

# **Vliv dvoustupňové homogenizace na reologické vlastnosti tavených sýrových omáček během skladování**

Bc. Nela Švajdová

---

Diplomová práce 2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Nela Švajdová
Osobní číslo:	T18281
Studijní program:	N2901 Chemie a technologie potravin
Studijní obor:	Technologie potravin
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Vliv dvojstupňové homogenizace na reologické vlastnosti tavených sýrových omáček během skladování

### **Zásady pro vypracování**

1. Obecná charakteristika tavených sýrových omáček
2. Technologie výroby tavených sýrových omáček a podobných produktů
3. Homogenizace a její vliv na tavené sýrové omáčky a související produkty
4. Vyrobté modelové vzorky tavených sýrových omáček při aplikaci dvojstupňové homogenizaci
5. Provedte základní chemickou a reologickou analýzu
6. Vyhodnotte získané výsledky a zformulujte závěry

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

**Seznam doporučené literatury:**

- [1] MARCHESSEAU, S., GASTALDI, E., LAGAUE, A., CUQ, J.L. (1997). Influence of pH on protein interactions and microstructure of process cheese. *Journal of Dairy Science*, 80, 1483-1489.
- [2] SALEK, R.N., ČERNÍKOVÁ, M., MADĚROVÁ, S., LAPČÍK, L., BUŇKA, F. (2016). The effect of different composition of ternary mixtures of emulsifying salts on the consistency of processed cheese spreads manufactured from Swiss-type cheese with different degrees of maturity. *Journal of Dairy Science*, 99, 3274-3287.
- [3] SHALABY, S.M., MOHAMED, A.G., BAYOUMI, H.M. (2017). Preparation of a novel processed cheese sauce flavored with essential oils. *International Journal of Dairy Science*, 12, 161-169.
- [4] SZCZESNIAK, A.S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13, 215-225.

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

Datum zadání diplomové práce: **17. února 2020**  
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

L.S.

---

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

---

**doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.**  
ředitel ústavu

## 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**

Diplomová práce zkoumá vliv přídavku furcellaranu a homogenizace na reologické vlastnosti tavených sýrových omáček [s obsahem sušiny 30 % (w/w) a tuku v sušině 66 % (w/w)]. Do modelových vzorků byl přidán furcellaran o koncentraci 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w). Modelové vzorky byly podrobeny jednostupňové homogenizaci o tlaku 200 barů a dvoustupňové homogenizaci o tlaku 200 barů a následně 100 barů. Po prvním a sedmém dnu skladování byla provedena základní chemická a reologická analýza, byl proveden test stability. Po prvním dnu skladování byly modelové vzorky podrobeny měření tlumících vlastností a elektrické vodivosti. Ze získaných výsledků lze říct, že přídavek furcellaranu a aplikace homogenizace měly vliv na reologické vlastnosti tavených sýrových omáček. Se zvyšující se koncentrací furcellaranu a s použitím dvoustupňové homogenizace vznikly vzorky s vyšší tuhostí oproti kontrolním vzorkům.

Klíčová slova: tavená sýrová omáčka, furcellaran, homogenizace, reologie

## **ABSTRACT**

The diploma thesis deals with the influence of furcellaran addition and homogenization process on the rheology properties of processed cheese sauce [dry matter content 30 % (w/w) and fat in dry matter content 66 % (w/w)]. During the production of the model samples was added furcellaran at a concentration scale of 0,25 %; 0,50 %; 0,75 % a 1,00 % (w/w). Model samples were homogenized with a single-stage homogenization under a pressure of 200 bars and two-stage homogenization under pressure of 200 bars and after that 100 bars. The samples after 1. and 7. days of storage were analyzed of basic chemical and rheology analysis, a stability test was also performed. After 1. day of storage the samples were measured in term of mechanical vibration damping and electric conductivity. From the obtained results it was found that the addition of furcellaran and application of homogenization influenced the rheological properties of the processed cheese sauces. With the increasing concentration of furcellaran and application of two-stage homogenization were created model samples with higher rigidity compared to control samples.

Keywords: processed cheese sauce, furcellaran, homogenization, rheology

Touto cestou bych chtěla poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Richardosovi Nikolaosovi Salekovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, připomínky a strávený čas, který mi poskytl během zpracování této práce.

Dále bych velice poděkovat laborantce Ing. et Ing. Ludmile Zálešákové za pomoc při výrobě modelových vzorků a radám při pozdějších analýzách.

Poděkování také patří doc. Martinu Vašinovi za pomoc při analýzách.

Při děkování nesmím opomenout mou rodinu a blízké, kteří mě po celou dobu studia podporovali.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 TAVENÉ SÝROVÉ OMÁČKY</b> .....	<b>11</b>
1.1 CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK.....	11
1.2 CHARAKTERISTIKA PODOBNÝCH PRODUKTŮ .....	12
1.2.1 Tavené sýry .....	12
1.2.2 Analogy tavených sýrů a tavených sýrových omáček .....	14
1.3 SLOŽENÍ TAVENÝCH OMÁČEK A PODOBNÝCH PRODUKTŮ .....	15
1.3.1 Suroviny mléčného původu.....	15
1.3.2 Tavicí soli.....	18
1.3.3 Hydrokoloidy .....	20
1.3.4 Příchutě a barviva.....	25
1.3.5 Voda .....	26
1.4 TAVENÉ SÝRY A PODOBNÉ PRODUKTY VE VÝŽIVĚ ČLOVĚKA .....	26
<b>2 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK A PODOBNÝCH PRODUKTŮ</b> .....	<b>28</b>
2.1 SESTAVENÍ SUROVINOVÉ SKLADBY .....	28
2.2 ČIŠTĚNÍ A ÚPRAVA VELIKOSTI .....	29
2.3 PŘEDMÍCHÁNÍ SUROVIN.....	29
2.4 PROCES TAVENÍ.....	29
2.5 HOMOGENIZACE.....	31
2.6 BALENÍ.....	31
2.7 CHLAZENÍ A SKLADOVÁNÍ .....	32
<b>3 HOMOGENIZACE</b> .....	<b>33</b>
3.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA HOMOGENIZACE .....	34
3.2 HOMOGENIZÁTOR .....	35
3.3 HOMOGENIZACE PŘI VÝROBĚ TAVENÝCH SÝROVÝCH PRODUKTŮ.....	35
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>37</b>
<b>CÍL PRÁCE:</b> .....	<b>38</b>
<b>4 METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>39</b>
4.1 POPIS SUROVIN A PŘÍSTROJŮ PRO VÝROBU .....	39
4.2 PRACOVNÍ POSTUP.....	40
4.3 ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA .....	42
4.3.1 Stanovení celkového obsahu sušiny.....	42
4.3.2 Stanovení pH.....	42
4.4 DYNAMICKÁ OSCILAČNÍ REOMETRIE .....	43
4.5 MĚŘENÍ STABILITY .....	43
4.6 MĚŘENÍ TLUMÍCÍCH VLASTNOSTÍ .....	44
4.7 MĚŘENÍ ELEKTRICKÉ VODIVOSTI.....	45
<b>5 VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>46</b>

5.1	VYHODNOCENÍ ZÁKLADNÍ CHEMICKÉ ANALÝZY .....	46
5.2	VYHODNOCENÍ DYNAMICKÉ OSCILAČNÍ REOMETRIE .....	48
5.3	VYHODNOCENÍ TESTU STABILITY .....	64
5.4	VYHODNOCENÍ TLUMÍCÍCH VLASTNOSTÍ .....	66
5.5	VYHODNOCENÍ ELEKTRICKÉ VODIVOSTI.....	67
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>72</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>83</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>84</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>87</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>88</b>



## ÚVOD

Počátky výroby tavených sýrů v Evropě sahají do až do poloviny 90. let 20. století. Přírodní sýr, jakožto hlavní složka, má omezenou trvanlivost, a proto byla snaha jí zvýšit. Tavené sýry patří mezi populární skupinu mléčných výrobků. V České republice dosahovala jejich spotřeba v roce 2018 1,8 kg za rok na jednu osobu. Úpravou pH, sušiny, obsahu přírodního sýra nebo jiných složek vznikají různé tavené sýrové produkty (tavené sýrové pomazánky, omáčky aj.) [1-3].

V dnešní uspěchané době spojené s nedostatkem času se spotřebitelé stále častěji poohlíží po hotových jídlech. Do této kategorie se řadí také tavené sýrové omáčky. Jelikož se na ně nevztahují žádné právní definice, nejsou stanoveny ani požadavky na surovinovou skladbu. Ta se může skládat z mléčných nebo nemléčných surovin. Úpravou množství jednotlivých složek může dojít ke zvýšení nutriční hodnoty (zvýšení obsahu bílkovin, aj.). Všestrannost tavených sýrových omáček umožňuje jejich aplikaci například při grilování, pro zvýraznění chutě, apod. Tavené sýrové omáčky se vyrábí podobně jako tavené sýry. Zvýšenou teplotou a za mírného podtlaku se smíchají základní suroviny jako je rozemletý přírodní sýr, máslo, voda, emulgátory a ostatní volitelné složky, které mohou být mléčného nebo nemléčného původu. Směs je za neustálého míchání zahřívána až do dosažení homogenní konzistence. Poté následuje balení, chlazení a skladování [1, 4-7].

Přídavek hydrokoloidu také ovlivňuje jejich nutriční ale i texturní vlastnosti. Dochází ke vzniku hustší struktury a tím se produkt jeví jako pevnější. Tím může dojít také ke snížení obsahu tavicích solí [8,9].

Homogenizace nepatří mezi nezbytné kroky při výrobě tavených sýrů a sýrových omáček. S jejím použitím rostou náklady na výrobu a čas. Ke smíchání jednotlivých složek dochází již v tavicím kotli, kdy je směs při tavně neustále míchána. Při homogenizaci dochází k intenzivnějšímu smíchání složek, zmenšení velikosti hrubých nebo nerozpuštěných částic (tavicí soli, aj.). Díky tomu vzniká jemnější a hladší výsledný produkt [1, 10, 11].

## TEORETICKÁ ČÁST

## 1 TAVENÉ SÝROVÉ OMÁČKY

Tavené sýrové omáčky jsou novým produktem na trhu. V současné době neexistují žádné právní normy, které by definovaly tento pojem. Jelikož nejsou stanoveny žádné limity, existují na trhu produkty s méně než 15 % obsahu sýru. Jejich složení se skládá z různých mléčných ingrediencí, jako přírodní sýr, sýrový prášek, tavený sýr a jiné mléčné složky. Tavené sýrové omáčky jsou dostupné v obchodní síti v různých formách - mražená, polotekutá nebo stabilní sušená. Jejich využití je různorodé. Využívají se jako doplněk k různým masovým nebo zeleninovým pokrmům, zvýrazňovače chutě, omáčky pro namáčení jiných potravin, přísada do mnoha pokrmů nebo pro zesílení nebo vyhlazení profilu chutě. Výroba těchto produktů postupně vzrůstá, díky inovacím ve výrobě zajišťující delší trvanlivost nebo přítomnost zdravějších přísad [4, 6, 8, 11-13].

### 1.1 Charakteristika tavených sýrových omáček

Tavené sýrové omáčky lze definovat jako stabilní emulze typu olej ve vodě (o/v). Jejich výroba by mohla tedy probíhat smícháním přírodního sýra, mléčného tuku, vody, tavicích solí a dalších volitelných složek, obvykle pod vakuem při teplotě v rozmezí 85 až 110°C. Vliv na konzistenci může mít hned několik faktorů: [4,14]

- složení surovin – typ a stupeň zralosti přírodního sýru,
- pH,
- obsah sušiny a tuku v sušině,
- typ a koncentrace tavicích solí,
- přítomnost hydrokolidů,
- procesní parametry – rychlost a doba míchání, doba a rychlost chlazení, vlastnosti balení.

Základní surovinou pro výrobu je přírodní sýr, který má vliv na strukturu výrobku a konečnou chuť. Pro snížení nákladů na výrobu se může použít jako náhrada přírodního sýru dehydratovaný sýr nebo syrovátkové bílkoviny. Tímto vzniká široká škála výrobků, lišící se vlastnosti, např. zvýšený obsah bílkovin a tedy i zvýšená nutriční hodnota. Syrovátkové bílkoviny zajišťují nejen dobré strukturní a texturní vlastnosti výrobku, ale jsou také zdrojem bioaktivních frakcí jako je laktoferin, imonoglobulin nebo  $\alpha$ -laktalbumin. Profil chutě může být vylepšen přidáním různých příchutí nebo koncentrovaných příchutí [6, 13].

Tavené sýrové omáčky se vyznačují vysokým obsahem vody. Tu nelze stabilizovat samotnými proteiny ze sýru, jelikož není dostatek proteinů k dosažení požadované viskozity. Ta je zajištěna přidavkem hydrokoloidů s modifikovanými potravinářskými škroby. Hydrokoloidy zabraňují separaci jednotlivých částic, např. xantanová guma se využívá k úpravě texturních vlastností. Obecně obsahují sýrové omáčky 20-50 % (w/w) sušiny, výrobky s více než 51 % (w/w) sušiny se označují za pomazánky („spreads“). Sýrové omáčky jsou dodávány a skladovány při pokojové teplotě s trvanlivostí až 1 rok [8, 13, 17].

## 1.2 Charakteristika podobných produktů

### 1.2.1 Tavené sýry

Tavené sýry se začaly vyrábět na počátku 20. století, kdy vznikl zájem o výrobky, které prodlouží skladovatelnost přírodního sýra. Jeho trvanlivost je omezena v mnoha faktorech (vlhkost, hygienické podmínky během výroby a skladování). Pohybuje se v rozmezí několika týdnů do několika měsíců. První šarže tavených sýrů vznikla v roce 1911 ve Švýcarsku. Zanedlouho se začaly vyrábět tavené sýry v USA, kde si společnost Kraft nechala patentovat svůj výrobní postup. Postupně docházelo k rozšíření této technologie napříč celým světem. První tavený sýr v Česku vznikl roku 1923 firmou Blosch v jihočeských Vodňanech. V České republice má 10 mlékárenských firem zařazeny tavené sýry ve své výrobě. V roce 2016 vyprodukovaly dohromady 14,3 tis. kg tavených sýrů, z toho 4,7 tis. kg bylo vyvezeno do zahraničí. 9,9 tis. kg tavených sýrů bylo naopak do České republiky dovezeno. Proto se dá říct, že spotřeba tavených sýrů v Česku je poměrně vysoká. Činí 1,8 kg na osobu (2018), k porovnání spotřeba přírodních sýrů je 11,6 kg na osobu za rok. Hlavním důvodem vysoké konzumace tavených sýrů je cenová dostupnost a prodloužená trvanlivost. V posledních letech došlo k mírnému snížení spotřeby, jelikož roste poptávka po analogích tavených sýrů. Jejich spotřeba se do spotřeby tavených sýrů nezapočítává [1, 3, 16 - 18].

Tavené sýry jsou konzumovány přímo nebo jako přísady. Pro přímý konzum nabízejí širokou škálu konzistence od pevné elastické krájitelné po hladkou krémovitou a roztíratelnou. Díky různorodosti konzistence jsou tavené sýry vhodné jako náhrada přírodních krájitelných sýrů (na chléb, sušenky, sendviče), dále jako pomazánky, omáčky nebo dipy [14].

Tavené sýry se vyrábí z přírodních sýrů v kombinaci s dalšími složkami jako je mléko, smetana, máslo, v přítomnosti tavicích solí. Prvním krokem při výrobě je mletí přírodního sýru (různého typu, stupně zralosti, i jejich kombinace), který je poté smíchán s ostatními přísadami. Rozemletí umožní snadnější tavení, správné mísení přidaných složek a zvyšuje se kontakt mezi tavicími solemi a sýrem. Proces tavení probíhá při teplotách v rozmezí 85 - 95°C, někdy až 115°C několik minut. Vzniká homogenní roztavená směs, která je tvarována na plátky nebo porce, je balena za horka. Následuje chlazení na teplotu pod 8°C [1,19].

Sodík je obsažen ve dvou zdrojích: chlorid sodný z přírodního sýru a tavicí soli jako je citrát sodný nebo polyfosforečnany, potřebné k vytvoření požadované struktury. Úpravou surovinového složení mohou vznikat produkty s nízkým obsahem tuku, kdy dojde se snížení množství přidané smetany, másla, nebo naopak zvýšení sušeného mléka nebo vody [20].

Podle vyhlášky Ministerstva zemědělství, č. 397/2016 Sb., kterou se stanoví požadavky na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedné tuky a oleje, v platném znění, je tavený sýr definován jako sýr, který byl tepelně upraven tavením. Pro výrobu tavených sýrů jsou stanoveny limity, kdy obsah laktózy u druhově nepojmenovaného taveného sýru nesmí přesáhnout 5 % hmotnostních ve finálním taveném sýru. Tato vyhláška definuje také tavený sýrový výrobek, kterým se označí mléčný výrobek, který je tepelně ošetřen tavením a obsahuje více než 5 % laktózy, a v němž sýr tvoří nejméně 50 % hmotnostních sušiny tohoto výrobku. V Tab. 1 jsou zobrazeny další požadavky vyhlášky, které umožňují přidávek určitých složek, nebo naopak zakazují. Dále vyhláška člení tavené sýry na roztíratelné nebo s lomem. Dle Codex Alimentarius je tavený sýr vyráběn mletím, mícháním, tavením a emulgací jednoho nebo více druhů sýrů v přítomnosti tepla, s přídavkem nebo bez přídavku mléčné složky a/nebo jiné potraviny v souladu s tímto předpisem [21, 22].

Tab. 1: Přehled povolených složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků [22]

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

### 1.2.2 Analogy tavených sýrů a tavených sýrových omáček

Jedná se o tzv. napodobeniny sýrových výrobků, které byly vyvinuty v roce 1970. Analogy sýrů lze rozdělit na mléčné, částečně mléčné nebo nemléčné výrobky, kde záleží, zda jsou složky tuku a/nebo bílkovin z mléčných nebo rostlinných zdrojů (např. sójová bílkovina). Vyrábí se smícháním jedlých tuků/olejů, kaseinu, kaseinátu, syrovátkových bílkovin, stabilizátorů, tavicích solí, vody, konzervačních a aromatických látek. Působením tepla, tavicích solí a mechanického stříhu vzniká homogenní směs. Ve srovnání s přírodními sýry jsou analogy cenově dostupnější kvůli použití levnějších rostlinných olejů na místo drahého mléčného tuku, částečnou náhradou bílkovin škrobem a/nebo hydrokoloidy. Jsou zde i nižší investiční náklady na výrobní zařízení. Nespornou výhodou je, že není nutné zrání výrobků [1, 18, 23 - 25].

Cílem výroby je získat levnější a zdravější alternativy, zvýšit rozmanitost stravy a zvýšit nutriční hodnotu přidáním vitamínů a minerálů. Úpravou složení mohou vznikat výrobky pro spotřebitele s různými omezeními (např. výrobky pro pacienty s fenylketonurií, kde je redukován obsah fenylalaninu). Přídavkem rostlinného tuku dochází nejen ke snížení výrobních nákladů, ale také ke zlepšení poměru nasycených/nenasycených tuků nebo snížení obsahu cholesterolu. Výroba analogů umožňuje vyrábět produkty s nízkým obsahem tuku nebo zvýšeným obsahem vlákniny přidáním hydrokoloidů. Ovšem musí vykazovat organoleptické a texturní vlastnosti plnotučného produktu. Nedostatek vlákniny ve stravě je problém rozvinutých zemí. Je spojován s celou řadou chronických onemocnění, např. ischemická choroba srdeční, cukrovka, obezita nebo rakovina tlustého střeva. Konzumace nerozpustné vlákniny (např. pšeničné otruby) může snižovat riziko uvedených onemocnění a snížit sérový cholesterol [1, 6, 24, 26, 27].

Analogy se stále častěji využívají ve fast-foodech nebo v hotových jídlech. Analogy sýrových výrobků vznikly v USA před více jak 40 lety. Ročně se zde vyprodukuje až 300 000 tun. Přidávají se na mražené pizzy, do hovězích burgerů, do salátů, sendvičů a hotových jídel. Existuje jen málo právních předpisů a standardů zabývajících se povolenými přísadami nebo výrobními postupy. To umožňuje výrobcům potravin vyrábět výrobky bez omezení určitých složek nebo postupů výroby. Pro zajištění vhodného označování těchto produktů je zapotřebí celosvětových právních předpisů. Názvy produktu, reklamy nebo obaly by neměly klamat spotřebitele, že se jedná o sýry nebo tavené sýrové produkty [1, 24, 29].

### 1.3 Složení tavených omáček a podobných produktů

#### 1.3.1 Suroviny mléčného původu

##### *Přírodní sýr*

Pro výrobu je nutný vhodný výběr přírodního sýra. Stupeň zralosti, pH, chuť, obsah vápníku a neporušeného kaseinu jsou důležitými kritérii při výrobě, jelikož mají velký vliv na reologické a texturní vlastnosti konečného produktu. Obecně lze sýry dělit na měkké, polotvrdé a tvrdé. Pro výrobu se používají především polotvrdé a tvrdé sýry. Měkké sýry slouží pouze k aromatizaci produktu. V USA převažuje výroba ze sýrů typu čedar, naopak v Evropě se vyrábí ze sýrů holandského typu. Je možné využít i kombinaci sýrů různého typu s různým stupněm zralosti. Mechanické vady sýrů (špatný obsah sušiny, tuku, apod.)

je možné využít. Sýry s mikrobiálními vadami se použít nesmí v jakémkoliv množství [14, 29 - 32].

Podle zralosti se sýry dělí na: [29]

- čerstvý nebo mladý sýr – doba zrání 7 až 14 dní
- se středním stupněm prozrálosti – 2 až 4 měsíce
- vyzrálé sýry – více než 4 měsíce

Při zrání sýrů dochází k významným biochemickým a mikrobiologickým změnám, což vede k vývoji specifické chuti a konzistence zrajícího produktu. Para-kasein se během zrání hydrolyzuje na peptidy a volné aminokyseliny. Stupeň zralosti je důležitým faktorem při výběru sýru. Stupeň proteolýzy kaseinu v sýru během výroby je parametr, který významně ovlivňuje texturní a viskoelastické vlastnosti. Zvýšená hydrolyza kaseinu snižuje hladinu intaktního kaseinu. Nízká hladina vede při zrání ke snížení pevnosti produktu. Sýry s nízkým stupněm prozrálosti jsou žádoucí pro vhodné texturní vlastnosti, kde obsah intaktního kaseinu se pohybuje v rozmezí 75 - 90%. Sýry zralejší poskytují výrobku požadovanou chuť, obsah intaktního kaseinu je nižší cca 60 - 75%. Hladina intaktního kaseinu je měřena jako hladina celkového dusíku nerozpustného při pH 4,6 (isoelektrický bod kaseinu) ve vodě. Současně s ní klesá hydrolyza para-kaseinu. Zralost použité suroviny ovlivňuje i pH výsledného výrobku. PH přírodního sýra 5,4 – 5,8 je považováno za optimální. Proto se využívá kombinace sýrů s různou délkou zrání. Emulgace proteinů je ovlivněna obsahem vápníku v přírodním sýru. Zvýšený obsah vápníku, fosforu, soli umožňuje zvýšení tvrdosti výrobku, naopak tavitelnost produktu se snižuje. Proto je nutné sledovat všechny parametry, které mohou ovlivnit výsledné výrobky [1, 30, 33, 34].

#### *Odstředěné mléko a máslo*

3 - 5 % přídavek odtučněného sušeného mléka má za následek měkčí a roztíratelnější strukturu výrobku. Vyšší množství (7 až 10 %) vede ke vzniku drobivějšího a nesoudržného produktu. Mléčné bílkoviny upravují texturu, tavitelnost a napomáhají vzniknout fyzikálně-chemicky stabilním produktům. Mléčný disacharid laktosa se vyznačuje nízkou cenou a také se podílí na tvorbě textury. Mléčný tuk obsažený v másle poskytuje požadované složení, strukturu a charakteristiky tavitelnosti [14, 35].



### *Syrovátkové proteiny*

Syrovátka vzniká jako vedlejší produkt při výrobě sýrů. Je zdrojem cenných bílkovin s esenciálními aminokyselinami. Jednou z možností jak zvýšit nutriční hodnotu tavených sýrových výrobků je přidavek syrovátkových bílkovin. Jsou přidávány většinou ve formě syrovátkového prášku (~9 - 14 % bílkovin). Tím dochází nejen ke snížení nákladů na výrobu, ale dodává výrobku jemně nasládlou chuť a hladkou konzistenci. Proto se využívají především u tavených sýrových pomazánek a dipů, kde jsou tyto vlastnosti žádoucí. Vyrábí se i syrovátkový proteinový koncentrát (~35 - 75 % bílkovin) a izolát syrovátkové bílkoviny (~90% bílkovin) [14, 35, 36].

### *Kaseiny a kaseináty*

V mléce tvoří kasein asi 80 % veškerých mléčných bílkovin. Vyskytují se ve formě sférických koloidních částic (~40-300 nm) – kaseinových micel. Sušina micel se ze 7 % skládá z popela (především vápník a fosfor), 92 % z kaseinu a 1% z minoritních sloučenin. Kasein se skládá ze čtyř základních frakcí:  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta$  a  $\kappa$ , v poměru ~ 4:1:4:1,2. Jednotlivé frakce se od sebe liší obsahem a rozložením fosfátu, a proto mají odlišné vazebné vlastnosti vápníku. Celkově  $\alpha_1$ -,  $\alpha_2$ - a  $\beta$ - kaseiny se s vápníkem váží silně a srážejí za vzniku nerozpustné soli již při nízkých koncentracích vápníku (~ 0,005 - 0,1 M roztok  $\text{CaCl}_2$ ). Naopak  $\kappa$ -kasein na vápník v této koncentraci není citlivý a stabilizuje až desetinásobek své hmotnosti kaseiny  $\alpha_1$ -,  $\alpha_2$ - a  $\beta$ - [35].

Mezi jejich výhody při použití patří nejen snížení nákladů při výrobě, ale i technologické záležitosti. Při výrobě imitace sýru mozzarella byla pozorována zvýšená výtěžnost, lepší tavitelnost, nižší ztráta vlhkosti během stárnutí a zvýšená pevnost gelu. V tavených sýrech zlepšují konzistenci finálního výrobku. Průmyslově se kasein vyrábí buď kyselým srážením, nebo působením syřidla na odstředěné mléko, odstraněním syrovátky a promytím. Následuje pasterace a sušení na vlhkost 10 % (w/w). Kaseinát se vyrábí rozpuštěním kyselého sráženého kaseinu v zásadě za vzniku ve vodě rozpustných derivátů – kaseinát sodný, draselný, vápenatý a amonný [35].

### *Rework*

Českým označením nátavek, jedná se o již vyrobený tavený sýr, u kterého došlo ke krémování. Jeho konzistence je ovlivněna různými faktory, jako zralost sýra, obsah sušiny nebo tuku v sušině. Nátavek může vznikat při ukončení výroby, kdy zbytky tavených sýrů zůstávají ve výrobním zařízení. Druhou možností je neúmyslná výroba reworku, kdy tave-

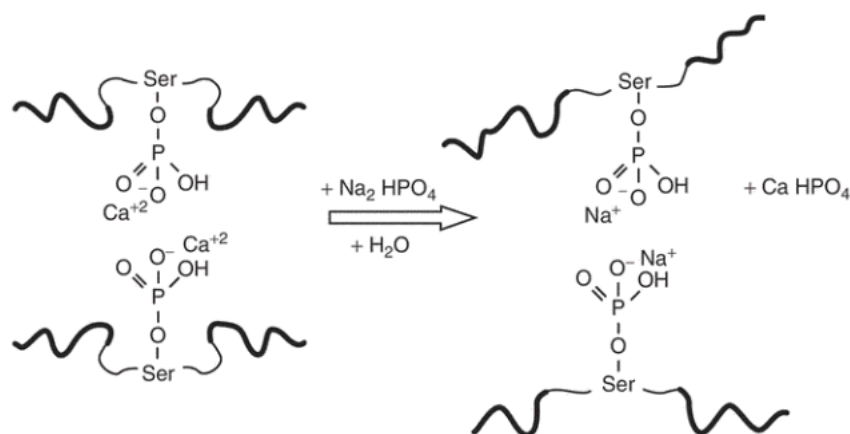
ný sýr určený pro prodej nakonec nebyl uvolněn na trh. Důvodem může být nevhodné balení, nesprávný obsah sušiny nebo tuku v sušině, nebo špatná hmotnost balení. Nátavek se používá buď čerstvý, nebo starý 3 – 14 dní od výroby. Pokud rework není využit hned, je chlazen a skladován při nízké teplotě nebo zmražen. Výrobky s obsahem reworku mají pevnější proteinovou matici. Bylo stanoveno maximální množství – 4%. Při tomto přídatku nedochází k nežádoucím vlastnostem produktu. Jeho použití je nejen ekonomickou záležitostí, ale využívá se i pro zvýšení viskozity a pevnost konečného produktu [1, 7, 14].

### 1.3.2 Tavicí soli

Pokud by byl vyráběn tavený sýr bez přítomnosti tavicích solí, dojde k oddělení hydrofilních a hydrofobních fází. Proto se začal používat citrát, aby se předcházelo těmto vlastnostem a vytvořil se hladký a stabilní produkt. Později bylo zjištěno, že pro tento účel jsou vhodné fosfáty a další soli. V USA proto bylo klasifikováno 13 typů tavicích solí, které je možné použít při výrobě tavených sýrů. Množství přidaných tavicích solí dosahuje až 3 % (w/w), mohou být používány samostatně, nebo v kombinaci mezi sebou [1].

Tavicí soli ovlivňují několik jevů, jako je vazba  $\text{Ca}^{2+}$ , úprava pH, disperse kaseinu, emulgace tuku nebo tvorba struktury tavených sýrových omáček. Účinky solí se odrážejí na funkčních vlastnostech tavených sýrových omáček a tak tvoří kritéria pro výběr konkrétního typu emulgační soli [1].

Tavicí soli jsou iontové sloučeniny vyrobené z monovalentních kationtů a polyvalentních aniontů. Jsou přidávány díky své schopnosti vyjmout vápník z proteinové matrice a vyměnit jej za ionty sodíku. To vede k přeměně nerozpustného para-kaseinátu vápenatého na rozpustnější para-kaseinát sodný. Ten následně může fungovat jako emulgátor v systému, jelikož není zachycen v trojrozměrné síti, ale může se pohybovat uvnitř matrice. Tavicí soli nejsou samy o sobě povrchově aktivními látkami, nemají tedy funkci emulgátoru, ale emulgujících činidel. Upravují prostředí tak, aby přítomné kaseiny mohly uplatnit své přirozené emulgační vlastnosti. Skutečné emulgátory, jako jsou povrchově aktivní látky s nízkou molekulovou hmotností, se nepoužívají, jelikož produkují slabé emulze a během skladování dochází k uvolňování tuku. Výjimku tvoří beztuké tavené sýry [1, 9, 29, 33, 34, 39].



Obr. 1: Schéma výměny iontu sodíku za vápenaté ionty (SER – serinové zbytky) [1]

Ideální tavicí sůl by měla: [1]

- být silným emulgačním činidlem se schopností přeměnit roztavený sýr do hladké, krémové, volně tekoucí emulze bez uvolňování oleje,
- po ochlazení vytvořit tavený sýr s jemnou strukturou a dobrou kvalitou,
- neovlivňovat chuť výrobku,
- být stálá při skladování výrobku, bez snahy vykristalizovat,
- být snadno rozpustná, bez škodlivých nečistot, dostupná na rozumnou cenu.

Mezi tavicí soli na bázi fosforečnanů patří soli odvozené od kyseliny trihydrogenfosforečné. Monofosfáty jsou označovány jako orthofosfáty. Polymerní fosfáty jsou vytvořeny z kyselých ortofosfátů tepelným zpracováním a odštěpením vody kondenzátu. Proto jsou někdy označovány jako kondenzované fosfáty. Při výrobě tavených sýrů hrají důležitou roli polyfosfáty s krátkým řetězcem (difosfáty a trifosfáty) a polyfosfáty s dlouhým řetězcem [1].

Dalším typem jsou ortofosfáty. Kyselina trihydrogenfosforečná může vytvořit tři sodné soli nahrazením vodíku sodíkem. Jedná se o dihydrogenfosforečnan sodný, hydrogenfosforečnan disodný a fosforečnan trisodný. Pro snížení obsahu sodíku ve výrobcích se někdy využívají draselné soli. Hydrogenfosforečnan disodný se často využívá k výrobě tavených sýrů buď samostatně, nebo v kombinaci s jinými solemi. Díky své vynikající pufrovací schopnosti, jsou ortofosfáty používány ke stabilizaci pH výrobku [1].

Kondenzované fosfáty s krátkým řetězcem, kde  $n=2$  nebo  $n=3$ , využívané při výrobě tavených sýrů jsou ve vodě rozpustné. Se zvyšující se délkou řetězce polyfosfátů klesá jejich silná pufrovací kapacita. Kondenzované fosfáty vynikají výbornou vazebnou kapaci-

tu pro polyvalentní kationy. Technologický význam mají tři druhy: pyrofosfát sodný (SAPP), pyrofosfát tetrasodný (TSPP) a tripolyfosfát sodný (STPP) [1].

Citráty jsou soli kyseliny citronové. V závislosti na disociačních krocích tvoří kyselina citronová citráty, hydrogencitráty a dihydrogencitráty. Citrát sodný byla první tavicí sůl použitá při výrobě tavených sýrů. Vznikaly překyselené výrobky, které byly drobné se špatnou emulgací. Soli jsou rozpustné ve vodě a hodnoty pH se pohybují od 3,8 do 8,2 (roztok 1g/100 ml). Pro snížení obsahu sodíku ve výrobcích se používal citrát draselný nebo amonný. Jejich nevýhodou je hořká pachut' [1, 14].

Vynecháním tavicích solí u tavených sýrových produktů dojde ke snížení obsahu sodíku o 20 – 40 %, v závislosti na přídávku a typu. Pokud by byl přírodní sýr podroben vysoké teplotě (70 - 90 °C) a mechanickému stříhu bez přítomnosti tavicích solí, vznikla by heterogenní lepivá hmota, která by se rozdělila na tukovou a vodnou část během výroby i skladování. Při grilování nebo pečení je sýr také podroben vysoké teplotě. Po ochlazení a ztuhnutí se na okraji sýrové hmoty uvolňuje bělavá kapalina složená z hydratovaného proteinu a dispergovaného tuku. Tyto vady se vyskytují při mechanickém stříhu přírodních membrán tukových globulí, které jsou uloženy ve vápník-parakaseinové síti sýrů. Uvolněná vlhkost a neemulgovaný zkapalněný mléčný tuk proniká přes volnější a otevřenější matrice. Tyto problémy lze ovšem eliminovat smícháním různých sýrů a optimalizovat procesní podmínky, pro vznik stabilní emulze typu olej ve vodě. Typická surovinová skladba pro tavené sýry bez tavicích solí zahrnuje přídavek některých sýrů ve směsi s nízkým obsahem vápníku, spíše kaseinová síť než vápník-parakaseinová síť, a nízký poměr protein-voda (např. čerstvý tvarohový sýr quark nebo smetanový sýr). Dále jsou do surovinové skladby přidány mléčné složky obsahující bílkoviny s dobrou vazbou na vodu a emulgační kapacitou (odstředěné mléko, mléčné ultrafiltráty, obsahují kasein v přírodním hydratovaném stavu). Další možností může být zakomponování sýru s vysokou vyžralostí, který napomáhá docílit intenzivní sýrové příchutě a získat stabilnější produkt. Ostatní ingredience, jako jsou hydrokoloidy, mohou zlepšit texturní vlastnosti a pocit v ústech [14, 40].

### 1.3.3 Hydrokoloidy

Jsou využívány jako funkční přísady. Mohou být extrahovány z rostlin, mořských řas nebo produkovány některých mikroorganismy. Hydrokoloidy tvoří gely, stabilizují pěny, dispergují emulze, snižují tvorbu krystalů ledu a cukru, nebo se podílí na řízeném uvolňování příchutí. Jejich přídavek tvoří méně než 1 %. Do hydrokoloidů na proteinové

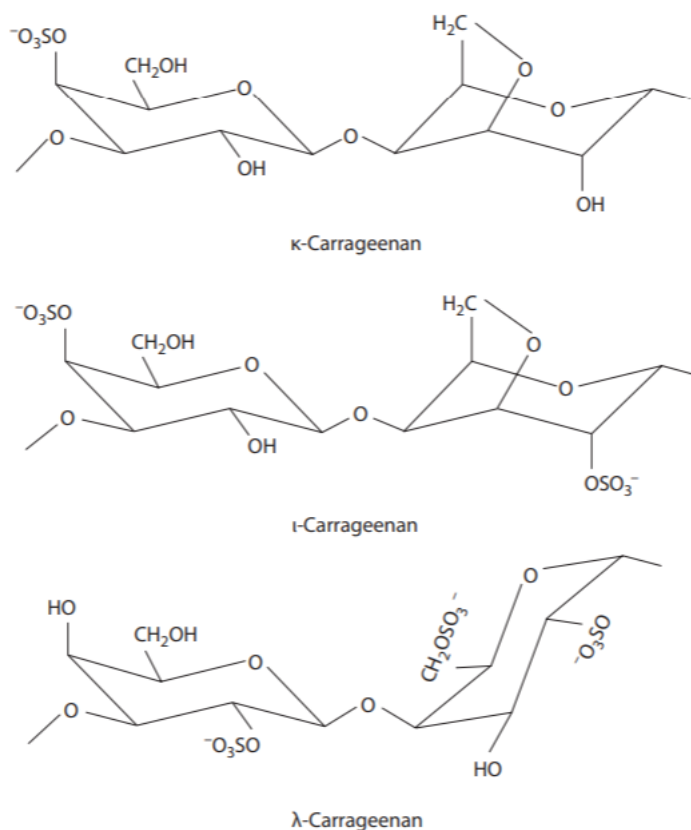
bázi náleží želatina, kasein, kaseináty a syrovátkové proteiny. Mezi hydrokoloidy na bázi polysacharidů řadíme například přírodní a modifikované škroby, pektin, algináty, xantanovou gumu, karagenany nebo guarovou gumu [1, 9, 41].

Výběr správného hydrokoloidu pro výrobu je závislý na několika faktorech. Záleží na požadované síle gelu, pH, iontové síle, teplotě potraviny, přítomnosti dalších složek, se kterými by mohl hydrokoloid reagovat. Hydrokoloidy dávají vznik nízkotučným produktům, kde tuk je nahrazen vodou, kterou právě hydrokoloid stabilizuje [42].

Po dlouhou dobu byly červené řasy používány pro výrobu potravin. Různé druhy *Rhodophyceae* obsahují přirozeně se vyskytující polysacharid vyplňující dutiny uvnitř celulosové struktury rostlin. Mezi takového polysacharidy řadíme karagenan, furcellaran a agar. Společnou vlastností je páteř galaktóz, liší se poměrem a umístěním esterově vázaných sulfátových skupin a zastoupením 3,6 – anhydrogalaktosy [43, 44].

### *Karagenany*

Jedná se o skupinu sulfatovaných galaktanů izolovaných z červených mořských řas rodu *Euchema cottonii* a *Euchema spinosum* se zředěnými alkalickými roztoky. Obvykle se vyrábí sodná sůl karagenanu. Vyskytují se na Filipínách, v Indonésii a dalších ostrovních pobřežích na Dálném východě. Karagen se dělí do několika typů – kappa, iota a lambda. Jednotlivé druhy se od sebe liší molekulovou hmotností, řadou různých kationtů (jako je draslík, sodík nebo vápník) a dalších složek. Rozdílné je i jejich využití a tvorba gelu. Kappa karagenan, produkovaný *E. cottonii*, tvoří silné termoreverzibilní gely s vysokým bodem tání, zejména v kombinaci s ionty draslíku nebo kaseinem. Vyskytuje se společně s iota karagenanem. Gely kappa karagenanu jsou nejsilnější. Iota karagenan, produkovaný *E. spinosum*, tvoří silnější gely v přítomnosti iontů vápníku než draslíku. Tvoří měkké odolné gely s dobrou stabilitou při mrazu a tání. Naopak lambda karagenan netvoří gely vůbec, protože nepodléhá konformačnímu uspořádání. Vytváří viskózní roztoky, a proto se využívá jako zahušťovadlo [43 - 48].



Obr. 2: Idealizované jednotky skupin  $\kappa$ -,  $\iota$ - a  $\lambda$ -karagenanů [47]

Teplota gelace roste se zvyšující se koncentrací elektrolytu. K iontu draslíku se specificky váže spirálová struktura kappa karagenanu, a tak podporuje tvorbu spirály. Ke tvorbě gelu dochází při mnohem nižších koncentracích. Karagenany v přítomnosti jednomocných iontů dávají za vznik obvykle termoreverzibilním gelům, i když je teplota tání mnohem vyšší jak teplota gelace. Gely vytvořené v přítomnosti dvojmocných iontů mohou být tepelně nevratné [49].

Extrakce karagenanů začíná sběrem řasy sklizené ve správný čas. Řasy je nutné po sklizni promýt vodou pro odstranění nečistot jako je písek nebo kameny. Následuje rychlé usušení zabraňující mikrobiální degradaci a snížení kvality karagenanu. Řasy jsou baleny a dopravovány do zpracovatelských závodů, před použitím se uskladní. Umístění výrobních závodů v místě sklizně snižuje náklady na sušení a následnou dehydrataci. V závodě dochází k lisování řas a testování. Řasy jsou rozděleny podle šarže, aby byl získán požadovaný extrakt. Po omytí od nečistot se řasy ošetří vhodným množstvím alkálie pro jejich bobtnání a extrakci karagenanu. Upravený karagenanový roztok se filtruje a vyčeří vysoko-

rychlostními odstředivkami a jsou zkoncentrovány. Roztoky jsou následně vysráženy isopropylalkoholem za vzniku vláknité hmoty, která je dále lisována a poté sušena. Usušená vlákna jsou rozemleta na požadovanou velikost částic [43].

Směsi karagenanů se používají k výrobě široké škály standardizovaných produktů s různým množstvím sacharosy, glukosy nebo pufrovacích solí. Využívají se pro tvorbu gelů, které jsou čiré nebo zakalené, tuhé nebo elastické. Využívají se pro aplikaci v mléčných výrobcích, protože díky silné synergické interakci s kaseinem dochází k tvorbě gelu při nízkých koncentracích (0,5%). Zahušťovací účinek kappa karagenanu v mléce je 5 - 10 krát větší než ve vodě. Používá se při výrobě čokoládového mléka, ve kterém struktura tixotropního gelu zabraňuje usazování kakaových částic. Díky flokulačním vlastnostem se využívají k vyjasnění piva nebo vína. Karagenany slouží jako povlaky na maso, kde je nosičem koření a příchutí a také mechanickou ochranou. Zadržují obsah vody a tím udržují měkkost masných výrobků. Jeho využití není jen v potravinářském průmyslu, přidává se do zubních past, kosmetiky nebo léčiv [43, 45 - 47].

#### *Furcellaran*

Označován také pod názvem „dánský agar“. Jedná se o negativně nabitý polysacharid produkovaný červenými řasami rodu *Furcellaria lumbricalis* (dříve pojmenovaný *F. fastigiata*). Je to lineární polymer složený z jednotek z fragmentu (1 → 3) β-D galaktopyranosy se sulfátovanou skupinou na C-4 a (1 → 4) 3,6- anhydro-α-D-galaktopyranosy. Společně s karagenanem je schválen Evropskou komisí jako potravinářsky přídatná látka pod kódem E 407. Furcellaran může reagovat s opačně nabitými proteiny, jako je želatina nebo hovězí sérový albumin [50 - 52].

Řasy *F. lumbricalis* jsou rozšířeny v Severním Atlantiku, od Barentsova moře po Biskajský záliv, zejména v brakických vodách Baltského moře. Pro průmyslové využití se používají řasy pouze z určité oblasti, v estonských vodách ve střední oblasti Baltského moře. V roce 2005 činila masa asi 140 000 tun, která se tvarem rok od roku liší. Svou strukturou se velmi podobá kappa karagenanu, hlavním rozdílem je menší stupeň sulfatace u furcellaranu. Sodné soli jsou rozpustné ve studené vodě, draselné a vápenaté musí být zahřívány. Furcellaran se rozpouští v horkých koncentrovaných cukerných roztocích, v koncentrovaných solných roztocích a 35% etanolu je nerozpustný. Jeho rozpustnost klesá při nízkém pH. Obsahuje vysoké množství bílkovinných pigmentů, tudíž je relativně boha-

tý na zdroj dusíku (obvykle 1,1 – 4,8 % sušiny). Obsah jódu je mírně vysoký. Jako jedna z mála mořských řas produkuje histamin [47, 53, 54].

Prvním krokem při extrakci furcellaranu je sběr řas, jejich sušení a skladování. Následuje pečlivé omytí řas od nečistot. Řasy jsou podrobeny extrakci za horka a poté je extrakt filtrován. Existují dvě možnosti následné úpravy. První je válcové sušení, kdy je kapalný extrakt převeden na vločkovitý furcellaran. Dochází k sušení extraktu na válcových sušárnách. Směs je promyta, přidá se KCl a znovu se směs promyje. Poté se extrahovaný furcellaran suší, rozdrtí na požadovanou velikost, balí a skladuje. Druhou možností je vysrážení gelu, kdy je furcellaran srážen chloridem draselným. Gel se ochladí a promývá, poté je podroben mechanickému lisování a granulaci. Jako v předchozí přípravě se furcellaran suší, drtí, balí a skladuje. Druhá možnost produkuje čistý a koncentrovaný produkt [55].

Galaktanová směs z této řasy byla jednou z prvních hydrokoloidů použitých pro průmyslovou výrobu z červených řas. První snahy o výrobu furcellaranu proběhly v Dánsku v roce 1917. Po mnoho desetiletí se produkt využívá pro výrobu různých druhů potravin. Využívá se jako želírující a zahušťující činidlo, flokulant, plnidlo, stabilizátor emulzí a zpomaluje tvorbu ledových krystalů [45].

### *Agar*

Agar – agar, zkráceně agar je prvním fykokoloidem používaným jako potravinářsky přídatná látka před více než 300 lety. Jedná se o produkt gelování extrahovaný z mořských řas. Jedná se o směs dvou polysacharidů agarosy a agaropektinu. Ve vodě bobobtná, v horké vodě se rozpouští. Po ochlazení vzniká gel již při koncentraci 0,5 %. Schopnost tvořit gel je 6x silnější než u želatiny. Agar se vyrábí z červených a hnědých řas rostoucích na dně teplého moře. V Evropě je označován kódem E 406 [43, 56].

Tradiční technika pro získávání agaru zahrnovala pečlivé omytí řas druhu *Gelidium amansii*. Ruční sběr zajistil vyloučení cizích těles nebo jiných druhů řas. Řasy byly extrahovány ve vroucí vodě s úpravou pH. V dřívějších dobách se úprava pH prováděla octem, nyní se využívá zředěná kyselina sírová. Tekutý extrakt byl za horka filtrován před bavlněné pytlíky, nalit na dřevěné podnosy a ponechán vychladnout. Poté byl gel nařezán na čtverce (4x6x24 cm) nebo vytlačován do tvaru špaget o délce 24 – 40 cm. Takto upravené gely byly položeny na bambusové rošty a umístěny na otevřeném prostranství útesů čelící severním větrům po celou noc. Přes noc agar zmrzl, naopak přes den rozmrzl, protože byl



kropen vodou. Poté byl usušen na slunci. Výroba touto technikou vytváří nepravidelné vlastnosti produktu, jelikož je proces závislý na okolním prostředí. Tato tradiční metoda se využívala, dokud americká společnost Agar & Co nezačala vyrábět agar průmyslově v mrazících tancích stejným způsobem. Extrakt z řas obvykle obsahující kolem 1 – 1,2 % agaru během procesu, je koncentrován vymražením a odstředěním na obsah 10 – 12 % agaru [43].

Ačkoliv má agar více využití, více než 80 % produkce se využívá v potravinářství. Zbylých 20 % je použito pro biotechnologické aplikace. Agar je bez chuti a zápachu, proto neovlivňuje chuť finálního produktu. Hydrokoloidy, které gelují v přítomnosti určitých iontů se smíchávají se silnými příchutěmi, kde dochází k maskování chutě kationtů. Jelikož dochází k interakci agaru s cukry, při výrobě potravin se zvýšeným obsahem cukru se zvyšují želírující vlastnosti. Toho se využívá při výrobě džemů nebo želé. Agar můžeme nalézt ve zmrzlinách, mléčných koktejlech, dortech, sušenkách, sladkostech, tavených sýrech, náplních nebo pudincích. Mimo potravinářství se používá jako biologické kultivační médium nebo v textilním průmyslu [43, 56].

#### 1.3.4 Příchutě a barviva

Na rozdíl od přírodních sýrů tavené sýrové omáčky nikdy nevytváří vlastní chuť, jelikož jsou podrobeny tepelnému záhřevu, který usmrcuje přítomnou mikroflóru potřebnou pro vývoj chuti. Proto je často poukazováno na nízký obsah přírodních příchutí. Chuť těchto produktů je zaměřena především na sýr. Postupem času se rozšířily příchutě přídavkem potravin jako je šunka, salám, krevety, houby aj. Maximální přídavek je do 15 g na 100 g, protože v této koncentraci neovlivňují konzistenci výrobku. Suroviny s vysokým obsahem soli mohou způsobit koagulaci kaseinu a odtok vody, proto se přidávají až po homogenizaci a po tavení. Pro zajištění mikrobiologické bezpečnosti se používají především konzervované ingredience, kromě šunky nebo salámu [1].

Další možností výroby je přídavek koření v množství od 0,01 – 1,0 g na 100 g. Koření se aplikuje na začátku tavení, aby došlo k rovnoměrnému zamíchání v sýrové hmotě. Účinkem vysoké teploty při tavení je dosaženo pasterace nebo sterilizace koření [1].

Barva tavené sýrové omáčky se odráží od barvy použitého sýra. Karotenoidy se dostávají do mléka od dojnice rostlinnou stravou. Jedná se o pigmenty žluté až oranžové barvy. Pokud se pro výrobu použije sýr typu čedar, gouda nebo eidam, barva výsledného produktu zůstane v rozmezí žluté až oranžové. S využitím sýrů typu gorgonzola nebo

roquefort s modrou a zelenou plísní se barva mění na šedou, která nelze odstranit. Pro dobarvení omáček byla vytvořena směs  $\beta$ -karotenu,  $\beta$ -apo-karotenu a  $\alpha$ -tokoferolu jako stabilizátoru [1].

### 1.3.5 Voda

Neopomenutelnou složkou je voda. Tavicí soli ji potřebují pro rozpuštění. Voda upravuje obsah sušiny/vlhkosti v produktu. Při sestavování surovinové skladby je nutné myslet na vodu, které je vstříkována ve formě páry do kotle [1].

## 1.4 Tavené sýry a podobné produkty ve výživě člověka

Z televize, internetu, novin a časopisů se můžeme dozvědět o škodlivosti tavených sýrů. Argumentem často bývá, že tavené sýry jsou vyráběny ze znehodnocených nebo plesnivých sýrů. Výrobci se snaží upouštět od výroby tavených sýrů ze zaplísňených sýrů ušlechtilou plísní [16].

Složení taveného sýra ovlivňuje i jeho nutriční hodnotu. Jsou vyráběny z kvalitních přírodních sýrů obsahující cenné a drahé mléčné bílkoviny (kasein) nebo mléčný tuk. Proto jsou zdrojem esenciálních aminokyselin, jako je leucin, izoleucin, methionin, fenylalanin, threonin, tryptofan a valin. Jsou zde přítomny vitamíny rozpustné v tucích i ve vodě A, D, E, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, kyselina pantotenová, B<sub>6</sub>, biotin, kyselina listová, B<sub>12</sub> a C. Neopomenutelný je také zdroj minerálních látek – vápník, hořčík, draslík, sodík a fosfor. Přítomný mléčný tuk je z 2,3 % složen z polynenasycených mastných kyselin omega 6 a omega 3 v poměru 2:3. Přírodní sýr se nepodílí na zvyšování hladiny cholesterolu v krvi. Přírodní sýr, jako základní složka, neobsahuje vitamín C ani vlákninu. Proto je dobré jej kombinovat například se zeleninou. Nutriční složení sýrové omáčky závisí na druhu a kvalitě sýra [15, 17, 57].

Mezi základní živiny důležité pro organismus je řazen fosfor. Jeho nadměrná konzumace má ale negativní následky. Dochází k poškození struktury kostí, a tím přispívá k osteoporose, zejména v kombinaci s nízkým obsahem vápníku. Optimální molární poměr Ca:P ve stravě je 1:1. V tavených sýrech se poměr mění Ca:P (1: 1,5 – 3,0). V současné době se zvyšuje tendence zdravého stravování, čehož využívají i výrobci tavených sýrů. Zákazníci vyhledávají výrobky s nízkým obsahem tuku, cukru nebo soli. Částečnou náhradou tavicích solí hydrokoloidy lze dosáhnout snížení obsahu soli. Přídavek vlákniny přispívá ke zlepšení nutričních vlastností. Jedná se o uhlovodíkové polymery, polysacharidy (celulosa, hemicelulosa, inulin, škrob a jiné). Vlákna není trávena a absorbována tenkých

střevem. Jejím úkolem je zkrácení doby, kdy je trávenina ve střevech a zvětšení objemu, snížení hladiny LDL cholesterolu v krvi, udržování hladiny glukosy a inzulínu [6, 9, 58].

Častým tvrzením o tavených sýrech je, že jsou plné „éček“. Přidatné látky označené pod E-kódem jsou látky, které byly podrobeny toxikologickým testům. Je stanovena určitá koncentrace, která není nebezpečná pro spotřebitele. Maximální přípustné koncentrace jsou ustanoveny legislativně. Tyto limity jsou dokonce stonásobně (někdy i více) nižší, než koncentrace, se kterými se testovalo, a nebyly pozorovány žádné negativní účinky na testované. Navíc přidatné látky patří mezi dražší položky. V tavených sýrech jsou přidatnou látkou tavicí soli, zajišťující iontovou výměnu vápenatých iontů v mléčné bílkovině za sodné ionty. Je snaha tyto soli nahradit jinými látkami (např. karagenany). Musí to být testovaná přidatná látka s přiřazeným E-kódem. Poté dojde pouze k výměně jedné přidatné látky s E-kódem za jinou [16].

## 2 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK A PODOBNÝCH PRODUKTŮ

Tavené sýrové omáčky a tavené sýry se vyrábí z přírodních sýrů, které se mohou lišit stupněm zralosti. Sýr je drcen a poté zahříván s ostatními surovinami. Cílem emulgačního procesu je vytvoření homogenního produktu a rovnoměrné disperze kapiček tuku. Působením tavicích solí (obvykle sodné soli citrátů, fosfáty, polyfosfáty nebo jejich kombinace) je proteinová vodná fáze a olejová fáze emulgována za vzniku stabilní emulze typu olej ve vodě (O/V). Tento děj probíhá za zvýšené teploty a vakua. Finální produkt má stejný obsah tuku jako použitý sýr, je hladký s jednotnou barvou. Vzniklá směs je balena do bloků nebo jako plátky, v závislosti na požadavcích zákazníka. Na rozdíl od přírodních sýrů jsou tavené sýrové omáčky a tavené sýry levnější s delší trvanlivostí. Díky různorodé surovinové skladbě poskytují neomezené množství různých produktů. Teplota, doba tavení, rychlosti míchání během výroby a rychlost chlazení jsou důležitými činiteli při tvorbě emulze a funkčních vlastností konečného produktu [1, 29 - 31, 33, 59].

Výroba tavených sýrů a tavených sýrových omáček zahrnuje následující kroky: [1, 14]

- sestavení surovinové skladby – jaké suroviny mají být použity, jaký typ surovin, stupeň zrání, množství,
- čištění a úprava velikosti – drcení, strouhání a/nebo mletí přírodního sýru,
- míchání rozmělněného sýru s tavicími solemi, vodou a ostatními přísadami,
- proces tavení,
- homogenizace roztaveného produktu,
- plnění a balení roztaveného produktu za horka,
- chlazení a skladování – během kterého získává produkt charakteristickou texturu finálního produktu.

### 2.1 Sestavení surovinové skladby

Aby finální výrobek splňoval požadavky zákazníka, je nutný správný výběr surovin. Záleží na vhodném typu a množství přírodního sýru, tavicích solích, vodě a ostatních volitelných složkách. Suroviny použité pro výrobu by měly být analyzovány na obsah tuku a vlhkosti. Správný výpočet všech složek je nutný pro sestavení surovinové skladby. Dnes se sestavení surovinové skladby provádí většinou pomocí tabulkových programů na počítači.

tači (např. Microsoft Excel), kde jsou zadány suroviny se svým složením. Při změně poměru určitých složek je vyhodnocena změna na složení (např. hladiny proteinu, tuku, vlhkosti, intaktního kaseinu nebo vápníku). Přírodní sýr je hlavní surovinou těchto produktů. Jeho vlastnosti nejvíce ovlivňují konzistenci a chuť tavených sýrových omáček. Ve Velké Británii nebo Austrálii je obliba vyrábět pasterizovaný tavený sýr ze sýru typu čedar. V USA nebo Kanadě je rozšířená výroba ze sýru mozzarella nebo gruyère, ve Francii nebo Německu z ementálu. Na rozdíl od přírodních sýrů nejsou omáčky vyráběny přímo z mléka, ale z jiných surovin jako je odstředěné mléko, přírodní sýr, voda, máslo, rostlinné oleje, kaseináty apod. Suroviny lze proto rozdělit podle původu na mléčné a nemléčné [14].

## 2.2 Čištění a úprava velikosti

Prvním krokem je odstranění vosku nebo jiných obalových materiálů. Cílem drcení a mletí přírodního sýru je co nejvíce zvětšit jeho povrch a tím usnadnit interakcím s ostatními složkami, umožnit převod tepla do směsi během tavení a vytvoření jednotné roztavené směsi. Sýr může být dodáván ve formě bloků (5 – 20 kg) nebo v barelech (~ 227 kg). Zařízení určená pro drcení a mletí mají vysoký výkon, jsou schopná drtit sýr při zhruba 454,5 kg/min. Bloky másla jsou mlety pomocí specializovaných zařízení na menší části [1, 14, 29].

## 2.3 Předmíchání surovin

Jemně rozemletý přírodní sýr se dávkuje přímo do kotle, kde dochází ke smíchání s tavicími solemi, vodou a dalšími volitelnými složkami. Je možné některé nebo všechny složky nejprve smíchat ve specializovaných předmíchávacích, kde je zajištěna homogenita všech materiálů. Další výhodou je vzájemné působení složek mezi sebou a fyzikálně-chemické změny probíhající během zpracování (absorpce vody proteinem). Tyto děje probíhají při nižších teplotách, než je teplota tavení. To vede k jednotnější kvalitě produktů [14].

## 2.4 Proces tavení

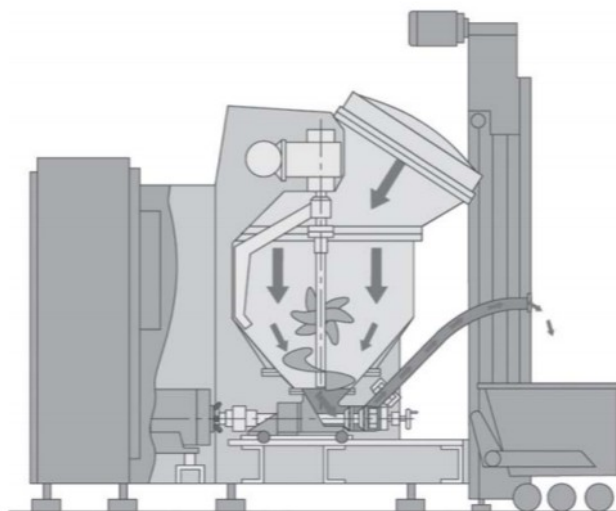
Proces zahrnuje přímý nebo nepřímý záhřev kotle na teplotu 75 – 85°C, někdy až 115°C po dobu 1 – 5 minut za neustálého míchání. Požadovaná teplota a doba záhřevu se liší v závislosti na složení, požadované struktuře výrobku nebo trvanlivosti. Použití částečného vakua je volitelné. Používá se k regulaci vlhkosti při přímém vstříkávání páry do kot-

le. Přínosné je i při odstraňování vzduchu a prevenci přítomnosti vzduchových bublin. Při záhřevu se přírodní sýr roztaví, tuk a sérové fáze se oddělí. Tavicí soli poté umožňují proces emulgace. Míchání během dávkování je obvykle pomalé (50 – 150 ot./min.). Důvodem tavení je inaktivace potencionálních patogenů a mikroorganismů způsobující kažení produktu. Tím je prodloužena skladovatelnost výrobků. Dále je to tvorba fyzikálně-chemických stabilních produktů s požadovanými sensorickými a texturními vlastnostmi [1, 14, 29].

Hlavními cíly tavení jsou: [1]

- rovnoměrná distribuce všech složek surovinové skladby,
- rozpuštění tavicích solí, které poté reagují s bílkovinami sýru a hydratují je,
- emulgace a stabilizace dispergovaných tukových kuliček hydratovaným proteinem,
- přeměna směsi na finální produkt s jednotným vzhledem, směs postupně houstne a stává se krémovější při 70 – 95°C.

Tavba probíhá v dávkovacích kotlích (např. Shephan, Damrow, Blentech) nebo v systémech kontinuálního záhřevu a stříhu (např. KS Heating System UHT), které jsou připojené k přívodu vody, páry a vakua. Při kontinuální výrobě jsou všechny složky čerpány přímo do extrudéru s dvojitým šnekem při teplotě 70 – 90°C. Tato výroba zajišťuje vysoký stupeň hydratace a emulgace proteinů a může se využít k redukci tavicích solí ve výrobcích. Extruzní vaření má za následek jednosměrné zarovnání vrstev roztavené směsi před desky matrice a umožňuje tvorbu vláknité struktury [14].



Obr. 3: Příklad tavicího kotle s vysokým mechanickým působením [1]

Pokud se neuplatňuje předmíchání, jsou složky vkládány do kotle. Pořadí dávkování složek se liší v jednotlivých závodech, typech kotle, době vaření, apod. Většinou je první přidána voda, rozemletý sýr, směs tavicích solí a poté volitelné suroviny (např. sušené odstředěné mléko) a příchutě. Pokud je doba tavení krátká, je možné tavicí soli rozpustit v části vody před dávkováním do kotle, na začátek se přidá pouze část vody, po určité době se zbývající voda může přidat ručně nebo dávkovacím čerpadlem. Tímto způsobem je minimalizována doba potřebná k dispergaci tavicích solí během vaření pravděpodobně zvýšením koncentrace tavicích solí na začátku tavy, a tím i zvýšení efektivity tavicích solí pro podporu fyzikálně-chemických změn v tavenině [14].

## 2.5 Homogenizace

Horká roztavená směs může být podrobena homogenizace klasicky prvním a následně druhým stupněm při tlaku 15 MPa, respektive 5 MPa. Homogenizace umožňuje další mísení a zmenšení velikosti hrubých nebo nerozpustných částic (tavicí soli, složky mléčných bílkovin). Podporuje jemnější disperzi tukových kuliček, což má za následek hladší a krémovější směs a tužší konzistenci v konečném produktu. Homogenizace se také používá pro výrobu produktů o vysoké vlhkosti (tavené sýrové omáčky, tavené sýrové pomazánky) na podporu zahušťování a krémování. Homogenizace výrobků není moc rozsáhlá v důsledku vysokých pořizovacích a provozních nákladů. Výjimku tvoří tavené sýrové produkty s vysokým obsahem tuku, které jsou homogenizací podrobeny [1, 14, 29].

## 2.6 Balení

Horká roztavená směs je dopravována pomocí čerpadel do plnicího/balícího stroje. Další možností je přeprava v mobilních kontejnerech, kde je vysoké riziko kontaminace. Výrobky se balí do skládacích tub, skla, plechovek nebo kartonů. Obalový materiál musí být nepropustný a měl by chránit produkt před následující vlivy: [1, 29]

- Dehydratace. Je způsobena ztrátou vlhkosti odparem vody, kdy dochází k ovlivnění povrch produktu. Může dojít ke změně textury, vzhledu výrobku a hmotnostním ztrátám.
- Kontaminace. Obal musí chránit výrobek před kontaktem s mikroorganismy, mohlo by se jednat o patogeny způsobující kažení.

- Ztráta chutě a vůně může být způsobena pohlcením nežádoucího aroma z okolního prostředí během skladování nebo migrace těchto složek a vzájemné působení s obalovým materiálem.
- Průnik kyslíku k produktu způsobuje nežádoucí oxidaci tuku. Vzniká žluklá chuť a aroma. Kyslík podporuje růst aerobních mikroorganismů, které znehodnocují výrobek.
- Propustnost světla přispívá k oxidaci tuku.

## 2.7 Chlazení a skladování

Po plnění/formování následuje chlazení a skladování při teplotě 4 – 8°C. Horká roztavená směs si během chlazení vytváří charakteristické vlastnosti, které závisí na složení směsi, výrobě, době a rychlosti chlazení. Faktory ovlivňující strukturu vytvořenou při chlazení jsou: [1, 29]

- interakce mezi bílkovinnými agregáty, vlákny a/nebo proteiny na povrchu emulgovaných tukových globulí,
- krystalizace tuku,
- vytvoření amorfní struktury založené na agregaci vápník-fosfátového komplexu.

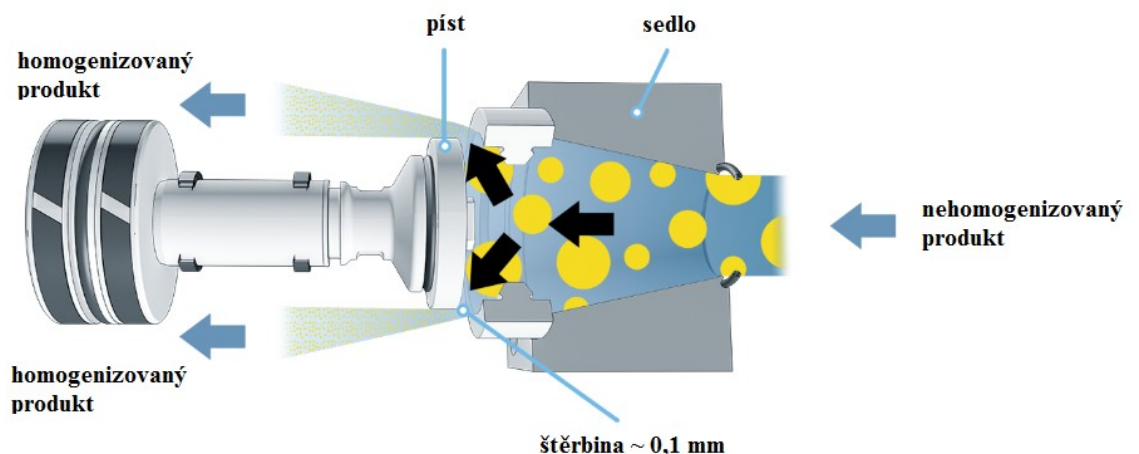
Smetanové tavené sýry (tj. roztíratelné) jsou podrobeny chlazení co nejdříve. Rychlost chlazení je pomalejší než u tavených sýrů v blocích, protože chlazení změkčuje produkt. Pomalé chlazení podporuje Maillardovu reakci a růst spór [1, 29].



### 3 HOMOGENIZACE

Homogenizace je důležitým procesem v mlékárenství. Slouží ke stabilizaci lipidové fáze proti separaci působením gravitace. Mléko je definováno jako tekutý sekret z mléčné žlázy. Jedná se o emulzi typu olej ve vodě, kde olej tvoří tukové kuličky rozptýlené v nepřetržitě vrstvě. Velikost tukových kuliček se pohybuje v rozmezí 1 – 15  $\mu\text{m}$ , v průměru 3 – 4  $\mu\text{m}$ . Po nadojení a ponechání mléka v klidu tuk vyvstane na povrch a vytvoří krémovou vrstvu. Po aplikaci homogenizace dochází k mechanickému ošetření tukových kuliček. Ty jsou s horkým mlékem protlačeny pod vysokým tlakem malým otvorem, což způsobuje snížení průměru kuliček, navýšení jejich počtu a zvětšení povrchu. Průměr tukových kuliček se sníží na 1 – 2  $\mu\text{m}$ . Membrána chrání tukové kuličky před aktivitou lipáz. Po homogenizaci je membrána zničena a tukové globule jsou náchylné k enzymatické činnosti přirozeně přítomné v mléce. Proto se mléko pasterizuje před homogenizací. Vyšší teplota mléka inaktivuje lipázovou aktivitu a usnadňuje rozpad tukových kuliček [60 - 62].

Homogenizátor se skládá z tříválcového pístového čerpadla a homogenizačního ventilu. Kapacita může být až 60 000 l/hod. Využívá se tlaku přibližně 12 – 16 MPa. Velkoobjemové čerpadlo žene mléko malým tvorem homogenizačního ventilu, kde se rychlost mléka zvyšuje ze 4 – 6 m/s na 120 m/s za 0,2 ms. V kombinaci víření a tvorby dutin dochází ke zmenšení velikosti tukových kuliček během homogenizace. Vzniklá energie je rozptýlena v tekutině, prochází skrz homogenizační ventil a vytváří intenzivní víry o stejné velikosti jako je průměr globule. Tyto víry snižují průměr tukových kuliček jejich roztržením [61].

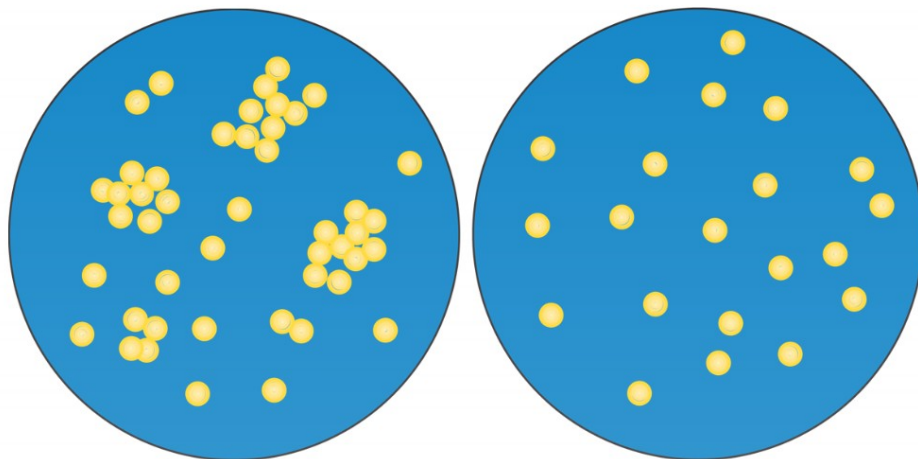


Obr. 4: Homogenizační hlava (upraveno) [63]

### 3.1 Obecná charakteristika homogenizace

Před objevem homogenizátoru byl problém s oddělováním mléčného tuku od mléka řešen pomocí produktu s dostatečnou viskozitou získanou pečlivě řízenou destabilizací kaseinu. To vede k počáteční koagulaci produktu bez zahuštění. Tento proces vyžadoval zručnost. S příchodem homogenizace bylo zabráněno separaci tuku mnohem snadněji. V 80. letech se začala využívat vysokotlaká homogenizace (HPH), která zlepšovala účinnost klasické homogenizace a emulgace tím, že aplikovala tlaky až dvacetkrát vyšší. Kromě homogenizace a emulgace ničí také bakterie a viry, inaktivuje enzymy a mění kaseinové micely a syrovátkové proteiny [11].

Účelem homogenizace je zmenšení tukových částic (střední průměr globule  $< 2 \mu\text{m}$ ), aby se zabránilo shlukování globulí a snížila se rychlost krémování během skladování. Doporučuje se dvoustupňová homogenizace, kdy tlak při první aplikaci je 20 MPa, ve druhé 5 MPa. Dochází k ovlivnění tepelné stability, se zvýšením homogenizačního tlaku klesá. Naopak nízkotlaká homogenizace ( $< 5 \text{ MPa}$ ) mírně zlepšuje tepelnou stabilitu. Na kvalitě provedené homogenizace má vliv typ ventilu, provozní tlaky, jednostupňová nebo dvoustupňová sestava, obsah tuku, původní velikost tukových globulí, přítomnost povrchově aktivní látky, viskozita produktu a také homogenizační teplota [61, 64].



Obr. 5: Rozrušení tukových globulí po jednostupňové a dvoustupňové homogenizaci [63]

### 3.2 Homogenizátor

Smykové síly potřebné pro homogenizaci vznikají různými způsoby. Proto se pro homogenizaci používají různá zařízení: [65]

1. Míchačky s vysokým stříhem,
2. Koloidní mlýny,
3. Vysokotlaké homogenizátory (HPH – high-pressure homogenizers, známé po svém vynálezcí také jako Gaulinův homogenizátor). U tohoto zařízení protéká směs vysokou rychlostí úzkou štěrbinou. Homogenizátor se skládá z vysokotlakého pístového čerpadla a homogenizační hlavy. Použití vysokého tlaku, v rozmezí 20 – 70 MPa, je nutné pro překonání tření v homogenizační hlavě. Ta se skládá z úzkých mezer (homogenizačních ventilů) o různém tvaru. Podle počtu ventilů rozdělujeme homogenizátor na jednostupňový (s jedním ventilem) nebo dvoustupňový (s dvěma ventily v sérii).

Mechanismy odpovídající za rozrušení částic při vysokotlaké homogenizaci jsou: [65]

- stříh uvnitř tekutiny kvůli gradientům rychlosti,
  - dopad částic na tvrdé povrchy ventilu,
  - kavitace: průchodem tekutiny úzkou štěrbinou dochází ke zrychlení na velmi vysokou rychlost, tím dochází ke snížení tlaku. Pokud tlak klesne pod tlak vodní páry, může dojít k částečnému odpařování. Bubliny páry se rozšiřují a poté rozpadají, což má za následek vznik rázové vlny, která ještě více přispívá k rozbití částic.
4. Ultrazvukové homogenizátory, jedná se o ultrazvukové vlny s frekvenčním rozsahem 20 – 30 kHz mající schopnost rozbíjet částice emulzí, rozkládat měkké částice suspenzí a dokonce depolymerizovat polymery v roztoku. Ultrazvuková homogenizace při výkonu 1 kW se využívá v evropských laboratořích k emulgaci a narušení buněk.

### 3.3 Homogenizace při výrobě tavených sýrových produktů

Homogenizace nepatří mezi nezbytné kroky při výrobě sýrů, výjimku tvoří konkrétní druhy sýrů, například sýry s modrou plísní nebo nízkotučné sýry. Její nevýhodou jsou vysoké náklady a nároky na čas. K výrobě tavených sýrů se využívají míchací zaříze-

ní, která zajistí vznik jednotné emulze, proto není nutnost použít homogenizaci. Silné proudění vzniklé míchadlem uvnitř tavicího kotle snižuje velikost jak tukových kuliček, tak dalších složek a vzniká emulze typu olej ve vodě. Rychlost míchání v kotli má přímý vliv na texturu taveného sýru. Pokud je homogenizátor aplikován, následuje po tavicím kotli [10].

Během homogenizace, aby došlo ke snížení mezifázového napětí, se tavicí soli adsorbují na povrch tukových kuliček. Vrstva adsorbované tavicí soli zabraňuje dalšímu rozpadu tukových kapek, když se srazí uvnitř homogenizátoru. Homogenizace zlepšuje stabilitu emulze, ovlivňuje konzistenci, strukturu a vzhled konečného produktu [66].

## **PRAKTICKÁ ČÁST**

## CÍL PRÁCE:

Cílem této diplomové práce bylo zkoumání vlivu přídavku furcellaranu a použití homogenizace na vybrané vlastnosti tavených sýrových omáček. Pro získání výsledků bylo nutné:

- Vyrobit modelové vzorky tavených sýrových omáček s tavicími solemi o obsahu sušiny 30 % (w/w) a obsahu tuku v sušině 66 % (w/w) s přídavkem furcellaranu o koncentraci 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w) bez použití homogenizace, s použitím jednostupňové homogenizace s tlakem 200 barů a s dvoustupňovou homogenizací o tlaku 200 barů a poté 100 barů.
- Provést základní chemickou (stanovení sušin a pH) a reologickou analýzu a test stability po 1. a 7. dnu skladování, měření tlumících vlastností a elektrické vodivosti po 1. dnu skladování.
- Vyhodnotit získané výsledky a interpretovat závěry vlivu furcellaranu a homogenizace na tavené sýrové omáčky.

## 4 METODIKA PRÁCE

Pro praktickou část diplomové práce byly vyrobeny modelové vzorky tavených sýrových omáček s obsahem sušiny 30 % (w/w) a tuku v sušině 66 % (w/w), s přidavkem tavicích solí a furcellaranu o koncentraci 0,25 %; 0,50 %; 0,75 % a 1,00 % (w/w). Jako kontrola byl vyroben referenční vzorek tavené sýrové omáčky s tavicími solemi bez přidavku furcellaranu. Po výrobě byly vzorky podrobeny homogenizaci. První homogenizace proběhla za tlaku 200 barů, následovala druhá za tlaku 100 barů. Z každé výroby byly odlišeny tři vaničky pro pozdější analýzu bez použití homogenizace. Následně byly modelové vzorky baleny, chlazeny a skladovány při chladírenské teplotě ( $6 \pm 2$  °C). První a sedmý den po výrobě proběhla základní chemická a reologická analýza a test stability. Po prvním dnu skladování bylo provedeno měření tlumících vlastností a elektrické vodivosti. Výroba probíhala na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně, Fakultě technologické na Ústavu technologie potravin.

### 4.1 Popis surovin a přístrojů pro výrobu

- Přírodní sýr eidamského typu: 50 % (w/w) obsahu sušiny, 30 % (w/w) tuku v sušině, zralost 7 týdnů, výrobce AGRICOL s.r.o., Německo;
- máslo: 82 % (w/w) tuku v sušině, výrobce Sachsenmilch Leppersdorf, GmbH, Wachau, Německo;
- pitná voda;
- tavicí soli: o celkové koncentraci 2,27 % (w/w) z celkové hmotnosti taveniny, 26 %  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , 30 %  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , 22 %  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ , 22 % POLY 69, Fosfa a.s.;
- furcellaran o koncentraci 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 %, Estagar Estonsko;
- směs MAG a DAG, Brenntag, Česká republika.

Modelové vzorky tavených sýrových omáček byly vyrobeny pomocí přístroje Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Hameln, Německo). Pro homogenizaci byl použit přístroj PandaPLUS (GEA Niro Soavi, Itálie).



Obr. 6: Stephan UMC – 5 [67]



Obr. 7: PandaPLUS [68]

## 4.2 Pracovní postup

Podle připravené surovinové skladby byly naváženy všechny suroviny. Tavicí soli, furcellaran a směs MAG a DAG byly naváženy do jednotlivých plastových vaniček. Přírodní sýr byl nakrájen na kostky o hraně cca 2 cm. Poté byl sýr vložen do přístroje Stephan, kde proběhlo jeho mělnění při 3000 otáčkách. Po uplynutí jedné minuty byl přístroj zastaven a otevřen pro dávkování dalších surovin – máslo, pitná voda, furcellaran, tavicí soli a směs MAG a DAG. Kotel byl uzavřen a proběhlo odsávání vzduchu, které předcházelo vzniku vzduchových bublin ve vzorku. Po odsátí byla do mezipláště puštěna horká voda o teplotě 95°C vyhřívána vodní lázní. Bylo zapnuto míchání s 1500 otáčkami za minutu. Při tavení byla směs neustále míchána, aby se zabránilo ulpívání na stěnách kotle. Po uplynutí doby cca 11 minut byla dosažena tavicí teplota 90°C, která byla udržována po



dobu 1 minuty. Po ukončení tavení byl přístroj zastaven, uvolněno vakuum a sundán poklop přístroje. Část horké taveniny byla nalita do dvou plastových vaniček pro pozdější analýzu. Zbytek taveniny byl podroben první homogenizaci při tlaku 200 barů [20 MPa]. Opět byla část směsi oddělena do plastových vaniček pro analýzu. Zbytek směsi byl podroben homogenizaci podruhé, tentokrát při tlaku 100 barů [10 MPa]. Po ukončení druhé homogenizace byly vzorky opět nality do vaniček. Každý vzorek byl řádně označen, zchlazen a uchováván při teplotě ( $6 \pm 2$  °C) pro další analýzu.

Po výrobě vznikly následující řady vzorků:

- Referenční vzorek tavené sýrové omáčky s tavicími solemi (TS) bez homogenizace (BH)
- Referenční vzorek tavené sýrové omáčky s TS s první homogenizací 200 barů (H200)
- Referenční vzorek tavené sýrové omáčky s TS s druhou homogenizací 100 barů (H100)
  
- Modelový vzorek tavené sýrové omáčky s TS s 0,25 % furcellaranu BH
- Modelový vzorek tavené sýrové omáčky s TS s 0,25 % furcellaranu s H200
- Modelový vzorek tavené sýrové omáčky s TS s 0,25 % furcellaranu s H100
  
- Modelový vzorek tavené sýrové omáčky s TS s 0,50% furcellaranu BH
- Modelový vzorek tavené sýrové omáčky s TS s 0,50 % furcellaranu s H200
- Modelový vzorek tavené sýrové omáčky s TS s 0,50 % furcellaranu s H100
  
- Modelový vzorek tavené sýrové omáčky s TS s 0,75 % furcellaranu BH
- Modelový vzorek tavené sýrové omáčky s TS s 0,75 % furcellaranu s H200
- Modelový vzorek tavené sýrové omáčky s TS s 0,75 % furcellaranu s H100
  
- Modelový vzorek tavené sýrové omáčky s TS s 1,00 % furcellaranu BH
- Modelový vzorek tavené sýrové omáčky s TS s 1,00 % furcellaranu s H200
- Modelový vzorek tavené sýrové omáčky s TS s 1,00 % furcellaranu s H100

### 4.3 Základní chemická analýza

#### 4.3.1 Stanovení celkového obsahu sušiny

U všech modelových vzorků bylo provedeno stanovení obsahu sušiny dle normy ČSN EN ISO 5534:2005 [69]. Na analytických vahách byla zvážena hliníková miska s křemenným pískem a skleněnou tyčinkou. Zvážená hodnota byla zaznamenána. Poté byl do misky navážen modelový vzorek tavené sýrové omáčky v rozmezí 2 – 3 g. Jeho hmotnost byla opět zaznamenána do tabulky. Pomocí skleněné tyčinky byl vzorek pečlivě smíchán s křemenným pískem. Poté byly vzorky vloženy do sušárny s teplotou  $105 \pm 2^\circ\text{C}$  do konstantního úbytku hmotnosti. Po ukončení sušení byly misky vloženy do exsikátoru k chlazení. Na vahách byla odečtena hmotnost. Každý vzorek byl podroben trojímu stanovení ( $n=3$ ). Veškeré vážení probíhalo na analytických vahách s předností na čtyři desetinná místa.

Celkový obsah sušiny v % byl následně vypočten podle následujícího vzorce:

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

kde: S ... obsah sušiny [%]

$m_1$  ... hmotnost vysoušené misky s křemičitým pískem a tyčinkou [g]

$m_2$  ... hmotnost vysoušené misky s křemičitým pískem a tyčinkou a tavenou sýrovou omáčkou před vysoušením [g]

$m_3$  ... hmotnost vysoušené misky s křemičitým pískem a tyčinkou a tavenou sýrovou omáčkou po vysušení [g]

#### 4.3.2 Stanovení pH

Stanovení proběhlo při laboratorní teplotě ( $22 \pm 2^\circ\text{C}$ ) za použití skleněné elektrody pH metru (pHSpear, Eutech Instruments, Oakton Malaysia). Elektroda kalibrovaného pH metru byla čtyřikrát ( $n=4$ ) vsunuta do náhodných míst vaničky, pro zamezení vnesení odchylek a faktorů, které by mohly mít vliv na pH modelových vzorků, ať už při výrobě, skladování či samotných analýzách.

#### 4.4 Dynamická oscilační reometrie

Dynamickou oscilační reometrií byly stanoveny viskoelastické vlastnosti modelových vzorků tavených sýrových omáček. Smyslem této metody je řízená deformace modelových vzorků a sledování jejich chování při toku látek. Viskoelasticitu tavených sýrových omáček znázorňuje elastický modul pružnosti ( $G'$ ), popisující elastické chování vzorků, a ztrátový modul pružnosti ( $G''$ ), popisující viskózní chování vzorků. Poměrem těchto dvou modelů lze vypočítat tangens úhlu fázového posunu:

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

Komplexní modul pružnosti ( $G^*$ ) definován jako celkový odpor vzorku k deformaci byl vypočítán dle vztahu:

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

Výsledky dynamické oscilační reometrie byly měřeny pomocí přístroje Rheostress 1 (Haake, Bremen, Německo) s geometrií deska-deska o průměr 35 mm a štěrbinou 1 mm. Dostatečné množství vzorku tavené sýrové omáčky bylo nanášeno mezi statickou a oscilující desku reometru, po vytemperování reometru vodní lázní na teplotu  $20,0 \pm 0,1^\circ\text{C}$ . Měření probíhalo v rozsahu frekvence oscilace 0,01 – 100 Hz. Amplituda smykového napětí byla 2 MPa.

#### 4.5 Měření stability

Stabilita byla měřena jako ve studii Nikzade a kol. (2012) [70], postup byl podroben drobným modifikacím. Jako první byla zvážena prázdná plastová zkumavka s víčkem, jejíž hodnota byla zaznamenána do tabulky. Do zkumavky bylo lžící vloženo asi 5 g modelového vzorku tavené sýrové omáčky a zváženo. Hmotnost vzorku byla opět zapsána. Jako poslední byla zvážena plastová zkumavky se vzorkem tavené sýrové omáčky. Vážení probíhalo vždy na analytických vahách s předností na čtyři desetinná místa. Takto připravené a řádně popsání zkumavky byly vloženy do centrifugy (EBA 21 Hettich Zentrifugen, Tuttlingen, Německo) při 6000 ot. /min. po dobu 20 minut.

Stabilita byla určena podle následujícího vztahu:

$$S = \frac{F_1}{F_0} \cdot 100$$

Kde: S ... stabilita [%]

F<sub>0</sub> ... hmotnost mod. vzorku tavené sýr. omáčky vložené do zkumavky [g]

F<sub>1</sub> ... hmotnost sedimentu po odtoku přebytečné kapaliny [g]

Každý modelový vzorek tavené sýrové omáčky byl podroben testu stability dvakrát.

#### 4.6 Měření tlumících vlastností

Měření tlumících vlastností lze vyjádřit jako schopnost přenosu tlumících funkcí vypočtené podle vzorce:

$$D = 20 \cdot \log \frac{v_1}{v_2}$$

kde: D ... přenos tlumících vlastností [dB]

v<sub>1</sub> ... amplituda rychlosti při vstupu testovaného vzorku [m/s]

v<sub>2</sub> ... amplituda rychlosti při výstupu testovaného vzorku

V případě harmonické nucené oscilace lze vyjádřit přenos tlumících vlastností rovnicí:

$$D = 20 \cdot \log \frac{a_1}{a_2}$$

kde: a<sub>1</sub> ... amplituda zrychlení při vstupu testovaného vzorku [m/s<sup>2</sup>]

a<sub>2</sub> ... amplituda zrychlení při výstupu testovaného vzorku [m/s<sup>2</sup>]

Podle hodnoty přenosu tlumících vlastností D existují 3 typy mechanických vibrací:

- tlumené (D>0),
- netlumené (D=0),
- rezonanční (D<0).

Harmonické systémy jsou známé přirozenými frekvencemi. Systém se sestává z pružiny o tuhosti k (N/m) a připojené hmotnosti m (kg), netlumená přirozená frekvence ω<sub>n</sub> (rad/s) je dána rovnicí:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Reálné systémy se vyznačují pozdějším viskózním tlumením pod harmonickým pohybem. Tlumiče mají maximální amplitudu posunu, když jsou podněcovány na tlumené přirozené frekvence  $\omega_d$  (rad/s), ta je znázorněna rovnicí:

$$\omega_d = 2\pi \cdot f_R = \omega_n \cdot \sqrt{1 - 2\xi^2}$$

Mechanické tlumení vibrací tavených sýrových omáček bylo stanoveno metodou nuceného kmitání. Funkce tlumení byla experimentálně měřena pomocí vibračního zařízení BK 4810 v kombinaci s analyzátozem BK 3560-B-030 a výkonným zesilovačem BK 2706 ve frekvenčním rozsahu 2 – 600 Hz. Vibračním zařízením vznikají sinusové vlny. Amplitudy zrychlení při vstupu a výstupu vzorků byly zaznamenávány pomocí akcelometru BK 4393 (Brüel & Kjær, Nærum, Dánsko). Modelový vzorek tavené sýrové omáčky byl vložen do misky. Měření přenosu tlumících vlastností bylo provedeno se vzorkem s hmotností  $m=85\text{g}$ . Rozměr vzorku byl 60 x 60 x 20 mm (délka x šířka x výška). Každé měření proběhlo pětkrát ( $n=5$ ) při teplotě  $23 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### 4.7 Měření elektrické vodivosti

Elektrická vodivost popisuje schopnost dobře vést elektrický proud. Měření elektrické vodivosti proběhlo za použití přístroje EC400: ExStik, Conductivity/TDS/Salinity Meter, USA. Jako první byl vzorek zahřát v mikrovlnné troubě Eta (0209 90000 MORELO, Česká republika) při výkonu 700W na teplotu  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ . Měření hodnot proběhlo, když teplota klesla o  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Tímto způsobem se postupovalo až do  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Byly vyrobeny modelové vzorky tavených sýrových omáček o obsahu sušiny 30 % (w/w) a tuk v sušině 66 % (w/w) s přidavkem furcellaranu o koncentraci 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w). Jedna sada vzorků nebyla podrobena homogenizaci, u druhé byla aplikována jednostupňová homogenizace a u třetí byla použita dvoustupňová homogenizace. U všech vzorků byla po prvním a sedmém dnu skladování provedena základní chemická a reologická analýza, byl proveden test stability. U měření tlumících vlastností a elektrické vodivosti byla analýza provedena pouze po prvním dnu skladování.

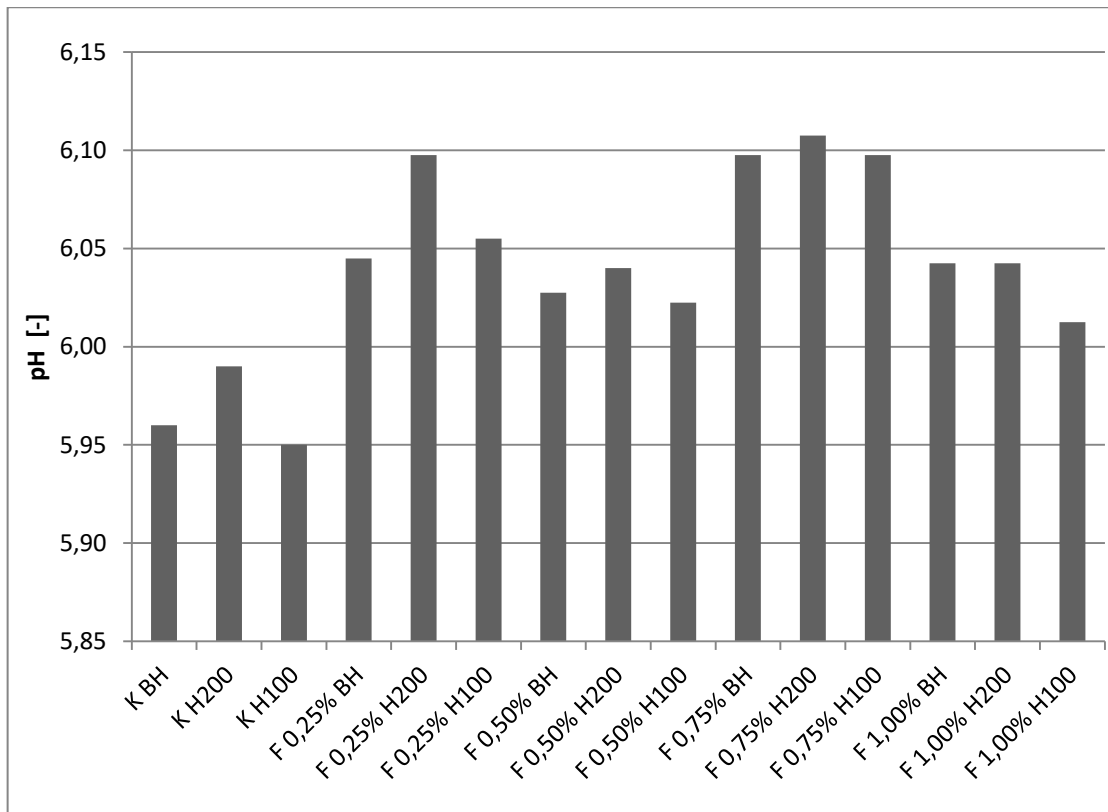
### 5.1 Vyhodnocení základní chemické analýzy

Do základní chemické analýzy patří např. stanovení sušiny. Sušina byla měřena po 1. a 7. dnu od výroby, vždy tři měření z jedné vaničky. Během skladování se její obsah prakticky nezměnil. Obsah byl stanoven v rozmezí 30,56 – 31,04 (w/w), který odpovídal požadované sušině 30 % (w/w). Ani u pH nedošlo k výrazným změnám, což umožňuje sledovat vliv homogenizace a přidavek furcellaranu na modelové vzorky tavených sýrových omáček.

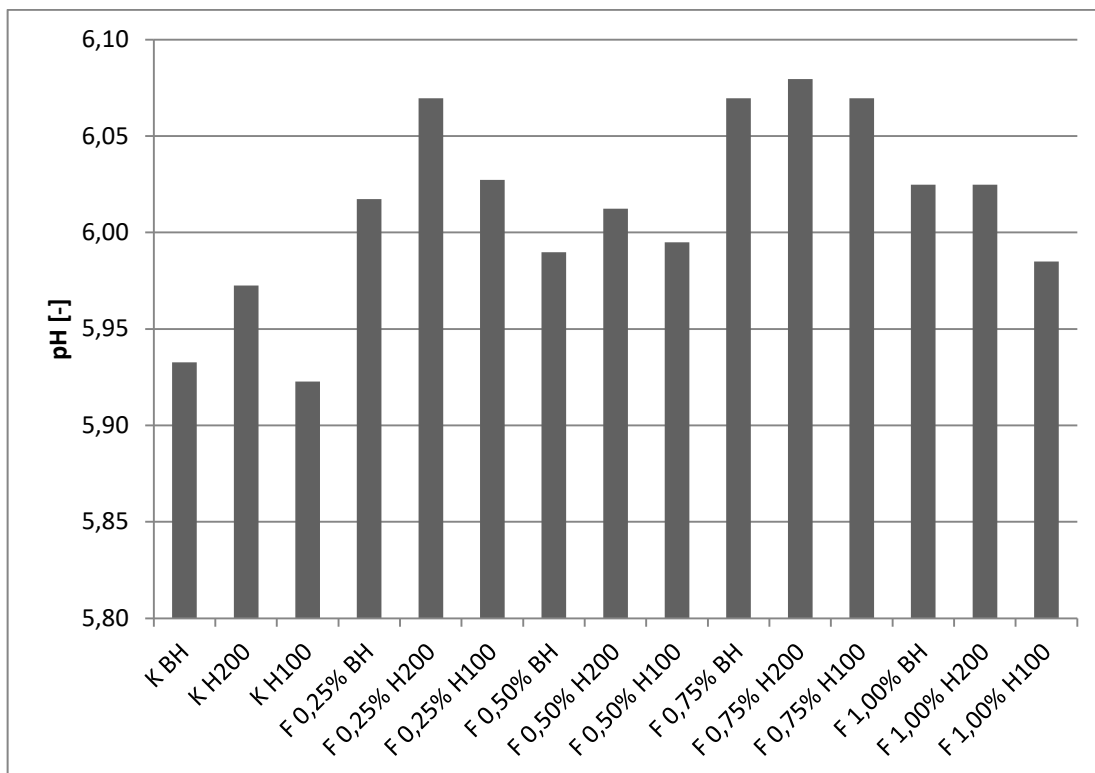
Na finálních vlastnostech tavených sýrových omáček závisí mnoho faktorů. Mezi nejdůležitější nepatří zrovna pH, proto je nutné sledovat další faktory – druh použité tavicí soli, poměr fosfátů ve směsi, aj. Textura je často zákazníky spojována s kvalitou. [71] Pro roztíratelné tavené sýry je optimální pH 5,5 – 6,0. Při vyšším pH vykazují produkty měkkou až rozbředlou konzistenci, naopak při hodnotách nižších než optimální pH vznikají tuhé až drobné výrobky [72 - 74]. Hodnoty pH u modelových vzorků po 1. dnu skladování se pohybovaly v rozmezí 5,95 – 6,11. Pro sedmý den se pH pohybovalo v rozmezí 5,92 – 6,08. Rozdíly mezi jednotlivými koncentracemi byly nevýrazné, lišily se v řádu desetin. Hodnoty pH se až na jednu desetinu pohybovaly v rozmezí, které se pro roztíratelné tavené sýry považuje za optimální [72 - 74].

Z Obr. 8 a 9 je zřejmé, že přidavek furcellaranu do modelových vzorků tavených sýrových omáček výrazně pH neovlivnil. Homogenizace měla pouze nepatrný vliv na pH. V článku Juan a kol. (2011) [75] a Mohammadi a kol. (2017) [10] také uvádí, že homogenizace téměř neovlivnila výsledky pH. U analýzy po sedmém dnu skladování došlo k mírnému poklesu pH. Tento jev je způsoben hydrolyzou tavicích solí - polyfosforečnanů. Během vyšší rychlosti hydrolyzy při nízkém pH (5,2 – 5,6) dochází ke zvýšení obsahu mo-

nofosfátů. Snížení hodnot pH snižuje elektrostatické odpuzování, hodnoty pH se přibližují k hodnotám isoelektrického bodu kaseinu (~4,6), dojde k vyrovnání nábojů na kaseinu a přiblížení jednotlivých řetězců. Vzniká kompaktnější struktura s tvorbou velkých aglomerátů. Tím může být vysvětlen jev, kdy vzorky s delší dobou skladování vykazují vyšší tuhost. Vzorky s vyššími hodnotami pH (více jak 6,0) vykazují tekutější texturu, kdy převládají záporné náboje a dochází k odpuzování jednotlivých proteinů [76 - 78].



Obr. 8: Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace (BH), s jednostupňovou (H200) a dvoustupňovou (H100) homogenizací po 1. dnu skladování



Obr. 9: Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace (BH), s jednostupňovou (H200) a dvoustupňovou (H100) homogenizací po 7. dnu skladování

## 5.2 Vyhodnocení dynamické oscilační reometrie

Pomocí dynamické oscilační reometrie byly vyhodnoceny viskoelastické vlastnosti tavených sýrových omáček. Byly naměřeny hodnoty viskozity, elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti. Z těchto hodnot byl poté vypočítán komplexní modul pružnosti  $G^*$  pro frekvence 0,1; 1; 10 a 100 Hz. Dále byly viskoelastické vlastnosti charakterizovány pomocí tangentu úhlu fázového posunu. Modelové vzorky byly vyrobeny s přidavkem furcellaranu o koncentraci 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w) bez použití homogenizace, s jednostupňovou a dvoustupňovou homogenizací. Analýzy proběhly po 1. a 7. dnu skladování. Výsledky pro tavené sýrové omáčky bez použití homogenizace jsou znázorněny na Obr. 10 - 12 pro analýzu po prvním dnu, na Obr. 19 - 21 pro analýzu po sedmém dnu skladování. Výsledky tavených sýrových omáček s použitím jednostupňové homogenizace o tlaku 200 barů jsou uvedeny na Obr. 13 - 15 po první dnu, na Obr. 22 - 24 pro analýzu po sedmém dnu skladování. Výsledky pro vzorky s použitím dvoustupňové homogenizace



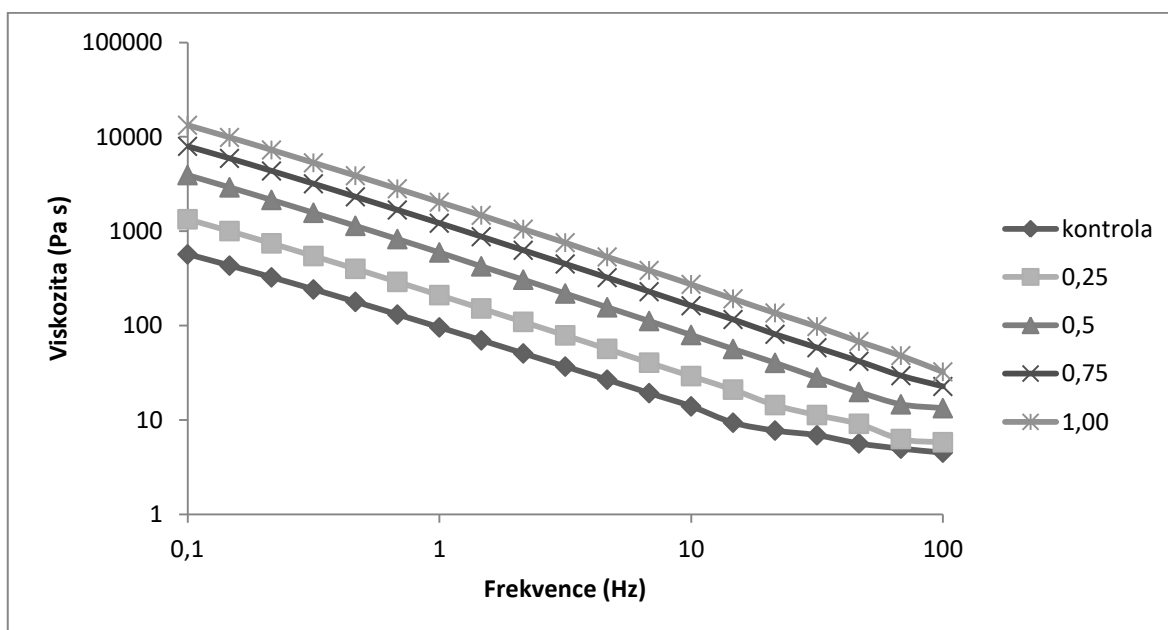
jsou znázorněny na Obr. 16 - 18 pro první den analýzy a na Obr. 25 - 27 pro sedmý den analýzy. Kompletní výsledky pro komplexní modul pružnosti modelových vzorků jsou uvedeny v Tab. 2.

Dle výsledků na Obr. 10 - 27 je zřejmé, že přidavek furcellaranu ovlivnil viskoelastické vlastnosti tavených sýrových omáček. S rostoucí koncentrací furcellaranu [od 0,25 po 1,00 % (w/w)] rostla tuhost vzorku oproti kontrolnímu, kde furcellaran přidán nebyl. Černíková a kol. (2008) [79] zkoumali vliv různých druhů karagenanů na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů. Ve své práci uvádí, že s rostoucí koncentrací karagenanu roste hodnota elastického ( $G'$ ) i ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti. Důvodem je fakt, že se zvyšující se koncentrací kappa a iota karagenanu ve vzorcích dochází k intenzivnějším reakcím mezi karagenanovými řetězci. Tím vzniká hustší struktura vzorku. Dle výsledků je zřejmé, že furcellaran dokáže tvořit stabilní gely. Se zvyšující se koncentrací furcellaranu roste jeho tuhost. Při koncentraci 0,75 a 1,00 % (w/w) lze pozorovat prudší nárůst hodnot elastického  $G'$  i ztrátového  $G''$  modulu pružnosti. To poukazuje na přítomnost limitní koncentrace pro tvorbu gelu. Studie Nagyové a kol. (2014) [80] také zaznamenala přítomnost limitní koncentrace hydrokoloidu, kdy po jejím překročení není pozorován nárůst pevnosti vzorků, nebo je nárůst nepatrný. Hodnota limitní koncentrace je závislá na mnoha faktorech, jako je např. stupeň hydrolýzy přítomných proteinů, pH vzorků, iontové prostředí, aj. [79]. Také v knize Williams a kol. (2002) [81] je poukázáno na přítomnost minimální koncentrace hydrokoloidu pro tvorbu gelu.

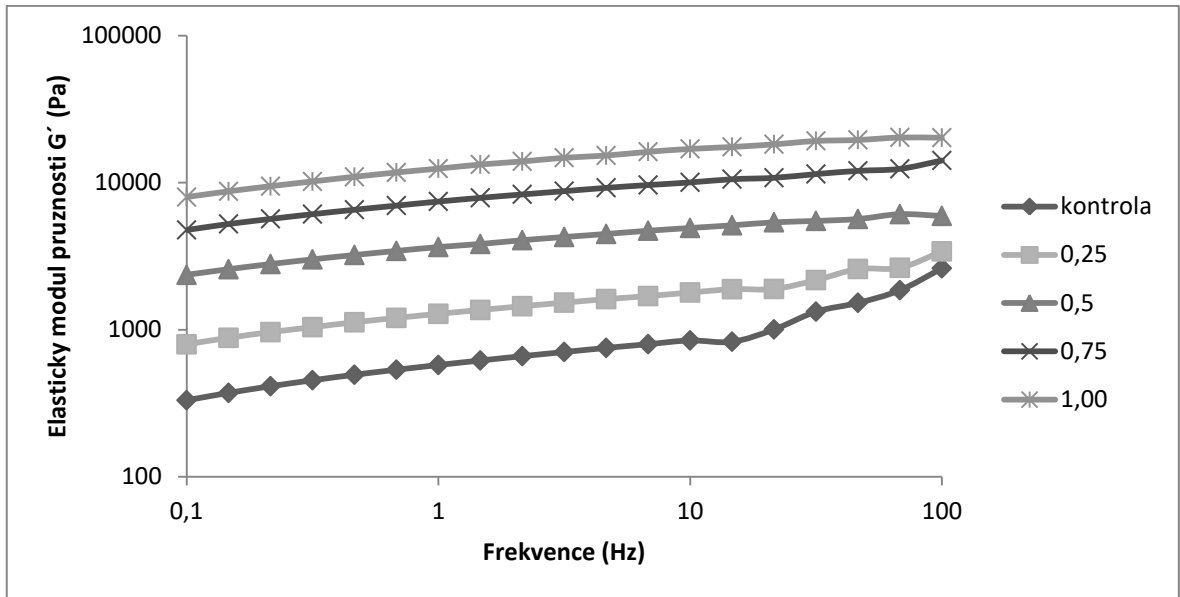
Elastický a ztrátový modul pružnosti popisují stupně elastického a viskózního chování viskoelastických materiálů. Z obrázků závislostí elastického ( $G'$ ) a ztrátového ( $G''$ ) modulu pružnosti na frekvenci si lze všimnout, že hodnoty elastického modulu jsou vyšší než hodnoty ztrátového. To znamená, že modelové vzorky tavených sýrových omáček vykazují spíše elastické chování jak viskózní [82 - 85]. Se zvyšující se koncentrací furcellaranu došlo k nárůstu elastického  $G'$  a ztrátového  $G''$  modulu pružnosti, což poukazuje na fakt, že jak elastické tak viskózní chování zesílilo [85]. Hodnoty ztrátového modulu pružnosti  $G''$  jsou u vyšší u vzorků s furcellaranem než u kontrolních vzorků, což naznačuje vytvoření silnější gelové sítě. Při vyšších koncentracích vznikají silnější a stabilnější gely [86]. Z výsledků lze také konstatovat, že homogenizace ovlivňuje viskoelastické vlastnosti tavených sýrových omáček. Vzorky podrobeny homogenizaci mají vyšší hodnoty elastického  $G'$  i ztrátového  $G''$  modulu pružnosti. Toto tvrzení odpovídá i studii Su a kol. (2020) [85], kde uvádí, že po homogenizaci došlo ke zvýšení hodnot  $G'$  a  $G''$ . Proces homogeni-

zace snižuje velikost částic a zvyšuje celkovou plochu povrchu. To umožňuje zvýšení interakce mezi částicemi v disperzi a tím dochází k nárůstu hodnot elastického a ztrátového modulu [85]. Zvýšení pevnosti vzorků je v souladu s Mohammadi a kol. (2017) [10], kde uvádí, že vzorky ošetřené homogenizací při 200 barech vykazovaly vyšší pevnost. Lze to vysvětlit snížením velikosti složek, především tukových globulí a zlepšení strukturální sítě mezi lipidy a hydratovanými proteiny v přítomnosti emulgátorů a fosfátových solí [10].

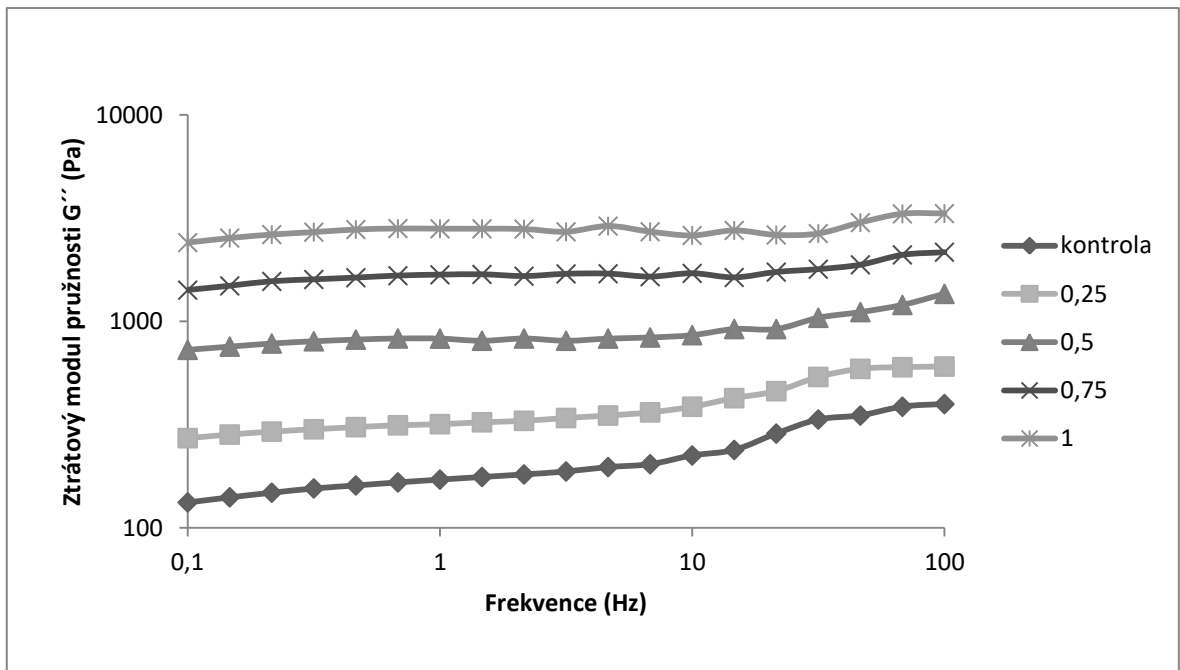
Viskozita je schopnost tavené sýrové omáčky se pohybovat a téct [4]. Závislosti viskozity na frekvenci jsou znázorněny na Obr. 10, 13 a 16 pro analýzu po jednom dnu skladování a na Obr. 19, 22 a 25 po sedmém dnu skladování. Pro kontrolní vzorek byla viskozita stanovena kolem 570 Pa. s. Přidáním furcellaranu viskozita rostla. Již při koncentraci 0,25 % (w/w) furcellaranu došlo téměř k dvojnásobnému vzrůstu hodnot viskozity proti kontrolnímu vzorku. Při koncentraci 1,00 % (w/w) furcellaranu dosahovala viskozita téměř 13 300 Pa.s. Dle těchto výsledků se opět potvrzuje tvrzení vlivu furcellaranu na tavené sýrové omáčky. Zhao a kol. (2020) [87] ve svém výzkumu také uvádí, že hydrokoloid, v jejich případě  $\kappa$ -karagenan, zvyšuje hodnoty viskozity. Je zřejmý také vliv homogenizace. Zvýšení viskozity po aplikaci homogenizace je v souladu s výsledky Su a kol. 2020 [85]. Jednostupňová homogenizace u kontrolního vzorku zvýšila viskozitu dvojnásobně vůči vzorku bez použití homogenizace. Použitím vysokých tlaků vzorky vykazují vyšších hodnot textury i viskozity [10].



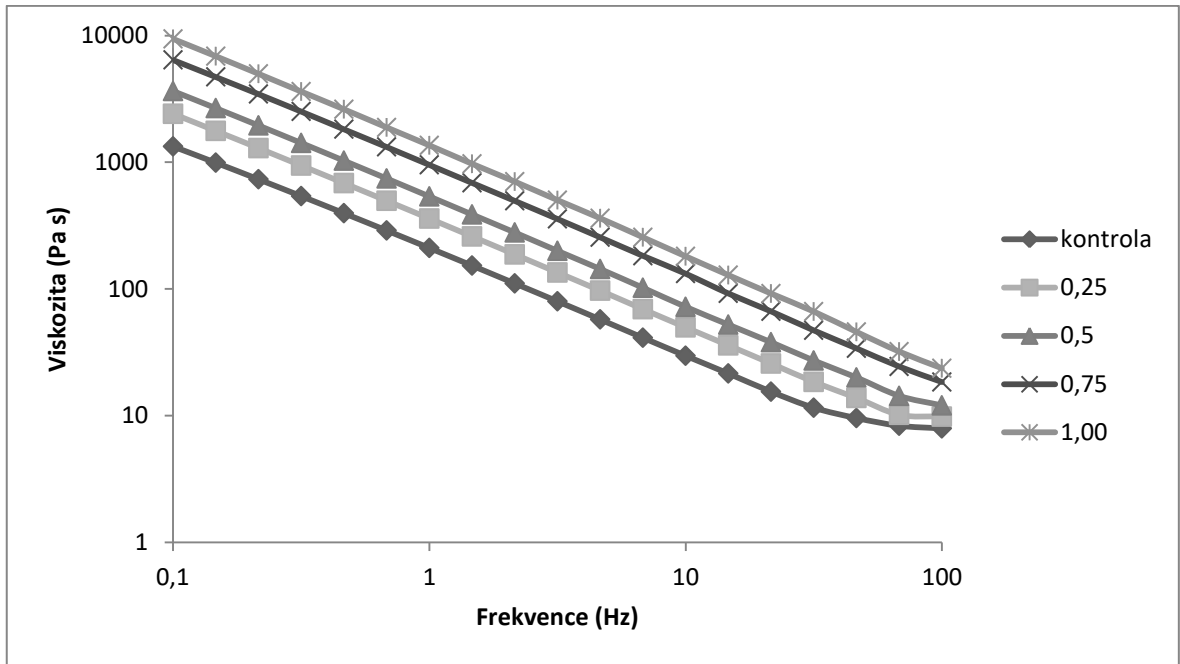
Obr. 10: Závislost viskozity na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace po 1. dni skladování



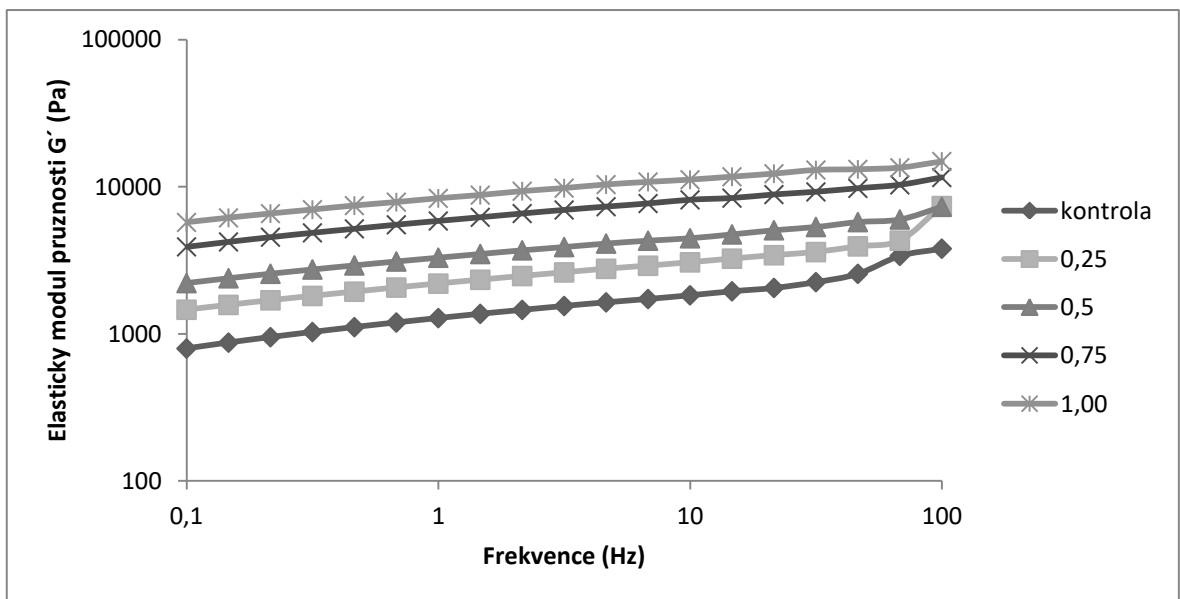
Obr. 11: Závislost elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace po 1. dni skladování



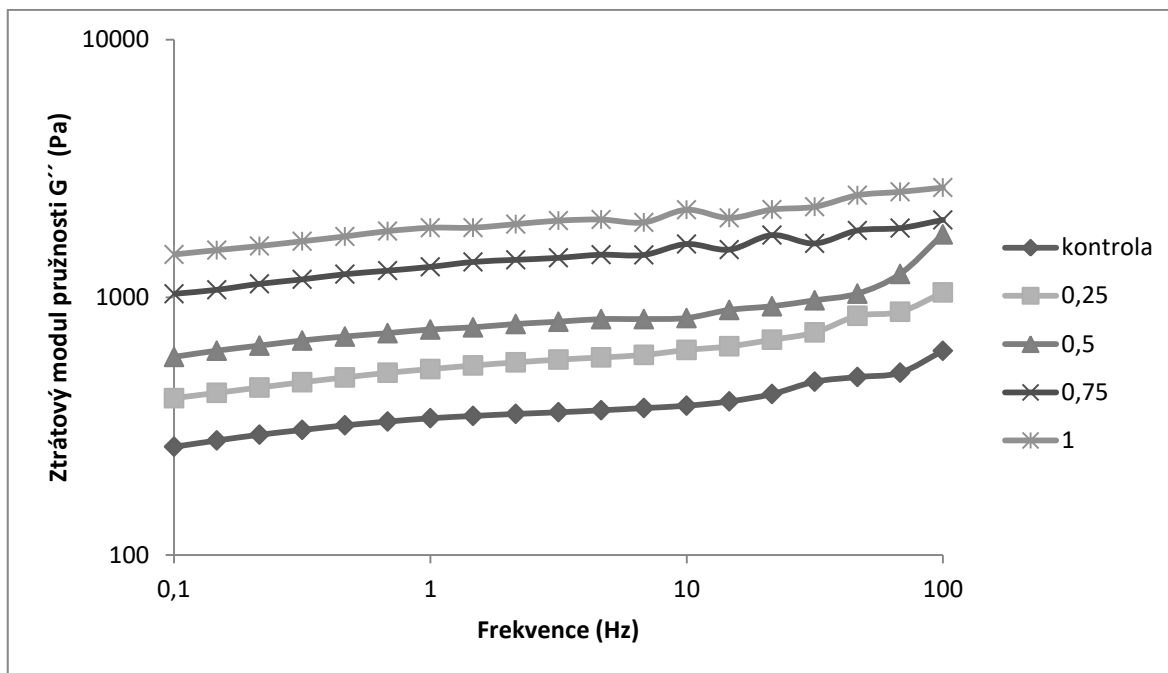
Obr. 12: Závislost ztrátového modulu pružnosti ( $G''$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace po 1. dni skladování



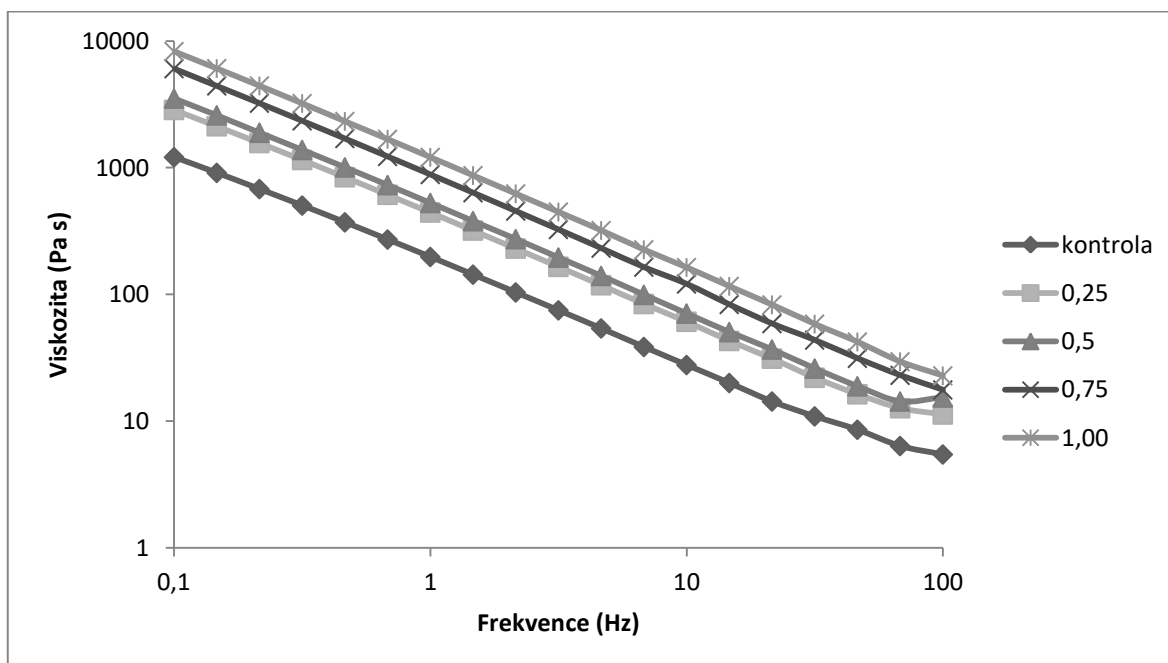
Obr. 13: Závislost viskozity na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím jednostupňové homogenizace o tlaku 200 barů po 1. dni skladování



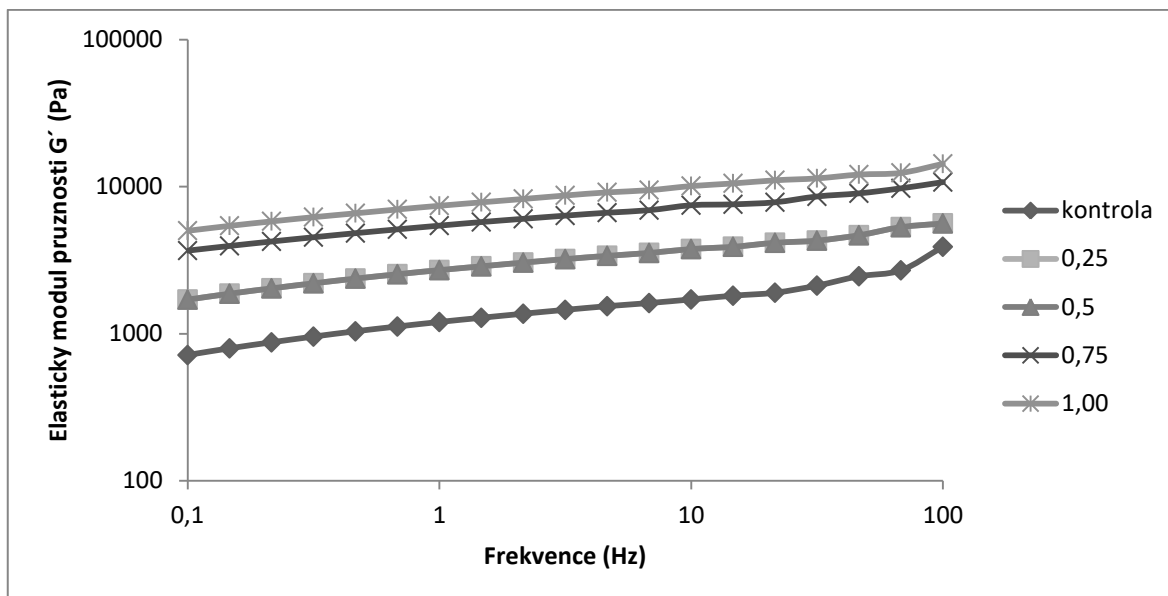
Obr. 14: Závislost elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím jednostupňové homogenizace o tlaku 200 barů po 1. dni skladování



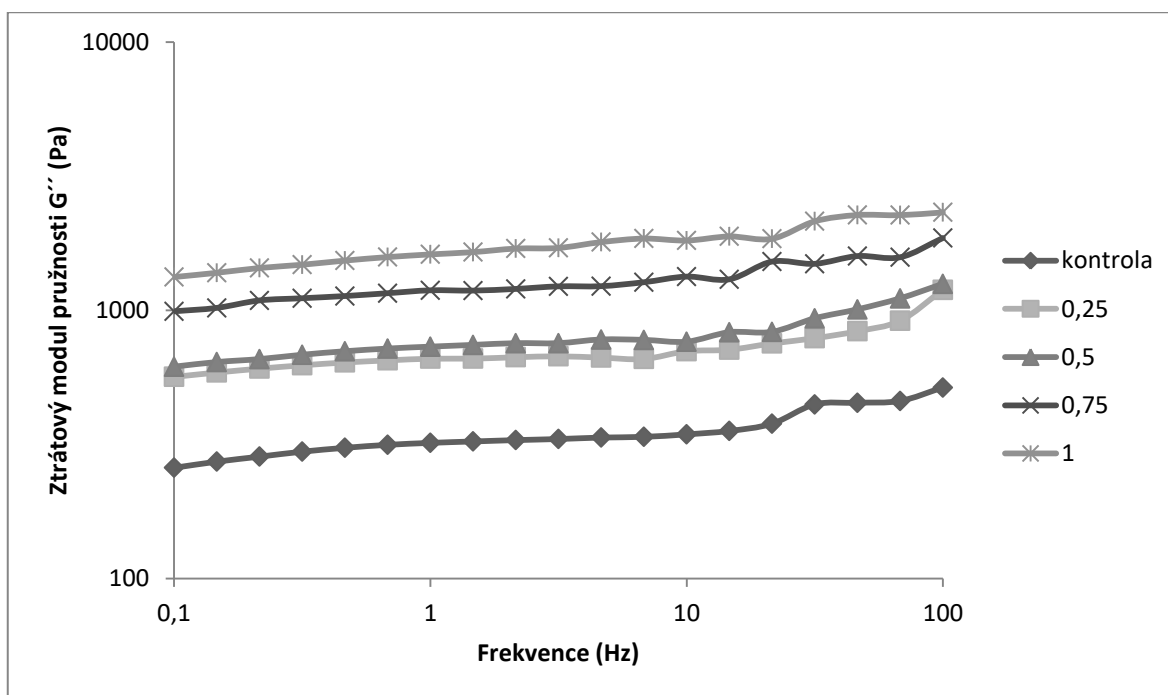
Obr. 15: Závislost ztrátového modulu pružnosti ( $G''$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím jedноступňové homogenizace o tlaku 200 barů po 1. dni skladování



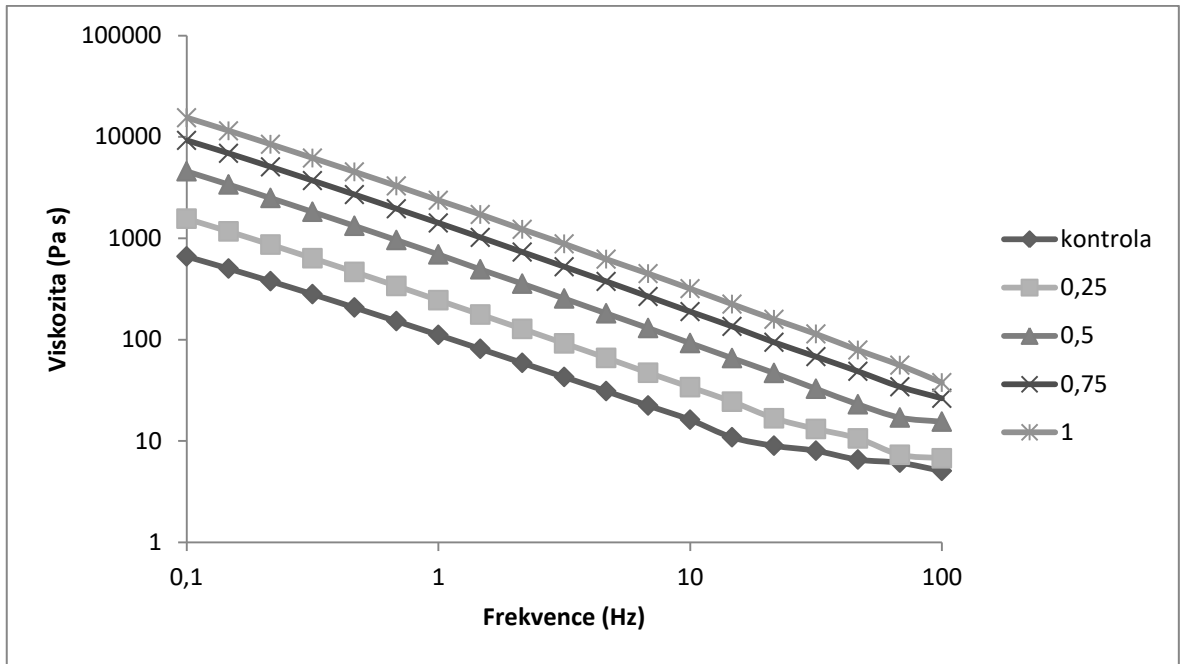
Obr. 16: Závislost viskozity na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím dvoustupňové homogenizace o tlaku 200 barů a následně 100 barů po 1. dni skladování



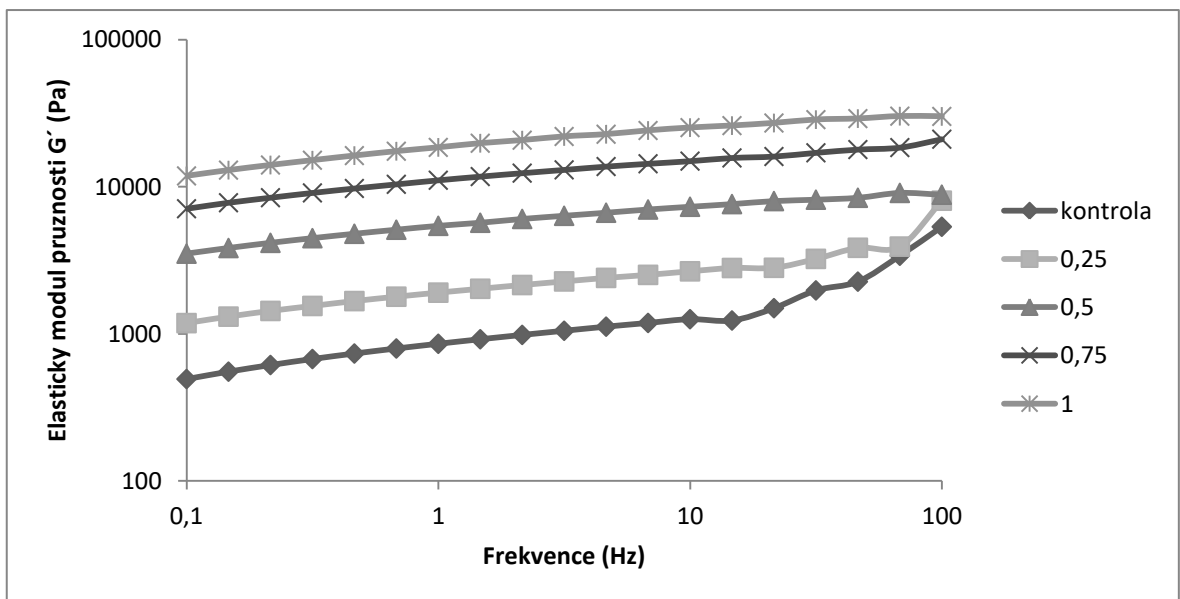
Obr. 17: Závislost elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím dvoustupňové homogenizace o tlaku 200 barů a následně 100 barů po 1. dni skladování



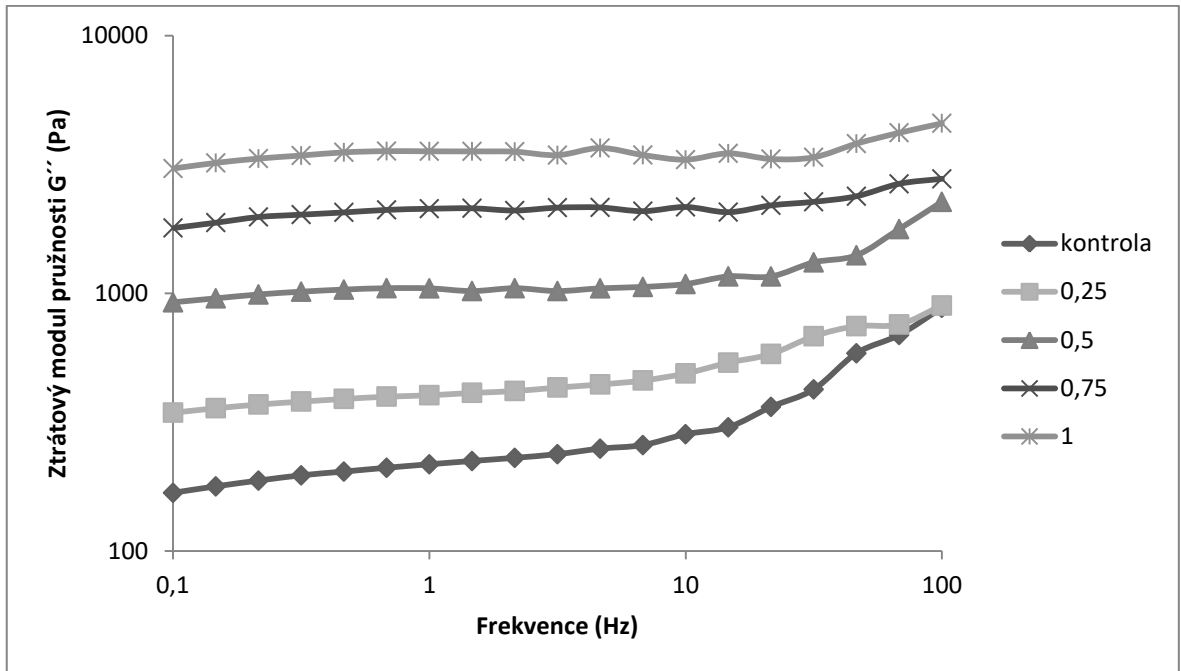
Obr. 18: Závislost ztrátového modulu pružnosti ( $G''$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových s použitím dvoustupňové homogenizace o tlaku 200 barů a následně 100 barů po 1. dni skladování



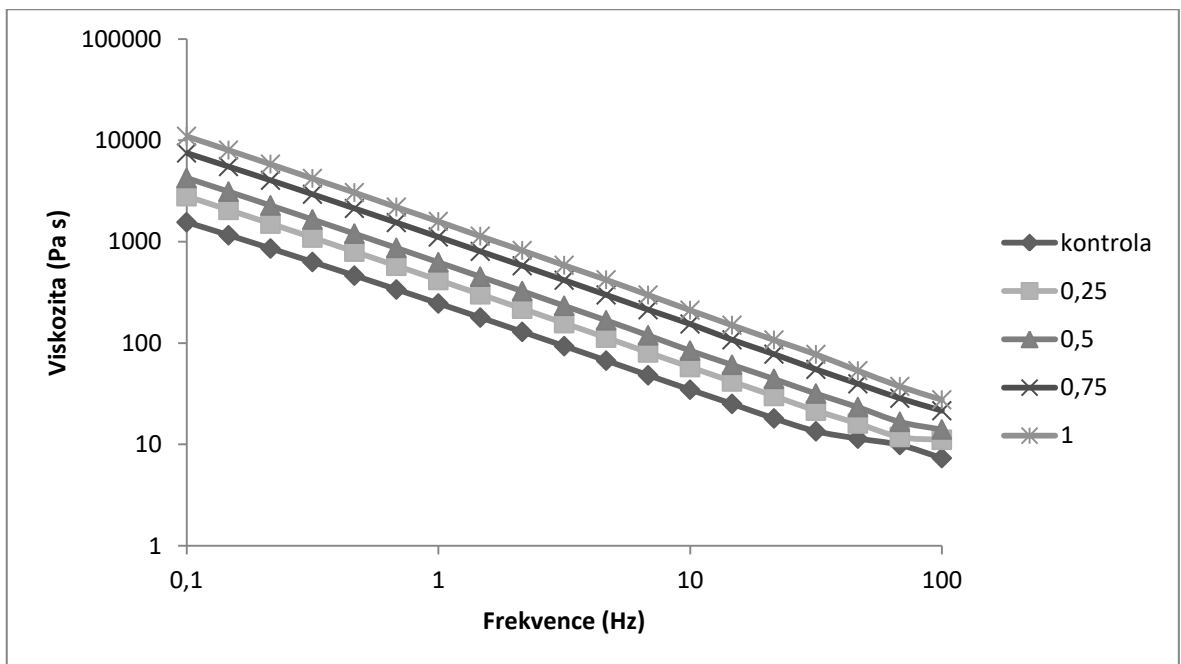
Obr. 19: Závislost viskozity na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace po 7. dni skladování



Obr. 20: Závislost elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace po 7. dni skladování

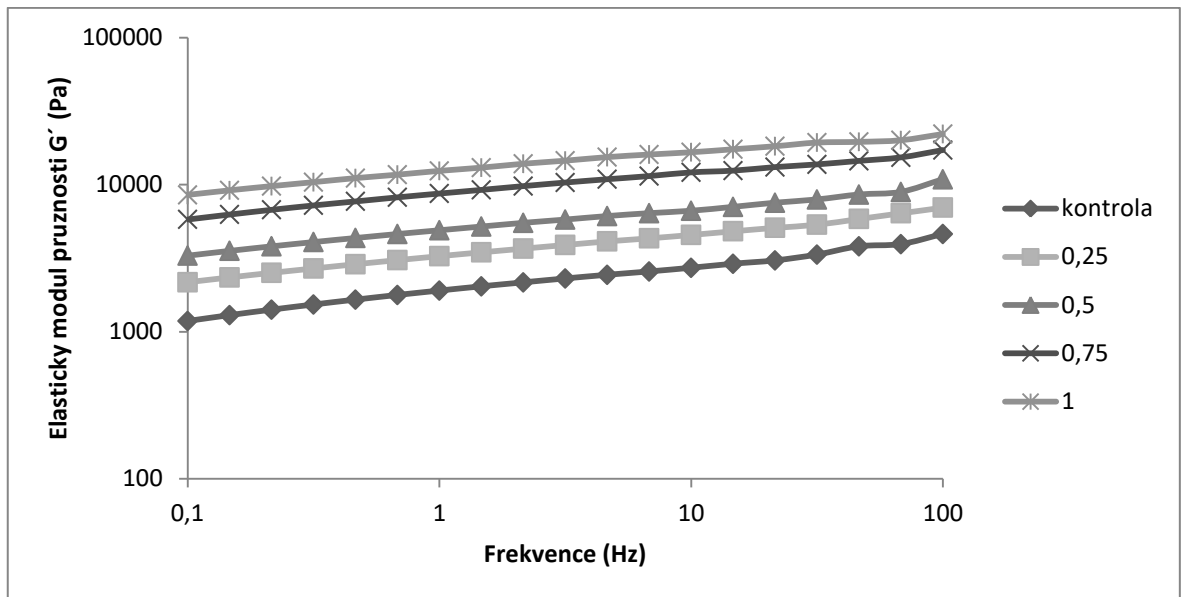


Obr. 21: Závislost ztrátového modulu pružnosti ( $G''$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace po 7. dni skladování

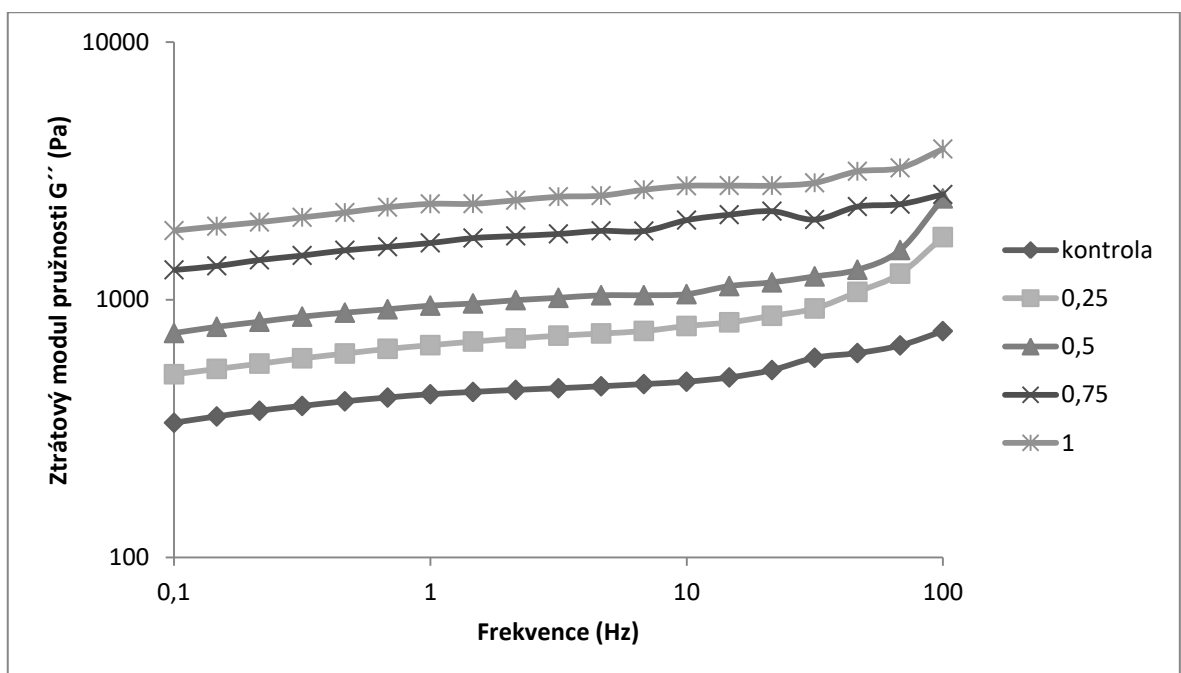


Obr. 22: Závislost viskozity na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím jednostupňové homogenizace o tlaku 200 barů po 7. dni skladování

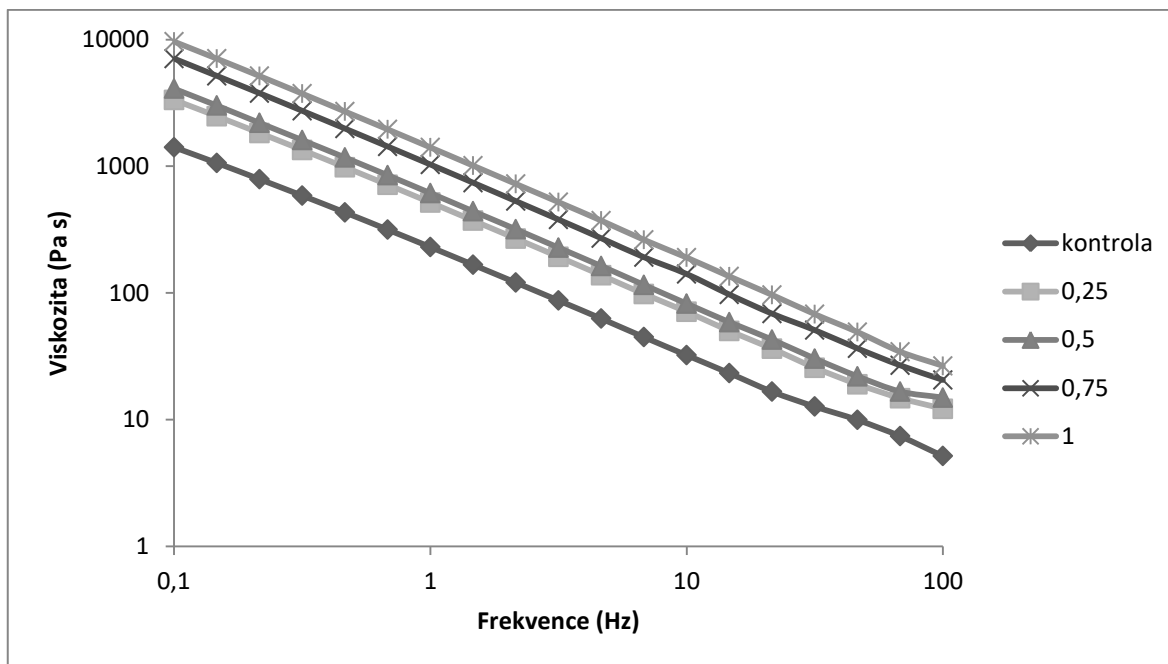




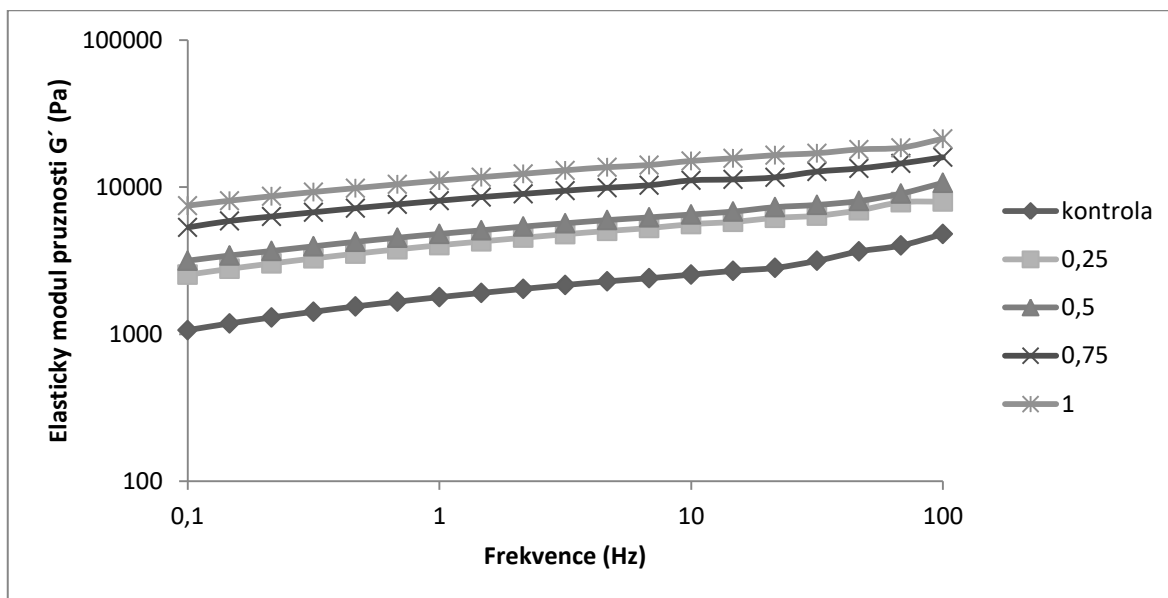
Obr. 23: Závislost elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím jednostupňové homogenizace o tlaku 200 barů po 7. dni skladování



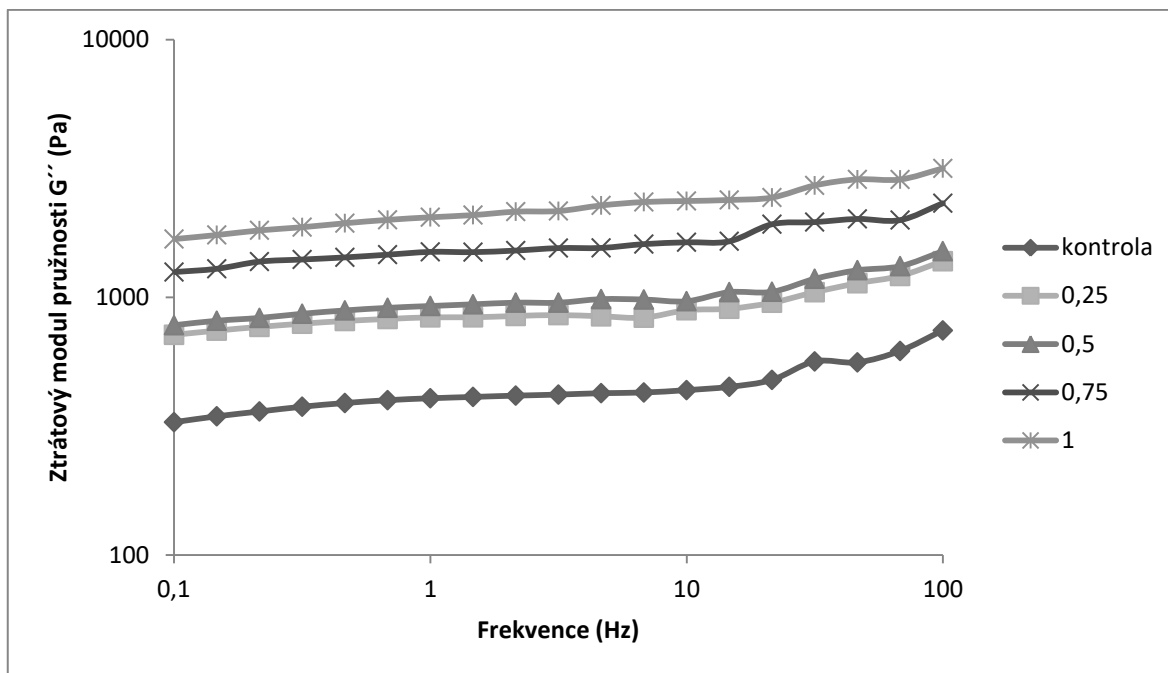
Obr. 24: Závislost ztrátového modulu pružnosti ( $G''$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím jednostupňové homogenizace o tlaku 200 barů po 7. dni skladování



Obr. 25: Závislost viskozity na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím dvoustupňové homogenizace o tlaku 200 barů a následně 100 barů po 7. dni skladování



Obr. 26: Závislost elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím dvoustupňové homogenizace o tlaku 200 barů a následně 100 barů po 7. dni skladování



Obr. 27: Závislost ztrátového modulu pružnosti ( $G''$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s přidavkem furcellaranu o koncentraci 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w) s tavicími solemi s použitím dvoustupňové homogenizace o tlaku 200 barů a následně 100 barů po 7. dni skladování

V Tab. 2 jsou uvedeny hodnoty komplexního modulu pružnosti pro všechny modelové vzorky tavených sýrových omáček bez použití homogenizace, s jednostupňovou a dvoustupňovou homogenizací. Z výsledků je zřejmé, že se zvyšující se koncentrací furcellaranu roste hodnota komplexního modulu pružnosti, oproti kontrolnímu vzorku, kde furcellaran nebyl přidán. Příkryl a kol. (2018) [88] poukazují na vliv vyšších hodnot komplexního modulu pružnosti, kdy dochází ke vzniku hustší struktury. Hodnota roste také se zvyšující se frekvencí (od 0,1 po 100 Hz). Po použití homogenizace došlo k opětovnému nárůstu. Piska a Štětina (2004) [89] ve svém výzkumu uvádí, že se zvyšující se hodnotou komplexního modulu pružnosti  $G^*$  se zvyšuje tuhost výrobků. Lze tedy říct, že přidavek furcellaranu ovlivňuje tuhost finálního výrobku. Od koncentrace 0,75 % (w/w) lze sledovat strmější nárůst hodnot. Tento jev je možné popsat existencí limitní koncentrace hydrokoloidu pro tvorbu gelu. Aplikace jednostupňové homogenizace s tlakem 200 barů a dvoustupňové homogenizace s tlakem 200 barů a poté 100 barů má také vliv na tuhost vzorků. Rozdíl mezi jednostupňovou a dvoustupňovou homogenizací není velký. U vzorku s přidavkem 0,25 % (w/w) furcellaranu vykazují vzorky s využitím jednostupňové homogeni-

zace nižších hodnot komplexního modulu pružnosti  $G^*$  jako u dvoustupňové homogenizace. U vzorků s přídavkem furcellaranu o koncentraci 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w) a u kontrolního vzorku jsou hodnoty komplexního modulu pružnosti  $G^*$  vyšší u dvoustupňové homogenizace. Hodnoty se od sebe ale výrazně neliší. Výraznějším rozdílem jsou hodnoty  $G^*$  po sedmém dnu skladování. Je zachován stejný trend jako před tím, kdy u vzorku s 0,25 % (w/w) furcellaranem je  $G^*$  nižší u jednostupňové homogenizace, u koncentrací 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w) kontroly jsou hodnoty vyšší.

Tab. 2: Komplexní modul pružnosti pro modelové vzorky tavených sýrových omáček bez použití homogenizace, s jednostupňovou a dvoustupňovou homogenizací po 1. d 7. dni skladování

	f [Hz]	kontrola	0,25 %	0,50 %	0,75 %	1,00 %
<b>BEZ HOMOGENIZACE 1. DEN</b>	0,1	357,40	841,59	2473,01	4977,70	8330,39
	1,0	601,30	1321,62	3743,28	7637,00	12771,87
	10,0	876,03	1832,82	4995,89	10193,02	17176,66
	100,0	2647,12	3463,94	6096,81	14325,48	20507,30
<b>JEDNOTUPŇOVÁ HOMOGENIZACE 1. DEN</b>	0,1	837,95	1515,17	2292,53	4038,30	5910,68
	1,0	1324,64	2259,20	3379,62	6000,45	8546,65
	10,0	1868,21	3127,45	4544,76	11282,21	11378,75
	100,0	3845,44	7466,14	7518,07	11720,34	15093,75
<b>DVOUSTUPŇOVÁ HOMOGENIZACE 1. DEN</b>	0,1	761,48	1798,94	1815,50	3806,36	5195,79
	1,0	1243,47	2789,44	2807,03	5559,88	7602,63
	10,0	1744,80	3833,02	3844,30	7607,99	10284,68
	100,0	3935,33	5773,07	5743,93	10886,68	14495,81
<b>BEZ HOMOGENIZACE 7. DEN</b>	0,1	521,22	1196,11	3632,98	7318,56	12243,43
	1,0	884,05	1949,49	5528,71	11279,85	18864,37
	10,0	1290,81	2708,63	7398,55	25338,09	25460,27
	100,0	5424,07	8095,55	9122,51	21057,73	30434,49
<b>JEDNOSTUPŇOVÁ HOMOGENIZACE 7. DEN</b>	0,1	1228,97	2230,63	3378,03	5950,60	8714,26
	1,0	1951,81	3334,17	4991,25	8863,53	12625,41
	10,0	2762,15	4624,84	6726,86	12289,85	16833,78
	100,0	4678,75	7208,23	11148,41	17363,36	22423,25
<b>DVOUSTUPŇOVÁ HOMOGENIZACE 7. DEN</b>	0,1	1114,10	2638,35	3255,08	5463,54	7655,89
	1,0	1832,00	4115,68	4895,60	8215,45	11234,35
	10,0	2580,49	5673,10	6588,39	15122,75	15218,71
	100,0	4858,72	8098,60	10800,11	16118,08	21511,46

Jak již bylo zmíněno výše, pokud hodnoty elastického  $G'$  modulu pružnosti nabývají vyšších rozměrů jak hodnoty ztrátového  $G''$  modulu vzorek vykazuje elastické chová-

ní. Tento fakt lze potvrdit i výsledky tangentu úhlu fázového posunu v Tab. 3 - 8. Vysoká hodnota značí, že vzorek je viskóznější, naopak nízké hodnoty poukazují na převažující elastické chování [90, 91]. Hodnoty  $\tan \delta$  u kontrolních vzorků jsou vyšší oproti modelovým vzorkům s přidavkem furcellaranu. Hydrokoloid tedy podpořil elastické chování snížením  $\tan \delta$ . S rostoucí koncentrací furcellaranu v modelových vzorcích se tangent delta mírně snižovalo. Jednostupňová homogenizace mírně snížila tangent delta oproti vzorkům bez homogenizace. Po dvoustupňové homogenizaci je patrný slabý nárůst hodnot. Analýza po sedmém dnu skladování ovlivnila hodnoty jejím mírným snížením.

Tab. 3: Tangent delta pro modelové vzorky tavených sýrových bez použití homogenizace po 1. dni skladování

<b>f [Hz]</b>	<b>kontrola</b>	<b>0,25 %</b>	<b>0,50 %</b>	<b>0,75 %</b>	<b>1,00 %</b>
<b>0,10</b>	0,40	0,34	0,31	0,30	0,30
<b>0,15</b>	0,38	0,32	0,29	0,28	0,29
<b>0,22</b>	0,36	0,30	0,28	0,28	0,28
<b>0,32</b>	0,34	0,29	0,27	0,26	0,27
<b>0,46</b>	0,32	0,27	0,25	0,25	0,25
<b>0,68</b>	0,31	0,26	0,24	0,24	0,24
<b>1,00</b>	0,30	0,25	0,23	0,23	0,23
<b>1,47</b>	0,29	0,24	0,21	0,21	0,21
<b>2,15</b>	0,27	0,23	0,20	0,20	0,20
<b>3,16</b>	0,27	0,22	0,19	0,19	0,18
<b>4,64</b>	0,26	0,22	0,18	0,18	0,19
<b>6,81</b>	0,25	0,21	0,18	0,17	0,17
<b>10,00</b>	0,26	0,22	0,17	0,17	0,15
<b>14,68</b>	0,29	0,23	0,18	0,15	0,16
<b>21,54</b>	0,28	0,24	0,17	0,16	0,14
<b>31,62</b>	0,25	0,25	0,19	0,16	0,14
<b>46,42</b>	0,23	0,23	0,20	0,16	0,15
<b>68,13</b>	0,21	0,23	0,20	0,17	0,16
<b>100,00</b>	0,15	0,18	0,23	0,15	0,16

Tab. 4: Tangent delta pro modelové vzorky tavených sýrových omáček s použitím jed-  
nostupňové homogenizace po 1. dni skladování

<b>f [Hz]</b>	<b>kontrola</b>	<b>0,25 %</b>	<b>0,50 %</b>	<b>0,75 %</b>	<b>1,00 %</b>
<b>0,10</b>	0,33	0,28	0,26	0,26	0,26
<b>0,15</b>	0,32	0,27	0,26	0,25	0,25
<b>0,22</b>	0,31	0,26	0,25	0,25	0,24
<b>0,32</b>	0,30	0,26	0,25	0,24	0,24
<b>0,46</b>	0,29	0,25	0,24	0,24	0,23
<b>0,68</b>	0,28	0,25	0,23	0,23	0,23
<b>1,00</b>	0,26	0,24	0,23	0,22	0,22
<b>1,47</b>	0,25	0,23	0,22	0,22	0,21
<b>2,15</b>	0,24	0,23	0,21	0,21	0,21
<b>3,16</b>	0,23	0,22	0,21	0,20	0,20
<b>4,64</b>	0,22	0,21	0,20	0,20	0,19
<b>6,81</b>	0,22	0,21	0,19	0,19	0,18
<b>10,00</b>	0,21	0,20	0,19	0,20	0,20
<b>14,68</b>	0,20	0,20	0,19	0,18	0,17
<b>21,54</b>	0,21	0,20	0,18	0,20	0,18
<b>31,62</b>	0,21	0,20	0,18	0,18	0,17
<b>46,42</b>	0,19	0,22	0,18	0,19	0,19
<b>68,13</b>	0,15	0,20	0,21	0,18	0,19
<b>100,00</b>	0,16	0,14	0,24	0,17	0,18

Tab. 5: Tangent delta pro modelové vzorky tavených sýrových omáček s použitím dvou-  
stupňové homogenizace po 1. dni skladování

<b>f [Hz]</b>	<b>kontrola</b>	<b>0,25 %</b>	<b>0,50 %</b>	<b>0,75 %</b>	<b>1,00 %</b>
<b>0,10</b>	0,36	0,33	0,36	0,27	0,26
<b>0,15</b>	0,34	0,31	0,34	0,26	0,25
<b>0,22</b>	0,33	0,30	0,32	0,26	0,25
<b>0,32</b>	0,31	0,28	0,31	0,24	0,24
<b>0,46</b>	0,30	0,27	0,30	0,23	0,23
<b>0,68</b>	0,28	0,26	0,28	0,23	0,23
<b>1,00</b>	0,27	0,24	0,27	0,22	0,22
<b>1,47</b>	0,25	0,23	0,26	0,21	0,21
<b>2,15</b>	0,24	0,22	0,25	0,20	0,21
<b>3,16</b>	0,23	0,21	0,23	0,19	0,20
<b>4,64</b>	0,22	0,20	0,23	0,18	0,20
<b>6,81</b>	0,21	0,19	0,22	0,18	0,20
<b>10,00</b>	0,20	0,19	0,20	0,19	0,18
<b>14,68</b>	0,20	0,18	0,21	0,17	0,18
<b>21,54</b>	0,20	0,18	0,20	0,19	0,17
<b>31,62</b>	0,21	0,19	0,22	0,16	0,19
<b>46,42</b>	0,18	0,19	0,22	0,18	0,19
<b>68,13</b>	0,17	0,21	0,15	0,16	0,18
<b>100,00</b>	0,13	0,23	0,20	0,17	0,16

Tab. 6: Tangent delta pro modelové vzorky tavených sýrových omáček bez použití homogenizace po 7. dni skladování

<b>f [Hz]</b>	<b>kontrola</b>	<b>0,25 %</b>	<b>0,50 %</b>	<b>0,75 %</b>	<b>1,00 %</b>
<b>0,10</b>	0,34	0,29	0,26	0,25	0,26
<b>0,15</b>	0,32	0,27	0,25	0,24	0,25
<b>0,22</b>	0,30	0,26	0,24	0,23	0,24
<b>0,32</b>	0,29	0,25	0,23	0,22	0,23
<b>0,46</b>	0,28	0,23	0,22	0,21	0,22
<b>0,68</b>	0,26	0,22	0,20	0,20	0,20
<b>1,00</b>	0,25	0,21	0,19	0,19	0,19
<b>1,47</b>	0,24	0,20	0,18	0,18	0,18
<b>2,15</b>	0,23	0,19	0,17	0,17	0,17
<b>3,16</b>	0,23	0,19	0,16	0,16	0,16
<b>4,64</b>	0,22	0,18	0,16	0,16	0,16
<b>6,81</b>	0,22	0,18	0,15	0,15	0,14
<b>10,00</b>	0,23	0,18	0,15	0,14	0,13
<b>14,68</b>	0,24	0,19	0,15	0,13	0,13
<b>21,54</b>	0,24	0,21	0,15	0,14	0,12
<b>31,62</b>	0,21	0,21	0,16	0,13	0,12
<b>46,42</b>	0,26	0,19	0,17	0,13	0,13
<b>68,13</b>	0,20	0,19	0,20	0,14	0,14
<b>100,00</b>	0,16	0,11	0,26	0,13	0,15

Tab. 7: Tangent delta pro modelové vzorky tavených sýrových omáček s použitím jednostupňové homogenizace po 7. dni skladování

<b>f [Hz]</b>	<b>kontrola</b>	<b>0,25 %</b>	<b>0,50 %</b>	<b>0,75 %</b>	<b>1,00 %</b>
<b>0,10</b>	0,28	0,24	0,23	0,22	0,22
<b>0,15</b>	0,27	0,23	0,22	0,22	0,21
<b>0,22</b>	0,26	0,22	0,22	0,21	0,20
<b>0,32</b>	0,25	0,22	0,21	0,21	0,20
<b>0,46</b>	0,24	0,21	0,20	0,20	0,20
<b>0,68</b>	0,23	0,21	0,20	0,20	0,20
<b>1,00</b>	0,23	0,20	0,19	0,19	0,19
<b>1,47</b>	0,22	0,20	0,19	0,19	0,18
<b>2,15</b>	0,21	0,19	0,18	0,18	0,18
<b>3,16</b>	0,20	0,19	0,18	0,17	0,17
<b>4,64</b>	0,19	0,18	0,17	0,17	0,16
<b>6,81</b>	0,18	0,17	0,16	0,16	0,17
<b>10,00</b>	0,18	0,17	0,16	0,17	0,17
<b>14,68</b>	0,17	0,17	0,16	0,17	0,16
<b>21,54</b>	0,17	0,17	0,15	0,17	0,15
<b>31,62</b>	0,18	0,17	0,16	0,15	0,15
<b>46,42</b>	0,16	0,18	0,15	0,16	0,16
<b>68,13</b>	0,17	0,20	0,17	0,15	0,16
<b>100,00</b>	0,16	0,25	0,23	0,15	0,17

Tab. 8: Tangent delta pro modelové vzorky tavených sýrových omáček s použitím dvoustupňové homogenizace po 7. dni skladování

<b>f [Hz]</b>	<b>kontrola</b>	<b>0,25</b>	<b>0,5</b>	<b>0,75</b>	<b>1</b>
0,10	0,31	0,28	0,25	0,24	0,23
0,15	0,29	0,27	0,24	0,22	0,22
0,22	0,28	0,25	0,23	0,22	0,21
0,32	0,26	0,24	0,22	0,21	0,20
0,46	0,25	0,23	0,21	0,20	0,20
0,68	0,24	0,22	0,20	0,19	0,19
1,00	0,23	0,21	0,19	0,19	0,19
1,47	0,21	0,20	0,18	0,18	0,18
2,15	0,20	0,19	0,18	0,17	0,17
3,16	0,19	0,18	0,17	0,16	0,17
4,64	0,19	0,17	0,16	0,16	0,17
6,81	0,18	0,16	0,16	0,16	0,17
10,00	0,17	0,16	0,15	0,15	0,16
14,68	0,17	0,16	0,15	0,15	0,15
21,54	0,17	0,15	0,14	0,16	0,15
31,62	0,18	0,16	0,16	0,15	0,16
46,42	0,15	0,16	0,16	0,15	0,16
68,13	0,15	0,15	0,15	0,14	0,15
100,00	0,15	0,17	0,14	0,15	0,15

### 5.3 Vyhodnocení testu stability

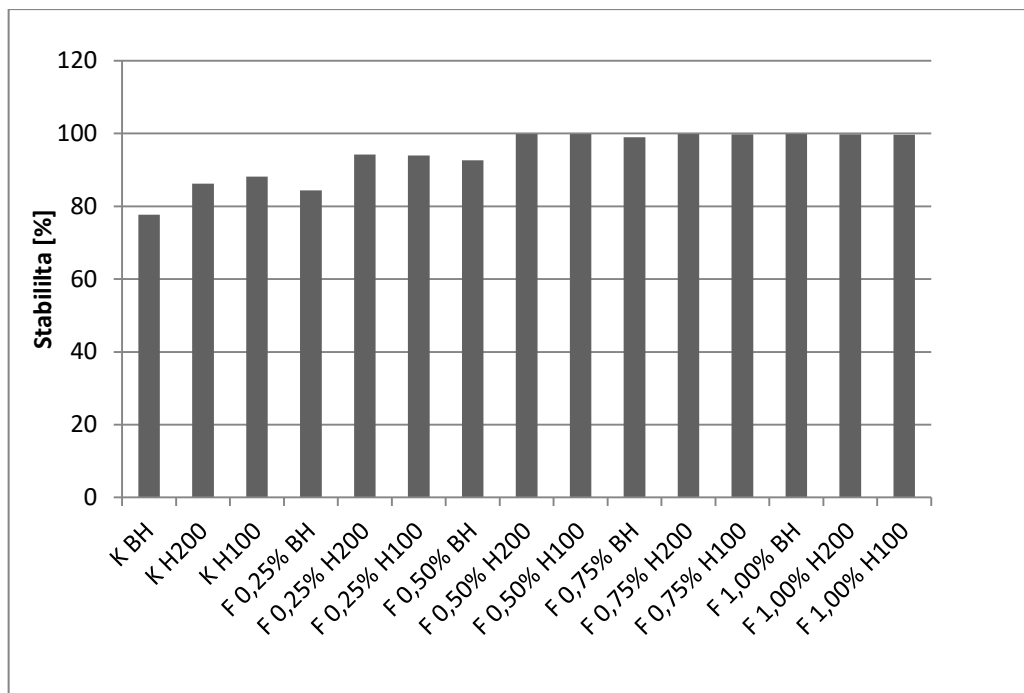
U modelových vzorků tavených sýrových omáček byl za použití odstředivky proveden test stability. Měření proběhlo po 1. a 7. dnu skladování.

Z výsledků na Obr. 28 a 29 můžeme vidět, jak se měnila stabilita modelových vzorků se zvyšující se koncentrací furcellaranu. Je zřejmé, že přídavek furcellaranu ovlivňuje stabilitu vzorků. Hydrokoloidy stabilizují mléčné složky interakcí s povrchem micely a dochází k vytvoření slabé gelové sítě dostatečné ke stabilizaci a zabránění koalescence a separace [92]. U vzorků s přídavkem 0,25 % (w/w) furcellaranu došlo oproti kontrolnímu vzorku ke zvýšení stability. U koncentrace 0,50 % (w/w) bez použití homogenizace je opět patrný nárůst. S použitím jednostupňové i dvoustupňové homogenizace od koncentrace 0,50 % (w/w) a výš dosahovala stabilita hodnot blížící se 100 %. To znamená, že po 20 minutovém odstředění nedocházelo téměř k žádnému uvolňování tekutiny. Hydrokoloidy zajišťují stabilizaci produktů, díky své schopnosti vázat vodu a gelovatět. Používají se pro produkty s vysokým obsahem vody, mezi které právě tavené sýrové omáčky patří [14].

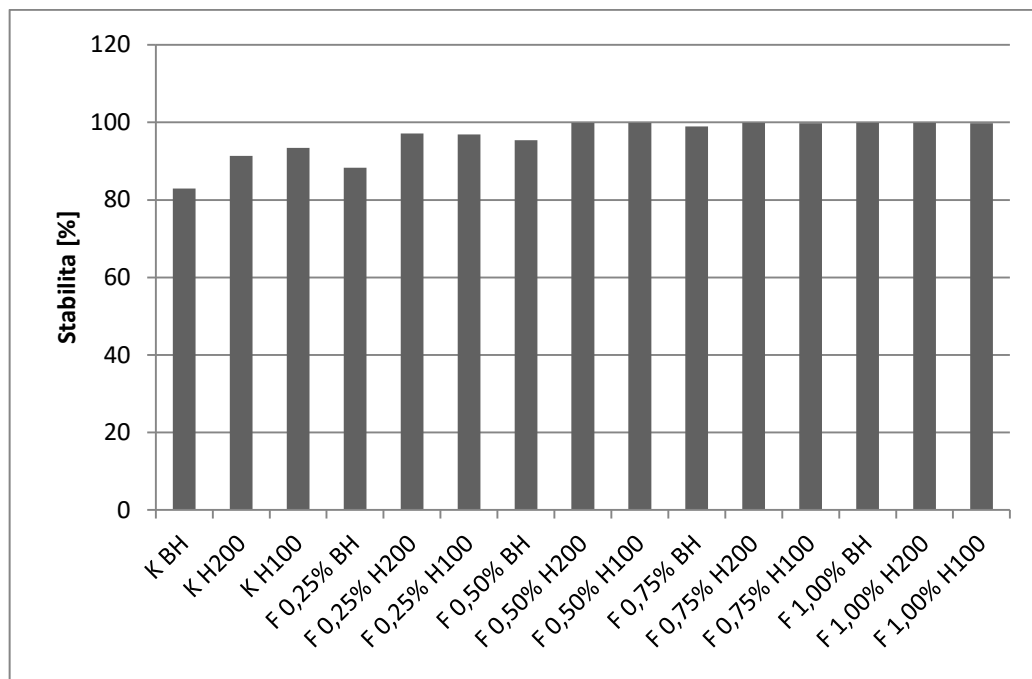
Použití homogenizace se také podílí na zvyšování stability vzorků. Kontrolní vzorek a vzorky s 0,25 a 0,50 % (w/w) furcellaranu bez aplikace homogenizace vykazovaly nižší stabilitu než vzorky podrobené homogenizaci. U vzorku s přídavkem 0,75 % (w/w) furcellaranu bez použití homogenizace je stabilita srovnatelná s použitím homogenizace.



Rozdíl mezi jednostupňovou a dvoustupňovou homogenizací není markantní. Ve většině případů vykazovaly vzorky s použitím dvoustupňové homogenizace o trochu vyšší stabilitu. Po sedmém dnu skladování je trend zachován, že s rostoucí koncentrací furcellaranu roste také stabilita vzorků. Vzorky bez použití homogenizace vykazovaly nižší stabilitu, oproti těm, kde homogenizace byla využita. Rozdíl je zřejmý mezi výsledky prvního a sedmého dne skladování.



Obr. 28: Stanovení stability [%] u modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace (BH), s použitím jednostupňové (H200) a dvoustupňové (H100) homogenizace po 1. dnu skladování



Obr. 29: Stanovení stability [%] u modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace (BH), s použitím jednostupňové (H200) a dvoustupňové (H100) homogenizace po 7. dnu skladování

## 5.4 Vyhodnocení tlumících vlastností

Měření tlumících vlastností modelových vzorků tavených sýrových omáček proběhlo na rozdíl od ostatních analýz pouze po prvním dnu skladování.

Data z tohoto měření korelují s výsledky dynamické oscilační reometrie. Čím vyšší byla koncentrace furcellaranu ve vzorku, tím více se projevvalo elastičtější chování vzorků. Tento fakt lze potvrdit i výsledky z Tab. 3 - 8, kdy zvyšující se přídavek furcellaranu snižoval hodnoty tangentu delta, a tím se také snižoval viskózní chování modelových vzorků. Proto vzorky vykazovaly více elastické chování [91]. Tangent delta lze využít jako parametr charakterizující tlumící vlastnosti. Salek a kol. (2019) [4] ve své práci uvádí, že viskóznější chování matrice je doprovázeno vyšším rozptylem mechanické energie. Je vidět, že hodnoty první rezonanční frekvence s rostoucí koncentrací klesají. Vzorky s jednostupňovou homogenizací vykazují nejnižší tlumící vlastnosti oproti ostatním. Dvoustupňová homogenizace hodnoty oproti kontrolním vzorkům ve většině případů snížila.

Lze tedy říct, že po použití homogenizace vznikají vzorky s nižší tlumící kapacitou. S rostoucí koncentrací furcellaranu se snižovala hodnota  $f_{R1}$ .

V přílohách I až VIII lze najít obrázky závislosti přenosu tlumících vlastností D na frekvenci  $f$  pro jednotlivé modelové vzorky.

Tab. 9: První rezonanční frekvence ( $f_{R1}$ ) [Hz] pro modelové vzorky tavených sýrových omáček

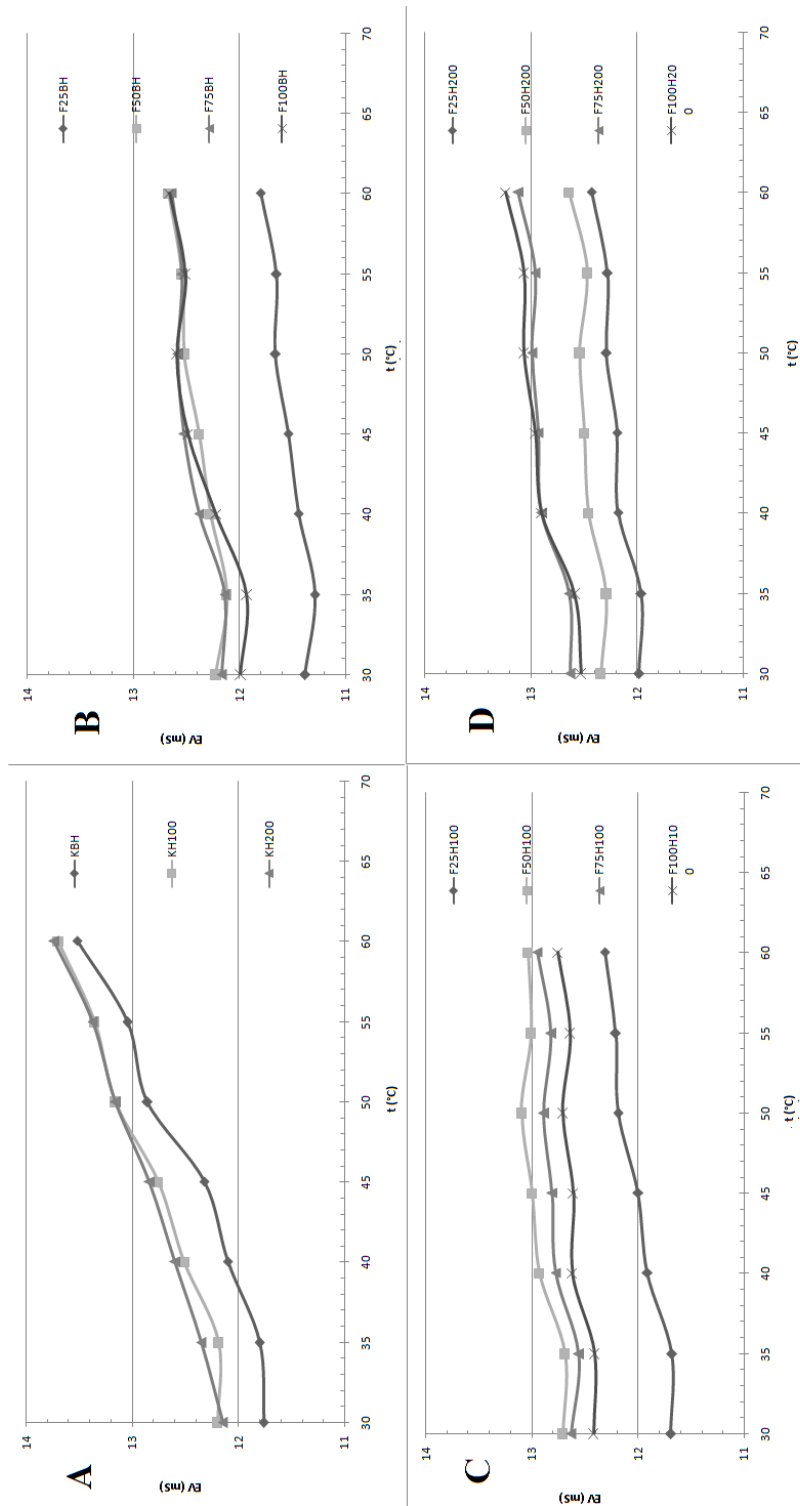
	<b>BH</b>	<b>H200</b>	<b>H100</b>
<b>kontrola</b>	636	176	594
<b>F 0,25 %</b>	564	502	580
<b>F 0,50 %</b>	538	484	506
<b>F 0,75 %</b>	484	380	436
<b>F 1,00 %</b>	436	360	398

## 5.5 Vyhodnocení elektrické vodivosti

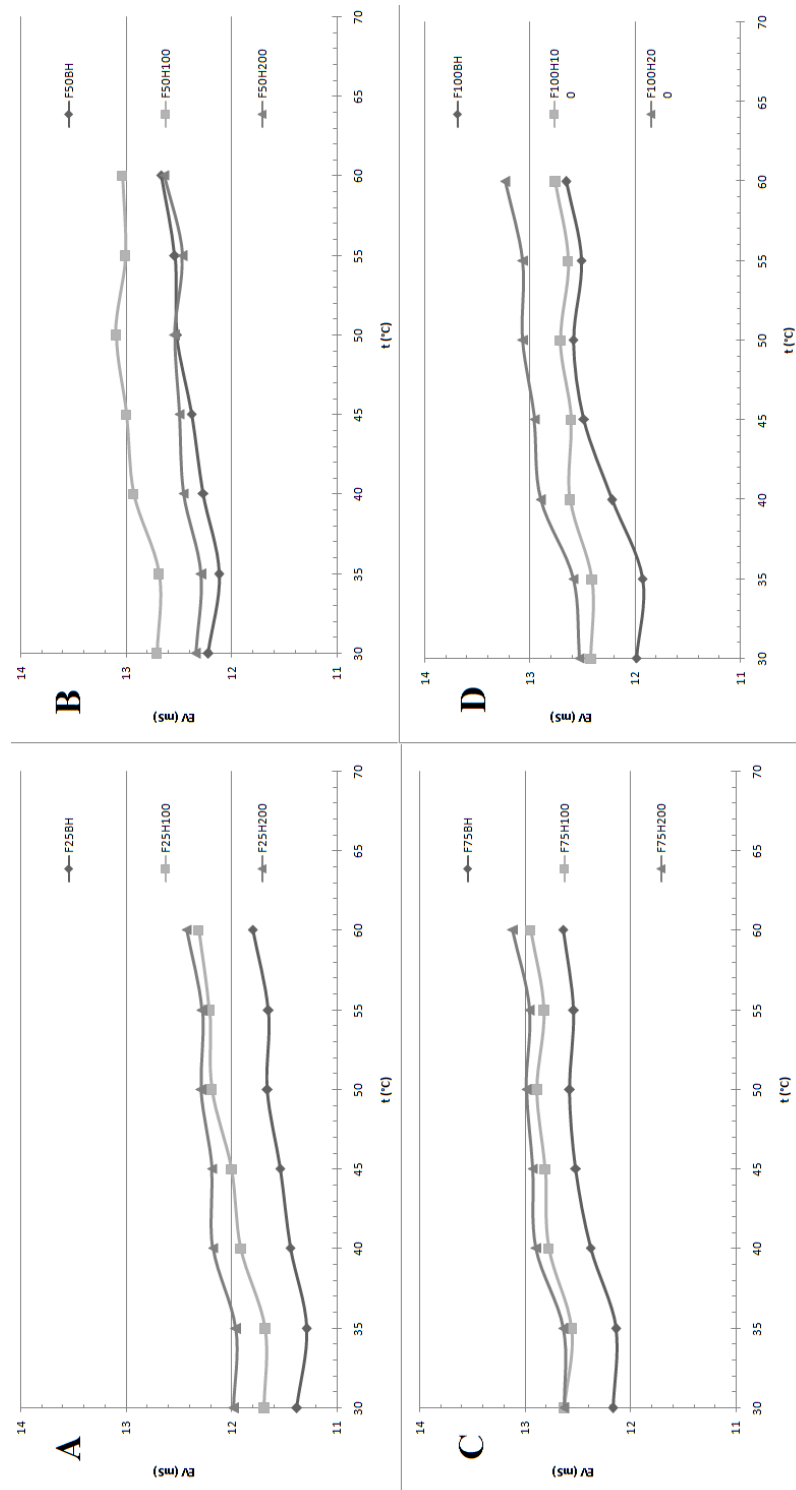
Elektrická vodivost materiálu je schopnost vést elektrický proud. Vodivost je ovlivněna mnoha faktory, jako je zvýšení teploty nebo koncentrace nabitých sloučenin (minerální soli) [93]. U jednotlivých potravin se elektrická vodivost výrazně liší kvůli rozdílnému obsahu vody, soli a dalších iontových a elektrolytických složek [94]. Měření elektrické vodivosti proběhlo jako měření tlumících vlastností pouze po prvním dnu skladování.

Obr. 30 znázorňuje závislost teploty na elektrické vodivosti. U části A lze vidět, že pro kontrolní vzorek bez furcellaranu docházelo během ochlazování k prudšímu poklesu elektrické vodivosti než u ostatních vzorků. Část B znázorňuje vzorky s furcellaranem o koncentraci 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w) bez použití homogenizace. Oproti kontrole není pokles tak prudký, při ochlazování dochází k pomalému snížení elektrické vodivosti. Nejnižších hodnot dosahoval modelový vzorek tavené sýrové omáčky s 0,25 % (w/w) furcellaranem. Se zvyšující se koncentrací se zvyšovala také vodivost. Část C a D udává výsledky pro vzorky s jednostupňovou (C) a dvoustupňovou homogenizací (D). Všechny výsledky se shodují, že vzorek s 0,25 % (w/w) furcellaranem vykazoval nejnižší elektrickou vodivost. V Obr. 31 jsou jednotlivé koncentrace furcellaranu srovnány s homogenizací (BH, H200 a H100). U všech dosahovaly vzorky bez použití homogenizace (BH) nejnižších hodnot elektrické vodivosti. Hodnoty vzorku s 0,25 % (w/w) furcellaranem při 30°C

se pohybovaly v rozmezí 11-12 mS. U koncentrací 0,50; 0,75; a 1,00 % (w/w) se hodnoty mírně navýšily, s maximem 13,1 mS. Tudíž je znám vliv furcellaranu na elektrickou vodivost tavených sýrových omáček, kdy mírně zvyšuje elektrickou vodivost vzorků. K vyšší vodivosti přispívá ionty sodíku, draslíku nebo chloridové ionty [11]. Neutrální polysacharidy jako je škrob, vykazují nejnižší elektrickou vodivost. Naopak více nabitě hydrokoloidy, jako karagenan nebo xantan, vykazují nejvyšší vodivost [61]. Z Obr. 28 a 29 můžeme také vidět, že vzorky s použitím homogenizace (jak H200 tak H100) dosahovaly vyšších hodnot elektrické vodivosti oproti vzorkům bez homogenizace. Souhrnně lze tedy konstatovat, že s použitím homogenizace a s přidavkem furcellaranu došlo ke zvýšení elektrické vodivosti, vzorky lépe vedou elektrický proud.



Obr. 30: Hodnoty elektrické vodivosti pro modelové vzorky tavených sýrových omáček, A- kontrolní vzorek, B – vzorek bez použití homogenizace, C – vzorek s jednostupňovou homogenizací, D – vzorek s dvoustupňovou homogenizací



Obr. 31: Hodnoty elektrické vodivosti pro modelové vzorky tavených sýrových omáček s furcellaranem, A – 0,25 % (w/w), B – 0,50 % (w/w), C – 0,75 % (w/w), D – 1,00 % (w/w)

## ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala zkoumáním vlivu furcellaranu a homogenizace na reologické vlastnosti modelových vzorků tavených sýrových omáček. Do modelových vzorků s obsahem sušiny 30 % (w/w) a tuku v sušině 66 % (w/w) byl přidán furcellaran o koncentraci 0,25 %; 0,50 %; 0,75 % a 1,00 % (w/w) a byla použita jednostupňová a dvoustupňová homogenizace.

Ze získaných výsledků a zpracovaných dat jednotlivých analýz modelových vzorků tavených sýrových omáček lze konstatovat, že:

- Furcellaran o koncentraci 0,25 % až 1,00 % (w/w) neovlivnil sušinu ani pH modelových vzorků. Ani jednostupňová a dvoustupňová homogenizace tyto vlastnosti neovlivnila. Při analýze po sedmém dnu skladování došlo k mírnému poklesu pH.
- Se zvyšující se koncentrací furcellaranu vzrostly hodnoty elastického  $G'$  a ztrátového  $G''$  modulu pružnosti. Po aplikaci homogenizace došlo ještě k dalšímu nárůstu hodnot.
- Komplexní modul pružnosti  $G^*$  se zvyšoval s rostoucí koncentrací furcellaranu i s využitím homogenizace
- Hodnoty tangent delta potvrzují elastické chování modelových vzorků.
- Homogenizace ovlivnila také stabilitu vzorků, dvoustupňovou homogenizací vznikaly stabilnější vzorky. Od koncentrace furcellaranu 0,50 % (w/w) s použitím homogenizace byly vzorky nejstabilnější.
- Naopak v případě tlumících vlastností homogenizace i furcellaran snižovaly hodnoty první rezonanční frekvence, vzorky měly nižší tlumící kapacitu.
- Furcellaran i homogenizace zvýšili elektrickou vodivost, modelové vzorky lépe vedly elektrický proud.

Závěrem lze říct, že ze získaných výsledků je zřejmý vliv furcellaranu a homogenizace na tavené sýrové omáčky.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] TAMINE, A. Y. *Processed Cheese and Analogues*. John Wiley & Sons. 2011
- [2] GAO, Z. FANG, Y. CAO, Y. LIAO, H. NISHINARI, K. a PHILLIPS, G.O. *Hydrocolloid - food component interactions*. *Food Hydrocolloids*. 2017, vol. 68, s. 149-156. [online]. Dostupné z: <https://www-sciencedirectcom.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0268005X16304015>
- [3] ČESKO. *Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů (na obyvatele za rok) v ČR v letech 2009–2018* [tabulka], Český statistický úřad České republiky [online]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/91232993/2701391901.pdf/23d4ddc7-23d64b1c-98fb-4c7ae458846f?version=1.1>
- [4] SALEK, R.N. VAŠINA, M. LAPČÍK, L. ČERNÍKOVÁ, M. LORENCOVÁ, E. LI, P. a BUŇKA, F. *Evaluation of various emulsifying salts addition on selected properties of processed cheese sauce with the use of mechanical vibration damping and rheological methods*. *LWT*. 2019, vol. 107, s. 178-184. [online] Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643819302038>
- [5] JAGODA, O.S. MUSZYNSKI, S. SOLOWIEJ, B.G. *Effect of whey protein concentrate on physicochemical properties of acid casein processed cheese sauces obtained with coconut oil or anhydrous milk fat*. *LWT*. 2020. vol. 127. s. 109493. [online] Dostupné z: <https://www-sciencedirectcom.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0023643820304230>
- [6] SZAFRAŇSKA, J. O. a SOŁOWIEJ, B.G. *Effect of different fibres on texture, rheological and sensory properties of acid casein processed cheese sauces*. *International Journal of Food Science & Technology*. 2020. [online] Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijfs.14485>
- [7] ČERNÍKOVÁ, M. NEBESÁŘOVÁ, J. SALEK, R.N. POPKOVÁ, R. a BUŇKA, F. *The effect of rework content addition on the microstructure and viscoelastic properties of processed cheese*. *Journal of Dairy Science*. 2018. vol. 11. no. 4. s. 2956-2962. [online] Dostupné z: <https://www-sciencedirectcom.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S002203021830050X>



- [8] LAAMAN T.R. *Hydrocolloids in Food Processing*. John Wiley & Sons. 2011. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpHFP00033/hydrocolloids-in-food/hydrocolloids-in-food>
- [9] ČERNÍKOVÁ, M. BUŇKA, F. POSPIECH, M. TREMLOVÁ, B. HLADKÁ, K. PAVLÍNEK, V. a BŘEZINA, P. *Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production*. *International Dairy Journal*. 2010, vol. 20, no. 5, s. 336-343. [online]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0958694609002544>
- [10] MOHAMMADI, A. a FADAEI, V. *The effect of homogenization on texture of reduced dry matter processed cheese*. *Food Science and Technology*. 2018, vol. 38, s. 190-195 [online] Dostupné z: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010120612018000500190&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010120612018000500190&tlng=en)
- [11] CHANDAN, R.C. KILARA, A. SHAH, N.P. *Dairy Processing and Quality Assurance (2nd Edition)*. John Wiley & Sons. 2016
- [12] DESOUKY, M.M., SALAMA, H.H. a EL-SAYED, S.M. *The effects of camel milk powder on the stability and quality properties of processed cheese sauce*. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 2015, vol. 18, no. 4, s. 349-359. [online] Dostupné z: [https://www.food.actapol.net/volume18/issue4/1\\_4\\_2019.pdf](https://www.food.actapol.net/volume18/issue4/1_4_2019.pdf)
- [13] SHALABY, S.M., MOHAMED, A.G. a BAYOUMI H.M.. *Preparation of a Novel Processed Cheese Sauce Flavored with Essential Oils*. *International Journal of Dairy Science*. 2017, vol. 12, no. 3, s. 161-169. [online] Dostupné z: <http://www.scialert.net/abstract/?doi=ijds.2017.161.169>
- [14] McSWEENEY, P. L. H., Fox, P.F., Cotter, P.D., a Everett, D.W. *Cheese - Chemistry, Physics & Microbiology (4th Edition)*. Elsevier. 2017.
- [15] SZAFRAŃSKA, J.O. a SOŁOWIEJ, B.G. *Cheese sauces: Characteristics of ingredients, manufacturing methods, microbiological and sensory aspects*. *Journal of Food Process Engineering*. 2020, vol. 43, no. 4. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfpe.13364>
- [16] BUŇKA, F. a KOPÁČEK, J. Mýty o tavených sýrech a jak proti nim argumentovat. *Potravinářská Revue*. 2012, vol. 1, s. 28-31. 10.

- [17] MAURER, A. 100 let tavených sýrů = 100 let tavících solí. *Potravinářská Revue*. 2012, vol.1, s. 25-27. 11.
- [18] SAMKOVÁ, E., HASOŇOVÁ, L., LAFATOVÁ, V., KALA, R. a BEDRNÍČEK, J. Hodnocení vybraných tavených plátkových sýrů a analogových výrobků mladými spotřebiteli. *Mlékárenské listy*, 2017, vol. 162, no. 28
- [19] FERNANDES, R. *Microbiology Handbook - Dairy Products* (3rd Edition), 2009
- [20] TALBOT, G. *Reducing saturated fats In foods*. Philadelphia: Woodhead Pub., 2011. Woodhead Publishing in food science, technology, and nutrition, no. 221.
- [21] ČESKO. *Vyhláška č 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění*.
- [22] ANONYM. *Codex General Standard for process(ed) cheese and spreadable process(ed) cheese*. [online]. Dostupné z: [http://www.dairyconsultant.co.uk/pdf/codex\\_specification\\_spreadable\\_processed\\_cheese.pdf](http://www.dairyconsultant.co.uk/pdf/codex_specification_spreadable_processed_cheese.pdf)
- [23] CUNHA, C.R., DIAS, A.I. a WALKIRIA H.V. *Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat*. *Food Research International*. 2010, vol. 43, s. 723-729
- [24] MASOTTI, F., CATTANEO S., STUKNUTÉ M. a NONI I.D. *Status and developments in analogue cheese formulations and functionalities*. *Trends in Food Science & Technology*. 2018, vol. 74, s.158-169.
- [25] MOUNSEY, J.S. a O'RIORDAN, E.D. *Characteristics of imitation cheese containing native or modified rice barches*. *Journal of Food Science*. 2007, vol. 66, no.4.
- [26] HENNELLY, P.J., DUNNE P.G., O'SULLIVAN M. a O'RIODAN E.D. *Textural, rheological and microstructural properties of imitation cheese containing inulin*. *Journal of Food Engineering*. 2006, vol. 75, no. 3, s. 388-395.
- [27] KIZILOZ, M.B., CUMHUR O. a KILIC M. *Development of the structure of an imitation cheese with low protein content*. *Food Hydrocolloids*.2006, vol. 23, no. 6, s. 1596-1601, [online]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X08002671>

- [28] SKLENÁŘOVÁ, K. VÍTOVÁ, E., BUŇKA, F., DIVIŠOVÁ, R., *Srovnání analytické a senzorické chutnosti tavených sýrových analogů*. Chemické listy. 2012, vol. 106, s. 571
- [29] GOUDA, A. a EL-NOUR, A.A. *Cheeses: Processed cheese*. Encyclopedia of Food Nutrition. 2003
- [30] SALEK, R.N., ČERNÍKOVÁ, M., MADĚROVÁ, S., LAPČÍK, L. a BUŇKA, F. *The effect of different composition of ternary mixtures of emulsifying salts on the consistency of processed cheese spreads manufactured from Swiss-type cheese with different degrees of maturity*. Journal of Dairy Science. 2016, vol. 99, no. 5, s. 32743287. [online] Dostupné z: [https://www.sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0022030216001545?via%3Dihub](https://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0022030216001545?via%3Dihub)
- [31] GUNASEKARAN, S. a AK, M.M. *Cheese Rheology and Texture*. CRC Press. 2002.
- [32] JAROS, D., PETRAG, J., ROHM, H. a ULBERTH, F. *Milk Fat Composition Affects Mechanical and Rheological Properties of Processed Cheese*. Applied Rheology. 2011, vol. 11, no. 1, s. 19-25
- [33] HLADKÁ, K., RANDULOVÁ, Z., TREMLOVÁ, B., PONÍŽIL, P., MANČÍK, P., ČERNÍKOVÁ, M. a BUŇKA, F. *The effect of cheese maturity on selected properties of processed cheese without traditional emulsifying agents*. LWT - Food Science and Technology. 2014, vol. 55, no. 2, s. 650-656. [online]. Dostupné z: <https://www.sciencedirectcom.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0023643813003782?via%3Dihub>
- [34] BUŇKA, F., DOUDOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., et al. *The effect of ternary emulsifying salt composition and cheese maturity on the textural properties of processed cheese*. International Dairy Journal. 2013, vol. 29, no. 1, s. 1-7. [online]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694612002014>
- [35] CORREDIG, M. *Dairy Derived Ingredients - Food and Nutraceutical Uses - Processing*. Woodhead Publishing. 2009.

- [36] MIHULOVÁ, M. HANUŠOVÁ, J. ŠTĚTINA, J. a PANOVSÁ, Z. *Effect of Modified Whey Proteins on Texture and Sensory Quality of Processed Cheese*. Czech Journal of Food Sciences. 2013, vol. 31, no. 6, s. 553-558.[online]. Dostupné z: <http://web.b.ebscohost.com.proxy.k.utb.cz/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=208fbb2a-ea15-4106-8cdc-28931c83a67a%40pdc-v-sessmgr01>
- [37] MIRALLES, B. KRAUSE, I. RAMOS, M. a AMIGO, L. *Comparison of capillary electrophoresis and isoelectric focusing for analysis of casein/caseinate addition in processed cheeses*. International Dairy Journal. 2006, vo. 16, no. 12, s. 1448-1453. [online]. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0958694605002803?via%3Dihub>
- [38] CHEN, L. A LIU, H. *Effect of emulsifying salts on the physicochemical properties of processed cheese made from Mozzarella*. Journal of Dairy Science. 2012. vol. 95. no. 9. S. 4823-4830. [online] Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0022030212004961>
- [39] EL-BAKRY, M. DUGGAN, E. O'RIORDAN, E.D. O'SULLIVAN, M. *Effects of emulsifying salts reduction on imitation cheese manufacture and functional properties*. Journal of Food Engineering. 2010. vol. 100, no. 4. s. 596-603. [online] Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0260877410002438>
- [40] KILCAST, D. a ANGUS, F. *Reducing Salt in Foods - Practical strategies*. Woodhead Publishing Limited. 2007
- [41] GAO, Z. FANG, Y. CAO, Y. LIAO, H. NISHINARI, K. a PHILLIPS, G.O. *Hydrocolloid - food component interactions*. Food Hydrocolloids. 2017, vol. 68, s. 149-156. [online]. Dostupné z: <https://www-sciencedirectcom.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0268005X16304015>
- [42] FELLOWS, P.J. *Food Processing Technology - Principles and Practice (4th Edition)*. Elsevier. 2017.
- [43] PHILLIPS, G.O. WILLIAMS, P.A. *Handbook of Hydrocolloids*. Woodhead Publishing. 2000

- [44] BAINES, D. SEAL, R. *Natural Food Additives, Ingredients and Flavourings*. Woodhead Publishing. 2012.
- [45] SMITH, J. HONG-SHUM, L. *Food Additives Data Book (2nd Edition) - Carrageenan*. John Wiley & Sons. 2011. [online] Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011ASP91/food-additives-databook/carrageenan>
- [46] ASH, M. ASH, I. *Handbook of Paper and Pulp Chemicals - Carrageenan*. Synapse Information Resources, Inc.. 2013. [online] Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00BMXRX1/handbook-paper-pulpchemicals/carrageenan>
- [47] DAMODARAN, S.P. KIRK, L. *Fennema's Food Chemistry (5th Edition)* CRC Press. 2017.
- [48] MSAGATI, T. A. M. *Chemistry of Food Additives and Preservatives*. John Wiley & Sons. 2013.
- [49] CKENNA, B.M. *Texture in Food, Volume 1 - Semi-Solid Foods*. Woodhead Publishing. 2013.
- [50] INTERNATIONAL FOOD INFORMATION SERVICE. *Dictionary of Food Science and Technology (2nd Edition) - Furcellaran Gums*. International Food Information Service (IFIS Publishing). 2009. [online] Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt006QCH83/dictionary-foodscience/furcellaran-gum>
- [51] JAMROZ, E., KULAWIK, P. KRZYSCIAK, P. TALAPA-CWIERNIA, K. a JUSZCZAK, L. *Intelligent and active furcellaran-gelatin films containing green or pu-erh tea extracts: Characterization, antioxidant and antimicrobial potential*. International Journal of Biological Macromolecules. 2019, vol.122, s. 745757. [online]. Dostupné z: [https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0141813018349675?via%3Dihub](https://www.sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0141813018349675?via%3Dihub)
- [52] KULAWIK, P. JAMRÓZ, E. ZAJAC, M. GUZIK, P. a TKACZEWSKA, J. *The effect of furcellaran-gelatin edible coatings with green and pu-erh tea extracts on the microbiological, physicochemical and sensory changes of salmon sushi stored at 4 °C*. Food Control. 2019, vol. 100, s. 83-91.[online] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodcon.2019.104588>

- ps://www.sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0956713519300118
- [53] LAOS, K. BROWNSEY, G.J. a RING, S.G. *Interactions between furcellaran and the globular proteins bovine serum albumin and  $\beta$ -lactoglobulin*. Carbohydrate Polymers. 2007, vol. 67, no. 1, 116-123. [online] Dostupné z: [https://www-sciencedirectcom.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0144861706002220](https://www.sciencedirectcom.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0144861706002220)
- [54] TUVIKENE, R. TRUUS, K. ROBAL, M. et al. *The extraction, structure, and gelling properties of hybrid galactan from the red alga *Furcellaria lumbricalis* (Baltic Sea, Estonia)*. Journal of Applied Phycology. 2010, vol. 22, no. 1, s. 51-63. [online] Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0141813018349675?via%3Dihub>
- [55] Manufacturing, *Furcellaran*. [online] Dostupné také z: <http://estagar.ee/manufacturing/>
- [56] ROUETTE, H.K. *Encyclopedia of Textile Finishing - Agar Agar*. Woodhead Publishing. 2001. [online] Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt003VQUO1/encyclopedia-textile/agar-aga>
- [57] PARK, Y.W. *Bioactive Components in Milk and Dairy Products*. John Wiley & Sons. 2009.
- [58] GRUMEZESCU, A.M.H. ALINA, M. *Biopolymers for Food Design - Handbook of Food Bioengineering, Volume 20* Elsevier. 2018.
- [59] LI, H. QIN, A. YU, H. HAN, Y. ZHENG, S. LI, H. a YU, J. *Effects of preemulsification with heat-treated whey protein on texture and microstructure of processed cheese*. LWT. 2020, vol. 124. [online] Dostupný z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643820301730>
- [60] BRALLA, J.G. *Handbook of Manufacturing Processes - How Products, Components and Materials are Made*. Industrial Press. 2007.
- [61] KUTZ, M. *Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering (3rd Edition)*. Elsevier. 2019.
- [62] SHAH, N. *YOGURT - The Product and its Manufacture*. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. Elsevier, 2003, s. 6252-6259 [online]. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B012227055X013055> [63]

- [63] HOMOGENIZERS. *Dairy Processing Handbook*. [online] Dostupné z: <https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/chapter/homogenizers>
- [64] SMITHERS, G.W. AUGUSTIN, M.A. *Advances in Dairy Ingredients*. John Wiley & Sons. 2013
- [65] BERK, Z. *Food Process Engineering and Technology (3rd Edition)*. Elsevier. 2018.
- [66] LENZE, S. WOLFSCHOON-POMBO, A. SCHRADER, K. a KULOZIK, U. *Effect of the compositional factors and processing condition on the creaming reaction during process cheese manufacturing*. *Food and Bioprocess Technology*. 2019, vol. 12, s. 575-586. [online] Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-0192234-6>
- [67] VACUUM INDUSTRIAL COOKER. In: *Direct Industry* [online]. Dostupné z: <https://www.directindustry.com/prod/stephan-machinery-gmbh-ima-group/product-97513-1757839.html>
- [68] HOMOGENIZER. In: *GEA* [online]. Dostupné z: <https://www.gea.com/en/products/homogenizers-table-top.jsp>
- [69] ČESKO. ČSN EN ISO 5534:2005, Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda). Praha: Český normalizační institut.].
- [70] NIKZADE, V., TEHRANI, M., SAADATMAND-TARZJAN, M. *Optimization of low-cholesterol–low-fat mayonnaise formulation*. *Food Hydrocolloids*. 2012, vol. 28, no. 2, s. 344-352 [online]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.023>.
- [71] SZCZESNIAK, A.S. *Texture is a sensory property*. *Food Quality and Preference*. 2002. vol. 13, no. 4. s. 215-225. [online] Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0950329301000398>
- [72] SÁDLÍKOVÁ, I. BUŇKA, F. BUDINSKÝ, P. VOLDÁNOVÁ, B. PAVLÍNEK, V. a HOZA, I. *The effect of selected phosphate emulsifying salts on viscoelastic properties of processed cheese*. *LWT – Food Science and Technology*. 2010. vol. 43, s. 1120-1225. [online] Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002364381000143X>

- [73] MAECHESSEAU, S. GASTALDI, E. LAGAUDE, A. LAGAUDE, A CUQ, J.L. *Influence of pH on protein interactions and microstructure of process cheese*. Journal of Dairy Science, 1997, vol. 80, s- 1483-1489.
- [74] BUŇKA, F. BUŇKOVÁ, L. *Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů*. Potravinářská revue. 2009, č.1, s. 13-16.
- [75] JUAN, B. QUEVEDO, J.M. GUAMIS, B. FERRAGUT, V. TRUJILLLO, A.J. *Sensorial characteristics of goat milk cheeses made from ultrahigh-Pressure homogenization- treated milk*. International Congress on Engineering and Food, 2009.[online] Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/Sensorial-Characteristics-Of-Goat-Milk-Cheeses-Made-Juan-Quevedo/2b1a0991bca8c49bac0e453c4aadfc52fcf349e2>
- [76] NAGYOVÁ, G. BUŇKA, F. KUCHAR, D. GRÜBER, T. *Vliv délky fosforečnanového řetězce na texturní vlastnosti tavených sýrů*. Mlékárenské listy. 2012. č. 133
- [77] BARTH, A.P., TORMENA, C.F. a VIOTTO, W.H. *pH influences hydrolysis of sodium polyphosphate in dairy matrices and the structure of processed cheese*. Journal of Dairy Science. 2017, vol. 100, no. 11, s. 8735-8743 [online] Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030217307907>
- [78] BUŇKA, F. ŠTĚTINA, J. HRABĚ, J. *The effect of storage temperature and time on the consistency and color of sterilized processed cheese*. European Food Research and Technology. 2008, vol. 228, no. 2, s. 223-229
- [79] ČERNÍKOVÁ, M. BUŇKA, F. PAVLÍNEK, V. BŘEZINA, P. HRABĚ, J. VALÁŠEK, P. *Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese*. Food Hydrocolloids. 2008. vol. 22, no. 6. s. 1054-1061. [online] Dostupné z: <https://www.sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0268005X07001452>
- [80] NAGYOVÁ, G. ČERNÍKOVÁ, M. PACHLOVÁ, V. a BUŇKA, F. *Srovnání účinnosti vybraných hydrokoloidů na zvyšování pevnosti tavených sýrů*. Mlékárenské listy. 2014. č. 147.
- [81] WILLIAMS, P.A. PHILLIPS, G.O. *Gums and Stabilisers for the Food Industry II*. Royal Society of Chemistry. 2002.



- [82] SOŁOWIEJ, B. GLIBOWSKI, P. MUSZYNSKI, S. WYDRYCH, J. GAWRON, A. a JELINSKI, T. *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. 2015. vol. 44, s. 1-11. [online] Dostupné z: [https://www.sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0268005X14002987](https://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0268005X14002987)
- [83] HEMAR, Y. HALL, C.E. MUNRO, P.A. SINGH, H. *Small and Large Deformation Rheology and Microstructure of  $\kappa$ -carrageenan Gels Containing Commercial Milk Protein Products*. International Dairy Journal. 2002. Vol. 12, no. 4, s. 371-381. [online] Dostupné z: <https://www.sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0958694602000328>
- [84] LI, T. WEN, CH. DONG, Y. et al. *Effect of  $\epsilon$ -polylysine addition on  $\kappa$ -carrageenan gel properties: Rheology, water mobility, thermal stability and microstructure*. Food Hydrocolloids. 2019, vol. 95, s. 212-218. [online] Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X18322082>
- [85] SU, D. ZHU, X. ADHIKARI, B. LI, D. WANG, L. *Effect of high-pressure homogenization on the rheology, microstructure and fractal dimension of citrus fiber-oil dispersions*. Journal of Food Engineering. 2020. Vol, 277. S. 109899. [online] Dostupné z: <https://www.sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0260877419305424>
- [86] FONTES-CANDIA, C. STROM, A. LOPEZ-SANCHEZ, P. LOPEZ-RUBIO, A. MARTINEZ-SANZ, M. *Rheological and structural characterization of carrageenan emulsion gels*. Algal Research. 2020. Vol. 47. S. 101873. [online] Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211926419312482>
- [87] ZHAO, J. SUN. C. LI, H. DONG, X. ZHANG, X. *Studies on the physicochemical properties, gelling behavior and drug release performance of agar/ $\kappa$ -carrageenan mixed hydrogels*. International Journal of Biological Macromolecules. 2020. Vol. 154. S. 878-887. [online] Dostupný z: <https://www.sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0141813020306401>
- [88] PŘIKRYL, J. HÁJEK, T. ŠVECOVÁ, B. SALEK, R.N. ČERNÍKOVÁ, M. ČERVENKA, L. a BUŇKA, F. *Antioxidant properties and textural characteristics of processed cheese spreads enriched with rutin or quercetin: The effect of*

- processing conditions*. LWT. 2018, vol. 87, s. 266-271 [online] Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643817306758>
- [89] PISKA, I. a 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. 2004, vol. 61, no. 4, s. 551-555 [online]. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877403002176>
- [90] AHMED, J. PTASZEK, P. BASU, S. *Advances in Food Rheology and its Applications*. Elsevier. 2017. [online] Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpAFRA0008/advances-in-food-rheology/advances-in-food-rheology>
- [91] MULIAWAN, E.B. HATZIKIRIAKO, S.G. *Rheology of mozzarella cheese*. International Dairy Journal. 2007. Vol. 17. S. 1063-1072. [online] Dostupný z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0958694607000143>].
- [92] WILLIAMS, P.A. PHILLIPS, G.O. *Gums and Stabilizers for the Food Industry 17 – The Changing Face of Food Manufacture: The Role of Hydrocolloids*. Royal Society of Chemistry. 2014.
- [93] SHEE, F.L.T. ANGERS, P. BAZINET, L. *Relationship between electrical conductivity and demineralization rate during electroacidification of cheddar cheese whey*. Journal of Membrane Science. 2005. Vol. 262. No. 1-2. S. 100-106. [online] Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0376738805002814>
- [94] PROCTOR, A. *Alternatives to Conventional Food Processing (2nd Edition)*. Royal Society of Chemistry. 2018.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

Např. Například

Aj. A jiné

Apod. A podobně

$G'$  Elastický modul pružnosti

$G''$  Ztrátový modul pružnosti

$G^*$  Komplexní modul pružnosti

TS Tavicí soli

BH Bez použití homogenizace

H200 S použitím jednostupňové homogenizace 200 barů

H100 S použitím dvoustupňové homogenizace 200 barů a posléze 100 barů

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Schéma výměny iontu sodíku za vápenaté ionty (SER – serinové zbytky) [1] .....	19
Obr. 2: Idealizované jednotky skupin $\kappa$ -, $\iota$ - a $\lambda$ -karagenanů [47] .....	22
Obr. 3: Příklad tavicího kotle s vysokým mechanickým působením [1].....	30
Obr. 4: Homogenizační hlava (upraveno) [63] .....	33
Obr. 5: Rozrušení tukových globulí po jednostupňové a dvoustupňové homogenizaci [63] .....	34
Obr. 6: Stephan UMC – 5 [67] .....	40
Obr. 7: PandaPLUS [68].....	40
Obr. 8: Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace (BH), s jednostupňovou (H200) a dvoustupňovou (H100) homogenizací po 1. dnu skladování .....	47
Obr. 9: Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace (BH), s jednostupňovou (H200) a dvoustupňovou (H100) homogenizací po 7. dnu skladování .....	48
Obr. 10: Závislost viskozity na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace po 1. dni skladování .....	50
Obr. 11: Závislost elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace po 1. dni skladování.....	51
Obr. 12: Závislost ztrátového modulu pružnosti ( $G''$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace po 1. dni skladování.....	51
Obr. 13: Závislost viskozity na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím jednostupňové homogenizace o tlaku 200 barů po 1. dni skladování.....	52
Obr. 14: Závislost elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím jednostupňové homogenizace o tlaku 200 barů po 1. dni skladování .....	52
Obr. 15: Závislost ztrátového modulu pružnosti ( $G''$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím jednostupňové homogenizace o tlaku 200 barů po 1. dni skladování .....	53

Obr. 16: Závislost viskozity na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím dvoustupňové homogenizace o tlaku 200 barů a následně 100 barů po 1. dni skladování .....	53
Obr. 17: Závislost elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím dvoustupňové homogenizace o tlaku 200 barů a následně 100 barů po 1. dni skladování.....	54
Obr. 18: Závislost ztrátového modulu pružnosti ( $G''$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových s použitím dvoustupňové homogenizace o tlaku 200 barů a následně 100 barů po 1. dni skladování.....	54
Obr. 19: Závislost viskozity na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace po 7. dni skladování .....	55
Obr. 20: Závislost elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace po 7. dni skladování.....	55
Obr. 21: Závislost ztrátového modulu pružnosti ( $G''$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace po 7. dni skladování.....	56
Obr. 22: Závislost viskozity na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím jednostupňové homogenizace o tlaku 200 barů po 7. dni skladování.....	56
Obr. 23: Závislost elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím jednostupňové homogenizace o tlaku 200 barů po 7. dni skladování .....	57
Obr. 24: Závislost ztrátového modulu pružnosti ( $G''$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím jednostupňové homogenizace o tlaku 200 barů po 7. dni skladování .....	57
Obr. 25: Závislost viskozity na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím dvoustupňové homogenizace o tlaku 200 barů a následně 100 barů po 7. dni skladování .....	58
Obr. 26: Závislost elastického modulu pružnosti ( $G''$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s použitím dvoustupňové homogenizace o tlaku 200 barů a následně 100 barů po 7. dni skladování.....	58

- Obr. 27: Závislost ztrátového modulu pružnosti ( $G''$ ) na frekvenci u modelových vzorků tavených sýrových omáček s přísadkou furcellaranu o koncentraci 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 % (w/w) s tavicími solemi s použitím dvoustupňové homogenizace o tlaku 200 barů a následně 100 barů po 7. dni skladování ..... 59
- Obr. 28: Stanovení stability [%] u modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace (BH), s použitím jednostupňové (H200) a dvoustupňové (H100) homogenizace po 1. dnu skladování..... 65
- Obr. 29: Stanovení stability [%] u modelových vzorků tavených sýrových omáček bez použití homogenizace (BH), s použitím jednostupňové (H200) a dvoustupňové (H100) homogenizace po 7. dnu skladování..... 66
- Obr. 30: Hodnoty elektrické vodivosti pro modelové vzorky tavených sýrových omáček, A- kontrolní vzorek, B – vzorek bez použití homogenizace, C – vzorek s jednostupňovou homogenizací, D – vzorek s dvoustupňovou homogenizací..... 69
- Obr. 31: Hodnoty elektrické vodivosti pro modelové vzorky tavených sýrových omáček s furcellaranem, A – 0,25 % (w/w), B – 0,50 % (w/w), C – 0,75 % (w/w), D – 1,00 % (w/w)..... 70

**SEZNAM TABULEK**

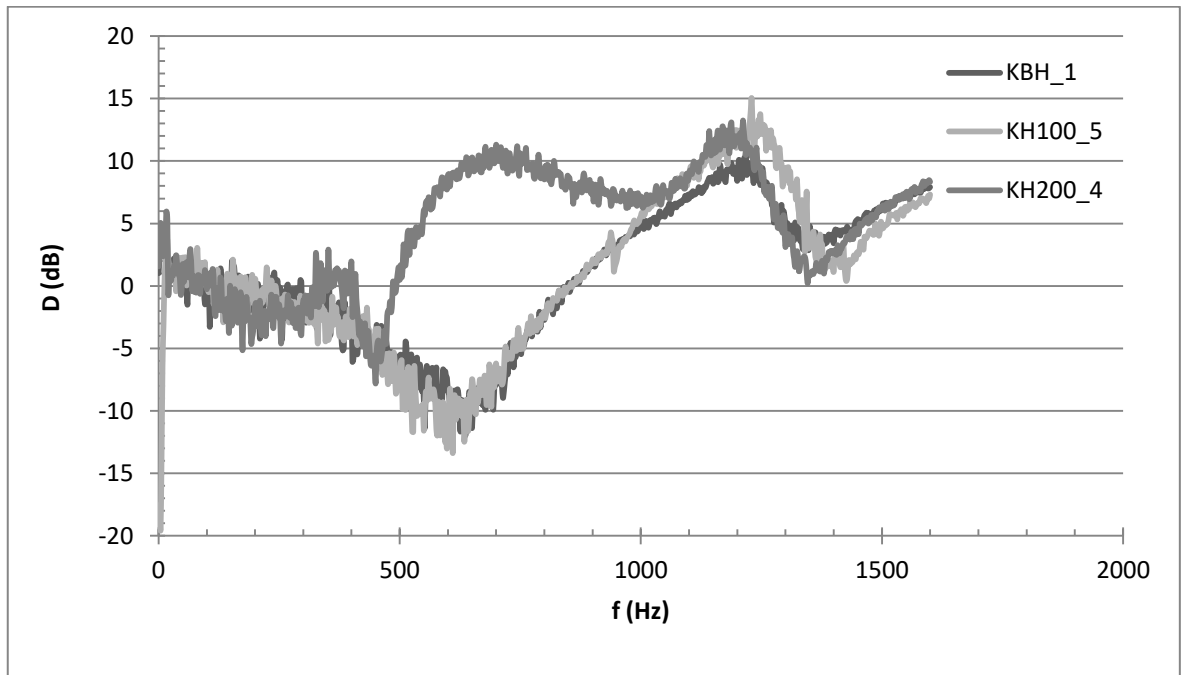
Tab. 1: Přehled povolených složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků a tavených mléčných výrobků [22].....	14
Tab. 2: Komplexní modul pružnosti pro modelové vzorky tavených sýrových omáček bez použití homogenizace, s jednodušňovou a dvoudušňovou homogenizací po 1. d 7. dni skladování .....	60
Tab. 3: Tangent delta pro modelové vzorky tavených sýrových bez použití homogenizace po 1. dni skladování .....	61
Tab. 4: Tangent delta pro modelové vzorky tavených sýrových omáček s použitím jednodušňové homogenizace po 1. dni skladování .....	62
Tab. 5: Tangent delta pro modelové vzorky tavených sýrových omáček s použitím dvoudušňové homogenizace po 1. dni skladování .....	62
Tab. 6: Tangent delta pro modelové vzorky tavených sýrových omáček bez použití homogenizace po 7. dni skladování .....	63
Tab. 7: Tangent delta pro modelové vzorky tavených sýrových omáček s použitím jednodušňové homogenizace po 7. dni skladování .....	63
Tab. 8: Tangent delta pro modelové vzorky tavených sýrových omáček s použitím dvoudušňové homogenizace po 7. dni skladování .....	64
Tab. 9: První rezonanční frekvence ( $f_{R1}$ ) [Hz] pro modelové vzorky tavených sýrových omáček .....	67

## SEZNAM PŘÍLOH

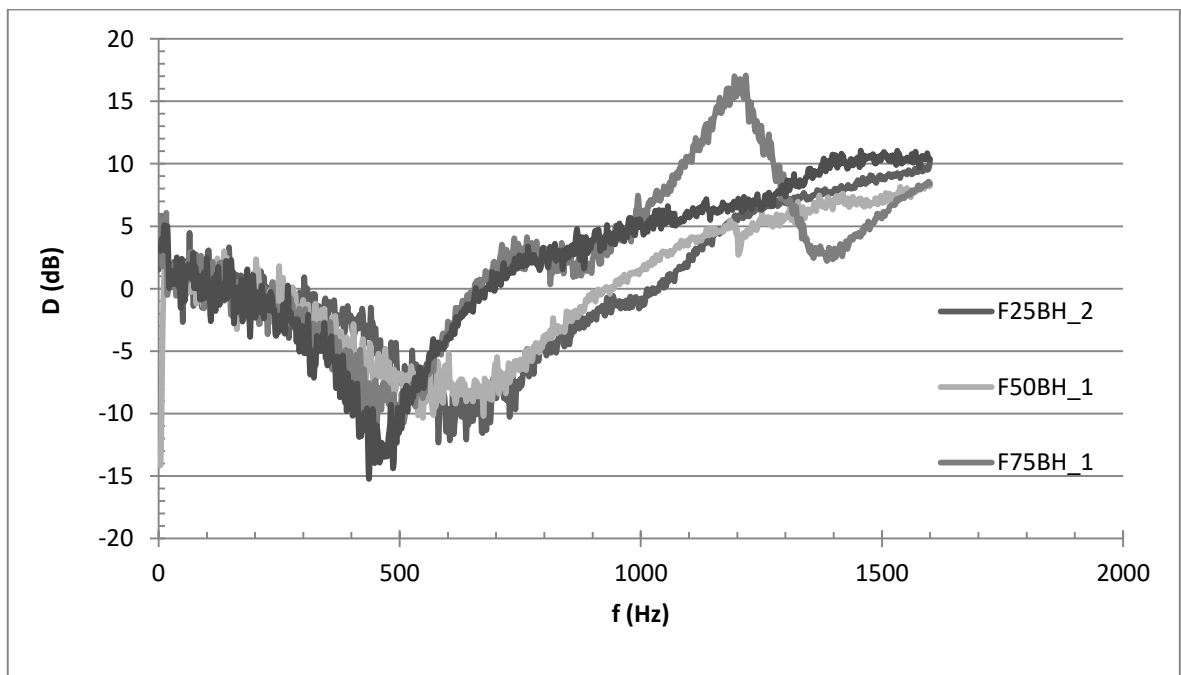
- Příloha I:** Tlumení mechanických vibrací u kontrolního vzorku
- Příloha II:** Tlumení mechanických vibrací u vzorků s furcellaranem bez použití homogenizace
- Příloha III:** Tlumení mechanických vibrací u vzorků s furcellaranem s použitím jednostupňové homogenizace
- Příloha IV:** Tlumení mechanických vibrací u vzorků s furcellaranem s použitím dvoustupňové homogenizace
- Příloha V:** Tlumení mechanických vibrací u vzorků s 0,25 % (w/w) furcellaranem
- Příloha VI:** Tlumení mechanických vibrací u vzorků s 0,50 % (w/w) furcellaranem
- Příloha VII:** Tlumení mechanických vibrací u vzorků s 0,75 % (w/w) furcellaranem
- Příloha VIII:** Tlumení mechanických vibrací u vzorků s 1,00 % (w/w) furcellaranem



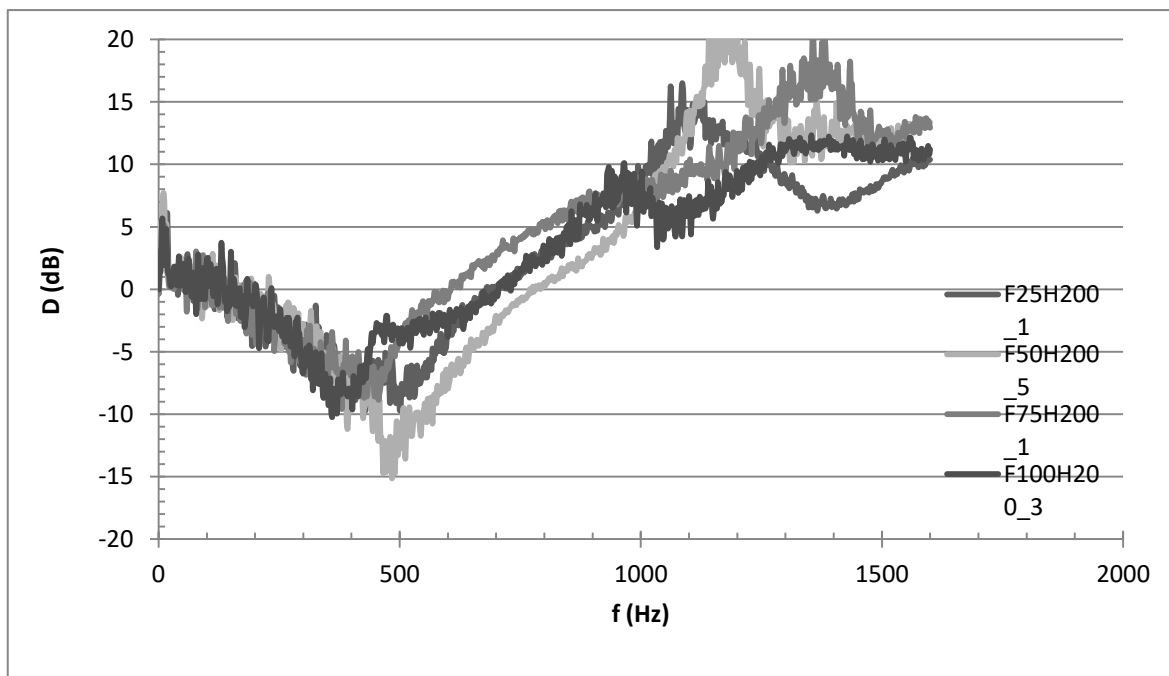
## PŘÍLOHA I: TLUMENÍ MECHANICKÝCH VIBRACÍ U KONTROLNÍHO VZORKU



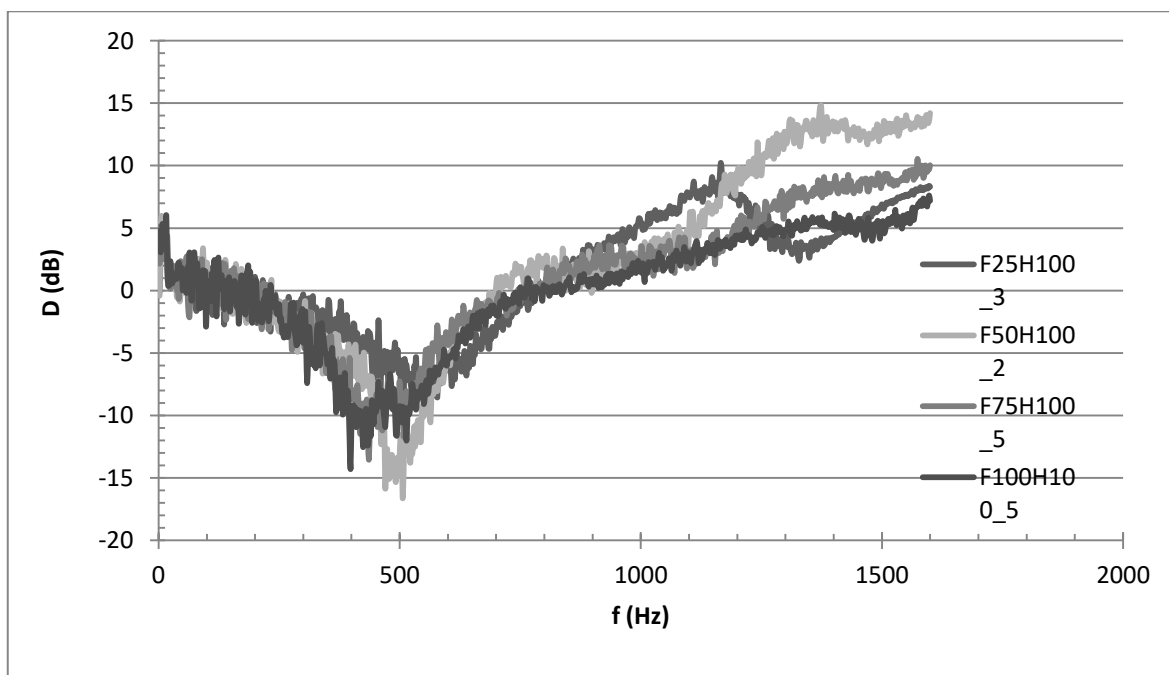
## PŘÍLOHA II: TLUMENÍ MECHANICKÝCH VIBRACÍ U VZORKŮ S FURCELLARANEM BEZ POUŽITÍ HOMOGENIZACE



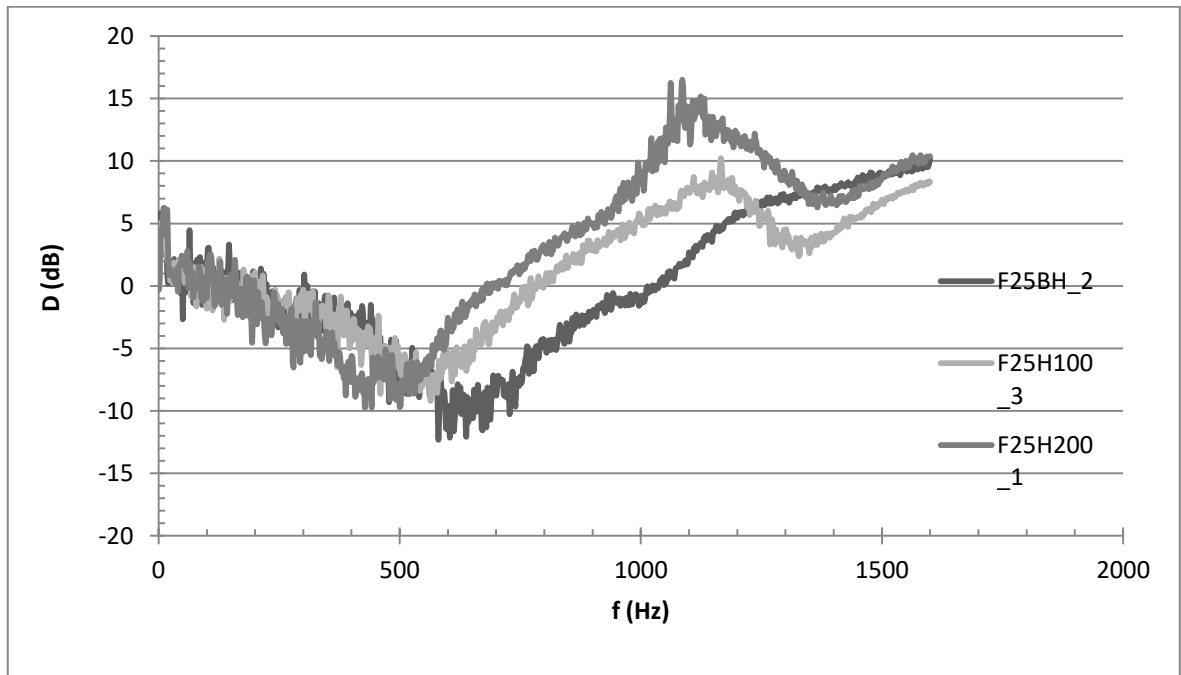
**PŘÍLOHA III: TLUMENÍ MECHANICKÝCH VIBRACÍ U VZORKŮ  
S FURCELLARANEM S POUŽITÍM JEDNOSTUPŇOVÉ  
HOMOGENIZACE**



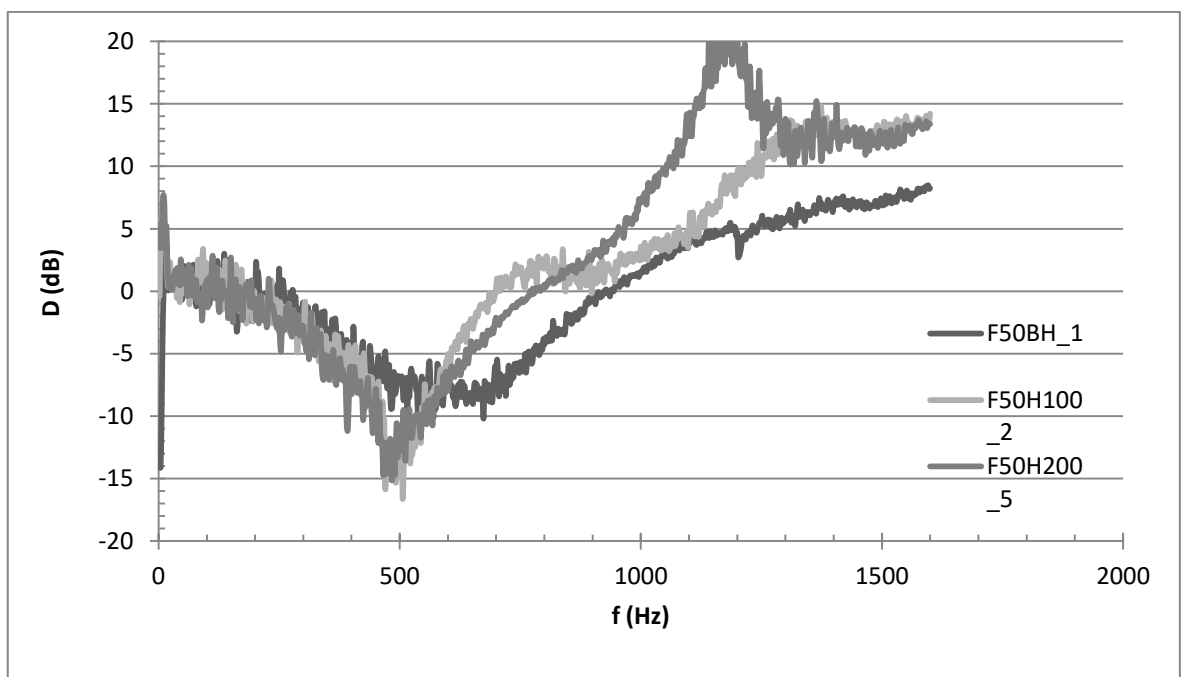
**PŘÍLOHA IV: TLUMENÍ MECHANICKÝCH VIBRACÍ U VZORKŮ  
S FURCELLARANEM S POUŽITÍM DVOUSTUPŇOVÉ  
HOMOGENIZACE**



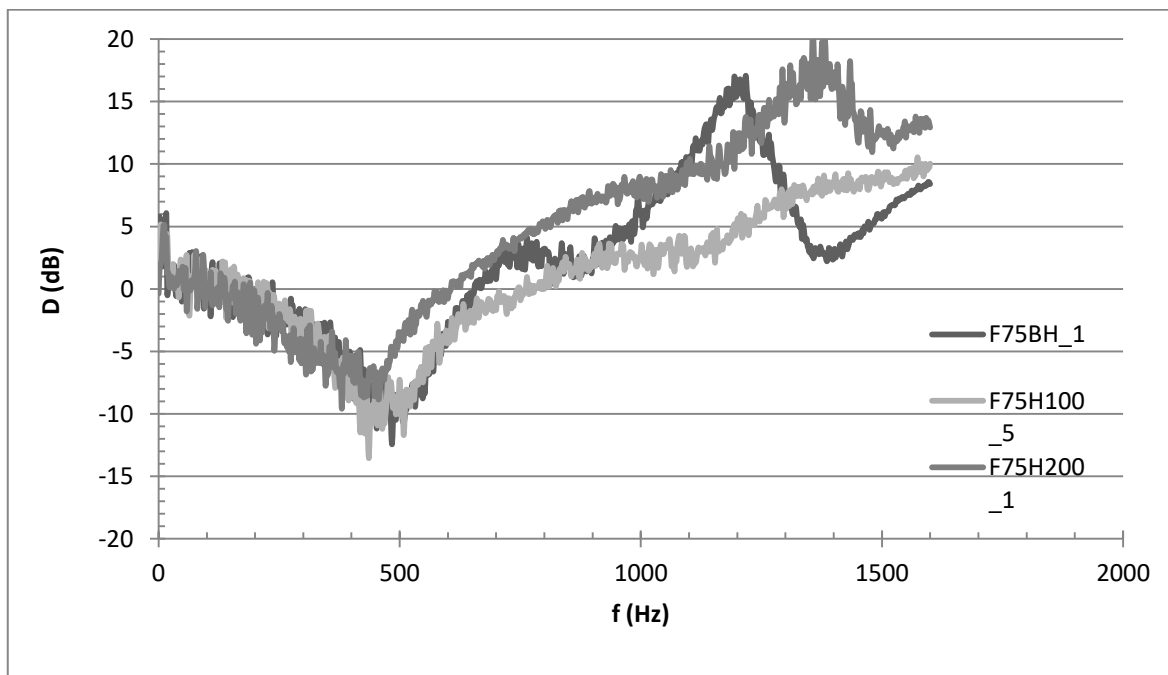
**PŘÍLOHA V: TLUMENÍ MECHANICKÝCH VIBRACÍ U VZORKŮ  
S 0,25 % (W/W) FURCELLARANEM**



**PŘÍLOHA VI: TLUMENÍ MECHANICKÝCH VIBRACÍ U VZORKŮ  
S 0,50 % (W/W) FURCELLARANEM**



## PŘÍLOHA VII: TLUMENÍ MECHANICKÝCH VIBRACÍ U VZORKŮ S 0,75 % (W/W) FURCELLARANEM



## PŘÍLOHA VIII: TLUMENÍ MECHANICKÝCH VIBRACÍ U VZORKŮ S 1,00 % (W/W) FURCELLARANEM

