných vzorků se pohybovaly v rozmezí 41,5–42,3 % hm. a u sterilovaných se obsah tuku pohyboval v rozmezí 41,7–42,4 % hm. Sterilační záhřev ani druh hydrokoloidu neměly na obsah tuku žádný vliv, což bylo předpokládáno.



Obrázek 11 Výsledky stanovení obsahu tuku

6.4 Stanovení obsahu mastných kyselin

Výsledky stanovení obsahu mastných kyselin (MK) v % (vyjádřeno jako procentuální podíl ze sumy stanovených mastných kyselin) jsou uvedeny v Tabulce 7. Z tabulky je zřejmé, že ve vzorcích tavených sýrů bylo detekováno celkem 13 mastných kyselin, z toho 9 nasycených, 3 monoenoové a 1 polyenoová. Nejvíce procentuálně vyskytovanou mastnou kyselinou byla kyselina palmitová (37,5–39,0 % hm.), kyselina olejová (19,1–20,2 % hm.) a kyselina myristová (13,7–14,8 % hm.), naopak nejméně vyskytovanou mastnou kyselinou ve vzorcích byla kyseliny linolenová (0,9–1,1 % hm.), kyselina myristoolejová (0,7–1,0 % hm.), kyselina pentadecylová (0,9–1,1 % hm.) a kyselina kaprylová (1,2–1,4 % hm.). Výsledky, odpovídají složení mléčného tuku a mastné kyseliny, které byly stanoveny v nejvyšších množstvích patří k těm, které se v mléčném tuku vyskytují nejvíce. Příklad složení mastných kyselin kravského mléka je uveden v teorii v Tab. 4.

Tabulka 7 Výsledky stanovení obsahu mastných kyselin (procentuální zastoupení)

Mastné kyseliny	Nesterilované		Sterilované	
	Karagenan	Furcellaran	Karagenan	Furcellaran
Σ SFA + MUFA + PUFA ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	262,05	247,71	250,19	229,31
	Podíl MK (% hm.)			
Máselná (4:0)	2,7	2,9	2,4	2,9
Kapronová (6:0)	2,1	2,1	2,1	2,1
Kaprylová (8:0)	1,4	1,3	1,3	1,2
Kaprinová (10:0)	3,6	3,7	3,6	3,9
Laurová (12:0)	4,2	4,3	4,3	4,4
Myristová (14:0)	13,8	14,2	13,7	14,8
Pentadecylová (15:0)	1,1	1,0	1,1	0,9
Palmitová (16:0)	38,6	38,2	39,0	37,5
Stearová (18:0)	9,2	9,1	9,0	8,8
Myristoolejová (14:1)	1,0	0,8	0,9	0,7
Palmitoolejová (16:1)	2,2	1,7	2,2	1,8
Olejová (18:1)	19,1	19,6	19,4	20,2
Linolenová (18:3)	1,1	0,9	1,1	0,9

6.4.1 Nasycené mastné kyseliny

Výsledky stanovení nasycených mastných kyselin (SFA) jsou uvedeny v Tabulce 8. Mezi nejvíce vyskytované mastné kyseliny ve vzorcích tavených sýrů patřila kyselina palmitová (v rozmezí 86,02–101,07 mg·g⁻¹), dále ve větších množstvích se vyskytovaly kyseliny myristová (v rozmezí 33,87–36,09 mg·g⁻¹) a stearová (v rozmezí 20,09–24,16 mg·g⁻¹) a další mastné kyseliny byly obsaženy v rozmezí 2,11–11,04 mg·g⁻¹.

Tabulka 8 Výsledky stanovení obsahu nasycených mastných kyselin

Mastné kyseliny	Nesterilované		Sterilované	
	Karagenan	Furcellaran	Karagenan	Furcellaran
	SFA (mg·g ⁻¹)			
Máselná (4:0)	6,99 ± 0,09	7,13 ± 0,16	6,12 ± 0,06	6,76 ± 0,09
Kapronová (6:0)	5,48 ± 0,06	5,19 ± 0,19	5,32 ± 0,07	4,78 ± 0,17
Kaprylová (8:0)	3,65 ± 0,24	3,19 ± 0,33	3,16 ± 0,015	2,64 ± 0,09
Kaprinová (10:0)	9,49 ± 0,16	9,25 ± 0,11	9,01 ± 0,08	8,96 ± 0,11
Laurová (12:0)	11,04 ± 0,13	10,75 ± 0,22	10,72 ± 0,10	10,12 ± 0,23
Myristová (14:0)	36,09 ± 0,32	35,12 ± 0,24	34,16 ± 0,29	33,87 ± 0,31
Pentadecylová (15:0)	2,89 ± 0,01	2,56 ± 0,18	2,70 ± 0,05	2,11 ± 0,19
Palmitová (16:0)	101,07 ± 1,33	94,57 ± 4,68	97,45 ± 1,12	86,02 ± 2,46
Stearová (18:0)	24,16 ± 0,28	22,53 ± 0,21	22,47 ± 0,34	20,09 ± 0,30
Σ SFA	200,86	190,47	191,11	175,35

Z tabulky je patrné, že jak nesterilované, tak sterilované tavené sýry s přidavkem karagenanu a furcellaranu měly mírně odlišné obsahy SFA. Je možné konstatovat, že vzorky

s furcellaranem ve většině případů vykazovaly o něco nižší koncentrace. To odpovídá i mírně nižšímu celkovému obsahu tuku v tavených sýrech s furcellaranem (viz Obr. 11). Porovnáme-li vzájemně sterilované a nesterilované vzorky, je možné vyslovit závěr, že obsah SFA se vlivem sterilačního záhřevu mírně snížil. Toto platí jak pro celkový obsah SFA, tak pro jednotlivé mastné kyseliny. Pro srovnání pozorovali podobné snížení obsahu nasycených MK autoři článku Costa a kol. (2011), kteří zkoumali působení tepelných záhřevů pomocí pasterace a UHT ošetření na mastné kyselin u kravského mléka. V této publikaci byly zjištěny rozdíly obsahu mastných kyselin po postupném tepelném pasteračním a sterilačním zpracování.

6.4.2 Mononenasycené mastné kyseliny

Výsledky stanovení mononenasycených mastných kyselin (MUFA) jsou zobrazeny v Tabulce 9. Nejvíce vyskytovanou mastnou kyselinou ve vzorcích byla kyselina olejová (v rozmezí $46,23 - 50,03 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) další mastné kyseliny se vyskytovaly v malém množství (v rozmezí $1,67 - 5,67 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$). Vliv druhu použitého hydrokoloidu a sterilačního záhřevu na obsah MUFA je obdobný jako v případě SFA (viz kapitola 6.4.1.).

Tabulka 9 Výsledky stanovení obsahu mononenasycených mastných kyselin

Mastné kyseliny	Nesterilované		Sterilované	
	Karagenan	Furcellaran	Karagenan	Furcellaran
	MUFA ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)			
Myristolejová (14:1)	$2,50 \pm 0,03$	$2,04 \pm 0,18$	$2,32 \pm 0,05$	$1,67 \pm 0,04$
Palmitolejová (16:1)	$5,67 \pm 0,01$	$4,29 \pm 0,06$	$5,41 \pm 0,07$	$4,03 \pm 0,05$
Olejová (18:1)	$50,03 \pm 0,42$	$48,65 \pm 0,51$	$48,61 \pm 0,32$	$46,23 \pm 0,29$
Σ MUFA	58,20	54,98	56,34	51,93

Podobné výsledky byly také publikovány ve studii Rodríguez-Alcalá a kol. (2014), kdy autoři článku analyzovali stabilitu mastných kyselin po UHT ošetření kravského mléka. V této publikaci byl obsah PUFA a dalších MK stabilní po použití pasterace a UHT ošetření.

6.4.3 Polynenasycené mastné kyseliny

Výsledky stanovení polynenasycených mastných kyselin (PUFA) jsou prezentovány v Tabulce 10. Jedinou detekovanou polyenovou mastnou kyselinou byla kyselina linolenová, která byla obsažena ve vzorcích v menším množství ($2,03\text{--}2,99\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$). Opět je patrný obdobný efekt použitého hydrokoloidu i sterilačního záhřevu (viz. kapitola 6.4.1). V publikaci vytvořené autory Pestana a kol. (2015) byl analyzován vliv pasterace a UHT na složení mastných kyselin v kravském mléce. V tomto článku podle autorů neměla pasterace nebo UHT vliv na složení a profil mastných kyselin v kravském mléce

Tabulka 10 Výsledky stanovení obsahu polynenasycených mastných kyselin

Mastné kyseliny	Nesterilované		Sterilované	
	Karagenan	Furcellaran	Karagenan	Furcellaran
	PUFA ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)			
Linolenová (18:3)	$2,99 \pm 0,03$	$2,26 \pm 0,02$	$2,74 \pm 0,02$	$2,03 \pm 0,03$

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo pozorovat vliv sterilace a vliv použitého druhu hydrokoloidu na složení mastných kyselin, na hodnoty pH vzorků, obsah sušiny a tuků.

Vlivy sterilačního záhřevu lze shrnout následovně:

- hodnoty pH poklesly o 0,3–0,4,
- obsah sušiny a obsah tuků zůstal prakticky konstantní,
- obsahu nasycených, monoenoových i polyenoových mastných kyselin, včetně jejich celkového množství, se snížilo.

Vlivy použitého hydrokoloidu (karagenanu a furcellaranu) lze shrnout následovně:

- hodnota pH, obsah sušiny a obsah tuků nebyly přidavkem karagenanu a furcellaranu zásadně ovlivněny,
- obsah nasycených, monoenoových, i polyenoových mastných kyselin (včetně celkového množství) byl nižší v tavených sýrech s furcellaranem.

Mezi nejvíce zastoupené mastné kyseliny patřily v tavených sýrech analyzovaných v této práci kyselina palmitová, olejová, myristová a stearová, což odpovídá jejich obsahu v mléčném tuku.

V dalších pracích by bylo např. vhodné vyzkoušet i jiné metody na stanovení obsahu mastných kyselin v tavených sýrech.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ABD-AZIZ, Suraini Gozan, Misri Ibrahim, Mohamad Faizal Phang, Lai-Yee. (2024). *Chemical Substitutes from Agricultural and Industrial By-Products - Bioconversion, Bioprocessing, and Biorefining - 6.4.1.2 Soxhlet Extraction.* (pp. 107). John Wiley & Sons. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt013XKBIM/chemical-substitutes/soxhlet-extraction>.

AKOH, Casimir C. a MIN, David B., 2002. *Food Lipids: chemistry, nutrition and biotechnology*. 2. vyd. Food science and technology series. New York: Marcel Dekker. ISBN 0-8247-0749-4.

ANCIENS RAMOS, Gustavo Luis de Paiva; SILVA E ALVES, Adriana Torres; SPADOTI, Leila Maria; ZACARCHENCO, Patrícia Blumer a DA CRUZ, Adriano Gomes, 2022. Low salt and low sodium processed cheeses. Online. In: *Processed Cheese Science and Technology*. Elsevier, s. 177-197. ISBN 9780128214459. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821445-9.00001-7>. [cit. 2024-10-04].

ANDERSON, Jared L. Berthod, Alain Estévez, Verónica Pino Stalcup, Apryll M.. (2015). *Analytical Separation Science, 5 Volume Set - 6.3.2 GC-MS Analysis of Volatile Flavor Compounds in Food.* (pp. 902). John Wiley & Sons. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011CCCK1/analytical-separation/gc-ms-analysis-volatile>.

ARNOLDI, A. Thermal processing and nutritional quality. In Henry, C.J.K., Chapman, C. *The nutrition handbook for food processors*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2002, s. 265 – 292. ISBN 1- 85573-464-8.

BARROS, Cássia Pereira; PIRES, Roberto Pessanha da Silva a DE TOLEDO GUIMARÃES, Jonas, 2023. Correction to: Paraprobiotics Preparation for Use in Food and Beverages. Online. In: GOMES DA CRUZ, Adriano; SILVA, Marcia Cristina; COLOMBO PIMENTEL, Tatiana; ESMERINO, Erick Almeida a VERRUCK, Silvani (ed.). *Probiotic Foods and Beverages. Methods and Protocols in Food Science*. New York, NY: Springer US, C1-C1. ISBN 978-1-0716-3186-7. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-1-0716-3187-4_18. [cit. 2025-04-23].

BEL sýry Česko a.s., akciová společnost, akciová společnost (2025), Pražská 218, Želetava, PSČ: 675 26.

BŘEZINA, P., KOMÁR, A., HRABĚ, J. *Technologie, zbožiznalství a hygiena potravin*

živočišného původu - II. část. Vyškov: VVŠ PV, 2001. 177 s. ISBN 80-7231-079-8.

BROWN, Martyn. (2008). *Chilled Foods - A Comprehensive Guide* (3rd Edition) - 3.3.5.1 Cheddar. (pp. 47). Woodhead Publishing. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt006QYUV2/chilled-foods-comprehensive/cheddar>.

BUŇKOVÁ, Leona a BUŇKA, František, 2015. Microflora of processed cheese and the factors affecting it. Online. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2015-04-21, roč. 57, č. 11, s. 2392-2403. ISSN 1040-8398. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1060939>. [cit. 2025-02-23].

BUŇKA, František; BUŇKOVÁ, Leona a KRÁČMAR, Stanislav, 2009. *Základní principy výroby tavených sýrů*. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunens. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-336-8. Dostupné také z: <http://krameriusndk.nkp.cz/search/handle/uuid:42031da0-6f3e-11ee-93f0-005056827e52>.

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

BYLUND, G. (2003). *Dairy Processing Handbook*. Tetra Pak Processing Systems AB.

ČERNÍKOVÁ, Michaela; BUŇKA, František; PAVLÍNEK, Vladimír; BŘEZINA, Pavel; HRABĚ, Jan et al., 2008. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. Online. *Food Hydrocolloids*. Roč. 22, č. 6, s. 1054-1061. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.05.020>. [cit. 2024-11-06].

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.

ČESKÁ REPUBLIKA. Spotřeba potravin 2023. [Online] Český statistický úřad, 29. 11. 2024.

CLARK, J., 2002. The ionic product of water [online]. [cit. 2025-05-08].

CLENDENNEN, Stephanie K. a BOAZ, Neil W., 2019. Betaine Amphoteric Surfactants—Synthesis, Properties, and Applications. Online. In: *Biobased Surfactants*. Elsevier, s. 447-469. ISBN 9780128127056. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812705-6.00014-9>. [cit. 2025-04-23].

COSTA, Edvaldo N.; LACERDA, Ellen C. Q.; SANTOS, Suian M. S.; SANTOS, Carilan M. S.; FRANCO, Marcelo et al., 2011. Action of successive heat treatments in bovine milk fatty acids. Online. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. Roč. 22, č. 11, s. 2115-2120.

ISSN 0103-5053. Dostupné z: <https://doi.org/10.1590/S0103-50532011001100014>. [cit. 2025-05-15].

COULTATE, Tom. (2016). *Food - The Chemistry of its Components* (6th Edition) - 2.6 The Maillard Reaction. (pp. 40). Royal Society of Chemistry (RSC). Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011OFVG6/food-chemistry-its-components/maillard-reaction>.

DAMODARAN, Srinivasan a PARKIN, Kirk L. (ed.), [2017]. *Fennema's food chemistry*. Fifth edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4822-0812-2.

DAS, Undurti N. "Essential fatty acids-a review." *Current pharmaceutical biotechnology* 7.6 (2006): 467-482.

DIDEM Sözeri Atik, Thom Huppertz, Melting of natural cheese: A review, *International Dairy Journal*, Volume 142, 2023, 105648, ISSN 0958-6946, <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105648>.

PALMQUIST, D. L. a JENKINS, T. C., 2003. Challenges with fats and fatty acid methods. Online. *Journal of Animal Science*. 2003-12-01, roč. 81, č. 12, s. 3250-3254. ISSN 0021-8812. Dostupné z: <https://doi.org/10.2527/2003.81123250x>. [cit. 2025-01-13].

DRDÁK, Milan, 1996. *Základy potravinárskych technológií: spracovanie rastlinných a živočišných surovín : cereálne a fermentačné technológie : uchovávanie, hygiena a ekológia potravín*. Bratislava: Malé Centrum. ISBN 80-967064-1-1.

EL-BAKRY, Mamdouh Mehta, Bhavbhuti M.. (2022). *Processed Cheese Science and Technology* - 13.6.1 Sampling Procedure. (pp. 387). Elsevier. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0131MWT8/processed-cheese-science/sampling-procedure>.

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. 2025-04-10]. ISSN 00236438.

FOX, P. F.; GUINEE, Timothy P.; COGAN, Timothy M. a MCSWEENEY, P. L. H., [2017]. *Fundamentals of cheese science*. Second edition. New York: Springer. Dostupné z: <https://doi.org/978-1-4899-7681-9>

FOX, P. F.; UNIACKE-LOWE, T.; MCSWEENEY, P. L. H. a O'MAHONY, J. A., [2015]. *Dairy chemistry and biochemistry*. Second edition. Cham: Springer. ISBN 978-3-319-14891-5.

GUINEE, Timothy P. a KILCAWLEY, Kieran N., 2017. Ingredient Cheese and Cheese-Based Ingredients. Online. In: *Cheese*. Elsevier, s. 715-755. ISBN 9780124170124. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00029-6>. [cit. 2025-04-23].

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

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

CHANDAN, Ramesh C. Kilara, Arun Shah, Nagendra P.. (2016). *Dairy Processing and Quality Assurance* (2nd Edition) - 8.8.2.1 Pasteurized Process Cheese. (pp. 212). John Wiley & Sons. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011NBRH1/dairy-processing-quality/process-ch-pasteurized>.

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.

INFORMAČNÍ CENTRUM BEZPEČNOSTI POTRAVIN. [Online] Codex alimentarius a tavené sýry, 12. 8. 2009.

INTERNATIONAL FOOD INFORMATION SERVICE. (2009). *Dictionary of Food Science and Technology* (2nd Edition). International Food Information Service (IFIS Publishing). Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpDFSTE001/dictionary-food-science/dictionary-food-science>.

JOHNSON, M.E., 2017. A 100-Year Review: Cheese production and quality. Online. *Journal of Dairy Science*. Roč. 100, č. 12, s. 9952-9965. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12979>. [cit. 2024-10-04].

KADLEC, Pavel; MELZUCH, Karel a VOLDŘICH, Michal, 2012. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Monografie. Ostrava: Key Publishing. ISBN 978-80-7418-145-0.

KADLEC, Pavel; MELZOCH, Karel a VOLDŘICH, Michal, 2012. *Procesy a zařízení potravinářských a biotechnologických výroby: [technologie potravin]*. Monografie. Ostrava: Key Publishing. ISBN 978-80-7418-086-6.

KAPOOR, Rohit a METZGER, Lloyd E., 2008. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects—A Review. Online. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Roč. 7, č. 2, s. 194-214. ISSN 1541-4337. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x>. [cit. 2025-04-23].

KILCAST, David Subramaniam, Persis. (2011). *Food and Beverage Stability and Shelf Life - 24.2 Mechanisms of Oxidation and Hydrolysis in Fats and Oils.* (pp. 684). Woodhead Publishing. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt009DRBC3/food-beverage-stability/mechanisms-oxidation>.

KOZAK, Radoslaw P. a ROYLE, Louise, 2023. Separation of glycans and monosaccharides. Online. In: *Liquid Chromatography*. Elsevier, s. 381-402. ISBN 9780323999694. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99969-4.00004-8>. [cit. 2024-09-09].

KUBÁŇ, Vlastimil a KUBÁŇ, Petr, 2007. *Analýza potravin*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 978-80-7375-036-7.

LAZÁRKOVÁ, Zuzana; LORENCOVÁ, Eva; PĚTOVÁ, Markéta; NOVOTNÝ, Martin a SALEK, Richardos Nikolaos, 2025. Sterilized Processed Cheese: Principles, Technological Aspects, and Properties: A Review. Online. *Foods*. Roč. 14, č. 6. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods14061072>. [cit. 2025-04-23].

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].

MARKIEWICZ-Kęszycka, Maria, et al. "Fatty acid profile of milk-a review." *Bull. Vet. Inst. Pulawy* 57.2 (2013): 135-139.

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.

OZILGEN, Sibel a BUCAK, Seyda, 2018. Functional Biopolymers in Food Manufacturing. Online. In: *Biopolymers for Food Design*. Elsevier, s. 157-189. ISBN 9780128114490. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811449-0.00006-2>. [cit. 2024-12-15].

PHILLIPS, G.O. Williams, P.A.. (2009). <i>Handbook of Hydrocolloids (2nd Edition) - 1.1 Introduction.</i> (pp. 1). Woodhead Publishing. Retrieved from
<https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt006R7I41/handbook-hydrocolloids/introduction->.

PESTANA, Jose Miguel; GENNARI, Adriano; MONTEIRO, Bruna Wissmann; LEHN, Daniel Neutzling a SOUZA, Claucia Fernanda Vol, 2015. Effects of Pasteurization and Ultra-High Temperature Processes on Proximate Composition and Fatty Acid Profile in Bovine Milk. Online. *American Journal of Food Technology*. 2015-10-15, roč. 10, č. 6, s. 265-272. ISSN 15574571. Dostupné z: <https://doi.org/10.3923/ajft.2015.265.272>. [cit. 2025-05-07].

PICO, YOLANDA. (2020). <i>Chemical Analysis of Food - Techniques and Applications (2nd Edition) - 14.1.2 Fatty Acids.</i> (pp. 615). Elsevier. Retrieved from
<https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt012LJLJ1/chemical-analysis-food/fatty-acids>.

RICHARDSON, Philip. (2004). <i>Improving the Thermal Processing of Foods - 1.2.1 Heat Resistance of Microorganisms.</i> (pp. 4). Woodhead Publishing. Retrieved from
<https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt009BHNU3/improving-thermal-processing/heat-resistance-microorganisms>.

RODRÍGUEZ-ALCALÁ, L.M.; ALONSO, L. a FONTECHA, J., 2014. Stability of fatty acid composition after thermal, high pressure, and microwave processing of cow milk as affected by polyunsaturated fatty acid concentration. Online. *Journal of Dairy Science*. Roč. 97, č. 12, s. 7307-7315. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7849>. [cit. 2025-05-15].

RUSTAN, Arild C., and Christian A. Drevon. "Fatty acids: structures and properties." *Encyclopedia of life sciences* 1 (2005): 1-7.

SALURI, Mihkel; KALJUVEE, Kadri-Liis; PAALME, Tiina; REILE, Indrek a TUVIKENE, Rando, 2021. Structural variability and rheological properties of furcellaran. Online. *Food Hydrocolloids*. Roč. 111. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106227>. [cit. 2024-10-23].

SELINUS, Olle. (2005). <i>Essentials of Medical Geology - Impacts of the Natural Environment on Public Health - 29.4.2.1 Principles.</i> Elsevier. Retrieved from
<https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt004BZKV1/essentials-medical-geology/mass-spectrometry-principles>.

SPREER, E., MIXA, A., 1998. *Milk and dairy product technology* [online]. New York: M. Dekker, 498 s. ISBN 9781351431354.

STASHENKO, Elena, and Jairo René Martínez. "Gas chromatography-mass spectrometry." *Advances in gas chromatography* (2014): 1-38.

STOUT, Scott A. Wang, Zhendi. (2018). <i>Oil Spill Environmental Forensics Case Studies - 23.2.2 Extraction, Fractionation, and Gas Chromatography-Mass Spectrometer.</i> (pp. 485).Elsevier. Retrieved from
<https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011G3DYQ/oil-spill-environmental/extraction-fractionation>.

ŠUSTOVÁ, Květoslava a SÝKORA, Vladimír, 2013. *Mlékárenské technologie*. V Brně: Mendelova univerzita. ISBN 978-80-7375-704-5.

SVĚT POTRAVIN. 100 let od zahájení výroby tavených sýrů. [Online] 22. 9. 2011. <https://svetpotravin.cz/clanek/100-let-od-zahajeni-vyroby-tavenych-syru>.

TAMIME, A. Y.. (2011). <i>Processed Cheese and Analogues - 6.4.1.1 Natural Cheeses.</i> (pp. 154). John Wiley & Sons. Retrieved from
<https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011NCV02/processed-cheese-analogues/selection--natural-cheeses>.

THE UNITED STATES PHARMACOPEIAL CONVENTION. (2018). <i>Food Chemicals Codex (11th Edition) - Acesulfame Potassium.</i> (pp. 10). The U.S. Pharmacopeia (USP). Retrieved from
<https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011MD8D3/food-chemicals-codex/monographs-acesulfame>.

TUK. Fakulta veterinární hygieny a ekologie VFU Brno [online]. Dostupné z: https://fvhe.vfu.cz/static/informace-o-fakulte/sekce-ustavy/uvv/chemicka_analyza_krmiv/tuk.html.

VELÍŠEK, Jan a HAJŠLOVÁ, Jana, 2009. *Chemie potravin*. 1. 3., rozš. a přeprac. vyd. Tábor: OSSIS. ISBN 978-80-86659-15-2.

VELÍŠEK, Jan, 1999. *Chemie potravin*. Tábor: OSSIS. ISBN 80-902391-2-9. Dostupné také z: <http://krameriusndk.nkp.cz/search/handle/uuid:bebbffc0-4fec-11eb-8019-5ef3fc9bb22f>.

VELÍŠEK, J., 2002. *Chemie potravin* 1. 2. upr. vyd. Tábor: OSSIS. ISBN 80-86659-03-8.

WILSON, Ian D. Poole, Colin F.. (2009). <i>Handbook of Methods and Instrumentation in Separation Science, Volume 1 - Esterification via Pyrolytic Methylation.</i> (pp. 176). Elsevier. Retrieved from

<https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00BYXNF1/handbook-methods-instrumentation/esterification-via-pyrolytic>.

YANG, Xiaoqing a BOYLE, Robin A., 2016. Sensory Evaluation of Oils/Fats and Oil/Fat-Based Foods. Online. In: *Oxidative Stability and Shelf Life of Foods Containing Oils and Fats*. Elsevier, s. 157-185. ISBN 9781630670566. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-1-63067-056-6.00003-3>. [cit. 2025-04-23].

YASSER BOUHLAL, Oral Capps, Chapter 16 - Processed cheese: applications, challenges, and market trends, Editor(s): Mamdouh El-Bakry, Bhavbhuti M. Mehta, *Processed Cheese Science and Technology*, Woodhead Publishing, 2022, Pages 491-507, ISBN 9780128214459,

ZEECE, Michael, 2020. Food additives. Online. In: *Introduction to the Chemistry of Food*. Elsevier, s. 251-311. ISBN 9780128094341. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809434-1.00007-4>. [cit. 2024-10-13].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Chemická struktura polysacharidu karagenanu (opraveno podle Damodaran a Parkin, 2017).....	18
Obrázek 2 Chemická struktura polysacharidu furcellaranu (upraveno podle Marandoni a kol., 2021).....	19
Obrázek 3 Schéma diskontinuálního a kontinuálního způsobu výroby tavených sýrů (upraveno podle Guinee 2003).	22
Obrázek 4 Extrakční aparatura k extrakci podle Soxhleta (upraveno podle Abd-Aziz a kol., 2024).	28
Obrázek 5 Plynový chromatograf s hmotnostním spektrometrem (upraveno podle Stashenko a Martinez, 2014).	29
Obrázek 6 Pilotní zařízení UHT založené na trubkových výměnících tepla (Bylund, 2003).	31
Obrázek 7 Zjednodušené schéma vertikální dávkové retorty (upraveno podle Lazárková a kol., 2025).	32
Obrázek 8 Schéma autooxidace mastných kyselin (praveno podle Akoh, 2002).....	34
Obrázek 9 Výsledky stanovení hodnoty pH	43
Obrázek 10 Výsledky stanovení obsahu sušiny.....	44
Obrázek 11 Výsledky stanovení obsahu tuku.....	45

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Přehled povolených složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků (Česko, 2016).	14
Tabulka 2 Spotřeba tavených sýrů v kilogramech na obyvatele za roky 2014-2023 v ČR (Český statistický úřad, 2024).	15
Tabulka 3 Významné hydrokoloidy v potravinářství (upraveno podle Phillips a Williams, 2009).	17
Tabulka 4 Obsah mastných kyselin v kozím, ovčím a kravském mléce (upraveno podle Markiewicz, 2013).	26
Tabulka 5 Teplota a délka potřebná pro inaktivaci vybraných mikroorganismů a jejich spor (Richardson, 2004).	30
Tabulka 6 Surovinová skladba	38
Tabulka 7 Výsledky stanovení obsahu mastných kyselin (procentuální zastoupení)	46
Tabulka 8 Výsledky stanovení obsahu nasycených mastných kyselin	47
Tabulka 9 Výsledky stanovení obsahu mononenasycených mastných kyselin	48
Tabulka 10 Výsledky stanovení obsahu polynenasycených mastných kyselin	49

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

GC–MS – Plynový chromatograf s hmotnostním spektrometrem

HK – Hydrokoloidy

MK – Mastné kyseliny

MUFA – Mononenasycené mastné kyseliny

PUFA – Polynenasycené mastné kyseliny

SFA – Nasycené mastné kyseliny

TS – Tavené sýry