

# **Vliv vybraných fykokoloidů a dvoustupňové homogenizace na reologické vlastnosti tavených sýrových omáček**

Bc. Kristýna Vinklárková

---

Diplomová práce  
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Kristýna Vinklárková
Osobní číslo:	T19479
Studijní program:	N0721A210004 Technologie potravin
Studijní obor:	Technologie potravin
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Vliv vybraných fykokoloidů a dvoustupňové homogenizace na reologické vlastnosti tavených sýrových omáček.

### Zásady pro vypracování

#### I. Teoretická část

1. Základní charakteristika tavených sýrových omáček.
2. Aplikace hydrokoloidu při výrobě tavených sýrových omáček.
3. Homogenizace a její vliv na tavené sýrové omáčky a jiné mléčné produkty.

#### II. Praktická část

1. Vyrobté modelové vzorky tavených sýrových omáček.
2. Provedte vybrané analýzy.
3. Vyhodnoťte získané výsledky a zformulujte závěry.

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

**Seznam doporučené literatury:**

- [1] Salek, R. N., Vašina, M., Lapčík, L., Černíková, M., Lorencová, E., Li, P., & Buňka, F. (2019). Evaluation of various emulsifying salts addition on selected properties of processed cheese sauce with the use of mechanical vibration damping and rheological methods. *LWT*, 107, 178-184
- [2] Szafranska, J. O., Muszyński, S., & Sołowiej, B. G. (2020). Effect of whey protein concentrate on physicochemical properties of acid casein processed cheese sauces obtained with coconut oil or anhydrous milk fat. *LWT*, 127
- [3] 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*, 22(6), 1054-1064
- [4] Černíková, M., Buňka, F., Pospíech, 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), 336-343

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Richardos Nikolaos Salek, Ph.D.**  
Ústav technologie potravin

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

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

L.S.

---

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

---

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

Ve Zlíně dne 8. února 2021

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

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

**Prohlašuji,**

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

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## ABSTRAKT

Cílem diplomové práce byla studie vlivu vybraných fykokoloidů a homogenizace (jednostupňové a dvoustupňové) na reologické vlastnosti tavených sýrových omáček. Modelové vzorky tavených sýrových omáček byly vyrobeny ze surovinové směsi vody, másla, eidamského sýru, emulgačních solí a komerční směsi mono – a diacylglycerolů. Vzorky byly připraveny s použitím následujících emulgačních solí [hydrogenfosforečnan sodný ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ), dihydrogenfosforečnan sodný ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ), difosforečnan tetrasodný ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ), sodná sůl polyfosforečnanu (POLY 68)]. Jako hydrokoloidy byly použity  $\kappa$ -karagenan a furcellaran, které se používají jako gelující látky a zahuš'ovadla nebo také jako stabilizátory. Po procesu tavení byly vzorky homogenizovány jednostupňovou nebo dvoustupňovou homogenizací pomocí homogenizátoru. Měření, které zahrnovalo také skupinu vzorků, u nichž homogenizace nebyla provedena a kontrolní skupinu vzorků jak nehomogenizovaných i homogenizovaných, probíhalo během 7. a 30. dne skladování. Vzorky byly následně podrobeny základní chemické analýze (stanovení pH a obsahu sušiny), byla sledována aktivita vody, stabilita a reologická analýza.

Ze získaných výsledků lze vyvodit, že přídavek hydrokoloidů  $\kappa$ -karagenanu a furcellaranu, nebo proces homogenizace neměly vliv na obsah sušiny, hodnotu pH a aktivitu vody. Na rozdíl od tohoto zjištění byly změny pozorovány v případě stability a reologických vlastností testovaných tavených sýrových omáček. Díky zvyšujícím se koncentracím použitých hydrokoloidů a homogenizačních tlaků se zvýšila stabilita a tuhost tavených sýrových omáček.

Klíčová slova: tavená sýrová omáčka, homogenizace,  $\kappa$ -karagenan, furcellaran, reologie

## **ABSTRACT**

The aim of the diploma thesis was to study the effect of selected phycocolloids and homogenization (one-stage and two-stage) on the rheological properties of processed cheese sauces. Model samples of processed cheese sauces were made from a raw materials mixture including water, butter, Eidam cheese, emulsifying salts and a commercial mixture of mono – and diacylglycerols. Samples were prepared using the following emulsifying salts [sodium hydrogen phosphate ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ), sodium dihydrogen phosphate ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ), tetrasodium diphosphate ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ), sodium polyphosphate (POLY 68)]. The hydrocolloids applied were  $\kappa$ -carrageenan and furcellaran, which are used as gelling agents and thickeners or also as stabilizers. After the melting process, the samples were homogenized by one-stage or two-stage homogenization using a homogenizer. Measurements, which also included a group of samples for which homogenization was not performed and a control group of non-homogenized and homogenized samples, took place during the 7<sup>th</sup> and 30<sup>th</sup> day of storage. The samples were then subjected to basic chemical analysis (determination of pH and dry matter content), water activity, stability and rheological analysis was also performed. From the obtained results it can be concluded that the addition of hydrocolloids  $\kappa$ -carrageenan and furcellaran or the homogenization process did not have an effect on the dry matter content, pH value and water activity. In contrast to this finding, changes were observed in the case of stability and rheological properties of the tested processed cheese sauces. Due to increasing concentrations of used hydrocolloids and homogenization pressures, the stability and rigidity of processed cheese sauces increased.

Keywords: processed cheese sauce, homogenization,  $\kappa$ -carrageenan, furcellaran, rheology

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce, Ing. Richardosovi Nikolaosovi Salekovi, Ph.D., za cenné rady a připomínky, konzultace, trpělivost a odborné vedení.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině za podporu, trpělivost a důvěru, kterou mi projevovali po celou dobu mého studia.

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

# OBSAH

ÚVOD.....	10
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>11</b>
<b>1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK.....</b>	<b>12</b>
1.1 SLOŽENÍ TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK .....	12
1.1.1 Přírodní sýr.....	13
1.1.2 Tavicí soli.....	15
1.1.3 Suroviny mléčného původu.....	18
Dehydratovaný sýr .....	18
Sušené mléko.....	18
Máslo .....	19
1.1.4 Ostatní suroviny .....	19
Pitná voda.....	19
Přidatné látky.....	19
<b>2 APLIKACE HYDROKOLOIDU PŘI VÝROBĚ TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK.....</b>	<b>22</b>
2.1 KARAGENAN .....	24
2.1.1 Proces výroby.....	24
2.1.2 Struktura a názvosloví karagenanů .....	25
2.1.3 Vlastnosti a využití karagenanů .....	26
2.1.4 Tvorba gelu .....	27
2.2 FURCELLARAN .....	28
2.2.1 Struktura furcellaranu.....	28
2.2.2 Vlastnosti a použití furcellaranu .....	29
<b>3 HOMOGENIZACE A JEJÍ VLIV NA TAVENÉ SÝROVÉ OMÁČKY A JINÉ MLÉČNÉ VÝROBKY.....</b>	<b>30</b>
3.1 HOMOGENIZÁTOR .....	31
3.2 VLIV HOMOGENIZACE NA TAVENÉ SÝROVÉ OMÁČKY A OSTATNÍ MLÉČNÉ VÝROBKY .....	32
3.2.1 Tavené sýrové omáčky.....	32
3.2.2 Fermentované mléčné výrobky .....	32
3.2.3 Sýry .....	33
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>34</b>
<b>4 CÍL PRÁCE.....</b>	<b>35</b>
<b>5 MATERIÁL A METODIKA .....</b>	<b>36</b>
5.1 POPIS EXPERIMENTU.....	36
5.2 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK.....	36
5.3 CHEMICKÁ ANALÝZA .....	38
5.3.1 Stanovení obsahu sušiny .....	38



5.3.2	Stanovení pH.....	38
5.4	TEST STABILITY.....	38
5.5	STANOVENÍ AKTIVITY VODY .....	39
5.6	REOLOGICKÁ ANALÝZA.....	39
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE.....</b>	<b>40</b>
6.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY .....	40
6.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ HODNOT PH.....	40
6.3	VÝSLEDKY STANOVENÍ STABILITY .....	44
6.4	VÝSLEDKY STANOVENÍ AKTIVITY VODY .....	46
6.5	VÝSLEDKY STANOVENÍ REOLOGICKÉ ANALÝZY .....	47
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>75</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>78</b>

## ÚVOD

Tavené sýrové omáčky patří mezi komoditu mléčných výrobků, které lze na trhu nalézt pouze v omezené míře. V současnosti neexistuje platná vyhláška, která by definovala, jak tento typ omáček vyrábět. Pro samotnou výrobu tavených sýrových omáček je možné použít suroviny na bázi mléčného i nemléčného původu. Tavené sýrové omáčky mohou být použity pro přímý konzum, k obohacení předkrmů, využívají se v gastronomii pro zvýraznění chuti pokrmů. Komerčně je možné tyto omáčky aplikovat v různých formách, jako polotekuté, zmrazené nebo v podobě suché směsi.

Potravinářské přídatné látky jsou skupinou látek, které nejsou využívány k přímé spotřebě, z technologického hlediska jsou tyto látky aplikovány během procesu výroby, zpracování či skladování potravin za účelem vylepšení a zajištění sensorických nebo technologických vlastností konečných výrobků.

Teoretická část diplomové práce se skládá ze tří hlavních kapitol. První kapitola se zabývá základní charakteristikou tavených sýrových omáček, popisuje suroviny využívané pro výrobu tavených sýrových omáček (mléčného, nemléčného původu, přídatné látky), dále se zabývá použitím tavicích solí a procesem výroby. Druhá kapitola popisuje možnosti aplikace hydrokoloidů, které mohou být uplatněny během výroby tavených sýrových omáček, jejich funkci a vlastnosti, které mohou ovlivnit konečný výrobek. Třetí kapitola se zabývá pojmem homogenizace, jejím průběhem a vlivy na tavené sýrové omáčky a další mléčné produkty.

Smyslem této diplomové práce bylo studovat vliv vybraných fykokoloidů a dvoustupňové homogenizace na reologické vlastnosti tavených sýrových omáček, vliv přídavku přídatných látek  $\kappa$ -karagenanu a furcellaranu o různých koncentracích (0,125 %, 0,250 %, 0,500 %, 0,750 % a 1,000 % (w/w), užití tří homogenizačních režimů. U modelových vzorků tavených sýrových omáček provést během 60 – ti denního skladování při teplotách  $6 \pm 2$  °C chemickou a reologickou analýzu a dále sledovat aktivitu vody a stabilitu tavených sýrových omáček v intervalu 7. a 30 dní.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK

Tavené sýrové omáčky lze definovat jako inovativní, tepelně ošetřený sýrový výrobek, který je schopen obohatit mnoho výrobků či předkrmů, ale také může sloužit pro zvýraznění chuti pokrmů. V současnosti neexistuje legislativní předpis nebo definice, jak lze tyto omáčky vyrábět. Samotná výroba může spočívat v použití mnoha surovin mléčného původu, mezi které lze zařadit například přírodní sýr, tavený sýr, sýrový prášek, čerstvé máslo, ale také surovin nemléčného původu, jako jsou přídatné látky, ochucující složky, voda. Pro účely této diplomové práce byly tavené sýrové omáčky vyráběny obdobným procesem, kterým se vyrábí také tavené sýry. Tavené sýry lze definovat dle vyhlášky Ministerstva zemědělství České republiky č. 397/2016 Sb., v platném znění, jako sýry tepelně upravené tavením. Tato vyhláška také definuje pojem „tavený sýrový výrobek“ jako mléčný výrobek, který je tepelně ošetřen tavením a obsahuje více než 5 % laktózy a v němž sýr tvoří nejméně 50 % hmotnostních sušiny tohoto výrobku. Označením „sýrový“ lze označit mléčný výrobek, ve kterém sýr tvoří nejméně 50 % hmotnostních tohoto výrobku. Codex Alimentarius slovem „sýr“ definuje výrobky, u kterých nesmí být nahrazena nebo z části nahrazena mléčná složka rostlinnými tuky nebo oleji. Tavené sýrové omáčky patří do skupiny produktů, které se vyznačují vysokou vlhkostí a aktivitou vody. Mohou být popisovány jako stabilní emulze typu olej ve vodě. Komerčně lze tavené sýrové omáčky najít v mnoha formách, například v podobě suché směsi, zmrazené či polotekuté [1 - 6].

## 1.1 Složení tavených sýrových omáček

Tavené sýrové omáčky se v dnešní době mohou lišit nejen svým složením, ale i rozdílným způsobem výroby. Z tohoto důvodu mohou výrobci při přípravě omáček aplikovat různé základní suroviny a přísady. Je ovšem důležité, aby každá ze složek použitých během výroby tavených sýrových omáček byla zdravotně nezávadná. Mezi nejvíce používané suroviny, které lze aplikovat při výrobě tohoto typu omáček, můžeme zařadit přírodní sýr, tavený sýr, sýrový prášek (suchý polotovar), čerstvé máslo, jogurt, popřípadě ochucující látky, pitnou vodu, potravinářské přídatné látky a další složky uvedené v Tabulce 1. Tavené sýrové omáčky jsou druhem výrobku, které lze vyrobit bez použití přírodního sýru jako základní suroviny. Sýrový prášek se používá během výroby v množství cca 5 – 10 % a to v závislosti na požadované intenzitě aroma [2, 3, 7].

*Tabulka 1: Přehled povolených složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků (upraveno dle [1]).*

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

\*) zdravotně nezávadné se specifickými účinky

### 1.1.1 Přírodní sýr

Přírodní sýr se řadí k nejzákladnějším surovinám pro výrobu tavených sýrů. Existují až stovky odrůd přírodního sýru, které se od sebe vzájemně liší druhem použitého mléka, ale také konečným složením, dobou zrání, výživovou hodnotou, chutí nebo vzhledem. Hlavními zástupci přírodních sýrů, které se využívají pro výrobu tavených sýrů, jsou Eidamská cihla, sýry holandského nebo švýcarského typu nebo sýry typu Mozzarella. Přírodní sýr je schopen ovlivnit nejen chuť výrobku, ale také jeho strukturu. Podílí se také například na přilnavosti omáčky k pokrmu. Správný výběr přírodního sýru úzce souvisí s dosažením požadovaných technologických, chemických nebo funkčních vlastností. Z velké části se přírodní sýry používají jako přísada do kulinářských pokrmů (lasagne, tvarohový koláč) nebo pro přípravu rychlého občerstvení (hamburger, pizza). V potravinářském průmyslu je přírodní sýr řazen do skupiny surovin, kde se využívá pro výrobu široké škály potravin typu hotových jídel, tavených sýrových omáček, tavených sýrů, koextrudovaných výrobků či mléčných dezertů.

Přírodní sýr se dále používá k výrobě surovin na bázi sýru (strouhané sýry, sýrové směsi, sýrové prášky a podobně [7 - 10].

Dle vyhlášky Ministerstva zemědělství České republiky č. 397/2016 Sb., v platném znění, lze přírodní sýr klasifikovat podle obsahu tuku v sušině jako vysokotučný s obsahem tuku v sušině 60,0 % (w/w), plnotučný s obsahem tuku v sušině nejméně 45,0 % a méně než 60,0 % (w/w), polotučný s obsahem tuku v sušině nejméně 25,0 % a méně než 45,0 % (w/w), jako nízkotučný s obsahem tuku v sušině nejméně 10,0 % a méně než 25,0 % (w/w), a jako odtučněný s méně než 10,0 % (w/w) obsahu tuku v sušině [1]. Podle konzistence ve vztahu k obsahu vody v tukuprosté hmotě sýra jsou přírodní sýry rozděleny na extra tvrdé, tvrdé, polotvrde, poloměkke a měkké sýry. Podle způsobu zrání se přírodní sýry klasifikují jako sýry nezrající, respektive čerstvé, včetně tvarohů, sýry zrající (sýry s mazem zrající od povrchu do vnitřní hmoty sýra, převážně zrající v celé hmotě) a plísňové sýry (s plísní na povrchu a s plísní uvnitř) [1, 11].

Skupinu nezrajících sýrů zahrnují tvarohové a smetanové sýry, sýry smetanové termizované, pařené sýry, bílé sýry a sýry typu mozzarella. Sýr čerstvý lze charakterizovat jako nezrající, termizovaný sýr. Čerstvé tvarohové sýry se vyznačují krátkou dobou trvanlivosti. Smetanové sýry jsou charakteristické vysokým obsahem tuku a podobně jako sýry tvarohové jsou trvanlivé pouze krátce, procesem termizace lze trvanlivost smetanových sýrů podstatně prodloužit. Sýry smetanové termizované jsou vyráběny za použití teploty 80 °C po dobu 10 minut. Mezi tyto sýry lze zařadit například sýr Lučina. Bílé sýry jsou druhem sýrů, které jsou na rozhraní skupiny sýrů nezrajících a zrajících. Jedná se o sýry bílé barvy s vysokým obsahem soli. Příkladem bílého sýru je sýr Balkánský nebo Feta. Jak již bylo zmíněno výše, k nezrajícím sýrům se řadí také sýr Mozzarella, který je typickým pařeným sýrem. Další skupinou jsou sýry zrající. Sýry zrající pod mazem zrají převážně od povrchu směrem ke středu sýra pomocí mazových kultur (*Brevibacterium linens*). Příkladem sýru zrajícího pod mazem je sýr typu Romadúr. Zvláštní skupinou sýrů zrajících pod mazem jsou olomoucké tvarůžky, které se vyrábí z průmyslového tvarohu. Do skupiny sýrů zrajících v celé hmotě se řadí sýry zrající v chladu (Zlato), sýry s nízkodohřivanou sýřeninou (sýry eidamského typu, sýry s tvorbou ok, sýry čedarového typu a sýry z pařeného těsta), a dále také sýry s vysokodohřivanou sýřeninou (sýry ementálského typu, ke strouhání a sýry typu moravský bochník). Do skupiny sýrů ke strouhání se řadí nejznámější italský sýr Parmazán a Grana. K dalším zástupcům se řadí sýry plísňové. Sýry s plísní na povrchu jsou typické sýry s porostem bílé plísně *Penicillium camemberti*. Do této skupiny sýrů se řadí například

Camembert, Hermelín, Brie nebo Coulomier. Pro sýry s plísní v těstě je naopak typickým znakem porost modré plísně *Penicillium roqueforti*. Mezi představitele této skupiny sýrů se řadí Roquefort, Niva nebo Gorgonzola [11].

Srážení kaseinu je základním procesem při výrobě sýrů. K samotnému procesu srážení může dojít dvěma způsoby. Při kyselém srážení lze kasein vysrážet snížením hodnoty pH na hodnoty blízké izoelektrickému bodu. Sladké srážení mléka probíhá pomocí enzymů (syřidel) [11].

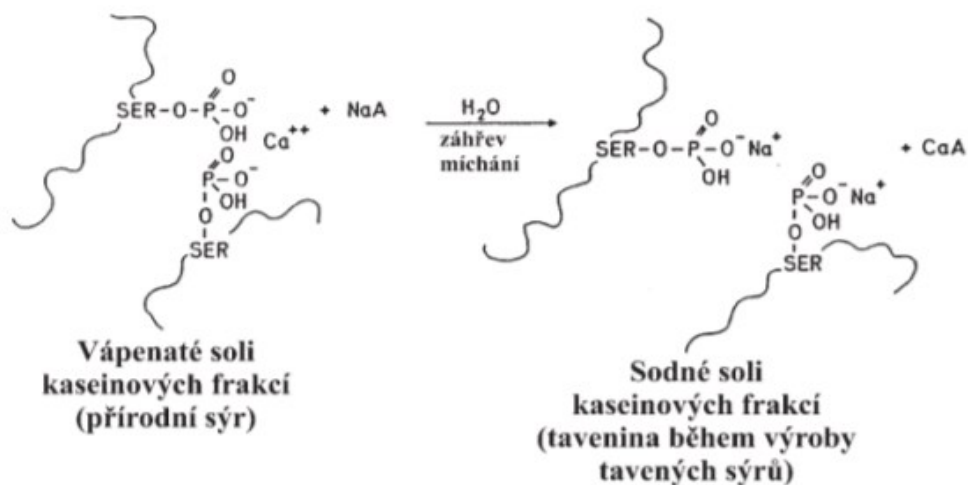
Proces zrání sýrů se řadí s výjimkou sýrů nezrajících mezi nejvýznamnější technologické kroky uplatňující se během výroby sýrů. V průběhu zrání dochází ke změnám způsobených syřidlovými enzymy, nativními enzymy, enzymatickou činností kultur, případně činností nezákysových kultur a působením enzymů z mléka. Sýry během procesu zrání získávají svůj typický vzhled, vůni, chuť nebo konzistenci [11, 12].

Pro výrobu tavených sýrových omáček lze použít také přírodní sýry, které se vyznačují jistými mechanickými vadami (může se jednat o sýr špatného tvaru, sýr deformovaný). Takto „závadný“ sýr je přesto stále vhodný po určité úpravě pro zpracování. Je podstatné zmínit, že pokud by byl výrobce nucen likvidovat přírodní sýry s určitými typy vad, které ale procesu výroby neškodí, byla by tato likvidace velmi nákladná a z etického hlediska na překážku. Přírodní sýry se vyrábí z mléka. Na výrobu 1 kg přírodního sýru je potřeba použít přibližně 10 – 12 litrů mléka. Je samozřejmě vyloučeno, aby byly pro výrobu použity přírodní sýry zdravotně závadné a zdraví škodlivé [11, 13].

### 1.1.2 Tavicí soli

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách, v platném znění, rozumí „tavicími solemi“ látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek [14]. Tavicí soli jsou iontové sloučeniny tvořené jednomocnými kationty a vícemocnými anionty. K hlavním funkcím tavicích solí lze zařadit emulgaci mléčného tuku, tvorbu homogenní struktury a mikrostruktury, výrazně se podílí na ovlivnění pH, funkčních a senzorických vlastnostech výrobků. Tavicí soli přispívají k mikrobiologické bezpečnosti a také stabilitě tavených sýrových výrobků. Nejčastěji využívanými tavicími solemi v potravinářství jsou citráty a fosforečnany, popřípadě jejich polymery. Použitím fosforečnanů během procesu výroby tavených sýrových produktů lze docílit inhibice růstu nežádoucích bakterií, konkrétně těch bakterií se schopností tvorby spor. Funkce tavicích solí se zakládá na iontové

výměně vápenatých solí v tavenině za soli sodné, popřípadě draselné, jak je zřejmé z Obrázku 1. Během procesu tavení dochází k přeměně nerozpustného parakaseinátu vápenatého na parakaseinát sodný. Parakaseinát sodný působí v matrici jako emulgační činidlo na rozmezí emulze typu olej ve vodě. Tento proces se podílí na dostatečné emulgaci tuků a také stabilizaci vody v matrici. Použitím různých forem tavicích solí (například mono -, di - a polyfosforečnanů) lze docílit zisku tavených sýrových výrobků odlišné konzistence nebo funkčních vlastností [15 - 19].



**Obrázek 1:** Schématické vyjádření výměny iontů za ionty vápníku při tavení přírodních sýrů [19].

Tavicí soli jsou velmi často chybně označovány jako emulgátory. V odborné literatuře se častěji označují pod pojmem „emulgující činidla“, jejichž úkolem je při samotném procesu tavení upravit prostředí v tavené směsi tak, aby kaseinové frakce mohly začít plnit svou funkci přirozených emulgátorů. Je známo, že ne všechny tavicí soli se vyznačují stejnou schopností výměny vápenatých iontů. Schopnost fosfátové iontové výměny se zvyšuje podle obsahu oxidu fosforečného, a to v pořadí: monofosfát < difosfát < trifosfát < polyfosfát. Jak již bylo výše zmíněno, ve výrobní praxi se využívají jak fosforečnanové tavicí soli, tak i citrany. Fosforečnany jsou soli odvozené od kyseliny trihydrogenfosforečné. Vytváří skupinu sloučenin, které jsou tvořeny anionem  $(\text{PO}_4)^{3-}$ . Jako orthofosforečnany se označují soli kyseliny fosforečné, které jsou tvořeny pouze jednou skupinou  $(\text{PO}_4)^{3-}$ . Během procesu polymerace mohou také vznikat polymery tvořené více než dvěma fosfory v molekule



(obsahují delší řetězce), které nesou název polyfosforečnany. Důležitou funkcí fosforečnanů v potravinářském průmyslu je úprava pH prostředí. Fosforečnany se také podílí na ovlivnění vlastností přítomných kaseinových frakcí, a to hlavně pomocí úpravy daných podmínek v prostředí (změna pH, výměna kationtů a podobně). Některé fosforečnany se vyznačují tzv. pufrovacími schopnostmi. Znamená to, že jsou schopny stabilizovat pH systému oproti vlivům okolí. Klíčovou vlastností tavicích solí je schopnost odštěpit z okolního prostředí a navázat na sebe monovalentní, ale také polyvalentní kationty kovů. Fosforečnany jsou schopny také ovlivnit tvorbu gelu [19, 20].

Největší schopností ovlivnit tvorbu gelu se projevují difosforečnany a trifosforečnany. Co se týče lineárních polyfosforečnanů, které jsou tvořeny vysokým počtem atomů fosforu v molekule, ty se na tvorbě gelu podílí pouze omezeně. Naopak mnohem více podporují zesílení matrice gelu nízkomolekulární polyfosforečnany. Během samotného procesu tavení dochází ke zvyšování vaznosti vody, která je přítomna v bílkovinách. Fosforečnany se vážou za určité teploty a míchání na kaseinové frakce, čímž dochází ke zvyšování hydrofilního charakteru. Posléze dochází k navázání dodatečné vody a k růstu viskozity vzniklé taveniny. V tomto okamžiku dochází k tzv. krémování, což znamená, že tavenina zhoustne. Následně dochází pomocí procesu chlazení k uvolnění vápníku z tavicích solí a znovuzapojení do struktury taveného výrobku. Mezi další vlastnosti fosforečnanů, jak již bylo uvedeno výše, patří schopnost inhibovat růst bakterií, a to konkrétně grampozitivních, dále plísní a kvasinek. Inhibiční efekt pro grampozitivní bakterie, mezi které lze zařadit zástupce rodu *Bacillus*, *Clostridium*, *Listeria* a další, úzce souvisí s délkou řetězce použitého fosforečnanu. Polyfosforečnany obsahující delší řetězce mají lepší inhibiční účinky než jiné fosfáty [19].

Narízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách, v platném znění, označuje citronany sodné E – kódem 331. Citráty jsou definovány jako soli odvozené od trikarboxylové kyseliny citronové. Nejvyužívanějším citrátem jako tavicí soli je citrát trojsodný. Citrát trojsodný se vyznačuje nízkou afinitou k iontům vápníku a také nízkou schopností zvyšovat hydrataci bílkovin, má mnohem lepší chelatační schopnosti vápníku a peptidové vlastnosti kaseinu než mono – a difosforečnany sodné. Podílí se na lepší roztíratelnosti tavených sýrů a dalších výrobků. Nejčastěji se citrát trojsodný používá ve směsi s dalšími tavicími solemi, jedná se o polyfosforečnany [14, 19, 20]. V potravinářském průmyslu se běžně používají směsi tavicích solí. Samotné určení dané směsi tavicích solí závisí hlavně na konkrétní surovinové skladbě (druhu a stupně zralosti

přírodního sýra, přítomnosti dalších složek), dále na pH surovinové směsi, typu výrobního zařízení, průběhu procesu chlazení vzniklé taveniny a podobně [19].

### 1.1.3 Suroviny mléčného původu

Mezi základní suroviny mléčného původu, které lze využít při výrobě tavených sýrových omáček kromě již zmíněného přírodního sýru, patří také například čerstvé máslo, smetana, sýrový prášek či sušené mléko [7].

#### *Dehydratovaný sýr*

Dehydratovaný sýr je velmi často využíván jako náhrada přírodního sýru. V potravinářských výrobcích typu omáček se podílí na správné kombinaci chuti a textury. Dehydratovaný sýr je druh výrobku, který se nejčastěji vyrábí ze sýrů typu Camembert nebo Čedar. Samotné použití sýrového prášku během výroby nemá vliv na reologické vlastnosti produktu. Mezi důležité parametry ovlivňující kvalitu dehydratovaného sýra lze zahrnout barvu a hustotu. Nesprávné zbarvení dehydratovaného sýra může poukazovat na vady, které mohou vznikat během procesu výroby. Příprava dehydratovaného sýra zahrnuje tvorbu směsi přírodního sýru, pitné vody, dalších přísad, ochucujících složek a antioxidantů. Výroba spočívá v tvorbě roztavené suspenze, kdy je potřeba provést záhřev na teplotu asi 75 – 85 °C. Poté dochází k procesu homogenizace a k sušení rozprašováním. Sýrové prášky lze také kombinovat s různými surovinami, kterými jsou například koření (kmín, chilli, cibule, česnek) [7].

#### *Sušené mléko*

Další zmíněnou surovinou, kterou je možné použít pro výrobu tavených sýrových omáček je sušené mléko. Sušené mléko definuje vyhláška Ministerstva zemědělství České republiky č. 397/2016 Sb., v platném znění, jako mléčný výrobek v prášku získaný sušením mléka plnotučného, odtučněného nebo smetany nebo jejich směsi, s obsahem vody nejvýše 5 % hmotnostních. Sušené mléko se vyznačuje oxidační stabilitou. Vzhledem k tomu, že výroba sušeného mléka spočívá v částečném odstranění vody, může se podílet na minimalizaci mikrobiálního růstu v konečném výrobku. Použití sušeného mléka se uplatňuje například při výrobě dezertů či polévek [1, 7].

### ***Máslo***

Vyhláškou Ministerstva zemědělství České republiky č. 397/2016 Sb., v platném znění, lze označit jako „čerstvé máslo“ máslo do 20 dnů od data výroby [1]. Máslo je mléčný výrobek, který obsahuje minimálně 80 % mléčného tuku, maximálně 16 % vody a maximálně 2 % tukuprosté sušiny. Jedná se o emulzi typu vody v oleji, ve které jsou kapičky vody rozptýleny v částečně krystalizované tukové fázi. Máslo patří k nejdůležitějším mléčným produktům mlékárenského průmyslu, a to především kvůli svým sensorickým vlastnostem a nutriční hodnotě. Čerstvé máslo se skladuje při chladírenské teplotě 8 °C s dobou trvanlivosti 20 dní. Výroba másla může probíhat zpěňovacím způsobem, kdy dochází ke stloukání smetany, koncentračním nebo emulgačním způsobem [11, 21, 22].

#### **1.1.4 Ostatní suroviny**

Řadí se mezi skupinu surovin, jejichž výroba neproběhla za použití mléka. Mezi zástupce nemléčných surovin lze zařadit příkladem pitnou vodu, ochucující látky, koření, přídatné látky (hydrokoloidy). Stabilizátory jsou potravinářské přídatné látky, které se využívají v potravinářském průmyslu především kvůli jejich schopnosti udržet fyzikálně – chemické vlastnosti potraviny. Hydrokoloidy jsou látky, které budou blíže popsány v kapitole 2 [7].

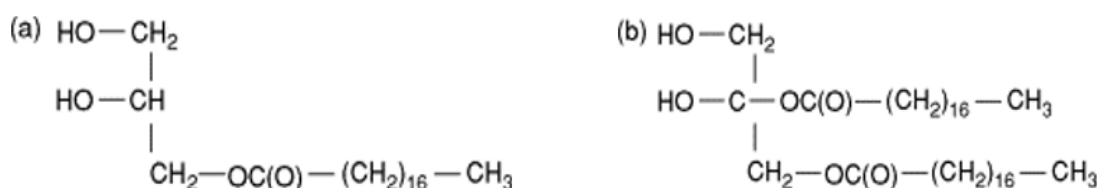
### ***Pitná voda***

Voda je důležitou součástí výroby tavených sýrových omáček, protože se podílí nejen na ovlivnění chuti výrobku, ale také na vytvoření tekuté a krémové konzistence [7].

### ***Přídatné látky***

Potravinářské přídatné látky jsou látky, které slouží pro vylepšení chuti, vůně nebo textury finálního výrobku. Mezi přídatné látky lze zařadit například antimikrobiální látky, sladidla, antioxidanty, barviva, emulgátory či stabilizátory. Nejvíce používanými antimikrobiálními látkami jsou v potravinářství benzoany, sorbáty, dusitany nebo parabeny. K antioxidantům lze zařadit tokoferoly či kyselinu askorbovou. Jedná se o látky, které se podílí na prevenci vzniku nepříjemných příchutí. Antimikrobiální látky jsou molekuly pocházející ze živých organismů, jedná se například o bakteriociny (nisin). Mezi barviva se v potravinářství řadí karotenoidy, kurkumin, chlorofyly. Barviva jsou látky využívající se pro vytvoření chuti, ale také ke zvýraznění barvy výrobku. Přírodní sladidla dodávají výrobkům sladkou chuť. Mezi sladidla můžeme zařadit erythritol nebo tagatózu [23].

Narizení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách, v platném znění, definuje „emulgátory“ jako látky, které jsou schopny vytvořit nebo uchovat v potravine stejnorodou směs dvou nebo více nemísitelných fází, například oleje a vody [14]. K emulgátorům používaným v potravinářském průmyslu se řadí arabská guma, dále mono – a diacylglyceroly mastných kyselin, které byly také použity během samotné výroby tavených sýrových omáček. Tyto látky jsou znázorněny na Obrázku 2. Mono – a diacylglyceroly mastných kyselin (E 471) a estery mono – a diacylglycerolů mastných kyselin (E 472 a – E 472 f) znázorněné v Tabulce 2, se využívají v potravinářském průmyslu, v kosmetickém průmyslu či pro výrobu léčiv jako emulgátory, dále jako stabilizátory aroma nebo pro vylepšení fyzikálních vlastností. Monoacylglyceroly (MAG) a diacylglyceroly (DAG) jsou látky skládající se z hydrofobních mastných kyselin, které esterifikují na hydrofilní molekuly glycerolu. Monoacylglyceroly jsou tvořeny pouze jednou mastnou kyselinou, zatímco diacylglyceroly obsahují dvě mastné kyseliny. MAG i DAG jsou využívány v potravinářství díky svým povrchovým vlastnostem. Jejich funkce spočívá v prodloužení trvanlivosti a ve vylepšení vzhledu výrobků, a to především díky svým schopnostem zabránit oddělení vodné a olejové fáze [14, 24 - 30]. Monoacylglyceroly (MAG) jsou látky často využívané v potravinářském průmyslu hlavně pro stabilizaci emulze typu voda v oleji (například margarín) a olej ve vodě (umělý krém). MAG lze připravit reakcí glycidolu (2,3-epoxy-1-propanolu) a karboxylových kyselin. Předpokladem této reakce je získání i více než 90 % MAG [27, 28]. Komerční mono – a diacylglyceroly označují částečně hydrolyzované struktury triacylglycerolů (TAG). MAG jsou tvořeny pouze jednou hydrofobní mastnou kyselinou vázanou na hydrofilní molekulu glycerolu, DAG jsou tvořeny dvěma mastnými kyselinami. Mono – a diacylglyceroly jsou molekuly, které se rozpouští v oleji, ale jsou také známy svou nízkou schopností rozpouštět se ve vodě. Vyznačují se širokou škálou látek, ze kterých jsou tvořeny, od typu mastných kyselin až po přítomnost koemulgátoru (stearátu sodného), jehož funkce spočívá v lepší disperzi MAG a DAG ve vodě. Stearát sodný je emulgátor, který se skládá z hydrofobních a hydrofilních složek [25].



**Obrázek 2:** (a) Mono – a (b) diacylglycerol [27].

Diacylglyceroly (DAG) jsou strukturované lipidy obsahující dvě esterově vázané mastné kyseliny na glycerol. DAG se běžně vyskytují v olejích (řepkový, olivový, kukuřičný). Dále jsou využívány jako emulgátory pro stabilizaci emulzí typu olej ve vodě (majonéza) nebo emulzí typu voda v oleji (máslo), či jako modifikátory procesu krystalizace. Mohou sloužit také jako náhražka tuku v masných výrobcích [29].

Existují tři metody, které se klasicky využívají pro syntézu DAG. Glycerolýza je reakcí triacylglycerolu s glycerolem za vzniku monoacylglycerolu. K syntéze DAG dochází působením vysokých teplot (210 – 260 °C) za přítomnosti anorganického katalyzátoru, jako například hydroxidu sodného, hydroxidu draselného, oxidu hořečnatého. Použití těchto katalyzátorů skýtá ale také spoustu nevýhod. Je tedy zapotřebí, aby byly katalyzátory neutralizovány nebo také odstraněny a to z důvodu nežádoucích ovlivnění sensorických vlastností konečného produktu (tvorba mýdlové chuti, nestabilita barev). Vysoké teploty působí negativně na tepelně citlivé polynenasycené mastné kyseliny, dochází ke změnám kvality konečného produktu a k omezení jeho výtěžku [29]. Esterifikace je proces, při kterém se volná mastná kyselina esterifikuje glycerolem nebo MAG a dochází k syntéze molekuly DAG a vody. Voda je v procesu esterifikace velmi důležitá. Působí jako změkčovadlo, rozpouštědlo a zvyšuje flexibilitu enzymů podílejících se na reakcích během samotného procesu. Nejčastěji se využívá enzymů třídy lipáz. Aby mohla enzymatická esterifikace proběhnout, je zapotřebí dosáhnout teplot v rozmezí 30 – 65 °C. Značnou výhodou při esterifikaci je použití tzv. imobilizovaných enzymů, které jsou schopné se během procesu regenerovat a mohou být opakovaně použity [29]. Třetí proces spočívá v reakci mezi triacylglycerolem a vodou za vzniku monoacylglycerolů, diacylglycerolů a volných mastných kyselin. Tento proces se nazývá hydrolýza. Během procesu hydrolýzy je acylová část z molekuly TAG odstraněna a dochází k uvolnění mastných kyselin [29].

**Tabulka 2:** Přídavné látky povolené k přidávání potravin (upraveno dle [31]).

Číslo E	Název
E 471	Mono- a diglyceridy mastných kyselin (z jedlých tuků)
E 472 a	Estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kyselinou octovou
E 472 b	Estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kyselinou mléčnou
E 472 c	Estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kyselinou citrónovou
E 472 d	Estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kyselinou vinnou
E 472 e	Estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kyselinou mono- a diacetylvinou
E 472 f	Estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kyselinami octovou a vinnou

## 2 APLIKACE HYDROKOLOIDU PŘI VÝROBĚ TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK

Hydrokoloidy se řadí mezi nejčastěji využívané přísady v potravinářském průmyslu. Slouží jako zahušťovadla, želírující látky, emulgátory, stabilizátory nebo jako náhražka tuků [32]. Hydrokoloidy jsou látky rostlinného, živočišného, mikrobiálního a syntetického původu. Běžně se vyskytují v potravinách nebo jsou aplikovány pro kontrolu funkčních vlastností materiálů. V praxi jsou poměrně často používány jako hydrokoloidy polysacharidy, lze také využít některé bílkoviny. V současnosti značně roste ve světě ze strany spotřebitelů poptávka po zdravých a přírodních potravinách. Z tohoto důvodu dochází pořád ke zvyšujícímu se rozvoji globálního trhu potravinářských hydrokoloidů, který by dle prognóz mohl v příštích několika letech vzrůst minimálně o 50 %. Světový trh s potravinářskými hydrokoloidy tvoří přibližně ze 70 % (škrob), 12 % (želatina), 5 % (pektin), 5 % (karagenan), 4 % (xanthanová guma), dále algináty, guarová guma a další látky v celkovém množství 60 260 000 tun. Jedním z největších spotřebitelů potravinářských hydrokoloidů na světě je Severní Amerika. K hlavním důvodům aplikace hydrokoloidů patří jejich schopnost podílet se na úpravách reologických vlastností potravinového systému. Jedná se především o úpravy tokového chování (viskozita) a mechanických vlastností (struktura) pevných látek [32 - 35].

Potravinářské hydrokoloidy jsou látky, jejichž použití v potravinářském průmyslu vede ke zlepšení zdraví spotřebitelů, ale i výživové hodnoty potravin. Mezi hydrokoloidy prebiotické aktivity nebo s účinky na metabolická či chronická onemocnění se řadí pektin, inulin,  $\beta$ -glukan nebo také rezistentní škrob. Studie hydrokoloidů trvá již několik stovek let. Je dobře známo, že použité hydrokoloidy v potravinářském průmyslu musí splňovat nejen funkční, ale také výživová a zdravotní kritéria. Hydrokoloidy se používají především k úpravě vlastností potravin, a to včetně reologie a vazby na vodu, pro stabilizaci emulzí, prevenci rekrystalizace ledu a také pro zlepšení organoleptických vlastností. Jejich aplikace spočívá ve schopnostech stabilizace pěny či v tvorbě filmu. Na celém světě existuje celá řada průmyslově významných gelujících hydrokoloidů různého původu, které se využívají v potravinářství. Mezi hlavní zástupce se řadí agar, algináty, karagenany, pektiny, želatina, arabská guma či škrob [32 - 35]. K nejvíce využívaným hydrokoloidům, které je možné aplikovat při výrobě tavených sýrových omáček patří karagenany, algináty, guarová guma a xanthanová guma. Pro vytvoření homogenní struktury konečného produktu je vhodné použít karagenan ve správném poměru s dalšími rostlinnými hydrokoloidy a gumami [7].

Hydrokoloidy jsou potravinářské jedlé biopolymery. Jedná se o různorodou skupinu polymerů s dlouhým řetězcem. Tvoří strukturálně rozmanitou třídu úplně nebo částečně rozpustných polysacharidů (například přírodní a modifikované škroby, karagenan, arabská guma nebo pektin) nebo biopolymerů na bázi bílkovin (kasein, syrovátkový protein, želatina nebo kaseináty). Obvyklý přídavek těchto hydrokoloidů je v koncentraci  $\leq 1,0$  % (w/w). Hydrokoloidy jsou makromolekulární látky schopné rozpouštět se ve studené i teplé vodě a tvořit disperzní systémy i viskózní roztoky. V potravinářském průmyslu se využívají díky svým jedinečným funkčním vlastnostem (zahušťování, gelovatění, stabilizace, emulgace). Mohou se využívat ve formě gelových částic, především kvůli zapouzdření nebo také pro kontrolu textury v potravinářských, lékařských, kosmetických či farmaceutických výrobcích. Formy částic gelujících hydrokoloidů jsou praktické především kvůli možnosti kombinace nejen tvorby makroskopické struktury se schopností tečení, ale také kvůli jejich měkké a pevné struktuře, jenž je velmi žádoucí pro aplikaci v potravinářství. Všechny přírodní hydrokoloidy využívané v potravinářském průmyslu mají funkci zahušťovadel. Několik biopolymerů je ale také schopno podílet se na tvorbě gelů. Proces tvorby gelu spočívá ve sdružení nebo zesíťování polymerních řetězců. Dochází k tvorbě trojrozměrné sítě. Potravinářské hydrokoloidy jsou látky, které se běžně využívají při výrobě potravin. Tvoří nejen kostru struktury výrobků, ale podílí se také na smyslovém vnímání, trávení, vstřebávání nebo výživě potravin, včetně příznivých zdravotních přínosů. Jsou běžnou součástí každodenní stravy (například majonéza, omáčky, jogurty, zmrzlina) [7, 32, 34 - 37].

Hydrokoloidy se získávají jednak z rostlinných, živočišných zdrojů, ale i z mořských řas nebo mikroorganismů. K hydrokoloidům rostlinného původu se řadí celulóza, nativní nebo modifikované škroby a pektiny. Želatina nebo syrovátkové proteinové koncentráty a izoláty patří do skupiny látek získávaných ze živočišných zdrojů. Agar a karagenany jsou převážně produkovány červenými mořskými řasami, alginát je získáván z řas hnědých a řadí se mezi často využívané potravinářské hydrokoloidy mořského původu. K hlavním mikrobiálním hydrokoloidům se řadí xanthan, gellan nebo pullulan [35]. Rostlinné gumové exsudáty jsou hydrokoloidy, jejichž způsob zpracování je mnohem jednodušší a levnější. Jsou známy po celém světě, ale v potravinářském průmyslu se využívá pouze arabská guma, guma ghatti, tragantová guma a karaya guma. Důvodem je hlavně zdravotní aspekt, který je udělován statutem „GRAS“ neboli Generally Recognized As Safe. Takto označené látky jsou považovány za bezpečné za podmínek svého použití [32].

## 2.1 Karagenan

Karagenany jsou vysokomolekulární sulfátové polysacharidy získávané extrakcí určitých druhů červených mořských řas třídy *Rhodophyceae*, a to hlavně druhu *Chondrus*, *Hypnea*, *Gigartina* a *Eucheuma*. Pro komerční výrobu karagenanu jsou nejvíce používány druhy řas *Eucheuma cottonii* a *Eucheuma spinosum*. Jedná se o husté, ostnaté rostliny dosahující výšky růstu přibližně 50 cm, rostoucí převážně na útesech a v mělkých lagunách v oblasti Filipín a Indonésie. *Eucheuma cottonii* produkuje typ karagenanu zvaný kappa. Řasa *Eucheuma spinosum* slouží pro získání karagenanu nazývaného iota. Karagenany se vyznačují širokým spektrem vlastností, a to včetně schopnosti vytvářet reverzibilní gely různé struktury, od elastických a měkkých po křehké a pevné [38]. Komerční karagenany se připravují smísením různých šarží karagenanů za přídavku soli či cukru kvůli získání požadovaných vlastností gelu. Karagenany, označované kódem E 407 a zpracované mořské řasy druhu *Eucheuma* s označením E 407a jsou v Evropské unii povoleny jako potravinářské přídatné látky v souladu s Nařízením (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách. Podle Nařízení Komise (EU) č. 231/2012, kterým se stanoví specifikace pro potravinářské přídatné látky, se karagenan skládá převážně z draselných, sodných, hořčičných nebo vápenatých polysacharidů galaktózy-sulfátu a anhydrogalaktózy. Označení karagenan je vyhrazeno pro nehydrolyzovaný, ani jiným způsobem chemicky pozměněný polymer [39 - 43].

### 2.1.1 Proces výroby

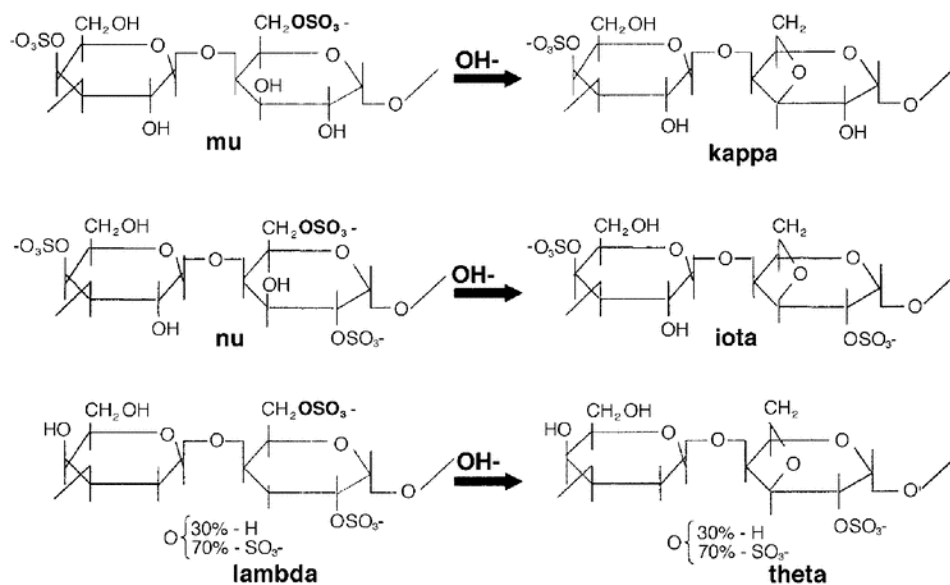
První krok výroby karagenanu spočívá ve sběru mořských řas. Řasy jsou promyty od hrubých nečistot (písek, kamení) a rychle sušeny, aby nedocházelo k pomnožení mikroorganismů, s tím souvisí také zachování kvality karagenanu. Řasy jsou následně baleny a přepravovány do zpracovatelských podniků, kde jsou uskladněny. Před samotným použitím je vždy nutné řasy otestovat, vybrány jsou pouze ty šarže určené k výrobě požadovaného extraktu. Aby bylo docíleno získání co nejvíce kvalitního konečného produktu o požadovaných vlastnostech, je důležité vybrat především vhodné suroviny. V následujícím kroku jsou mořské řasy ošetřeny pomocí vhodných alkálií, řasy bobtnají. Tímto krokem lze zajistit lepší průběh následující extrakce. Po extrakci se zředěné roztoky karagenanu filtrují a čistí pomocí vysokorychlostní centrifugace. Roztok karagenanu se nechá vysrážet pomocí izopropylalkoholu pro získání vláknité hmoty a kvůli odstranění zbylých nečistot a vysuší se. Chemickou strukturu a vlastnosti karagenanu lze ovlivnit parametry extrakce (pH, teplota, čas) nebo dobou alkalické předúpravy [38].



### 2.1.2 Struktura a názvosloví karagenanů

Karagenan je sulfátový lineární polysacharid D-galaktózy a 3,6-anhydro-D-galaktózy. Hexózy jsou vzájemně střídavě spojeny glykosidickými vazbami  $\alpha$ -(1,3) a  $\beta$ -(1,4). Existuje celá řada druhů karagenanů, ale mezi nejznámější formy se řadí karagenany: kappa ( $\kappa$ )-, iota ( $\iota$ )-, lambda ( $\lambda$ )-, mu ( $\mu$ )-, nu ( $\nu$ )- a theta ( $\theta$ ), které jsou zobrazeny na Obrázku 3. Mezi primární rozdíly ovlivňující dané vlastnosti jednotlivých typů karagenanů patří poloha a počet esterových sulfátových skupin, včetně obsahu 3,6-anhydro-D-galaktózy. Především z komerčního hlediska se mezi nejvíce používané druhy karagenanů řadí typ kappa, iota a lambda [38, 40].

Struktury tří hlavních forem karagenanů se od sebe odlišují počtem sulfátových skupin, které se váží na disacharid.  $\kappa$ -karagenan je tvořen pouze jednou sulfátovou skupinou,  $\iota$ -karagenan dvěma a  $\lambda$ -karagenan třemi [38, 44].



**Obrázek 3:** Karagenanové struktury a modifikace alkáliemi [38].

$\kappa$ -karagenan je lineární, záporně nabitý sulfátový polysacharid schopný tvorby gelu, který se střídavě skládá z  $\alpha$ -(1,3)-D-galaktóza-4-sulfátu a  $\beta$ -(1,4)-3,6-anhydro-D-galaktózy. Primárně je získáván extrakcí tropických mořských řas druhu *Kappaphycus alvarezii*. V potravinářském průmyslu je  $\kappa$ -karagenan nejvíce využívaným karagenanem díky svým

gelovacím nebo zahušťovacím schopnostem a schopností rozpouštět se v horké vodě.  $\kappa$ -karagenan je schopen tvorby termo-reverzibilního gelu [45 - 53].

$\lambda$ -karagenan je lineární, vysokomolekulární sulfátový polysacharid tvořený třemi skupinami sulfátů. Ze tří hlavních forem karagenanů je nejvíce rozpustný. Vzhledem k tomu, že není tvořen 3,6-anhydro-D-galaktózou, není schopen tvorby gelu.  $\lambda$ -karagenan je využíván jako zahušťovadlo. Je schopný se částečně rozpouštět ve studené vodě a plně rozpustný je ve vodě horké [52, 53].

$\iota$ -karagenan je sulfátový polysacharid tvořený dvěma sulfátovými skupinami, střídavě se skládá z  $\alpha$ -(1,3)-D-galaktóza-4-sulfátu a  $\beta$ -(1,4)-3,6-anhydro-D-galaktóza-2-sulfátu. Je více rozpustný v horké vodě za tvorby roztoků, jenž vykazují tixotropní vlastnosti.  $\iota$ -karagenan je schopen vytvářet elastické gely [53, 54].  $\iota$ -karagenan se v potravinářském průmyslu využívá jako zahušťovadlo a želírující látka [55].

### 2.1.3 Vlastnosti a využití karagenanů

Karagenany jsou schopné tvořit gely, jejich viskozita je závislá nejen na teplotě, koncentraci, přítomnosti kationtů, ale také na typu karagenanu a jeho molekulové hmotnosti. Viskozita se zvyšuje exponenciálně se zvyšující se koncentrací kationtů. Vlastnosti jednotlivých forem karagenanů je možné ovlivnit polohou i počtem esterových sulfátových skupin, ale také obsahem 6-anhydro-D-galaktózy. Komerční  $\kappa$ -karagenan je tvořen přibližně 25 % estery sulfátu a 34 % 3,6-anhydro-D-galaktózy. Komerční  $\lambda$ -karagenan obsahuje asi 35 % esterů sulfátu a žádnou 3,6-anhydro-D-galaktózu, komerční  $\iota$ -karagenan je tvořen asi 32 % estery sulfátu a 30 % 3,6-anhydro-D-galaktózy. V tucích, olejích a organických rozpouštědlech jsou karagenany nerozpustné. Karagenan je označován jako polydisperzní materiál o vysoké molekulové hmotnosti. Extrakt  $\kappa$ -karagenanu má molekulovou hmotnost v mezi hodnot 400 a 560 kDa [40, 50, 51, 56].

Karagenany jsou skupinou látek, které se díky svým fyzikálním i biologickým vlastnostem velmi často používají v potravinářském, farmaceutickém či kosmetickém průmyslu [44]. Používají se jako zahušťovadla, želírovací či stabilizační látky pro výrobu jogurtů, dresinků, kojenecké výživy. Zlepšují strukturu tvarohů, pudinků nebo mléčných dezertů. Jako stabilizátory a pojiva jsou využívány při výrobě uzenin, hamburgerů a dalších masných výrobků. Bylo zjištěno, že  $\kappa$ -karagenan v podobě gelových kuliček je možné také použít při výrobě etanolu, kde slouží jako podpora růstu kvasinek rodu *Saccharomyces sp.* Karagenany jsou díky svým vlastnostem schopné vzájemného působení i s jinými hydrokoloidy

a bílkovinami. Využívají se jako náhražka tuku [50, 51, 56 - 58]. Karagenany se tradičně využívají pro výrobu dezertních gelů a glazur dortů. Využívá se především vlastností  $\kappa$ -karagenanu, který tvoří pevné a křehké gely [40]. Platí vzájemná součinnost mezi  $\kappa$ -karagenany a  $\iota$ -karagenany s mléčnými bílkovinami. Kappa-karagenan se ve vodné fázi podílí na tvorbě gelu za interakce s pozitivně nabitými aminokyselinami. Tato synergie probíhá v proteinech na povrchu kappa-kaseinových micel, kdy dochází k tvorbě stabilizační sítě. K adsorpci  $\kappa$ -karagenanu a  $\iota$ -karagenanu dochází jen při nižších teplotách, než je teplota přechodu. Karagenany zabraňují v oddělení syrovátky v celé řadě výrob mléčných výrobků a při jejich skladování (smetana, sýrové a mléčné dezerty, zmrzlina) [40, 41].

Karagenany se mohou využívat při výrobě tavených sýrů, kde uplatňují své gelující vlastnosti a reaktivitu proteinů. Použitím 0,5 až 3 % (w/w) karagenanu je možné dosáhnout zisku vynikajícího produktu s výbornými chuťovými a texturními vlastnostmi [40]. U měkkých sýrů nebo jogurtů je aplikace karagenanů jako účinných stabilizátorů obecně méně vhodná. Kvůli nízkému pH dochází ke zvyšování elektrostatických sil mezi bílkovinami a karagenanem za vzniku nestabilních agregátů, které jsou ze směsi oddělovány. Zvolením vhodné směsi karagenanu a galaktomananu je přesto možné vyrobit produkty výborných chuťových a krémových vlastností [40].

#### 2.1.4 Tvorba gelu

Všechny frakce karagenanů jsou rozpustné ve vodě. Jejich rozpustnost ve vodě závisí na obsahu přítomných skupin síranů, kationtů (draslíku, sodíku, vápníku, hořčíku). Gelace karagenanů je složitý proces, který je závislý na koncentraci kationtů a karagenanů a také na teplotě. Proces tvorby gelu spočívá ve dvou po sobě jdoucích krocích. V první fázi dochází ochlazením k přeměně spirály na helix. Druhá fáze spočívá v agregaci šroubovice za vzniku trojrozměrné sítě. Kappa-karagenan vytváří převážně pevné a křehké gely, a to v přítomnosti chloridu draselného oproti dalším solím. Iota-karagenan se podílí na tvorbě gelů pružných a měkkých, které většinou nepodléhají intenzivní synerezi [40, 49, 59 - 62].

## 2.2 Furcellaran

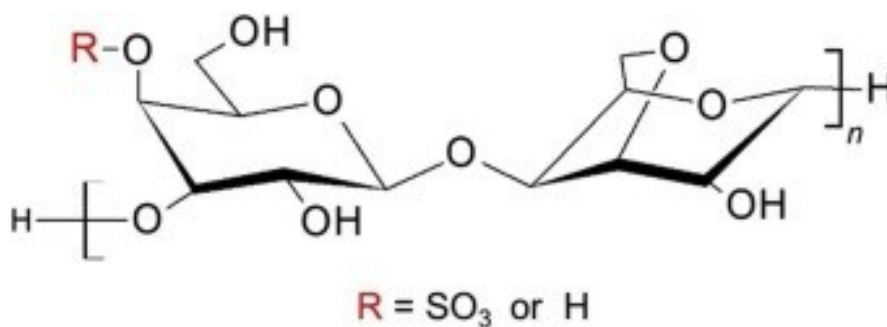
Furcellaran (dánský agar) je aniontový sulfátový polysacharid izolovaný z červených řas, konkrétně z řasy druhu *Furcellaria lumbricalis*, nacházející se podél pobřeží severní části Atlantského oceánu. Tento druh řasy je bohatý na dusík a jód, a jako jeden z mála druhů mořských řas produkuje histamin. Za druhé světové války byl využíván jako náhrada za agar. Furcellaran je svými vlastnostmi podobný agaru i karagenanu. Komerční furcellaran je rozpustný v horké vodě a ochlazením vytváří gel. Furcellaran se řadí stejně jako karagenan do kategorie potravinářských přídatných látek s označením E 407. Často je popisován jako hybrid kappa a beta-karagenanu. Proces zisku furcellaranu spočívá v extrakci. V prvním kroku dochází ke sběru řas, řasy musí být promyty a zbaveny hrubých nečistot. V dalším kroku probíhá ošetření řasy vhodnou alkálií. Právě vhodný výběr alkálie úzce souvisí se získáním konečného produktu a s jeho vlastnostmi či využitím v průmyslu (tvorba gelu, struktura, zahušťování). Upravený extrakt se sráží, lisuje, suší, balí a skladuje [63 - 66].

Výnos furcellaranu závisí na druhu použité suroviny a způsobu provedení extrakce. Je znám značný rozdíl ve výtěžku extrakce mezi formou nevázanou a vázanou pro druh řasy *Furcellaria lumbricalis*. Výnos nevázané formy této řasy činí pouhých 19 % furcellaranu při probíhající 4hodinové extrakci v čisté vodě, oproti tomu vázaná forma za stejných podmínek poskytuje 32 % výnos furcellaranu. Vysoké výnosy furcellaranu z vázané formy nejsou ojedinělé, mohou se pohybovat až v rámci hodnoty 50 %. Nižší výtěžky v případě nevázané formy mohou být pravděpodobně způsobeny morfologií stélky [66].

### 2.2.1 Struktura furcellaranu

Furcellaran je polysacharid, který se skládá z esterů galaktózy a 3,6-anhydrogalaktózy s kopolymerem sodíku, draslíku, vápníku, hořčíku nebo amoniaku. Hexózy jsou střídavě spojeny vazbami  $\alpha$ -(1,3) a  $\beta$ -(1,4), které znázorňuje Obrázek 4. Molární hmotnost furcellaranu se pohybuje mezi hodnotami 290 až 500 kDa v závislosti na průběhu extrakce [64]. Složení furcellaranu přímo ovlivňuje podmínky jeho zisku a následné kroky zpracování. Během alkalické úpravy může docházet k mírnému zvýšení obsahu 3,6-anhydrogalaktózy, což značí přítomnost malého množství alkalicky labilních prekurzorových struktur [66].

Furcellaran je svými vlastnostmi a strukturou podobný kappa-karagenanu, proto se řadí do skupiny komerčně významných karagenanů [66].



*Obrázek 4: Chemická struktura furcellaranu [64].*

### 2.2.2 Vlastnosti a použití furcellaranu

Furcellaran se využívá v potravinářském, kosmetickém nebo farmaceutickém průmyslu jako zahušťovadlo a gelující činidlo [67]. Používá se také pro úpravu struktury mléčných výrobků, pro vylepšení sensorických vlastností (chuti). Často je využíván v kombinaci s dalšími karagenany při výrobě mléčných dezertů, pro zajištění hladší textury konečných výrobků. Furcellaran je možné společně s kappa-karagenanem aplikovat v pivovarnictví nebo ve vinařství jako čířící činidlo. Čířící účinek spočívá v reakci karagenanů s přítomnými proteiny. Furcellaran představuje vynikající přírodní materiál, který je schopen interakce se škrobem, želatinou nebo éterickými oleji za tvorby aktivních biopolymerních filmů. Patří mezi polysacharidy rozpouštějící se ve vodě. Podílí se také na tvorbě pevných gelů za přítomnosti draselných iontů [40, 68, 69, 70].

Furcellaran je polysacharid vytvářející pružné a jemné gely. Za přítomnosti K<sup>+</sup> a NH<sub>4</sub><sup>+</sup> iontů je schopen vytvářet gely pevných a stabilních vlastností. V přítomnosti vápenatých iontů je furcellaran schopen tvořit gely, ale pouze slabě, oproti tomu v přítomnosti Na<sup>+</sup> iontů k tvorbě gelu nedochází [71, 72].

### 3 HOMOGENIZACE A JEJÍ VLIV NA TAVENÉ SÝROVÉ OMÁČKY A JINÉ MLÉČNÉ VÝROBKY

První ošetření mléka, které by bylo schopné poskytnout jemnější a stabilnější emulzi, bylo v roce 1899 na základě udělení prvního patentu přičítáno Auguste Gaulinovi. Homogenizace je fyzikální proces, který je využíván pro výrobu mléčných výrobků, potravinářských emulzí s vylepšenou strukturou, chutí a delší dobou skladovatelnosti (zmrzlina, smetana, mléko). Během procesu homogenizace dochází k mechanickému ošetření tukových kuliček, které jsou přítomny v mléce. Průchodem horkého mléka za působení vysokého tlaku úzkou štěrbinou dochází u tukových kuliček ke zmenšení jejich průměru. Počet a povrch tukových kuliček se zvětšuje. Z důvodu zvětšení povrchu tak může snadněji docházet k rozvoji mikroorganismů a tím také k souvisejícím lipolytickým změnám mléka (žluknutí, oxidace, mýdlová chuť). Homogenizací tedy nelze usmrtit přítomné mikroorganismy, proto je velmi podstatným a významným krokem při zpracování mléka provedení tepelného ošetření, například pasterace nebo UHT (Ultra-high temperature) záhřevu. Hlavním cílem pasterace je inaktivace vegetativních forem mikroorganismů. Pasterace spočívá v zahřátí mléka na teplotu 72 °C po dobu 15 minut, kdy je potřeba provést následně okamžité chlazení. Proces UHT ošetření se provádí při teplotách 140 až 150 °C po dobu několika sekund. Tepelná ošetření jsou běžně využívána kvůli zajištění zdravotní nezávadnosti mléčných i ostatních výrobků, ale také pro lepší konzervaci mléka nebo prodloužení trvanlivosti. Proces homogenizace mléka je obvykle prováděn při teplotě 60 °C, přesto se mohou tlakové nebo teplotní podmínky lišit dle použitého zařízení a typu ventilu. Účinnost homogenizace lze zvýšit teplotou pohybující se v rozmezí hodnot 42 až 72 °C. Na základě tlaku, který působí na tukové kuličky, lze rozlišit homogenizaci pracující za vysokého tlaku (vysokotlakou) a za nižšího tlaku (nízkotlakou) [73 - 78].

Vysokotlaká homogenizace (HPH z anglického názvu High-pressure homogenization) je metoda pracující za vyšších tlaků (> 50 – 100 MPa). Využívá se především pro stabilizaci emulzí, k přípravě produktů se žadoucími reologickými vlastnostmi nebo pro dispergaci nemísitelných fází. Při zvyšujícím se tlaku (50 – 200 MPa) dochází k poklesu velikostí tukových kapiček. Využití konvenční homogenizace pracující za tlaku 40 – 60 MPa vede k tvorbě nežádoucích a nepříjemných chutí mléka, pravděpodobně v důsledku probíhající oxidace. Výhoda použití vysokotlaké homogenizace spočívá ve snížení počtu mikrobiální mikroflóry. Během samotného procesu homogenizace mléka za působení vyšších tlaků dochází k inaktivaci plazminu a také ke snížení alkalické fosfatázy a laktoperoxidázy, což

jsou enzymy běžně se vyskytující v mléce. K nevýhodám využití vysokotlaké homogenizace patří především náklady spojené s pořízením vybavení [78]. V posledních dvou desetiletích došlo k vývoji tzv. mikrofluidizace. Tato stále se rozvíjející technologie vysokotlaké homogenizace byla patentována roku 1985. Principem této metody je působení velmi vysokého tlaku (až 100 MPa) na kapalinu za tvorby velmi jemných emulzí. Mikrofluidizaci je možné aplikovat při zpracování celé řady mléčných výrobků nebo kojenecké výživy [77].

### 3.1 Homogenizátor

Od vynálezu ventilového homogenizátoru na konci 19. století zaujímá homogenizace značné postavení při procesu zpracování mléka. Tradiční proces homogenizace je prováděn za tlaku 10 – 30 MPa (100 až 300 bar). V dnešní době se stále více používají v potravinářském průmyslu ultravysokotlaké homogenizátory, které mohou pracovat za tlaku až 400 MPa. Bylo zjištěno, že působením vyšších tlaků lze dosáhnout vzniku menších tukových kuliček. Tento fakt hraje významnou roli například při výrobě jogurtů, kdy se menší tukové kuličky podílí na vylepšení struktury produktů s nižším obsahem bílkovin [79].

Vysokotlaká homogenizace se využívá nejen v potravinářském, ale také v chemickém nebo farmaceutickém průmyslu za účelem vytvoření emulze. Emulze prochází úzkou mezerou za působení tlaku (10 – 100 MPa). Dochází k rozpadu větších kapiček a k tvorbě jemnějších emulzí [80]. Vysokotlaký homogenizátor je zařízení skládající se z vysokotlakého pístového čerpadla a pojistného (homogenizačního) ventilu. Úloha pístového čerpadla spočívá v dostatečné tvorbě vysokého tlaku, který je potřeba jako hnací síla pro průchod mléka přes homogenizační ventil nebo ventily. Čerpadlo homogenizátoru je obvykle tvořeno třemi písty, existují také homogenizátory, které jsou tvořené pěti až sedmi písty. Předehřáté mléko vstupuje do homogenizátoru přes sací potrubí, ze kterého je následně čerpáno do jednotlivých čerpacích komor. Při vstupu mléko může procházet přes síto kvůli zabránění vstupu cizích předmětů do čerpací sekce. Kapalina vstupující za vysokého tlaku do středu ventilu prochází úzkou štěrbinou, což má za důsledek zmenšení velikosti tukových kuliček. V potravinářství je velmi často využíván tzv. dvoustupňový homogenizátor, kterým lze provést homogenizaci pasterovaného mléka. Tento typ homogenizátoru je tvořen dvěma ventily. V prvním stupni je na procházející kapalinu vyvíjen vysoký tlak 20 MPa, což způsobí zmenšení velikosti tukových kuliček. V druhém stupni dochází působením tlaku 5 MPa k rozbití shluků tukových kuliček a k zamezení tvorby shluků nových [81, 82].

## 3.2 Vliv homogenizace na tavené sýrové omáčky a ostatní mléčné výrobky

V mlékárenském průmyslu je proces homogenizace mléka standardně využíván za účelem prevence proti rozvoji nežádoucí mikroflóry a pro zajištění delší doby trvanlivosti mléčných produktů. Během zpracování a výroby mléčných výrobků každopádně nesmí docházet k nežádoucím sensorickým, nutričním nebo technologickým změnám, které by mohly negativně ovlivnit zdraví konzumentů. Vysokotlaká homogenizace (HPH) pracující za vyšších tlaků se řadí mezi slibné technologie potravinářského průmyslu využívané pro úpravu tekutých mléčných výrobků [83, 84, 85].

### 3.2.1 Tavené sýrové omáčky

Vlivem procesu homogenizace dochází k adsorpci emulgátorů na povrchu tukových kuliček a tím ke snížení mezifázového napětí. Vzájemnou interakcí adsorbovaných emulgátorů je možné zabránit dalšímu rozpadu tukových kapiček. Homogenizací dochází ke zmenšení velikosti tukových kuliček, ale také kaseinových micel, proto je možné pozorovat tvorbu výrazněji bělejších konečných produktů. Homogenizace se podílí na vylepšení stability tukových emulzí, pozitivně ovlivňuje konzistenci, hladkost nebo strukturu tavených sýrových omáček [7].

### 3.2.2 Fermentované mléčné výrobky

Vysokotlaká homogenizace je inovativní metoda využívající se při výrobě fermentovaných mléčných výrobků, kterými jsou například jogurty. Homogenizace směsi pro výrobu jogurtů se provádí při tlaku 10 – 20 MPa za teploty 55 – 70 °C. Během samotné výroby jogurtů je možné homogenizací docílit lepších koagulačních vlastností mléka, podílí se na zajištění delší životaschopnosti typických bakteriálních kultur *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a *Staphylococcus thermophilus* využívaných během výroby jogurtů a to po celou dobu jejich skladování při chladírenské teplotě, dále se také výrazně podílí na zvýšení pevnosti gelů nebo zajištění optimální struktury, barvy, konzistence či stability jogurtů. Kombinací tepelného ošetření a homogenizace lze snížit možný výskyt nežádoucích mikroorganismů a zvýšit viskozitu jogurtů. Bylo prokázáno, že ošetřením mléka za působení vysokých tlaků (> 200 MPa) lze získat jogurty pevnější struktury [83, 84, 85].



### 3.2.3 Sýry

Účinky vysokotlaké homogenizace ovlivňující strukturní vlastnosti sýrů závisí nejen na intenzitě použitého tlaku, ale i na složení mléka. Především obsah vlhkosti se výrazně podílí na odlišných texturních vlastnostech sýrů. Čerstvé sýry vyrobené z mléka ošetřeného pomocí ultravysokotlakého homogenizátoru při tlaku 300 MPa nepodléhají deformaci a vykazují lepší viskoelastické vlastnosti. Sýry typu Čedar vyrobené z mléka za působení HPH jsou prokazatelně pevnější, pružnější a soudržnější struktury. Kombinací tepelného ošetření (pasterizace, 65 °C po dobu 30 minut) a ultravysokotlaké homogenizace je možné zvýšit výtěžnost průmyslově vyráběných sýrů. Zvýšení výtěžku sýra lze vysvětlit lepším zadržením vody a také celkových pevných složek sýra. Vysokotlaká homogenizace do jisté míry také negativně ovlivňuje soudržnost sýrařských zrn. Gely připravené z mléka, které bylo podrobena homogenizaci, mají prokazatelně křehčí strukturu oproti gelům vyrobených z mléka, u kterého k procesu homogenizace nedošlo [85].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo sledovat vliv vybraných fykokoloidů a dvoustupňové homogenizace na reologické vlastnosti tavených sýrových omáček během doby skladování. Modelové vzorky tavených sýrových omáček byly vyrobeny za použití fykokoloidů  $\kappa$ -karagenanu a furcellaranu o různých koncentracích (0,125 %, 0,250 %, 0,500 %, 0,750 % a 1,000 % (w/w), s přidavkem tavicích solí [hydrogenfosforečnan sodný ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ), dihydrogenfosforečnan sodný ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ), difosforečnan tetrasodný ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ), sodná sůl polyfosforečnanu (POLY 68)]. Jednotlivé vzorky byly podrobeny jednostupňové či dvoustupňové homogenizaci. Skupinu vzorků zahrnovaly také vzorky nehomogenizované a dále vzorky kontrolní, u kterých během procesu výroby nebyly použity hydrokoloidy.

Cílem teoretické části diplomové práce byla:

- charakteristika tavených sýrových omáček, popis surovin mléčného i nemléčného původu pro výrobu tavených sýrových omáček,
- aplikace hydrokoloidů, konkrétně  $\kappa$ -karagenanu a furcellaranu,
- charakteristika a vliv homogenizace na tavené sýrové omáčky a jiné mléčné produkty.

Cílem praktické části diplomové práce bylo:

- vyrobit modelové vzorky tavených sýrových omáček za použití fykokoloidů  $\kappa$ -karagenanu a furcellaranu, za aplikování tří homogenizačních režimů,
- provést základní chemickou, reologickou analýzu a sledovat aktivitu vody a stabilitu u modelových vzorků tavených sýrových omáček,
- vyhodnotit získané výsledky a zformulovat závěry.

## 5 MATERIÁL A METODIKA

### 5.1 Popis experimentu

Praktická část diplomové práce zahrnovala výrobu modelových vzorků tavených sýrových omáček za aplikování základních surovin, včetně tavicích solí (hydrogenfosforečnanu sodného, dihydrogenfosforečnanu sodného, difosforečnanu tetrasodného a sodné soli polyfosforečnanu (POLY 68) s průměrnou délkou řetězce 20 fosforečnanových zbytků. Při výrobě vzorků tavených sýrových omáček byly dále použity hydrokoloidy  $\kappa$ -karagenan a furcellaran o koncentraci 0,125 %, 0,250 %, 0,500 %, 0,750 % a 1,000 % (w/w) a dále směs mono – a diacylglycerolů. Modelové vzorky byly poté podrobeny jednostupňové (10 MPa) nebo dvoustupňové (10 MPa a 20 MPa) homogenizaci pomocí přístroje zvaném homogenizátor. Výroba zahrnovala také přípravu vzorků, u kterých nebyla homogenizace provedena a kontrolní vzorky bez přídavku hydrokoloidů. Vyrobené modelové vzorky byly po celou dobu skladovány při chladírenské teplotě  $6 \pm 2$  °C a analýza byla prováděna v intervalu 7. 30. dní. Modelové vzorky tavených sýrových omáček byly podrobeny chemické a reologické analýze a byla sledována aktivita vody a stabilita.

### 5.2 Výroba modelových vzorků tavených sýrových omáček

Experimentální část byla započata samotnou výrobou modelových vzorků tavených sýrových omáček o hodnotě sušiny 30 % (w/w) a obsahu tuku v sušině 66 % (w/w).

Pro výrobu byly použity níže uvedené suroviny:

- eidamská cihla s obsahem sušiny 50 % (w/w) a obsahem tuku v sušině 30 % (w/w); zralost 7. týdnů; výrobce AGRICOL s. r. o., Polička, Česká republika,
- máslo s obsahem sušiny 84 % (w/w) a obsahem tuku v sušině 82 % (w/w); výrobce Fude + Serrahn Milchprodukte GmbH & Co.Kg, Hamburk, Německo,
- tavicí soli hydrogenfosforečnan sodný, dihydrogenfosforečnan sodný, difosforečnan tetrasodný a sodná sůl polyfosforečnanu; výrobce Fosfa, Břeclav, Česká republika,
- monoacylglyceroly/diacylglyceroly mastných kyselin; výrobce Brenntag s. r. o.,
- hydrokoloidy  $\kappa$ -karagenan a furcellaran; výrobce Sigma-Aldrich s. r. o. a Est-Agar a. s.,
- pitná voda.

Výroba probíhala obdobným procesem, kterým se vyrábí také tavené sýry. Modelové vzorky tavených sýrových omáček byly za laboratorních podmínek vyráběny za použití tavicího přístroje Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Německo). Přírodní sýr a máslo byly nakrájeny na menší kousky a vloženy a rozemlety v tavicí nádobě pomocí nožů při 3000 ot./min. Poté byly přidány další suroviny, konkrétně tavicí soli, hydrokoloidy o dané koncentraci, mono – a diacylglyceroly a pitná voda. Takto připravená směs byla podrobena procesu tavení po dobu 1 minuty za teploty 90 °C při počtu 3000 ot./min. Celková doba tavení byla 12 minut. Vzniklá horká tavenina byla homogenizována pomocí přístroje zvaném homogenizátor PandaPLUS (GEA Niro Soavi, Itálie). Část vzorků byla podrobena jednostupňové homogenizaci za působení tlaku 10 MPa, další část vzorků dvoustupňové homogenizaci za působení tlaku 10 MPa a 20 MPa. Pro účely měření byly vyrobeny i vzorky nehomogenizované a vzorky určené pro kontrolu, u nichž během výroby nebyly použity hydrokoloidy. Modelové vzorky byly poté ihned nadávkovány do předem nachystaných polypropylenových kelímků a zažehleny hliníkovým víčkem. Poté byly vzorky ochlazeny a po celou dobu skladování uchovávány při teplotě  $6 \pm 2$  °C. Jednotlivé analýzy byly prováděny v intervalu 7. a 30. dní od data výroby.

### 5.3 Chemická analýza

U modelových vzorků tavených sýrových omáček byla během stanovené doby skladování provedena v intervalu 7. a 30. dne základní chemická analýza, která zahrnovala měření pH a stanovení obsahu sušiny vzorků.

#### 5.3.1 Stanovení obsahu sušiny

Celkový obsah sušiny modelových vzorků tavených sýrových omáček byl stanovován podle normy ČSN EN ISO 5534 (571003) do konstantního úbytku hmotnosti [86]. Vzorky byly měřeny s přesností na 4. desetinná místa do předem připravených hliníkových misek se skleněnou tyčinkou. Pomocí analytických vah byla stanovena hmotnost prázdné misky, vždy předem zbavené vlhkosti při teplotě  $102 \pm 2$  °C a ochlazené pomocí křemenného písku. Jednotlivé vzorky byly měřeny dvakrát a to navážením asi 3 g materiálu. Hliníkové misky se vzorkem byly opět váženy na analytických vahách a byla zjištěna jejich celková hmotnost. Navážený vzorek tavené sýrové omáčky byl poté za pomoci skleněné tyčinky promíchán s křemenným pískem. Poté byly misky se vzorky umístěny do sušárny, kde byly sušeny za teploty  $102 \pm 2$  °C. Po dosažení konstantního úbytku hmotnosti byly vzorky opět zváženy pomocí analytických vah na 4. desetinná místa.

#### 5.3.2 Stanovení pH

Hodnota pH je definována jako záporně vzatý logaritmus aktivity vodíkových iontů. Měření hodnot pH probíhalo za laboratorních podmínek a to vpichem do vzorků pomocí přístroje zvaném pH metr tvořeném skleněnou elektrodou (výrobce Eutech). Každý vzorek byl měřen pomocí šesti vpichů v náhodně vybraných místech kelímku. Po každém měření byla sonda důkladně očištěna pomocí destilované vody a osušena. Hodnoty pH byly zprůměrovány.

### 5.4 Test stability

Test stability byl u jednotlivých vzorků tavených sýrových omáček měřen dvakrát v 7. dni po výrobě. S přesností na 4. desetinná místa bylo naváženo do plastové zkumavky s víčkem  $5 \pm 1$  g modelového vzorku tavené sýrové omáčky. Utěsněné zkumavky byly poté centrifugovány po dobu 20 minut při 6000 ot. /min. Vzniklý sediment byl zvážen za použití analytických vah a byla stanovena stabilita (% w/w). Hodnoty stability byly zprůměrovány.

## 5.5 Stanovení aktivity vody

Aktivita vody je důležitým ukazatelem obsahu vody v potravinách a úzce souvisí nejen s bezpečností, ale také s kvalitou nebo trvanlivostí potravinářských výrobků. Je definována jako poměr tlaku vodních par potraviny k tlaku par destilované vody při dané teplotě [87]. Pro stanovení aktivity vody u modelových vzorků tavených sýrových omáček byl použit analytický přístroj AQUALAB 4TE. Přístroj je vybaven měřicí komůrkou obsahující čidlo s nastavitelnou teplotou 15 – 50 °C. Analyzovaný vzorek byl vložen do plastové misky, jež byla umístěna do měřicí komory přístroje. Pro každý vzorek bylo měření provedeno dvakrát, hodnoty aktivity vody byly následně odečteny z digitálního displeje. Vodní aktivita byla měřena při teplotě  $25 \pm 0,1$  °C a hodnoty aktivity vody by se měly pohybovat v rozmezí  $\pm 0,003$  dané hodnoty měřeného vzorku.

## 5.6 Reologická analýza

Reologie je věda zabývající se deformací a tokem různých materiálů. Hodnoty elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) poukazují na elastické chování materiálu. Ztrátový modul pružnosti ( $G''$ ) znázorňuje materiál vykazující viskózní chování. Výpočet komplexního modulu pružnosti ( $G^*$ ) lze následně vypočítat pomocí uvedeného vzorce:

$$G^* = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2} \quad (1)$$

Tangens úhlu fázového posunu ( $\tan \delta$ ) vyjadřuje vztah mezi elastickým modulem pružnosti a ztrátovým modulem pružnosti. Viskoelastické vlastnosti tavených sýrových omáček lze ovlivnit celou řadou faktorů, jako jsou například obsah sušiny či obsah tuku v sušině, druh a množství použitých tavicích solí, hodnota pH nebo druh a koncentrace hydrokoloidů [2, 36, 88 - 90]. Pro stanovení viskoelastických vlastností tavených sýrových omáček byl použit dynamický oscilační smykový reometr HAAKE RheoStress 1; Brémy, Německo; tvořený deskou o průměru 35 mm. Frekvence oscilace byla v rozmezí 0,06 - 100 Hz. Stanovení elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) a ztrátového modulu pružnosti ( $G''$ ) probíhalo za použití frekvence 1 Hz. Ze získaných hodnot  $G'$  a  $G''$  byla poté zjištěna tangenta úhlu fázového posunu. Reologická analýza vzorků tavených sýrových omáček byla prováděna v intervalu 7. a 30. dne skladování.

## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 6.1 Výsledky stanovení obsahu sušiny

Vyrobené modelové vzorky tavených sýrových omáček s přidavkem hydrokoloidů  $\kappa$ -karagenanu a furcellaranu o daných koncentracích vykazovaly podobné hodnoty obsahu sušiny. Veškeré vzorky tvořily obsah sušiny v intervalu 32,17 - 33,65 % (w/w), který se po celou dobu skladování, tedy v 7. a 30. dni, nijak neodlišoval. Nepatrně vyšší hodnoty obsahu sušiny tavených sýrových omáček poukazují na vyšší tuhost vyrobených vzorků. Velikost tukových kuliček se při zvyšujícím se obsahu sušiny snižuje [91].

Také nebyl sledován výrazný rozdíl mezi vzorky podrobenými procesu homogenizace a vzorky nehomogenizovanými. Zjištěný obsah sušiny poukazuje na to, že připravené vzorky jsou obdobných parametrů a je možné tedy provést srovnání účinků odlišných koncentrací použitých hydrokoloidů a porovnání vzorků v rámci reologických vlastností [92].

### 6.2 Výsledky stanovení hodnot pH

Chemická analýza zahrnovala také stanovení pH. Naměřené hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrových omáček byly zaznamenány do Tabulek 3 - 6. Stanovení hodnot pH probíhalo během 7. a 30. dne skladování u vzorků homogenizovaných jednostupňovou homogenizací (H100) za tlaku 10 MPa a dvoustupňovou homogenizací (H200) za tlaku 10 MPa a 20 MPa. Měření probíhalo také u vzorků nehomogenizovaných (NH). Během celé výroby modelových vzorků tavených sýrových omáček byly aplikovány hydrokoloidy, a to  $\kappa$ -karagenan a furcellaran o daných koncentracích 0,125 %, 0,250 %, 0,500 %, 0,750 % a 1,000 % (w/w).



*Tabulka 3: Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrových omáček s  $\kappa$ -karagenanem během 7. dne skladování při teplotě  $6 \pm 2$  °C.*

Vzorek	Homogenizační režim	Koncentrace [g/100g]	pH
<b><math>\kappa</math>-karagenan</b>	NH	0,125	5,98
		0,250	6,04
		0,500	6,10
		0,750	6,04
		1,000	5,96
	H100	0,125	6,19
		0,250	6,10
		0,500	6,15
		0,750	6,13
		1,000	6,14
	H200	0,125	6,20
		0,250	6,24
		0,500	6,20
		0,750	6,26
		1,000	6,22
<b>Kontrola</b>			6,25

*Tabulka 4: Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrových omáček s  $\kappa$ -karagenanem během 30. dne skladování při teplotě  $6 \pm 2$  °C.*

Vzorek	Homogenizační režim	Koncentrace [g/100g]	pH
<b><math>\kappa</math>-karagenan</b>	NH	0,125	5,71
		0,250	5,65
		0,500	5,77
		0,750	5,88
		1,000	5,60
	H100	0,125	5,58
		0,250	5,59
		0,500	5,66
		0,750	5,63
		1,000	5,85
	H200	0,125	5,96
		0,250	5,66
		0,500	5,55
		0,750	5,63
		1,000	5,93
<b>Kontrola</b>			5,70

*Tabulka 5: Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrových omáček s furcellaranem během 7. dne skladování při teplotě  $6 \pm 2$  °C.*

Vzorek	Homogenizační režim	Koncentrace [g/100g]	pH
Furcellaran	NH	0,125	6,31
		0,250	6,24
		0,500	6,27
		0,750	6,27
		1,000	6,31
	H100	0,125	6,20
		0,250	6,09
		0,500	6,26
		0,750	6,24
		1,000	6,25
	H200	0,125	6,13
		0,250	6,18
		0,500	6,28
		0,750	6,24
		1,000	6,21
Kontrola			6,25

*Tabulka 6: Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrových omáček s furcellaranem během 30. dne skladování při teplotě  $6 \pm 2$  °C.*

Vzorek	Homogenizační režim	Koncentrace [g/100g]	pH
Furcellaran	NH	0,125	5,43
		0,250	5,91
		0,500	5,73
		0,750	5,79
		1,000	5,74
	H100	0,125	5,46
		0,250	5,71
		0,500	5,60
		0,750	5,79
		1,000	5,62
	H200	0,125	5,60
		0,250	5,72
		0,500	5,88
		0,750	5,71
		1,000	5,68
Kontrola			5,70

Na první pohled je patrné, že k poklesu hodnot pH modelových vzorků dochází s rostoucí dobou skladování. Tabulky 3 a 5 znázorňují hodnoty pH tavených sýrových omáček, které se pohybovaly v intervalu 6,04 - 6,31, a to bez ohledu na použitou koncentraci nebo typ hydrokoloidu. V průběhu 30denního skladování byl zpozorován pokles hodnot pH tavených sýrových omáček, který se pohyboval v intervalu 5,43 - 5,96. Snížení hodnot pH může být zapříčiněno přítomností tavicích solí, konkrétně fosforečnanů, které byly aplikovány při výrobě tavených sýrových omáček. Skutečnost, že tavicí soli v průběhu procesu tavení slouží k zajištění iontové výměny vápenatých iontů za ionty sodné a tím přispívají ke vzniku více rozpustné mléčné bílkoviny, jež se podílí na úpravách hodnot pH, popisuje studie autorů Buňka et al. [13].

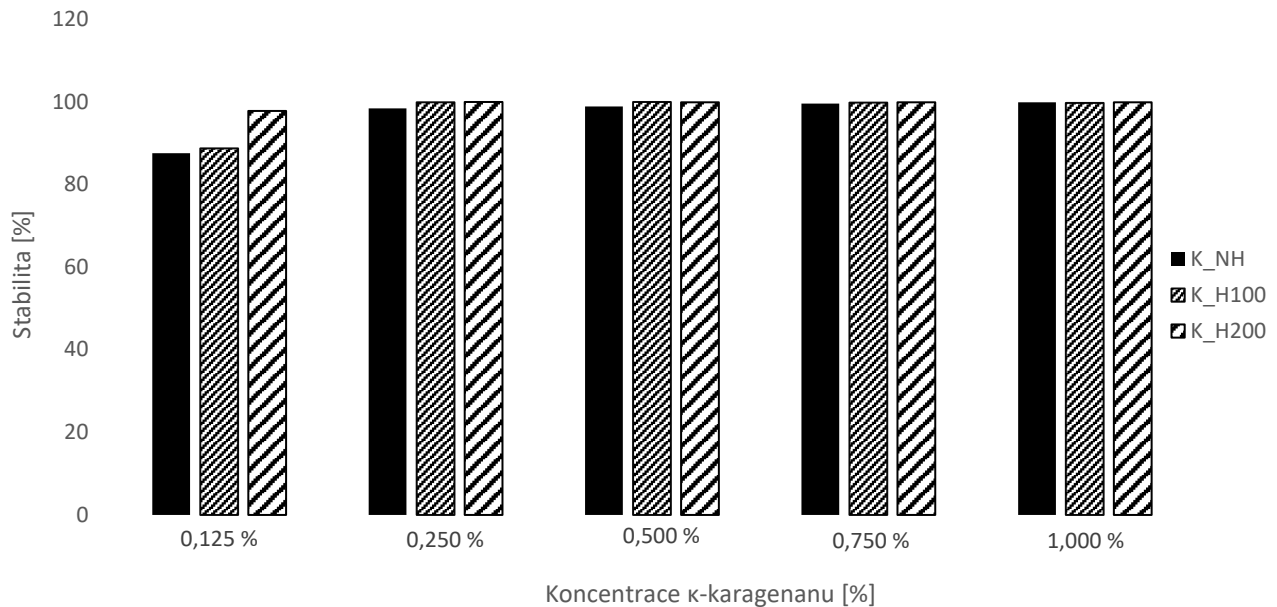
Vhodným výběrem tavicích solí lze docílit nejen lepší struktury sýrů a sýrových omáček, ale také konzistence. Stabilní hodnoty pH jsou důležité pro možné srovnání jednotlivých vzorků. Vzorky tavených sýrových omáček vyrobené za přídavku hydrokoloidů  $\kappa$ -karagenanu a furcellaranu se od sebe na základě zjištěných hodnot pH výrazně neliší. Na základě této skutečnosti je možné konstatovat, že zvolené koncentrace hydrokoloidů nemají zásadní vliv na změny pH vzorků tavených sýrových omáček. Obecně lze konstatovat, že použitím potravinářských přídatných látek lze docílit lepších vlastností sýrových omáček [7].

Hodnoty pH mají vliv nejen na strukturu sýrových omáček, ale také na chuť či růst bakterií a dalších mikroorganismů. Tanaka et al. [93] uvádí, že optimální hodnota pH pro sýrové omáčky by měla být  $< 5,7$ . V mléce a mléčných výrobcích, především sýrech, pH ovlivňuje náboj kaseinu a hladinu vápníku, který se na kasein váže v podobě koloidního fosforečnanu vápenatého. Rozdílné hodnoty pH úzce souvisí s výslednou konzistencí výrobku. Optimální hodnoty pH tavených sýrů by se měly pohybovat v intervalu 5,6 - 5,8. Vyšší pH sýrů může zapříčinit měkčí nebo drobivější konzistenci tavených sýrů, oproti tomu nižší hodnoty pH poukazují na výrobky tužší konzistence [94, 95].

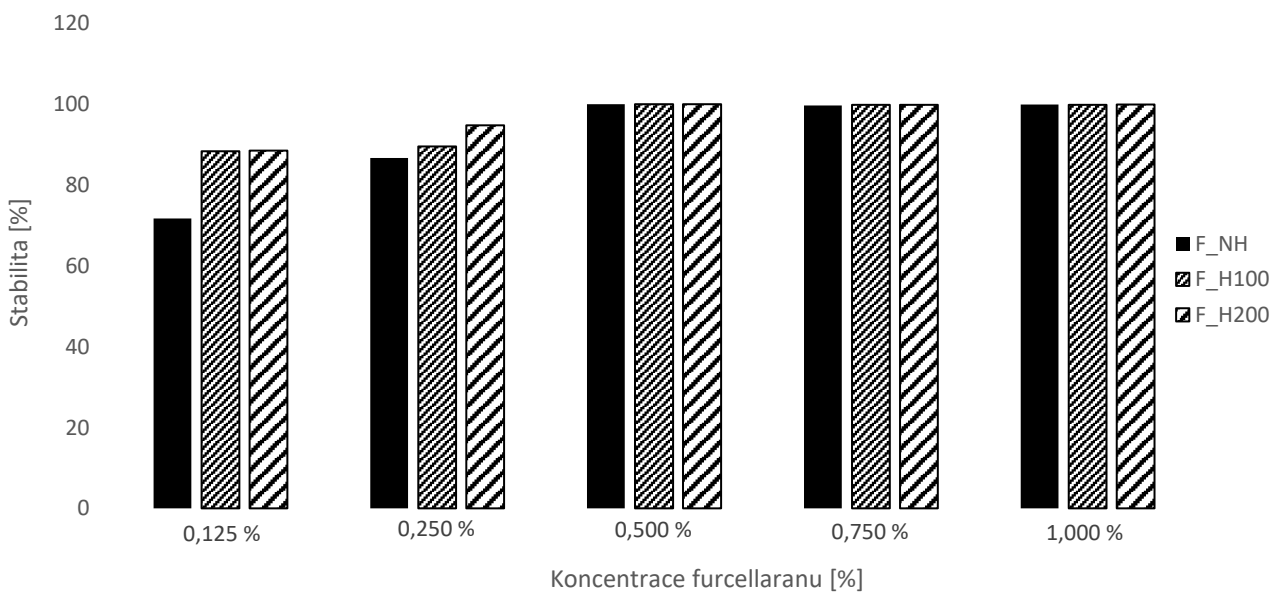
Lze konstatovat, že proces homogenizace výrazně neovlivňuje výsledné hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrových omáček. Vzorky homogenizované jednostupňovou a dvoustupňovou homogenizací vykazovaly podobné hodnoty pH jako vzorky, u kterých během procesu výroby k homogenizaci nedošlo. Výjimku tvořily pouze vzorky omáček, které byly vyrobené za přídavku  $\kappa$ -karagenanu, u kterých během 7. dne skladování nepatrně vzrostly hodnoty pH. Vzorky nehomogenizované vykazovaly nižší hodnoty pH oproti vzorkům, které byly homogenizovány za tlaku 10 MPa a 30 MPa.

### 6.3 Výsledky stanovení stability

Test stability byl u modelových vzorků tavených sýrových omáček prováděn pouze během 7. dne skladování. Zjištěné výsledky jsou znázorněny v Obrázcích 5 a 6.



**Obrázek 5:** Výsledky stanovení stability modelových vzorků tavených sýrových omáček během 7. dne skladování. Vzorky byly produkovány za použití  $\kappa$ -karagenanu.



**Obrázek 6:** Výsledky stanovení stability modelových vzorků tavených sýrových omáček během 7. dne skladování. Vzorky byly produkovány za použití furcellaranu.

Z Obrázku 5 a 6 je patrné, že stabilita modelových vzorků tavených sýrových omáček roste se zvyšující se koncentrací hydrokoloidů  $\kappa$ -karagenanu a furcellaranu aplikovaných během samotného procesu výroby. Hydrokoloidy jsou potravinářské přídatné látky, které se běžně využívají pro zajištění stability emulzí. Nejvíce využívanými hydrokoloidy, které se aplikují během výroby tavených sýrových omáček a podobných produktů, jsou právě karagenany, podílející se na tvorbě homogenní struktury konečných výrobků [7].

Hassan et al. [5] ve své studii uvádí, že aplikací stabilizátorů lze pozitivně ovlivnit výsledné vlastnosti sýrových omáček.

Emulgátory jsou látky běžně se využívající pro výrobu sýrových omáček. Vzhledem k jejich funkčním vlastnostem jsou schopné snížit povrchové napětí a díky tomu se podílet na tvorbě směsi dvou nemísitelných fází, jako je například olej a voda. Sýrové omáčky, u kterých došlo k procesu emulgace, o hodnotách pH  $> 4,5$  je možné sterilovat a tím zvýšit jejich trvanlivost. Pro minimalizaci možné nestability tavených sýrových omáček je žádoucí během procesu výroby použít například estery sacharózy, které se mimo jiné podílí na vylepšení chuti a vzhledu mléčných výrobků [7].

Stabilitu tavených sýrových omáček lze ovlivnit množstvím a typem použitých tavicích solí, konkrétně fosforečnany, které během procesu zpracování a skladování podléhají hydrolyze za vzniku orthofosforečnanů, ale také druhem použitého sýra [96].

Ze zjištěných výsledků vyplývá, že vzorky, u kterých byla provedena homogenizace, i u vzorků nehomogenizovaných, které byly vyrobeny za použití hydrokoloidů  $\kappa$ -karagenanu a furcellaranu o koncentraci 0,125 % a 0,250 % (w/w), se hodnoty stability nepatrně odlišovaly. Tato skutečnost značí, že homogenizací lze vylepšit stabilitu emulzí, konzistenci, hladkost nebo strukturu tavených sýrových omáček. Během procesu homogenizace dochází vlivem tlaku ke zmenšení velikosti tukových kuliček, emulgátory se adsorbují na jejich povrchu a tím dochází ke snižování mezifázového napětí. Interakcí mezi emulgátory lze zabránit dalšímu rozpadu tukových kapiček [7].

## 6.4 Výsledky stanovení aktivity vody

Aktivita vody se řadí k hlavním znakům ovlivňující skladovatelnost a životnost produktů. Je známo, že čím více vody výrobek obsahuje, tím více dochází k tvorbě příznivých podmínek pro růst nejen bakterií, ale také plísní a hub [7]. Aktivita vody byla u modelových vzorků tavených sýrových omáček stanovována pouze při 30. dni skladování za teploty  $25 \pm 0,1$  °C.

Aktivita vzorků tavených sýrových omáček se během 30. dne skladování pohybovala v intervalu 0,9840 - 0,9882. Bylo zjištěno, že použité hydrokoloidy o dané koncentraci nemají vliv na aktivitu vody tavených sýrových omáček.

Vodní aktivita se u tavených sýrů pohybuje převážně v intervalu 0,91 - 0,96. Tyto hodnoty aktivity vody dokážou potlačit nežádoucí růst mikroorganismů. Bylo zjištěno, že faktory, kterými jsou například pH, teplota nebo koncentrace látek s antimikrobiální aktivitou, se podílí na snížení aktivity vody v potravinách. Monoacylglyceroly nebo emulgující soli mají značný vliv na přítomnou mikroflóru v tavených sýrech. Aplikací monoacylglycerolů lze inhibovat růst vegetativních forem mikroorganismů, včetně patogenů. Fosfáty se řadí mezi nejvíce využívané látky upravující podmínky prostředí taveného sýra. Slouží k zajištění homogenní a hladké struktury tavených sýrů, aniž by došlo k oddělení vody, tuku a bílkovin [97].

Tavené sýrové omáčky jsou výrobky, které obsahují více vlhkosti. Vzhledem k vyšším hodnotám aktivity vody se sýrové omáčky řadí mezi stabilní produkty s nízkou trvanlivostí oproti obdobným produktům, kterými jsou například tavené sýry [98]. Aktivita vody úzce souvisí se strukturou výrobků. Procesem homogenizace dochází nejen ke zmenšení velikosti tukových kuliček, ale také k vytvoření jednotné struktury tavených sýrů. Struktura taveného sýra je tvořena tukovými kuličkami, které jsou rozptýleny ve vodné fázi a bílkovinnými složkami, které vytváří síť [99].

Ze zjištěných hodnot vyplývá, že vzorky ošetřené procesem homogenizace za působení tlaků 10 MPa a 20 MPa a vzorky, u kterých k procesu homogenizace nedošlo, neměly vliv na obsah aktivity vody tavených sýrových omáček.

## 6.5 Výsledky stanovení reologické analýzy

Modelové vzorky tavených sýrových omáček byly podrobeny reologické analýze během 7. a 30. dne skladovacího pokusu. Byly naměřeny hodnoty pro elastický modul pružnosti ( $G'$ ) a ztrátový modul pružnosti ( $G''$ ). Následně byla z těchto parametrů zjištěna tangenta úhlu fázového posunu  $\tan(\delta)$ . Naměřené výsledky jsou znázorněny v Tabulce 7 - 18.

**Tabulka 7:** Hodnoty elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 7. dne skladování.

Vzorky s  $\kappa$ -karagenanem byly vyrobeny bez použití homogenizace.

Homogenizační režim			
NH			
Vzorek	$G'$ [Pa]	$G''$ [Pa]	$\tan \delta$ [Pa]
K_0,125	2044,99	528,96	0,26
K_0,250	5713,00	1378,86	0,24
K_0,500	9105,87	2194,91	0,24
K_0,750	20186,63	4871,80	0,24
K_1,000	22766,71	5714,13	0,25
Kontrola	435,59	131,19	0,30

**Tabulka 8:** Hodnoty elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 7. dne skladování.

Vzorky s  $\kappa$ -karagenanem byly vyrobeny pomocí jednostupňové homogenizace.

Homogenizační režim			
H100			
Vzorek	$G'$ [Pa]	$G''$ [Pa]	$\tan \delta$ [Pa]
K_0,125	3413,05	906,24	0,27
K_0,250	7545,13	1832,62	0,24
K_0,500	13766,47	3422,32	0,25
K_0,750	20330,96	4818,65	0,24
K_1,000	28082,92	5801,22	0,21
Kontrola	1836,49	540,14	0,30

**Tabulka 9:** Hodnoty elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 7. dne skladování.

Vzorky s  $\kappa$ -karagenanem byly vyrobeny pomocí dvoustupňové homogenizace.

Homogenizační režim			
H200			
Vzorek	$G'$ [Pa]	$G''$ [Pa]	$\tan \delta$ [Pa]
K_0,125	2429,03	636,17	0,26
K_0,250	6169,31	1506,07	0,24
K_0,500	10207,46	2481,53	0,24
K_0,750	17972,33	4154,70	0,23
K_1,000	21630,95	4718,55	0,22
Kontrola	1013,71	292,52	0,30



*Tabulka 10: Hodnoty elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 7. dne skladování.*

*Vzorky s furcellaranem byly vyrobeny bez použití homogenizace.*

Homogenizační režim			
NH			
Vzorek	$G'$ [Pa]	$G''$ [Pa]	$\tan \delta$ [Pa]
F_0,125	507,48	140,38	0,28
F_0,250	1355,68	323,70	0,24
F_0,500	4354,76	997,88	0,23
F_0,750	9521,97	2365,76	0,25
F_1,000	14767,34	3527,30	0,24
Kontrola	435,59	131,19	0,30

*Tabulka 11: Hodnoty elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 7. dne skladování.*

*Vzorky s furcellaranem byly vyrobeny pomocí jednostupňové homogenizace.*

Homogenizační režim			
H100			
Vzorek	$G'$ [Pa]	$G''$ [Pa]	$\tan \delta$ [Pa]
F_0,125	1795,80	487,10	0,27
F_0,250	2431,60	603,20	0,25
F_0,500	6515,50	1507,40	0,23
F_0,750	9209,80	2163,90	0,24
F_1,000	11085,40	2568,50	0,23
Kontrola	1836,50	540,10	0,30

*Tabulka 12: Hodnoty elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 7. dne skladování.*

*Vzorky s furcellaranem byly vyrobeny pomocí dvoustupňové homogenizace.*

Homogenizační režim			
H200			
Vzorek	$G'$ [Pa]	$G''$ [Pa]	$\tan \delta$ [Pa]
F_0,125	1508,60	406,00	0,27
F_0,250	2371,50	603,20	0,25
F_0,500	4418,70	1067,70	0,24
F_0,750	6198,60	1464,40	0,24
F_1,000	7320,20	1743,30	0,24
Kontrola	1013,70	292,50	0,29

**Tabulka 13:** Hodnoty elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 30. dne skladování.

Vzorky s  $\kappa$ -karagenanem byly vyrobeny bez použití homogenizace.

Homogenizační režim			
NH			
Vzorek	$G'$ [Pa]	$G''$ [Pa]	$\tan \delta$ [Pa]
K_0,125	2217,30	564,90	0,26
K_0,250	5416,10	1318,40	0,24
K_0,500	10035,10	2556,60	0,26
K_0,750	15862,30	3908,10	0,25
K_1,000	23966,60	5896,00	0,25
Kontrola	718,00	200,80	0,28

**Tabulka 14:** Hodnoty elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 30. dne skladování.

Vzorky s  $\kappa$ -karagenanem byly vyrobeny pomocí jednostupňové homogenizace.

Homogenizační režim			
H100			
Vzorek	$G'$ [Pa]	$G''$ [Pa]	$\tan \delta$ [Pa]
K_0,125	3304,20	818,70	0,25
K_0,250	7354,90	1749,00	0,24
K_0,500	12606,70	3181,20	0,25
K_0,750	16253,80	3983,50	0,25
K_1,000	23990,30	5385,60	0,22
Kontrola	1757,90	504,60	0,29

**Tabulka 15:** Hodnoty elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 30. dne skladování.

Vzorky s  $\kappa$ -karagenanem byly vyrobeny pomocí dvoustupňové homogenizace.

Homogenizační režim			
H200			
Vzorek	$G'$ [Pa]	$G''$ [Pa]	$\tan \delta$ [Pa]
K_0,125	3416,40	853,20	0,25
K_0,250	6613,40	1573,40	0,24
K_0,500	11845,50	2801,60	0,24
K_0,750	15117,70	3482,20	0,23
K_1,000	19152,70	4208,60	0,22
Kontrola	1346,90	357,60	0,27

**Tabulka 16:** Hodnoty elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 30. dne skladování.

Vzorky s furcellaranem byly vyrobeny bez použití homogenizace.

Homogenizační režim			
NH			
Vzorek	$G'$ [Pa]	$G''$ [Pa]	$\tan \delta$ [Pa]
F_0,125	535,80	144,80	0,27
F_0,250	1444,70	330,00	0,23
F_0,500	4171,80	989,40	0,24
F_0,750	9724,10	2333,30	0,24
F_1,000	11942,80	2735,90	0,23
Kontrola	718,00	200,80	0,28

**Tabulka 17:** Hodnoty elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 30. dne skladování.

Vzorky s furcellaranem byly vyrobeny pomocí jednostupňové homogenizace.

Homogenizační režim			
H100			
Vzorek	$G'$ [Pa]	$G''$ [Pa]	$\tan \delta$ [Pa]
F_0,125	2171,70	561,10	0,26
F_0,250	2745,30	642,40	0,23
F_0,500	6470,30	1450,20	0,22
F_0,750	9884,40	2242,30	0,23
F_1,000	9396,90	2124,00	0,23
Kontrola	1757,90	504,60	0,29

**Tabulka 18:** Hodnoty elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 30. dne skladování.

Vzorky s furcellaranem byly vyrobeny pomocí dvoustupňové homogenizace.

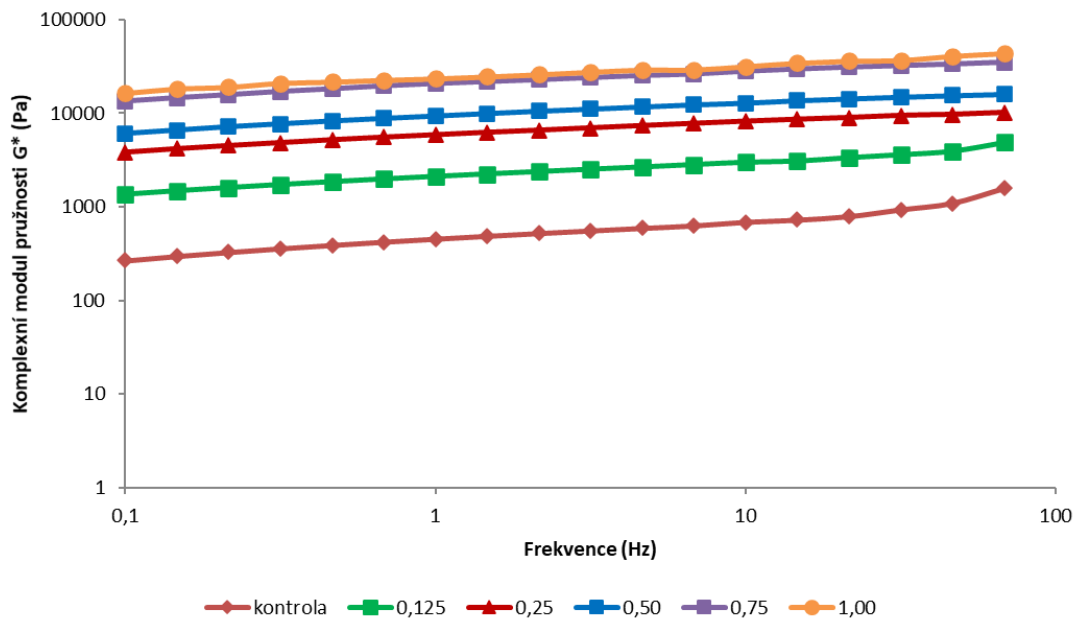
Homogenizační režim			
H200			
Vzorek	$G'$ [Pa]	$G''$ [Pa]	$\tan \delta$ [Pa]
F_0,125	1621,30	409,00	0,25
F_0,250	2580,00	599,90	0,23
F_0,500	4884,60	1129,10	0,23
F_0,750	6911,60	1604,10	0,23
F_1,000	8648,50	1949,90	0,23
Kontrola	1346,90	357,60	0,27

Ze získaných výsledků vyplývá, že modelové vzorky tavených sýrových omáček převážně vykazovaly vyšší hodnoty elastického modulu pružnosti ( $G'$ ). U všech vzorků vyrobených za přídavku hydrokoloidů  $\kappa$ -karagenanu či furcellaranu, u kterých byl proveden proces homogenizace, i u vzorků nehomogenizovaných, bylo zjištěno, že s rostoucí koncentrací hydrokoloidů došlo k nárůstu hodnot elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) i ztrátového modulu pružnosti ( $G''$ ).

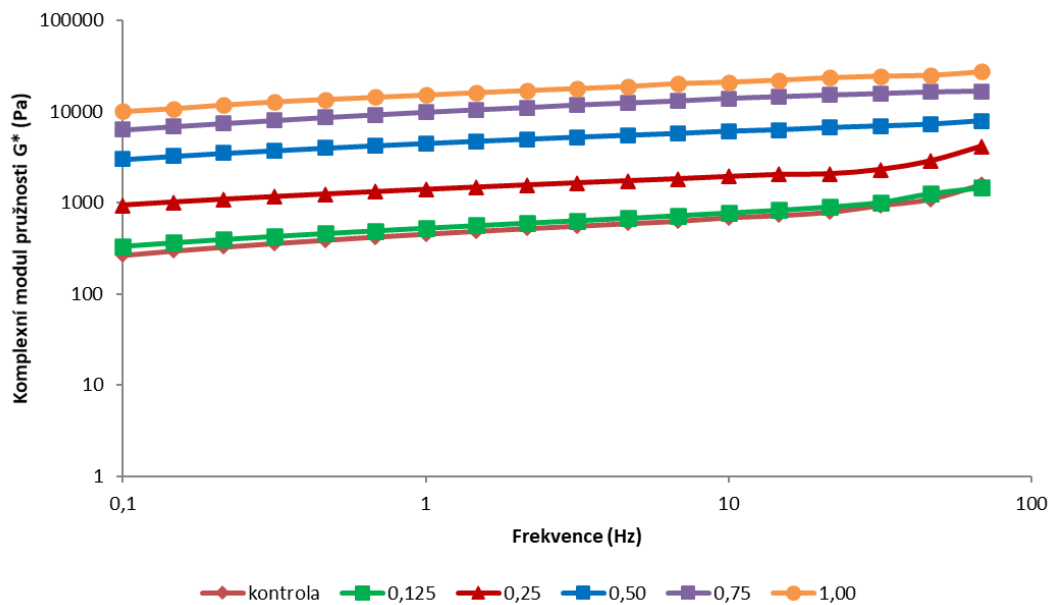
Reologické vlastnosti tavených sýrů a produktů obdobného charakteru, příkladem tavených sýrových omáček, lze ovlivnit chemickým složením (sušinou, tukem v sušině, pH) nebo množstvím a typem použitých tavicích solí. Bylo prokázáno, že se vzrůstající koncentrací hydrokoloidu kappa-karagenanu, který se využívá pro výrobu tavených sýrů, dochází ke změnám vlastností gelu, tavené sýry se vyznačují vyšší tuhostí. Tento fakt lze vysvětlit skutečností, že se zvyšující se koncentrací kappa-karagenanu a iota-karagenanu dochází k tvorbě interakcí mezi jejich řetězci, čímž dochází ke vzniku hustší struktury sítě [100, 92]. Také Ribeiro et al. [101] ve své studii popisují, že se zvyšující se koncentrací hydrokoloidu karagenanu vzrůstá tvrdost a pevnost gelu.

Solowiej et al. [102] uvádí, že jestliže jsou hodnoty  $G' > G''$ , tavené sýry vykazují elastické vlastnosti (gel). Pokud jsou ovšem hodnoty  $G' < G''$ , tavené sýry mají viskózní charakter. Z hodnot uvedených v Tabulce 7 - 18 vyplývá, že vyrobené vzorky tavených sýrových omáček vykazují vlastnosti gelu. Tangenta úhlu fázového posunu ( $\tan \delta$ ) slouží u tavených sýrů k poskytnutí informací, zdali v tavených sýrech převažují elastické nebo viskózní vlastnosti. Jestliže je hodnota  $\delta < 1$ , tavené sýry vykazují elastické vlastnosti (gel), pokud je ale hodnota  $\delta > 1$ , znamená to, že u tavených sýrů převažují viskózní vlastnosti [103]. Ze zjištěných hodnot tangenty úhlu fázového posunu tedy vyplývá, že modelové vzorky tavených sýrových omáček vykazovaly během 7. a 30. dne skladování elastické vlastnosti (pevnost)

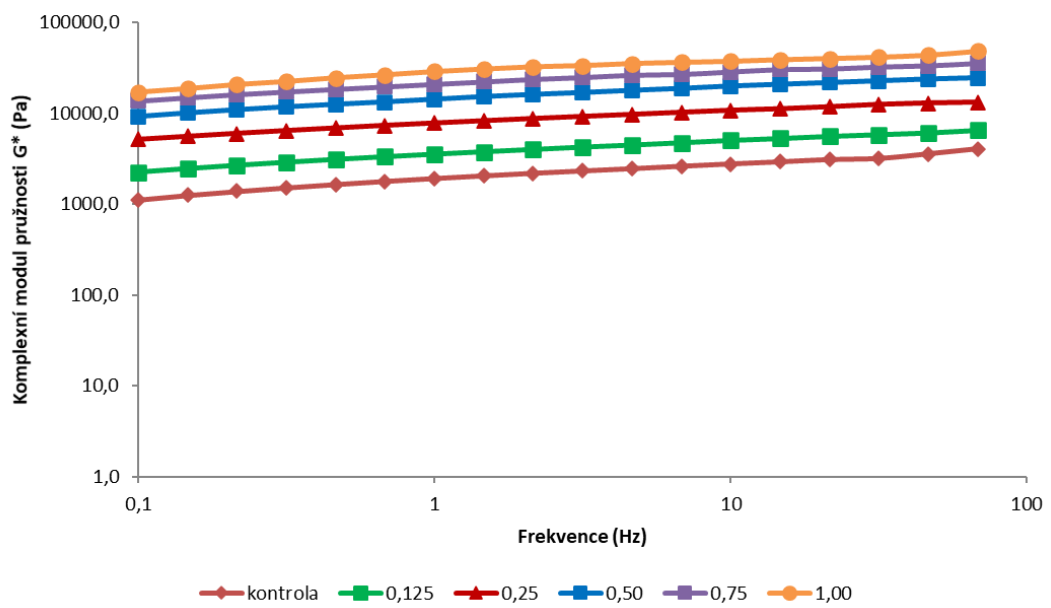
Na Obrázcích 7 - 18 jsou zaznamenány výsledky reologické analýzy pro modelové vzorky tavených sýrových omáček znázorňující závislost komplexního modulu pružnosti ( $G^*$ ) na frekvenci. Vzorky byly měřeny během 7. a 30. dne skladování.



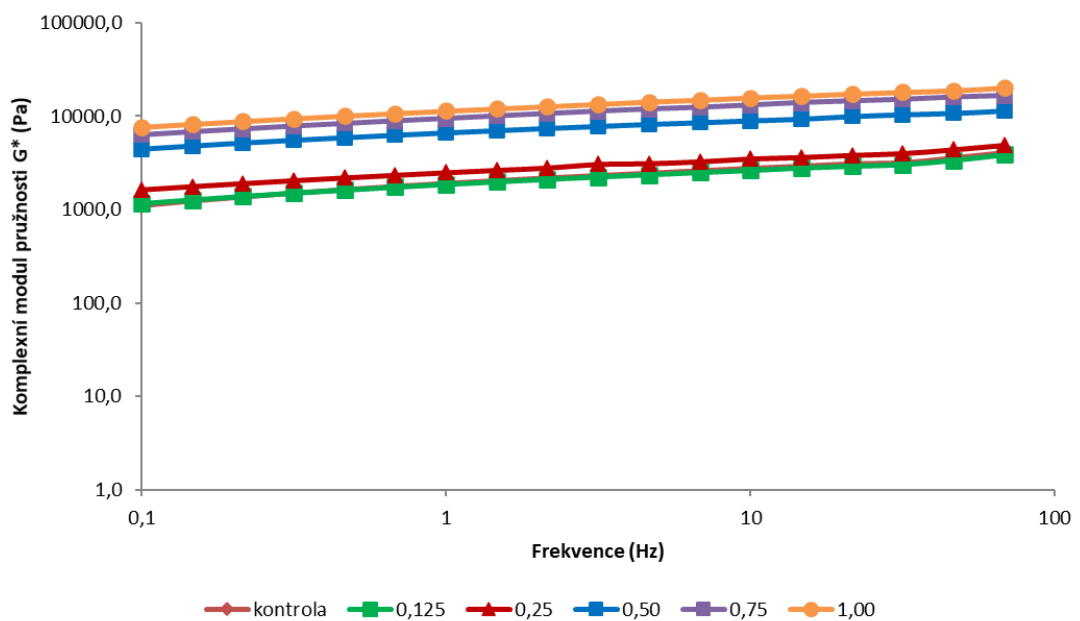
**Obrázek 7:** Závislost komplexního modulu pružnosti  $G^*$  na frekvenci pro vzorky s  $\kappa$ -karagenanem bez homogenizace pro 7. den skladování.



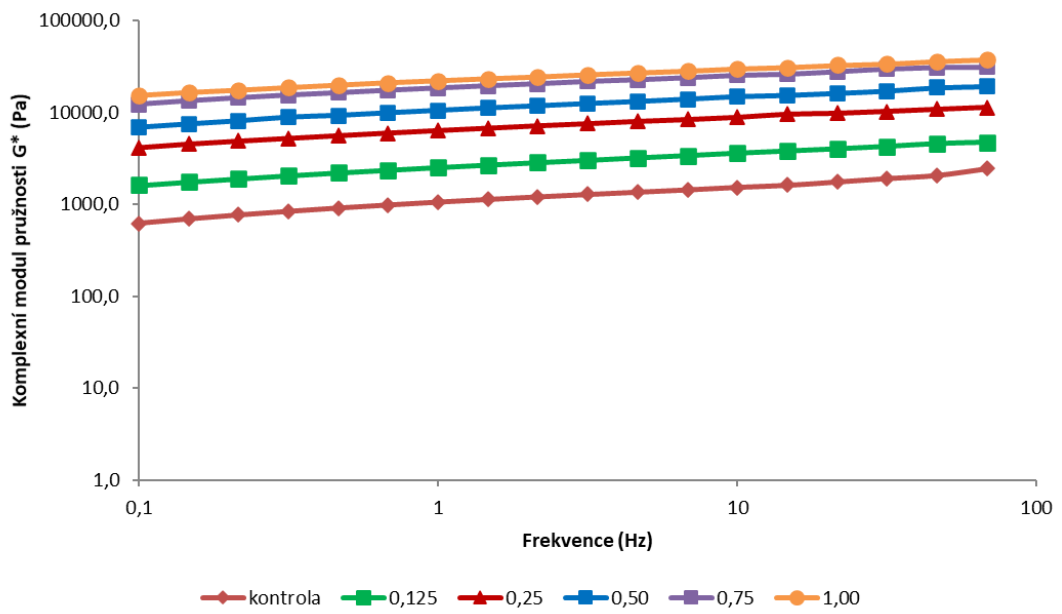
**Obrázek 8:** Závislost komplexního modulu pružnosti  $G^*$  na frekvenci pro vzorky s furcellaranem bez homogenizace pro 7. den skladování.



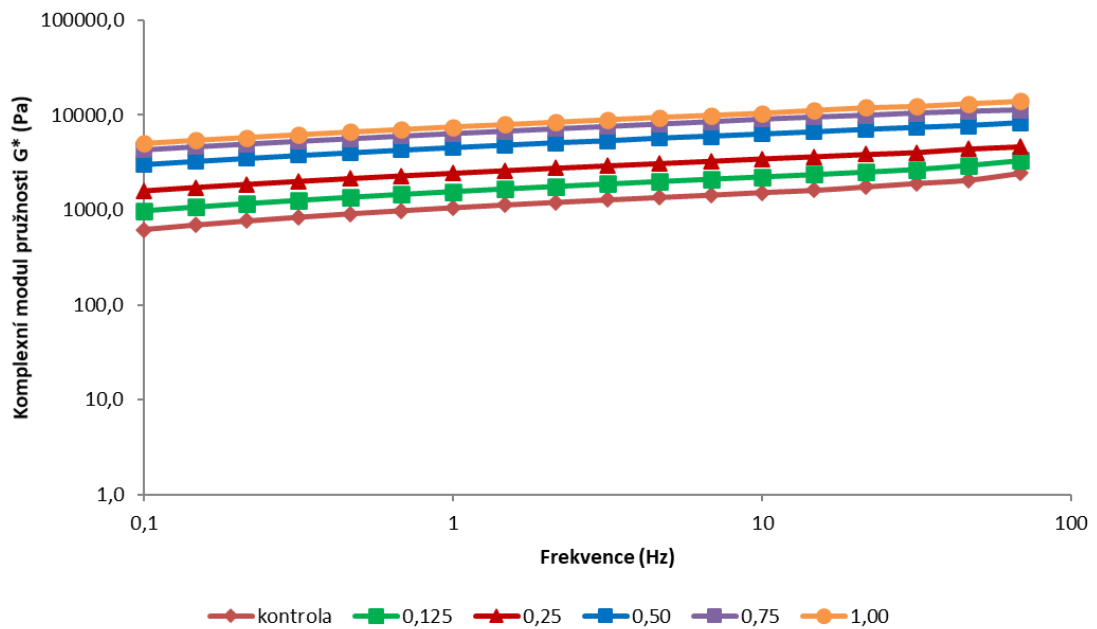
**Obrázek 9:** Závislost komplexního modulu pružnosti  $G^*$  na frekvenci pro vzorky s  $\kappa$ -karagenanem podrobené jednostupňové homogenizaci pro 7. den skladování.



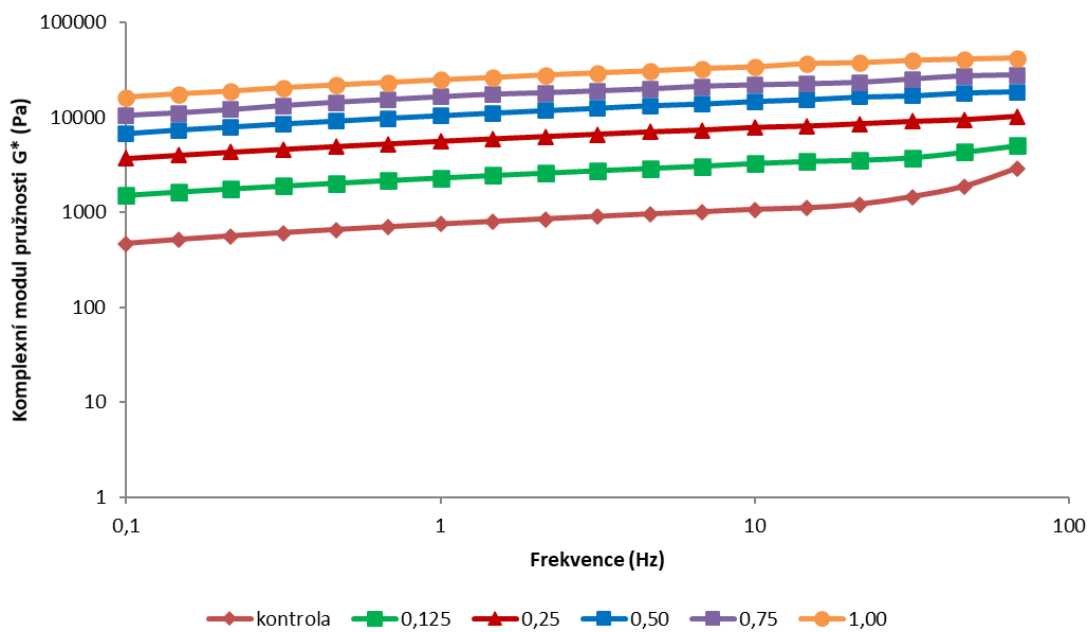
**Obrázek 10:** Závislost komplexního modulu pružnosti  $G^*$  na frekvenci pro vzorky s furcellaranem podrobené jednostupňové homogenizaci pro 7. den skladování.



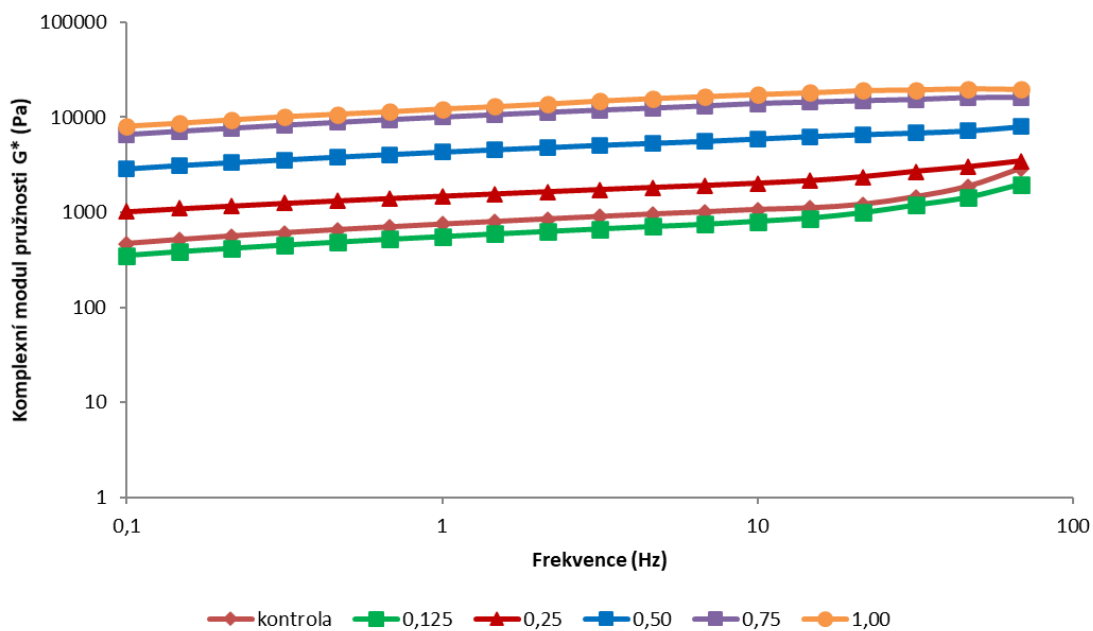
**Obrázek 11:** Závislost komplexního modulu pružnosti  $G^*$  na frekvenci pro vzorky s  $\kappa$ -karagenanem podrobené dvoustupňové homogenizaci pro 7. den skladování.



**Obrázek 12:** Závislost komplexního modulu pružnosti  $G^*$  na frekvenci pro vzorky s furcellaranem podrobené dvoustupňové homogenizaci pro 7. den skladování.

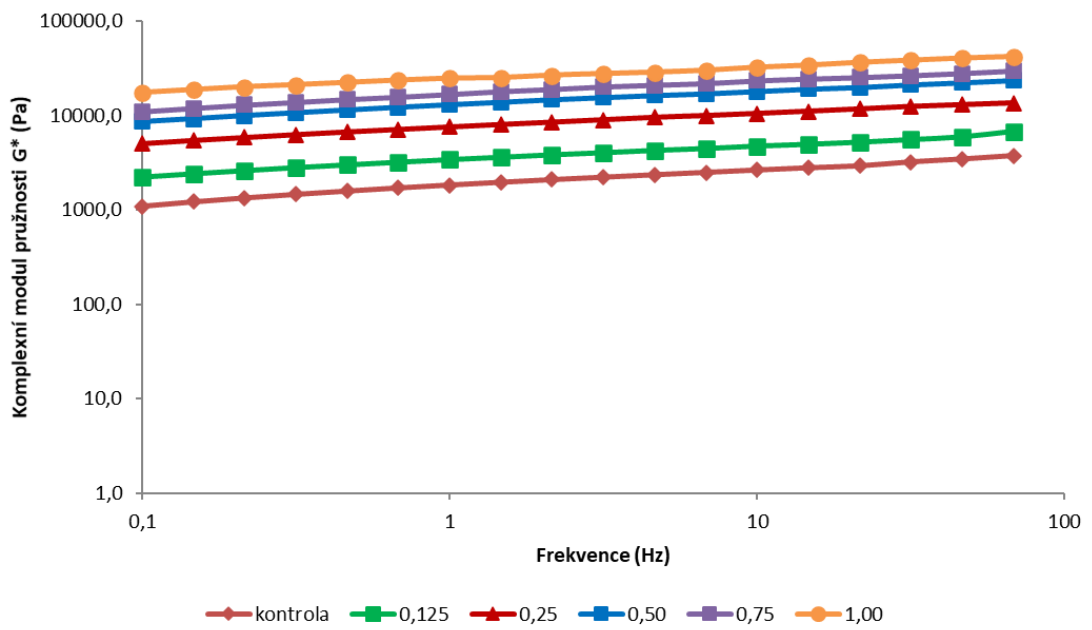


**Obrázek 13:** Závislost komplexního modulu pružnosti  $G^*$  na frekvenci pro vzorky s  $\kappa$ -karagenanem bez homogenizace pro 30. den skladování.

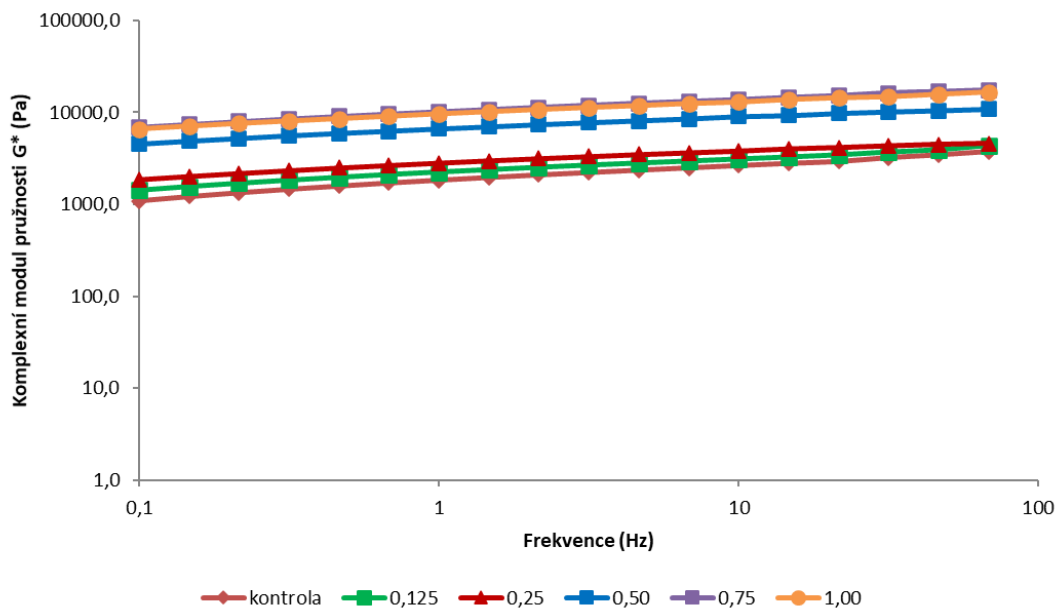


**Obrázek 14:** Závislost komplexního modulu pružnosti  $G^*$  na frekvenci pro vzorky s furcellaranem bez homogenizace pro 30. den skladování.

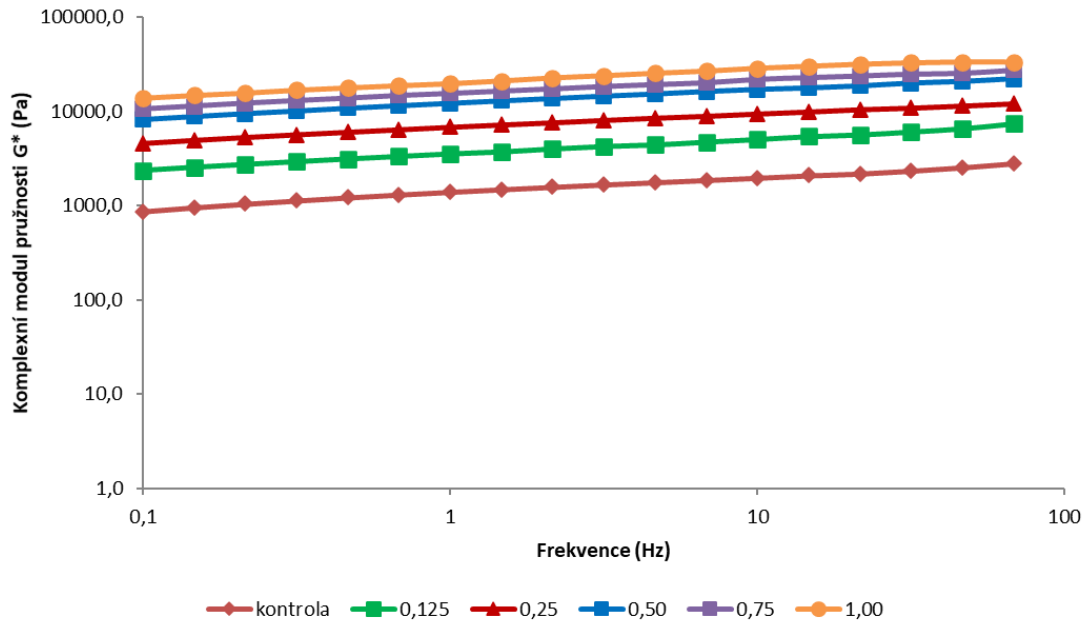




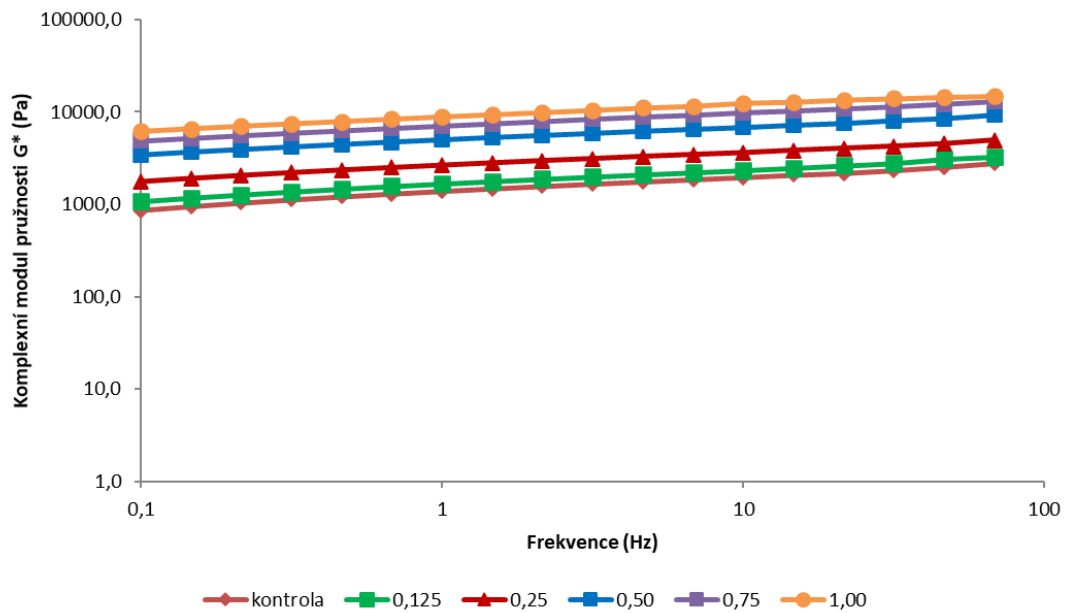
**Obrázek 15:** Závislost komplexního modulu pružnosti  $G^*$  na frekvenci pro vzorky s  $\kappa$ -karagenanem podrobené jednostupňové homogenizaci pro 30. den skladování.



**Obrázek 16:** Závislost komplexního modulu pružnosti  $G^*$  na frekvenci pro vzorky s furcellaranem podrobené jednostupňové homogenizaci pro 30. den skladování.



**Obrázek 17:** Závislost komplexního modulu pružnosti  $G^*$  na frekvenci pro vzorky s  $\kappa$ -karagenanem podrobené dvoustupňové homogenizaci pro 30. den skladování.



**Obrázek 18:** Závislost komplexního modulu pružnosti  $G^*$  na frekvenci pro vzorky s furcellaranem podrobené dvoustupňové homogenizaci pro 30. den skladování.

Z výsledků prezentovaných na Obrázcích 7 - 18 lze konstatovat, že s rostoucí koncentrací použitých hydrokoloidů  $\kappa$ -karagenanu a furcellaranu dochází k nárůstu hodnot komplexního modulu pružnosti ( $G^*$ ) i pevnosti modelových vzorků tavených sýrových omáček během 7. a 30. dne skladování. Vyšší hodnoty komplexního modulu pružnosti byly pozorovány u vzorků vyrobených za přídavku hydrokoloidu kappa-karagenanu, a to během 7. i 30. dne skladovacího pokusu, oproti vzorkům vyrobených za přídavku furcellaranu. Možné vysvětlení rozdílných hodnot  $G^*$  může spočívat v interakcích použitých hydrokoloidů s přítomnými kaseiny a ve schopnosti konkrétních hydrokoloidů podílet se na tvorbě gelů [36, 104]. Langendorff et al. [44] uvádí, že použitím vhodné koncentrace jsou karagenany schopné tvorby spirálovité struktury, kdy poté dochází následnou agregací šroubovice k tvorbě trojrozměrné sítě.

Pro výrobu tavených sýrů je často využíván jako hydrokoloid právě  $\kappa$ -karagenan, který se podílí na vytvoření gelu i za nižších teplot. Použitím kappa-karagenanu je možné dosáhnout požadované konzistence a také snížení přilnavosti konečných produktů, což ve své studii potvrzuje Gustaw et al. [105].

Modelové vzorky tavených sýrových omáček, které byly homogenizované, vykazovaly rozdílné hodnoty komplexního modulu pružnosti ( $G^*$ ) na rozdíl od vzorků, u kterých během výroby k procesu homogenizace nedošlo. Bylo zjištěno, že homogenizované vzorky pomocí jednostupňové a dvoustupňové homogenizace vykazovaly vyšší hodnoty komplexního modulu pružnosti ( $G^*$ ) během 7. a 30. dne skladování. Homogenizačním účinkem dochází ke spojení všech použitých složek, které vytváří směs, a také ke zmenšení velikosti tukových kuliček, čímž lze docílit tvorby lepší struktury sýra. Tukové kuličky, které jsou rozptýleny ve vodné fázi, a bílkovinné složky, které se podílí na tvorbě struktury taveného sýra, tvoří vazbu s hydratovanými kaseiny za vzniku sítě, tvořené parakaseinátem sodným a parakaseinátem fosforečnanu vápenatého [7]. Právě tato skutečnost mohla pravděpodobně vést ke vzniku vzorků tavených sýrových omáček vyznačujících se vyšší pevností.

Sfakianakis et al. [106] ve své studii uvádí, že působením vysokého tlaku dochází ke zvýšení viskozity a texturních vlastností, ke snížení synereze a k navýšení kapacity zadržování vody. Z naměřených výsledků komplexního modulu pružnosti vyplývá, že tavené sýrové omáčky vyrobené za aplikace hydrokoloidů o koncentraci 1,000 % (w/w) a dvoustupňové homogenizace, se svou povahou podobaly již roztíratelným taveným sýrům, tato skutečnost byla srovnána s obdobnými výsledky hodnot komplexního modulu pružnosti, které uvádí studie autorů Černíková et al. [107].

## ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na studium vlivu vybraných fykokoloidů a režimů homogenizace (jednostupňová a dvoustupňová homogenizace) na reologické vlastnosti tavených sýrových omáček. Výroba modelových vzorků byla uskutečněna za přídavku hydrokoloidů  $\kappa$ -karagenanu a furcellaranu o koncentracích 0,125 %, 0,250 %, 0,500 %, 0,750 % a 1,000 % (w/w). Vzorky byly vyrobeny za použití tří homogenizačních režimů. Modelové vzorky tavených sýrových omáček byly skladovány po dobu 60 - ti dní při chladírenské teplotě  $6 \pm 2$  °C, a byly podrobeny základní chemické analýze, reologické analýze a byla sledována aktivita vody a stabilita vzorků.

Na základě získaných výsledků je možné vyvodit tyto závěry:

- Přídavek hydrokoloidů  $\kappa$ -karagenanu a furcellaranu v koncentraci 0,125 %, 0,250 %, 0,500 %, 0,750 % a 1,000 % (w/w) a proces homogenizace neovlivnil obsah sušiny ani pH vzorků tavených sýrových omáček,
- Stabilita modelových vzorků tavených sýrových omáček se s rostoucí koncentrací hydrokoloidů  $\kappa$ -karagenanu a furcellaranu zvyšovala,
- Aktivita vody se u vzorků tavených sýrových omáček během 30. dne skladování pohybovala v intervalu 0,9840 - 0,9882, bylo prokázáno, že proces homogenizace ani zvyšující se koncentrace použitých hydrokoloidů neměly na aktivitu vody tavených sýrových omáček vliv,
- Modelové vzorky tavených sýrových omáček vykazovaly vyšší hodnoty elastického modulu pružnosti ( $G'$ ), u vzorků převládalo elastické chování (pevnost),
- Komplexní modul pružnosti ( $G^*$ ) u vzorků tavených sýrových omáček se vzrůstající koncentrací daných hydrokoloidů stoupal,
- U vzorků, které byly podrobeny jednostupňové a dvoustupňové homogenizaci, byla zjištěna vyšší pevnost, oproti vzorkům nehomogenizovaným,
- Vzorky tavených sýrových omáček, které byly vyrobené za aplikace hydrokoloidů o koncentraci 1,000 % (w/w) a dvoustupňové homogenizace za tlaku 10 MPa a 20 MPa, vykazovaly charakter podobný roztíratelným taveným sýrům.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Česká republika. Vyhláška č. 397/2016 Sb. Vyhláška o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění. *Sbírka zákonů České republiky*.
- [2] SALEK, R. N., VAŠINA, M. et al. Evaluation of various emulsifying salts addition on selected properties of processed cheese sauce with the use of mechanical vibration damping and rheological methods. *LWT* [online]. 2019, 107, 178-184. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2019.03.022
- [3] SZAFRAŇSKA, J. O. et al. Effect of whey protein concentrate on physicochemical properties of acid casein processed cheese sauces obtained with coconut oil or anhydrous milk fat. *LWT* [online]. 2020, 127, 178-184. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2020.109434
- [4] EL-SAYED, S. M. et al. Function processed cheese sauce fortified with peanut butter. *Journal of Food Processing and Preservation* [online]. 2020, 44(9), 178-184. ISSN 0145-8892. Dostupné z: doi:10.1111/jfpp.14656
- [5] HASSAN, Z. et al. The use of food stabilizers in manufacture of cheese sauces. *Journal J. Biol. Chem. Environ. Sci.* 2015 Vol. 9(1): 357-372.
- [6] Codex Alimentarius General Standard for Food. [online].
- [7] SZAFRAŇSKA, J. O. et al. Cheese sauces: Characteristics of ingredients, manufacturing methods, microbiological and sensory aspects. *Journal of Food Process Engineering* [online]. 2020, 43(4), 178-184. ISSN 0145-8876. Dostupné z: doi:10.1111/jfpe.13364
- [8] KAPOOR, R., METZGER, L. E. et al. Effect of Natural Cheese Characteristics on Process Cheese Properties: Characteristics of ingredients, manufacturing methods, microbiological and sensory aspects. *Journal of Dairy Science* [online]. 2007, 90(4), 1625-1634. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2006-746
- [9] JOHNSON, M. E., KAPOOR, R., MCMAHON, D. J. et al. Reduction of Sodium and Fat Levels in Natural and Processed Cheeses: Scientific and Technological Aspects. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2009, 8(3), 252-268 [cit. 2020-10-13]. ISSN 15414337. Dostupné z: doi:10.1111/j.1541-4337.2009.00080.x

- [10] GUINEE, T. P. The functionality of cheese as an ingredient: a review. *Australian Journal of Dairy Technology*. 2002 Jul;57(2):79-91.
- [11] LANGMAIER, F. *Nauka o zboží*. Vyd. 2. nezměněno. Zlín: Univerzita Tomáše bati, 2002. ISBN 80-731-8092-8
- [12] KHATTAB, A. R., GUIRGUIS, H. A. et al. Cheese ripening: A review on modern technologies towards flavor enhancement, process acceleration and improved quality assessment. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2019, 88(3), 343-360. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2019.03.009
- [13] BUŇKA, F., KOPÁČEK, J. Mýty o tavených sýrech a jak proti nim argumentovat. 2012, *Potravinářská revue*, 01, 28-31
- [14] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách. *Úřední věstník Evropské unie*.
- [15] SOŁOWIEJ, B. et al. Effect of emulsifying salts replacement with polymerised whey protein isolate on textural, rheological and melting properties of acid casein model processed cheeses: A review on modern technologies towards flavor enhancement, process acceleration and improved quality assessment. *International Dairy Journal* [online]. 2020, 105(3), 343-360. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2020.104694
- [16] MARTINEZ-RIOS, V. et al. Growth and growth boundary model with terms for melting salts to predict growth responses of *Listeria monocytogenes* in spreadable processed cheese: A review on modern technologies towards flavor enhancement, process acceleration and improved quality assessment. *Food Microbiology* [online]. 2019, 84(3), 343-360. ISSN 07400020. Dostupné z: doi:10.1016/j.fm.2019.103255
- [17] CHEN, L. H., KOUKOU, I. et al. Effect of emulsifying salts on the physicochemical properties of processed cheese made from Mozzarella: A review on modern technologies towards flavor enhancement, process acceleration and improved quality assessment. *Journal of Dairy Science* [online]. 2012, 95(9), 4823-4830. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2012-5480

- [18] BUŇKA, F., DOUDOVÁ, L. et al. The effect of concentration and composition of ternary emulsifying salts on the textural properties of processed cheese spreads: A review on modern technologies towards flavor enhancement, process acceleration and improved quality assessment. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2014, 58(1), 247-255. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2014.02.040
- [19] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L. Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. 2009, *Potravinářská revue*, 09 (1), 13-16
- [20] SALEK, R. N., ČERNÍKOVÁ, M. et al. The effect of composition of ternary mixtures containing phosphate and citrate emulsifying salts on selected textural properties of spreadable processed cheese: A review on modern technologies towards flavor enhancement, process acceleration and improved quality assessment. *International Dairy Journal* [online]. 2015, 44(1), 37-43. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2014.12.009
- [21] MÉNDEZ-CID, F. J. et al. Changes in the chemical and physical characteristics of cow's milk butter during storage: Effects of temperature and addition of salt. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2017, 63(1), 121-132. ISSN 08891575. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfca.2017.07.032
- [22] CHANDAN, R. C., KILARA, A., ed. *Dairy Ingredients for Food Processing* [online]. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2011. ISBN 9780470959169. Dostupné z: doi:10.1002/9780470959169
- [23] CAROCHO, M. et al. *Natural food additives: Quo vadis?* [online]. 2015, 45(2), 284-295. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2015.06.007
- [24] DICKINSON, E. et al. Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers: *Food Hydrocolloids* [online]. 2009, 23(6), 1473-1482. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2008.08.005
- [25] LOI, C. C. et al. Effect of mono- and diglycerides on physical properties and stability of a protein-stabilised oil-in-water emulsion. *Journal of Food Engineering*. 2019 Jan; 240:56-64. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2018.07.016.

- [26] BARETH, A. et al. Gas chromatographic determination of mono- and diglycerides in milk and milk products. *European Food Research and Technology* [online]. 2003, 216(4), 365-368 [cit. 2020-10-17]. ISSN 1438-2377. Dostupné z: doi:10.1007/s00217-002-0650-7
- [27] KINYANJUI, T. et al. EMULSIFIERS | Organic Emulsifiers. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* [online]. Elsevier, 2003, 2003, 216(4), 2070-2077 [cit. 2020-11-18]. ISBN 9780122270550. ISSN 1438-2377. Dostupné z: doi:10.1016/B0-12-227055-X/00401-6
- [28] HUDSON, B. J. F. et al. FATTY ACIDS | Properties. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* [online]. Elsevier, 2003, 2003, 216(4), 2297-2300 [cit. 2020-11-23]. ISBN 9780122270550. ISSN 1438-2377. Dostupné z: doi:10.1016/B0-12-227055-X/00446-6
- [29] LEE, W. J. et al. Diacylglycerol in food industry: Synthesis methods, functionalities, health benefits, potential risks and drawbacks. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* [online]. Elsevier, 2020, 2003, 97(4), 114-125. ISBN 9780122270550. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2019.12.032
- [30] ATEHLI, D. et al. Effects of mono- and diglycerides of fatty acids on the milk fat globule membrane after heat treatment: Synthesis methods, functionalities, health benefits, potential risks and drawbacks. *International Journal of Dairy Technology* [online]. Elsevier, 2020, 2003, 73(4), 667-673. ISBN 9780122270550. ISSN 1364-727X. Dostupné z: doi:10.1111/1471-0307.12712
- [31] Česká republika. Vyhláška č. 304/2004 Sb. Vyhláška, kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a pomocných látek při výrobě potravin. *Sbírka zákonů České republiky*.
- [32] LI, J., NIE, S. et al. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods: Synthesis methods, functionalities, health benefits, potential risks and drawbacks. *Food Hydrocolloids* [online]. Elsevier, 2016, 2003, 53(4), 46-61. ISBN 9780122270550. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2015.01.035
- [33] BUREY, P. et al. Hydrocolloid Gel Particles: Formation, Characterization, and Application. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. Elsevier, 2008, 2003, 48(5), 361-377 [cit. 2020-11-27]. ISBN 9780122270550. ISSN 1040-8398. Dostupné z: doi:10.1080/10408390701347801



- [34] SAHA, D. et al. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of Food Science and Technology* [online]. Elsevier, 2010, 2003, 47(6), 587-597 [cit. 2020-12-7]. ISBN 9780122270550. ISSN 0022-1155. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-010-0162-6
- [35] YEMENICIOĞLU, A. et al. A review of current and future food applications of natural hydrocolloids. *Journal of Food Science and Technology* [online]. Elsevier, 2020, 2003, 55(4), 1389-1406. ISBN 9780122270550. ISSN 0950-5423. Dostupné z: doi:10.1111/ijfs.14363
- [36] HANÁKOVÁ, Z. et al. The effect of selected hydrocolloids on the rheological properties of processed cheese analogues made with vegetable fats during the cooling phase. *International Journal of Dairy Technology* [online]. Elsevier, 2013, 2003, 55(4), n/a-n/a [cit. 2021-5-7]. ISBN 9780122270550. ISSN 1364727X. Dostupné z: doi:10.1111/1471-0307.12066
- [37] LU, W. et al. The future trends of food hydrocolloids. *Food Hydrocolloids* [online]. Elsevier, 2020, 2003, 103. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2020.105713
- [38] PHILLIPS, G. O., WILLIAMS, P. A. *Handbook of Hydrocolloids - 5.2 Manufacture*. Woodhead Publishing. 2000. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0017U562/handbook-hydrocolloids-2/carrageenan-manufacture>
- [39] LI, L. et al. Carrageenan and its applications in drug delivery. *Carbohydrate Polymers* [online]. 2014, 103, 1-11. ISSN 01448617. Dostupné z: doi:10.1016/j.carbpol.2013.12.008
- [40] IMESON, A. P. et al. Carrageenan and furcellaran. *Handbook of Hydrocolloids* [online]. Elsevier, 2009, 2009, 103, 164-185. ISBN 9781845694142. ISSN 01448617. Dostupné z: doi:10.1533/9781845695873.164
- [41] MÍŠKOVÁ, Z. et al. The effect of  $\kappa$ - and  $\iota$ -carrageenan concentrations on the viscoelastic and sensory properties of cream desserts during storage. *LWT* [online]. Elsevier, 2021, 2009, 145, 164-185. ISBN 9781845694142. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2021.111539

- [42] YOUNES, M. et al. Re-evaluation of carrageenan (E 407) and processed Eucheuma seaweed (E 407a) as food additives. *EFSA Journal* [online]. Elsevier, 2018, 2009, 16(4), 164-185. ISBN 9781845694142. ISSN 18314732. Dostupné z: doi:10.2903/j.efsa.2018.5238
- [43] Nařízení Komise (EU) č. 231/2012, kterým se stanoví specifikace pro potravinářské přídatné látky uvedené v přílohách II a III nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008.
- [44] LANGENDORFF, V. et al. Effects of carrageenan type on the behaviour of carrageenan/milk mixtures. *Food Hydrocolloids* [online]. Elsevier, 2018, 2009, 14(4), 273-280. ISBN 9781845694142. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/S0268-005X(99)00064-8
- [45] SPAGNUOLO, P. et al. Kappa-carrageenan interactions in systems containing casein micelles and polysaccharide stabilizers. *Food Hydrocolloids* [online]. Elsevier, 2005, 2009, 19(3), 371-377. ISBN 9781845694142. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2004.10.003
- [46] OPOKU, G. et al. Effect of oversulfation on the chemical and biological properties of kappa carrageenan. *Carbohydrate Polymers* [online]. Elsevier, 2006, 2009, 65(2), 134-138. ISBN 9781845694142. ISSN 01448617. Dostupné z: doi:10.1016/j.carbpol.2005.12.033
- [47] FAN, L. et al. Synthesis, characterization and properties of carboxymethyl kappa carrageenan. *Carbohydrate Polymers* [online]. Elsevier, 2011, 2009, 86(3), 1167-1174. ISBN 9781845694142. ISSN 01448617. Dostupné z: doi:10.1016/j.carbpol.2011.06.010
- [48] BRENNER, T. et al. Rheology of highly elastic iota-carrageenan/kappa-carrageenan/xanthan/konjac glucomannan gels. *Food Hydrocolloids* [online]. Elsevier, 2015, 2009, 44(3), 136-144. ISBN 9781845694142. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2014.09.016
- [49] YUAN, C. et al. Influence of cyclodextrins on the gel properties of kappa-carrageenan. *Food Chemistry* [online]. Elsevier, 2018, 2009, 266(3), 545-550. ISBN 9781845694142. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2018.06.060

- [50] RUNNING, C. A. et al. Trivalent iron induced gelation in lambda-carrageenan. *Carbohydrate Polymers* [online]. Elsevier, 2012, 2009, 87(4), 2735-2739. ISBN 9781845694142. ISSN 01448617. Dostupné z: doi:10.1016/j.carbpol.2011.11.018
- [51] WANG, Y., YUAN, C., CUI, B. et al. Influence of cations on texture, compressive elastic modulus, sol-gel transition and freeze-thaw properties of kappa-carrageenan gel. *Carbohydrate Polymers* [online]. Elsevier, 2018, 2009, 202(4), 530-535. ISBN 9781845694142. ISSN 01448617. Dostupné z: doi:10.1016/j.carbpol.2018.08.146
- [52] ALMUTAIRI, F., ADAMS, G. G. et al. An analytical ultracentrifugation based study on the conformation of lambda carrageenan in aqueous solution. *Carbohydrate Polymers* [online]. Elsevier, 2013, 2009, 97(1), 203-209. ISBN 9781845694142. ISSN 01448617. Dostupné z: doi:10.1016/j.carbpol.2013.04.027
- [53] NANAKI, S., KARAVAS, E. et al. Miscibility study of carrageenan blends and evaluation of their effectiveness as sustained release carriers. *Carbohydrate Polymers* [online]. Elsevier, 2010, 2009, 79(4), 1157-1167. ISBN 9781845694142. ISSN 01448617. Dostupné z: doi:10.1016/j.carbpol.2009.10.067
- [54] KARBOWIAK, T. et al. Wetting properties at the surface of iota-carrageenan-based edible films. *Journal of Colloid and Interface Science* [online]. Elsevier, 2006, 2009, 294(2), 400-410. ISBN 9781845694142. ISSN 00219797. Dostupné z: doi:10.1016/j.jcis.2005.07.030
- [55] YANG, D., GAO, S., YANG, H. et al. Effects of sucrose addition on the rheology and structure of iota-carrageenan. *Food Hydrocolloids* [online]. Elsevier, 2020, 2009, 99(2), 400-410. ISBN 9781845694142. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2019.105317
- [56] CAMPO, V. L. et al. Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis – A review. *Carbohydrate Polymers* [online]. Elsevier, 2009, 2009, 77(2), 167-180. ISBN 9781845694142. ISSN 01448617. Dostupné z: doi:10.1016/j.carbpol.2009.01.020

- [57] ZIA, K. M. et al. A review on synthesis, properties and applications of natural polymer based carrageenan blends and composites: Biological properties, chemical modifications and structural analysis – A review. *International Journal of Biological Macromolecules* [online]. Elsevier, 2017, 2009, 96(2), 282-301. ISBN 9781845694142. ISSN 01418130. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijbiomac.2016.11.095
- [58] GHANBARZADEH, M. et al. Carrageenans and carrageenases: versatile polysaccharides and promising marine enzymes. *Phytochemistry Reviews* [online]. Elsevier, 2018, 2009, 17(3), 535-571. ISBN 9781845694142. ISSN 1568-7767. Dostupné z: doi:10.1007/s11101-018-9548-2
- [59] GEONZON, L. C. et al. Gelation mechanism and network structure in gels of carrageenans and their mixtures viewed at different length scales – A review: versatile polysaccharides and promising marine enzymes. *Food Hydrocolloids* [online]. Elsevier, 2020, 2009, 108(3), 535-571. ISBN 9781845694142. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2020.106039
- [60] MANGIONE, M. R. et al. K and Na effects on the gelation properties of  $\kappa$ -Carrageenan: versatile polysaccharides and promising marine enzymes. *Biophysical Chemistry* [online]. Elsevier, 2005, 2009, 113(2), 129-135. ISBN 9781845694142. ISSN 03014622. Dostupné z: doi:10.1016/j.bpc.2004.08.005
- [61] MAITI, S. et al. Smart Nanopolysaccharides for the Delivery of Bioactives: versatile polysaccharides and promising marine enzymes. *Nanoarchitectonics for Smart Delivery and Drug Targeting* [online]. Elsevier, 2016, 2016, 113(2), 67-94. ISBN 9780323473477. ISSN 03014622. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-323-47347-7.00003-3
- [62] GEONZON, L. C. et al. Network structure and gelation mechanism of kappa and iota carrageenan elucidated by multiple Particles tracking. *Food Hydrocolloids* [online]. Elsevier, 2019, 2016, 92(2), 173-180. ISBN 9780323473477. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2019.01.062
- [63] JANCIKOVA, S. et al. Furcellaran/gelatin hydrolysate/rosemary extract composite films as active and intelligent packaging materials: versatile polysaccharides and promising marine enzymes. *International Journal of Biological Macromolecules* [online]. Elsevier, 2019, 2016, 131(2), 19-28. ISBN 9780323473477. ISSN 01418130. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.03.050

- [64] MARANGONI, J. et al. Furcellaran: An innovative biopolymer in the production of films and coatings. *Carbohydrate Polymers* [online]. Elsevier, 2021, 2016, 252(2), 19-28. ISBN 9780323473477. ISSN 01448617. Dostupné z: doi:10.1016/j.carbpol.2020.117221
- [65] PHILP, K., VIERA, R. P. et al. Polysaccharide Ingredients: An innovative biopolymer in the production of films and coatings. *Reference Module in Food Science* [online]. Elsevier, 2018, 2018, 252(2), 19-28. ISBN 9780081005965. ISSN 01448617. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-08-100596-5.22367-6
- [66] TUVIKENE, R. et al. The extraction, structure, and gelling properties of hybrid galactan from the red alga *Furcellaria lumbricalis* (Baltic Sea, Estonia): An innovative biopolymer in the production of films and coatings. *Journal of Applied Phycology* [online]. Elsevier, 2010, 2018, 22(1), 51-63. ISBN 9780081005965. ISSN 0921-8971. Dostupné z: doi:10.1007/s10811-009-9425-x
- [67] JAMRÓZ, E., PARA, G. et al. Albumin–furcellaran complexes as cores for nanoencapsulation: An innovative biopolymer in the production of films and coatings. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* [online]. Elsevier, 2014, 2018, 441(1), 880-884. ISBN 9780081005965. ISSN 09277757. Dostupné z: doi:10.1016/j.colsurfa.2013.01.002
- [68] PHILLIPS, G. O., WILLIAMS, P. A. *Handbook of Hydrocolloids* [online]. 2021. Dostupné z: doi:10.1016/C2018-0-04245-0
- [69] JAMRÓZ, E. et al. Intelligent and active composite films based on furcellaran: Structural characterization, antioxidant and antimicrobial activities. *Food Packaging and Shelf Life* [online]. Elsevier, 2019, 2021, 22(1), 880-884. ISBN 9780081005965. ISSN 22142894. Dostupné z: doi:10.1016/j.fpsl.2019.100405
- [70] LAOS, K. et al. Interactions between furcellaran and the globular proteins bovine serum albumin and  $\beta$ -lactoglobulin. *Carbohydrate Polymers* [online]. Elsevier, 2007, 2021, 67(1), 116-123. ISBN 9780081005965. ISSN 01448617. Dostupné z: doi:10.1016/j.carbpol.2006.04.021
- [71] VENUGOPAL, V. *Marine polysaccharides: food applications*. Boca Raton: CRC Press, c2011, xvii, 377 s. ISBN 9781439815267.

- [72] NUSSINOVITCH, A., HIRASHIMA, M. *Cooking innovations: using hydrocolloids for thickening, gelling, and emulsification*. Boca Raton, [Florida]: Taylor & Francis/CRC Press, [2014], 1 online zdroj. ISBN 9781439875896.
- [73] OSORIO-ARIAS, J. C. Fundamentals of High-Pressure Homogenization of Foods. *Innovative Food Processing Technologies* [online]. Elsevier, 2021, 2021, 67(1), 244-273. ISBN 9780128157824. ISSN 01448617. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-08-100596-5.23021-7
- [74] LEVY, R. et al. High-Pressure Homogenization: Principles and Applications Beyond Microbial Inactivation. *Food Engineering Reviews* [online]. Elsevier, 2021, 2021, 67(1), 244-273. ISBN 9780128157824. ISSN 1866-7910. Dostupné z: doi:10.1007/s12393-020-09239-8
- [75] KUTZ, M. *Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering (2nd Edition) – 9.5 Homogenization*. Elsevier, 2013. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00UA8YB3/handbook-farm-dairy-food/homogenization>
- [76] SPREER, E., MIXA, A. *Milk and Dairy Product Technology* [online]. Routledge, 2017. ISBN 9780203747162. Dostupné z: doi:10.1201/9780203747162
- [77] PAQUIN, P. et al. Technological properties of high-pressure homogenizers: the effect of fat globules, milk proteins, and polysaccharides. *International Dairy Journal* [online]. Elsevier, 1999, 2021, 9(3-6), 329-335. ISBN 9780128157824. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/S0958-6946(99)00083-7
- [78] MICHALSKI, M. et al. Does homogenization affect the human health properties of cow's milk? *International Dairy Journal* [online]. Elsevier, 2006, 2021, 17(8), 423-437. ISBN 9780128157824. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2006.02.004
- [79] HUPPERTZ, T. et al. Homogenization of Milk | High-Pressure Homogenizers. *Encyclopedia of Dairy Sciences* [online]. Elsevier, 2011, 2011, 17(8), 755-760. ISBN 9780123744074. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-374407-4.00225-9

- [80] HÅKANSSON, A. et al. Dynamic simulation of emulsion formation in a high-pressure homogenizer. *Chemical Engineering Science* [online]. Elsevier, 2009, 2011, 64(12), 2915-2925. ISBN 9780123744074. ISSN 00092509. Dostupné z: doi:10.1016/j.ces.2009.03.034
- [81] WILBEY, R. A. et al. HOMOGENIZATION OF MILK | Principles and Mechanism of Homogenization, Effects and Assessment of Efficiency: Valve Homogenizers. *Encyclopedia of Dairy Sciences* [online]. Elsevier, 2011, 2011, 64(12), 750-754. ISBN 9780123744074. ISSN 00092509. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-374407-4.00223-5
- [82] DI MARZO, L. et al. Effect of homogenizer performance on accuracy and repeatability of mid-infrared predicted values for major milk components: Valve Homogenizers. *Journal of Dairy Science* [online]. Elsevier, 2016, 2011, 99(12), 9471-9482. ISBN 9780123744074. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2016-11618
- [83] MASSOUD, R. et al. Effect of High-Pressure Homogenization on Improving the Quality of Milk and Sensory Properties of Yogurt: A Review. *International Journal of Chemical Engineering and Applications* [online]. Elsevier, 2016, 2011, 7(1), 66-70. ISBN 9780123744074. ISSN 20100221. Dostupné z: doi:10.7763/IJCEA.2016.V7.544
- [84] WU, H., HULBERT, G. J. et al. Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter: A Review. *International Journal of Chemical Engineering and Applications* [online]. Elsevier, 2000, 2011, 1(3), 211-218. ISBN 9780123744074. ISSN 14668564. Dostupné z: doi:10.1016/S1466-8564(00)00020-5
- [85] TRUJILLO, A. J. et al. High-Pressure Homogenization for Structure Modification: A Review. *Innovative Food Processing Technologies* [online]. Elsevier, 2016, 2016, 1(3), 315-344. ISBN 9780081002940. ISSN 14668564. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-08-100294-0.00012-2
- [86] ČSN ISO 5534 (571003) Sýry a tavené sýry. Stanovení obsahu celkové sušiny (*Referenční metoda*). 2005.

- [87] ALLAN, M. C., GRUSH, E. N. et al. Determination of the Water Activities of Wines and Spirits: A Review. *Food Analytical Methods* [online]. Elsevier, 2019, 2016, 12(12), 2753-2763. ISBN 9780081002940. ISSN 1936-9751. Dostupné z: doi:10.1007/s12161-019-01632-2
- [88] CAPPATO, L. P. et al. Ohmic heating in dairy processing: Relevant aspects for safety and quality. *Food Analytical Methods* [online]. Elsevier, 2017, 2016, 62(12), 104-112. ISBN 9780081002940. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2017.01.010
- [89] DAUBERT, C. R. et al. Rheological Principles for Food Analysis: Relevant aspects for safety and quality. *Food Analysis* [online]. Boston, MA: Springer US, 2010, 2010-2-16, 62(12), 541-554. Food Science Texts Series. ISBN 978-1-4419-1477-4. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4419-1478-1\_30
- [90] TABILO-MUNIZAGA, G. et al. Rheology for the food industry. *Journal of Food Engineering* [online]. Boston, MA: Springer US, 2005, 2010-2-16, 67(1-2), 147-156. Food Science Texts Series. ISBN 978-1-4419-1477-4. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2004.05.062
- [91] ČERNÍKOVÁ, M. et al. Microstructure and textural and viscoelastic properties of model processed cheese with different dry matter and fat in dry matter content. *Journal of Dairy Science* [online]. 2017, 100(6), 4300-4307. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2016-12120
- [92] ČERNÍKOVÁ, M. BUŇKA, F. et al. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. *Food Hydrocolloids* [online]. 2008, 22(6), 1054-1061. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2007.05.020
- [93] TANAKA, N, et al. Evaluation of Factors Involved in Antibotulinal Properties of Pasteurized Process Cheese Spreads. *Journal of Food Protection* [online]. 1986, 49(7), 526-531. ISSN 0362-028X. Dostupné z: doi:10.4315/0362-028X-49.7.526
- [94] FOX, P. F. et al. Cheese: Structure, Rheology and Texture. *Fundamentals of Cheese Science* [online]. Boston, MA: Springer US, 2017, 2017-08-23, 49(7), 475-532. ISBN 978-1-4899-7679-6. ISSN 0362-028X. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4899-7681-9\_14



- [95] GOUDA, A. et al. CHEESES | Processed Cheese: Structure, Rheology and Texture. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* [online]. Boston, MA: Elsevier, 2003, 2003, 49(7), 1108-1115. ISBN 9780122270550. ISSN 0362-028X. Dostupné z: doi:10.1016/B0-12-227055-X/00204-2
- [96] FOX, P. F. et al. Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. *Fundamentals of Cheese Science* [online]. Boston, MA: Springer US, 2017, 2017-08-23, 49(7), 589-627. ISBN 978-1-4899-7679-6. ISSN 0362-028X. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4899-7681-9\_17
- [97] BUŇKOVÁ, L., BUŇKA, F. et al. Microflora of processed cheese and the factors affecting it. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 2015, 57(11), 2392-2403. ISBN 978-1-4899-7679-6. ISSN 1040-8398. Dostupné z: doi:10.1080/10408398.2015.1060939
- [98] SAAD, S. A. et al. Nutrition Processed cheese sauces with different preservative systems. 2015. *Integr Food Nutr Metab 2*: DOI: 10.15761/IFNM.1000116
- [99] MOHAMMADI, A. et al. The effect of homogenization on texture of reduced dry matter processed cheese. *Food Science and Technology* [online]. 2018, 38(suppl 1), 190-195. ISSN 1678-457X. Dostupné z: doi:10.1590/1678-457x.17817
- [100] PISKA, I., ŠTĚTINA, J. Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering* [online]. 2004, 61(4), 551-555. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/S0260-8774(03)00217-6
- [101] RIBEIRO, K. O. et al. Mechanical properties of acid sodium caseinate- $\kappa$ -carrageenan gels: effect of co-solute addition. *Food Hydrocolloids* [online]. 2004, 18(1), 71-79. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/S0268-005X(03)00043-2
- [102] SOŁOWIEJ, B. et al. The effect of fat replacement by inulin on the physicochemical properties and microstructure of acid casein processed cheese analogues with added whey protein polymers. *Food Hydrocolloids* [online]. 2015, 44, 1-11. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2014.08.022

- [103] SOŁOWIEJ, B. et al. Texture, rheology and meltability of processed cheese analogues prepared using rennet or acid casein with or without added whey proteins. *International Dairy Journal* [online]. 2014, 37(2), 87-94. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2014.03.003
- [104] LYNCH, M. G. Rheology of  $\iota$ -carrageenan gels containing caseins. *Food Hydrocolloids* [online]. 1996, 10(2), 151-157. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/S0268-005X(96)80029-4
- [105] GUSTAW, W. The effect of polysaccharides and sodium chloride on physical properties of processed cheese analogs containing whey proteins. 2007. *Milchwissenschaft*. 62. 59-62.
- [106] SFAKIANAKIS, P., TZIA, C. Conventional and Innovative Processing of Milk for Yogurt Manufacture; Development of Texture and Flavor: A Review. *Foods* [online]. 2014, 3(1), 176-193. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods3010176
- [107] ČERNÍKOVÁ, M. et al. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal* [online]. 2010, 20(5), 336-343. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2009.12.012

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

MAG Monoacylglyceroly

DAG Diacylglyceroly

TAG Triacylglyceroly

HPH Vysokotlaká homogenizace

NH Bez homogenizace

H100 Jednostupňová homogenizace

H200 Dvoustupňová homogenizace

K Kappa-karagenan

F Furcellaran

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1: Schématické vyjádření výměny iontů za ionty vápníku při tavení přírodních sýrů [19].....</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek 2: (a) Mono- a (b) diacylglycerol [27].....</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 3: Karagenanové struktury a modifikace alkáliemi [38].....</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 4: Chemická struktura furcellaranu [64].....</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek 5: Výsledky stanovení stability modelových vzorků tavených sýrových omáček během 7. dne skladování. Vzorky byly produkovány za použití <math>\kappa</math>-karagenanu.....</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 6: Výsledky stanovení stability modelových vzorků tavených sýrových omáček během 7. dne skladování. Vzorky byly produkovány za použití furcellaranu.....</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 7: Závislost komplexního modulu pružnosti <math>G^*</math> na frekvenci pro vzorky s <math>\kappa</math>-karagenanem bez homogenizace pro 7. den skladování.....</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 8: Závislost komplexního modulu pružnosti <math>G^*</math> na frekvenci pro vzorky s furcellaranem bez homogenizace pro 7. den skladování.....</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 9: Závislost komplexního modulu pružnosti <math>G^*</math> na frekvenci pro vzorky s <math>\kappa</math>-karagenanem podrobené jedноступňové homogenizaci pro 7. den skladování.....</i>	<i>54</i>
<i>Obrázek 10: Závislost komplexního modulu pružnosti <math>G^*</math> na frekvenci pro vzorky s furcellaranem podrobené jedноступňové homogenizaci pro 7. den skladování.....</i>	<i>54</i>
<i>Obrázek 11: Závislost komplexního modulu pružnosti <math>G^*</math> na frekvenci pro vzorky s <math>\kappa</math>-karagenanem podrobené dvoustupňové homogenizaci pro 7. den skladování.....</i>	<i>55</i>
<i>Obrázek 12: Závislost komplexního modulu pružnosti <math>G^*</math> na frekvenci pro vzorky s furcellaranem podrobné dvoustupňové homogenizaci pro 7. den skladování.....</i>	<i>55</i>
<i>Obrázek 13: Závislost komplexního modulu pružnosti <math>G^*</math> na frekvenci pro vzorky s <math>\kappa</math>-karagenanem bez homogenizace pro 30. den skladování.....</i>	<i>56</i>
<i>Obrázek 14: Závislost komplexního modulu pružnosti <math>G^*</math> na frekvenci pro vzorky s furcellaranem bez homogenizace pro 30. den skladování.....</i>	<i>56</i>
<i>Obrázek 15: Závislost komplexního modulu pružnosti <math>G^*</math> na frekvenci pro vzorky s <math>\kappa</math>-karagenanem podrobené jedноступňové homogenizaci pro 30. den skladování.....</i>	<i>57</i>

- Obrázek 16:** Závislost komplexního modulu pružnosti  $G^*$  na frekvenci pro vzorky s furcellaranem podrobené jednostupňové homogenizaci pro 30. den skladování.....57
- Obrázek 17:** Závislost komplexního modulu pružnosti  $G^*$  na frekvenci pro vzorky s  $\kappa$ -karagenanem podrobené dvoustupňové homogenizaci pro 30. den skladování..... 58
- Obrázek 18:** Závislost komplexního modulu pružnosti  $G^*$  na frekvenci pro vzorky s furcellaranem podrobené dvoustupňové homogenizaci pro 30. den skladování.....58

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1: Přehled povolených složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků (upraveno dle [1]).....</i>	<i>13</i>
<i>Tabulka 2: Přídavné látky povolené k přidávání potravin (upraveno dle [31]).....</i>	<i>21</i>
<i>Tabulka 3: Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrových omáček s <math>\kappa</math>-karagenanem během 7. dne skladování při teplotě <math>6 \pm 2</math> °C.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabulka 4: Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrových omáček s <math>\kappa</math>-karagenanem během 30. dne skladování při teplotě <math>6 \pm 2</math> °C.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabulka 5: Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrových omáček s furcellaranem během 7. dne skladování při teplotě <math>6 \pm 2</math> °C.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabulka 6: Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrových omáček s furcellaranem během 30. dne skladování při teplotě <math>6 \pm 2</math> °C.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabulka 7: Hodnoty elastického (<math>G'</math>) a ztrátového (<math>G''</math>) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 7. dne skladování. Vzorky s <math>\kappa</math>-karagenanem byly vyrobeny bez použití homogenizace.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabulka 8: Hodnoty elastického (<math>G'</math>) a ztrátového (<math>G''</math>) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 7. dne skladování. Vzorky s <math>\kappa</math>-karagenanem byly vyrobeny pomocí jednostupňové homogenizace.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabulka 9: Hodnoty elastického (<math>G'</math>) a ztrátového (<math>G''</math>) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 7. dne skladování. Vzorky s <math>\kappa</math>-karagenanem byly vyrobeny pomocí dvoustupňové homogenizace.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabulka 10: Hodnoty elastického (<math>G'</math>) a ztrátového (<math>G''</math>) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 7. dne skladování. Vzorky s furcellaranem byly vyrobeny bez použití homogenizace.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka 11: Hodnoty elastického (<math>G'</math>) a ztrátového (<math>G''</math>) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 7. dne skladování. Vzorky s furcellaranem byly vyrobeny pomocí jednostupňové homogenizace.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka 12: Hodnoty elastického (<math>G'</math>) a ztrátového (<math>G''</math>) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 7. dne skladování. Vzorky s furcellaranem byly vyrobeny pomocí dvoustupňové homogenizace.....</i>	<i>49</i>

- Tabulka 13:** Hodnoty elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 30. dne skladování. Vzorky s  $\kappa$ -karagenanem byly vyrobeny bez použití homogenizace.....50
- Tabulka 14:** Hodnoty elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 30. dne skladování. Vzorky s  $\kappa$ -karagenanem byly vyrobeny pomocí jednostupňové homogenizace.....50
- Tabulka 15:** Hodnoty elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 30. dne skladování. Vzorky s  $\kappa$ -karagenanem byly vyrobeny pomocí dvoustupňové homogenizace..... 50
- Tabulka 16:** Hodnoty elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 30. dne skladování. Vzorky s furcellaranem byly vyrobeny bez použití homogenizace.....51
- Tabulka 17:** Hodnoty elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 30. dne skladování. Vzorky s furcellaranem byly vyrobeny pomocí jednostupňové homogenizace.....51
- Tabulka 18:** Hodnoty elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu pro frekvenci 1 Hz během 30. dne skladování. Vzorky s furcellaranem byly vyrobeny pomocí dvoustupňové homogenizace..... 51