

Vliv furcellaranu na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů během skladování

Bc. Denisa Záblacká

Diplomová práce
2018

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Denisa Záblacká**

Osobní číslo: **T16245**

Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Technologie potravin**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv furcellaranu na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů během skladování**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakterizujte tavené sýry
2. Popište technologii výroby tavených sýrů
3. Možnosti aplikace extraktů z mořských řas při výrobě tavených sýrů

II. Praktická část

1. Vytvořte tavené sýry s obsahem furcellaranu
2. Provedte vybrané analýzy modelových vzorků
3. Vyhodnoťte a diskutujte výsledky

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] TAMIME, A. Y. *Processed cheese and analogues*. Ames: Wiley-Blackwell, 2011, x, 350 s. Society of dairy technology. ISBN 978-1-4051-8642-1.

[2] 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, 22, 6, s. 1054-1061.

[3] NUSSINOVITCH, A., HIRASHIMA, M. *Cooking Innovations: Using Hydrocolloids for Thickening, Gelling, and Emulsification*. CRC Press, 2013, 384 s. ISBN:9781439875889.

[4] BUŇKA, F., HRABĚ, J. Tavené sýry. *Potravinářská revue*. 2006, vol. 3, s. 13-16.

Vedoucí diplomové práce:

Ing: Richardos Nikolaos Salek, Ph.D.

Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

2. února 2018

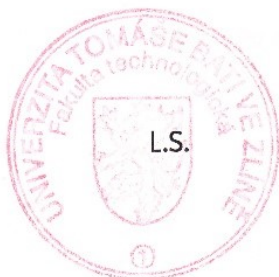
Termín odevzdání diplomové práce:

25. dubna 2018

Ve Zlíně dne 2. února 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 24. 4. 2018

Záblická

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlíádne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem práce bylo posoudit vliv přídatku furcellaranu na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů [obsah sušiny 40 % (w/w), obsah tuku v sušině 55 % (w/w)] v průběhu 60denního skladování při teplotě 6 ± 2 °C. Výroba modelových vzorků byla uskutečněna bez přídatku i s přídatkem směsi fosforečnanových tavicích solí [dihydrogenfosforečnan sodný (NaH_2PO_4 ; MSP), hydrogenfosforečnan sodný (Na_2HPO_4 ; DSP), difosforečnan tetrasodný ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$; TSPP), sodná sůl polyfosforečnanu s průměrnou délkou řetězce $n \approx 20$ (P20)]. Furcellaran má své uplatnění především v potravinářském průmyslu jako gelující a koagulační činidlo, zahušřovadlo či stabilizátor. Během výroby taveného sýra bylo zjišťováno, zda je možné s použitím dané surovinové skladby uskutečnit tavbu. Při analýzách hotového výrobku byl v jednotlivých dnech (1., 7., 14., 30. a 60. den) sledován obsah sušiny, hodnota pH a zejména změna konzistence tavených sýrů s využitím dynamické oscilační reometrie. Byl stanoven také obsah tuku v sušině, avšak tato analýza byla provedena vždy pouze po jednodenním skladování. Výsledky ukazují, že zvyšující se koncentrace furcellaranu neovlivňuje hodnotu pH, ale má značný vliv na viskoelastické vlastnosti vzorků taveného sýra. Z naměřených hodnot vyplývá, že s rostoucí koncentrací furcellaranu se zvyšuje tuhost tavených sýrů. Výraznější změny v porovnání s kontrolním vzorkem byly pozorovány u modelových vzorků bez přídatku tavicích solí.

Klíčová slova: tavený sýr, tavicí soli, furcellaran, viskoelastické vlastnosti.

ABSTRACT

The aim of this thesis was to monitor the influence of furcellaran addition on the viscoelastic properties of processed cheese [dry matter content 40 % (w/w), fat in dry matter content 55 % (w/w)] during 60 days of storage at 6 ± 2 °C. Model samples of processed cheese were made without and with the addition of a mixture of phosphate emulsifying salts [sodium dihydrogen phosphate (NaH_2PO_4 ; MSP), disodium hydrogen phosphate (Na_2HPO_4 ; DSP), tetrasodium diphosphate ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$; TSPP), sodium salt of polyphosphate with a mean length $n \approx 20$ (P20)]. Furcellaran is primarily used in the food industry as a gelling and coagulating agent, thickener or stabilizer. During the production of the processed cheese, it was examined whether it is possible to perform the melting with the given composition. The parameters such as dry matter content and pH were measured. The change in the consistency of the processed cheese was observed by the dynamic oscillatory rheometry. All analyses were performed on the 1st, 7th, 14th, 30th and 60th day of storage. The fat in the dry matter was also measured, but this analysis was only performed after 1 day of storage. The results show that increase in the concentration of furcellaran does not affect the pH of the samples of the processed cheese. The added furcellaran has a significant effect on the viscoelastic properties, the more concentrated, the tougher the cheese. There were significant changes observed while comparing the control sample and the model samples without the addition of emulsifying salts.

Keywords: processed cheese, emulsifying salts, furcellaran, viscoelastic properties.

Tímto bych chtěla poděkovat všem, kteří se jakýmkoliv způsobem podíleli na realizaci této diplomové práce, jmenovitě Ing. Richardosovi Nikolaosovi Salekovi, PhD., za odborné vedení, cenné rady a podnětné připomínky, které mi poskytl při zpracování této diplomové práce.

Dále bych chtěla poděkovat paní laborantce Ing. et Ing. Ludmile Zálešákové a kolegyním za pomoc při výrobě modelových vzorků a při jejich analýzách.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině za důvěru a podporu, kterou projevovali po celou dobu mého studia a Ing. Milanovi Svobodovi za pomoc při úpravě dat a korekci diplomové práce.

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 TAVENÉ SÝRY	13
1.1 LEGISLATIVA.....	13
1.2 DĚLENÍ TAVENÝCH SÝRŮ	14
1.2.1 Analogy tavených výrobků	16
2 TECHNOLOGIE VÝROBY	17
2.1 ZÁKLADNÍ SUROVINY	17
2.1.1 Surovinová skladba, výběr přírodních sýrů	17
2.1.2 Tavicí soli.....	19
2.1.2.1 Fosforečnanové tavicí soli	22
2.1.2.2 Citronanové tavicí soli	24
2.2 PŘÍPRAVA SMĚSI URČENÁ K TAVENÍ.....	25
2.2.1 Drcení a míchání	25
2.3 TAVENÍ.....	25
2.4 FORMOVÁNÍ, BALENÍ, CHLAZENÍ, SKLADOVÁNÍ A EXPEDICE	27
3 MOŽNOSTI APLIKACE EXTRAKTŮ Z MOŘSKÝCH ŘAS PŘI VÝROBĚ TAVENÝCH SÝRŮ	29
3.1 AGAR	31
3.2 ALGIN	32
3.3 KARAGENAN	33
3.3.1 Aplikace při výrobě tavených sýrů	35
3.4 FURCELLARAN	36
3.4.1 Výskyt a výroba	36
3.4.2 Sběr	37
3.4.3 Zpracování.....	38
3.4.4 Význam v průmyslu	39
3.4.5 Struktura.....	39
3.4.6 Vlastnosti.....	41
3.4.7 Použití furcellaranu	44
3.4.7.1 Aplikace v potravinářství.....	45
II PRAKTICKÁ ČÁST	48
4 CÍL PRÁCE	49
5 METODIKA PRÁCE	50
5.1 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ.....	50
5.2 CHEMICKÁ ANALÝZA	52
5.2.1 Stanovení obsahu celkové sušiny.....	52
5.2.2 Stanovení pH.....	53
5.2.3 Stanovení obsahu tuku v sušině	53
5.3 DYNAMICKÁ OSCILAČNÍ REOMETRIE	53
6 VÝSLEDKY A DISKUZE	55

6.1	VYHODNOCENÍ CHEMICKÉ ANALÝZY	55
6.2	VÝSLEDKY DYNAMICKÉ OSCILAČNÍ REOMETRIE	59
ZÁVĚR		80
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		82
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		97
SEZNAM OBRÁZKŮ		98
SEZNAM TABULEK		100

ÚVOD

Tavené sýry patří mezi konzumenty, nejen v České republice, k oblíbeným mléčným výrobkům. U potenciálních a stávajících zákazníků je, při výběru konkrétního výrobku ze širokého sortimentu nabízených tavených sýrů, důležitou charakteristikou nejen cena, typ (tvar a materiál obalu) balení či jeho objem, ale především chuť a konzistence samotného artiklu. Dvě poslední zmiňované vlastnosti výrobku vedou k plnohodnotnému uspokojení chuťových potřeb a naplnění očekávání konzumentů. Spotřebitelé kladou při výběru dostupných výrobků navíc stále větší důraz na kvalitu prodáváných surovin.

Již celou řadu let panuje mezi lidmi názor, že tavicí soli, které jsou z pohledu legislativy nezbytnou součástí tavených sýrů, jsou ze zdravotního hlediska nepřijatelné a pro tělo škodlivé. V nynější moderní době, kdy jsou lidé zahlceni a obklopeni celou řadou nejrůznějších výživových směrů, kdy je trend dodržovat zdravý životní styl, kupovat BIO výrobky a jíst čerstvé, přírodní potraviny, jsou tak ze strany zákazníků kladeny stále větší požadavky na výrobce, aby byly vyráběny potraviny bez přídavných látek (aditiv). Aditiva jsou dělena do mnoha kategorií, z nichž nejznámější jsou: antioxidanty, konzervanty, stabilizátory, emulgátory, zahušňovadla, látky zvýrazňující chuť a vůni, barviva a sladidla. Samostatnou kategorií mají i zmiňované nepopulární tavicí soli, které jsou používány při výrobě tavených sýrů. Výrobci tak mají za úkol, vyrábět sýry s co nejnižším množstvím tavicích solí, ale zároveň zachovat určité parametry, které jsou pro danou potravinu charakteristické. U tavených sýrů je vyžadována soudržnost a snadno roztíratelná konzistence. Z toho důvodu jsou výrobci této skupiny výrobků nuceni při procesu výroby hledat nové technologické postupy a upravovat surovinovou skladbu tavených sýrů tak, aby obsah tavicích solí byl ve směsi co nejnižší. Jednou z možností je částečná náhrada tavicích solí hydrokoloidy.

K nejznámějším přírodním zdrojům hydrokoloidů, které jsou získávány z mořských řas a jsou využívány v potravinářství, zejména pak při výrobě tavených sýrů, se řadí karagenany, alginát, agar a sulfátovaný polysacharid furcellaran, který je strukturně podobný β - a κ -karaganu. Tato práce pojednává o vlivu furcellaranu na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů v průběhu skladování. Vliv přídavku furcellaranu byl sledován v průběhu dvouměsíční doby skladování. Doposud neexistuje žádná studie, která by se zabývala problematikou přídavku furcellaranu do tavených sýrů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TAVENÉ SÝRY

Tavené sýry jsou řazeny do skupiny mléčných výrobků, které tvoří výživově plnohodnotnou a svým množstvím (roční průměrná spotřeba v České republice v roce 2016 byla 2 kg na osobu) [1], velmi významnou část stravy lidské populace. Spotřebitelé mohou na trhu vybírat z širokého sortimentu výrobků. Tavené sýry jsou vyráběny a dodávány na trh v rozmanitých spotřebitelských baleních a tvarech. Rovněž jsou dostupné ve spoustě různých příchutí, z nichž každý zákazník může vybírat [2].

Základními složkami pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýry různého typu a stupně zralosti, máslo, voda a tavicí soli. Dalšími přísadami, které mohou být použity při výrobě, jsou rovněž suroviny dodávající hotovému výrobku požadovanou chuť nebo konzistenci. Zjednodušeně lze tavený sýr označit za vícesložkový komplex složek, který má homogenní strukturu. Důležitou funkci plní proteinová frakce, jejímž úkolem je za pomoci působení tavicích solí vytvořit stabilizační nosnou síť [3, 4].

1.1 Legislativa

Dle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb. [5], kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění, je tavený sýr označen jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí. Výše zmíněná vyhláška stanovuje ve fyzikálních a chemických požadavcích na tavené sýry maximální přípustný obsah laktosy pro tavený sýr druhově nepojmenovaný, který činí 5 % hmotnostních. Dále jsou v ní uvedeny i požadavky na přítomnost či nepřítomnost složek jiných než sýrů pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků (Tab. 1). Codex Alimentarius definuje tavený sýr a roztíratelný tavený sýr jako produkt, který byl vyroben mletím, mícháním, tavením a emulgací jednoho nebo více druhů sýrů, za účasti tepla a činidel podporujících emulgaci, s přídavkem, či bez přídavku mléčných složek nebo dalších potravin v souladu s tímto předpisem [5 – 7].

Tab. 1: *Obecný přehled složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených výrobků*
[upraveno podle 5]

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

*) zdravotně nezávadné se specifickými účinky

Skupina nesoucí označení tavené sýry je dle aktuální vyhlášky členěna na dvě podskupiny. Jedná se o tavené sýry roztíratelné a tavené sýry s lomem. Společně se skupinou tavené sýry patří ke druhu sýry ještě další skupina, která je pojmenována jako tavené sýrové výrobky. Tavené sýrové výrobky jsou považovány za analogy tavených sýrů, které z důvodu obsahu laktosy nesplňují požadavky pro označení „tavený sýr“. Obsah laktosy u tavených sýrových výrobků je vyšší než 5 % hmotnostních. [5].

1.2 Dělení tavených sýrů

Ve vyhlášce č. 77/2003 Sb. [7], která byla nahrazena vyhláškou č. 397/2016 Sb. [5], jež vstoupila v platnost ke dni 1. 1. 2017, byly tavené sýry rozděleny na podskupiny podle obsahu tuku v sušině (TVS), a to na nízkotučné a vysokotučné. Jako "nízkotučný" byl označen tavený sýr s obsahem TVS nejvýše 30 % hmotnostních a jako vysokotučný tavený sýr

s obsahem TVS nejméně 60 % hmotnostních. Rozpětí mezi 30 – 60 % hmotnostních TVS nebylo ve vyhlášce definováno [5, 7].

V literatuře [8, 9] je možné najít i jiné dělení tavených sýrů dle obsahu TVS a to na tavené sýry nízkotučné (30 % TVS a méně), polotučné (30 – 45 % TVS), plnotučné (45 – 55 % TVS) a vysokotučné (60 – 70 % TVS). Tavené sýry, jejichž obsah TVS je 20 % a méně nebo 70 % a více jsou vyráběny pouze zřídka, jelikož postrádají charakter taveného sýra [7, 8].

Tavené sýry je možné dělit i podle použitých surovin. Dle takového rozdělení existuje skupina jednodruhových tavených sýrů, jejíž převažující surovinou je pouze jeden deklarovaný druh sýru a skupina směsných tavených sýrů, pro jejichž výrobu jsou používány rozličné druhy přírodních sýrů v různém poměru [8, 9].

Další možností dělení tavených sýrů je na základě chuti, tedy obsahu ochucujících přísad, které svým charakterem ovlivňují chuť, barvu i konzistenci hotového výrobku. Z tohoto kritéria jsou na trhu dostupné tavené sýry ochucené a neochucené. K nejběžnějším ochucujícím přísadám patří masné výrobky (šunka, uzené maso, klobása), bylinky (pažitka), koření (česnek, zelený pepř, chilli), houby (žampiony, hříby), zelenina (kapie, cibulka, rajče, křen), ořechy nebo třeba sýry s příchutí zrajících sýrů (tvarůžky, romadúr, camembert, ementál, niva, čedar, Gran Moravia). Ochucující složky bývají do směsi přidávány během procesu výroby nebo až vmícháním do již utaveného sýra při konečné úpravě [8, 10].

Z hlediska konzistence jsou děleny na tavené sýry s konzistencí lomivou, pevnou, na tavené sýry snadno roztíratelné či krémovité a husté. Konzistence hraje při výrobě tavených sýrů klíčovou roli. Aby nebyl negativně ovlivněn vjem při konzumaci výrobku, měla by být konzistence kompaktní a homogenní bez výskytu hrudek a shluků či nedostatečně rozmělněných částí vstupních surovin [8].

V zahraniční literatuře jsou dle Code of Federal Regulation (CFR) [11] tavené sýry rozděleny do následujících skupin:

- pasteurized processed cheese (pasterované tavené sýry),
- pasteurized blended cheese (pasterované směsné sýry),
- pasteurized processed cheese food (pasterované tavené sýrové výrobky),
- pasteurized processed cheese spread (pasterované tavené sýrové pomazánky).

U skupiny pasterovaných tavených sýrů existuje navíc podskupina, do jejíž výrobků je možné přidat ovoce, zeleninu a maso [11, 12].

1.2.1 Analogy tavených výrobků

Analogy tavených výrobků se vizuálně, svou konzistencí i způsobem výroby podobají taveným sýrům. Od klasických tavených sýrů se liší použitými surovinami. V surovinové skladbě analogových výrobků dochází k částečnému nebo úplnému nahrazení mléčného tuku, mléčné bílkoviny nebo obou surovin současně složkou nemléčného původu, nejčastěji rostlinnými zdroji. Takové potraviny proto nesmí být označovány výrazem „sýr“. Legislativa neuvádí žádný termín pro označování těchto výrobků, ale běžně je používán pojem imitace nebo analogy tavených výrobků, případně tavených pomazánek [13 – 16].

Výroba analogových tavených výrobků začala v sedmdesátých letech minulého století ve Spojených státech amerických z důvodu velkého zájmu o pizzu, jejíž součástí byl strouhaný sýr. Díky nízké ceně se zvyšovala poptávka po těchto produktech a zákazníci preferovali substituenty před tavenými sýry s obsahem přírodního sýra a ostatních mléčných bílkovin. Produkce analogů neustále rostla i z důvodu zájmu prodejců rychlého občerstvení o levnější suroviny [13, 17].

Analogy jsou vyráběny z proteinů, různých jedlých olejů, tuků, vody a dalších ingrediencí pomocí míchání, za současného zahřívání a působení tavicích solí do vzniku homogenní konzistence výsledné směsi. Požadované vlastnosti analogů, které napodobují tavené sýry, jsou dosaženy s využitím pomocných látek. Ty napomáhají k dosažení výsledného tvaru a aroma. Díky náhradě mléčného tuku anebo mléčné bílkoviny za komponenty rostlinného původu, dochází ke značnému snížení nákladů a hotové výrobky jsou tak výrazně levnější. Na cenu sýrových analogů má značný vliv i cena kaseinů a kaseinátů, která je v porovnání s cenou ekvivalentního množství kaseinu obsaženého v syrovém mléce nižší [13 – 17].

Rostlinné oleje používané při výrobě analogových výrobků, které slouží jako náhrada mléčného tuku, jsou zdrojem nenasycených mastných kyselin, čímž je redukován obsah nasyčených mastných kyselin i cholesterolu. Mimo to je výživovými odborníky doporučováno snížit množství soli, tedy sodíku a energetické hodnoty [2, 15].

2 TECHNOLOGIE VÝROBY

Výroba taveného sýra je složitý proces, který je primárně ovlivněn chemickými interakcemi, jež probíhají mezi použitými tavicími solemi a mléčnými složkami. Naopak hlavní technologické operace výroby taveného sýra jsou poměrně jednoduché, avšak i ty vyžadují kontrolu. Je třeba dohlédnout na kvalitu použitých surovin, jejich koncentraci a množství ve směsi, a ovládat nastavení parametrů při zpracování, vedoucí k požadovanému finálnímu výrobku. Při výrobě taveného sýra jsou do výrobního kotle nadávkovány recepturní suroviny, které jsou navzájem promíchávány a taveny při požadovaných teplotách za případného podtlaku. Výroba spočívá ve změně kaseinu přítomného v přírodním sýru z hrubě rozptýleného para-kaseinátu vápenatého na homogenní konzistenci taveniny s požadovanými vlastnostmi vlivem míchání, působení tepla a přítomnosti tavicích solí. K základním technologickým procesům výroby taveného sýra patří následující operace: výběr přírodních sýrů, složení směsi, míchání, drcení, přídavek tavicích solí, tepelné zpracování, balení, chlazení a skladování konečného produktu [18 – 20].

2.1 Základní suroviny

2.1.1 Surovinová skladba, výběr přírodních sýrů

Správná surovinová skladba je základem pro výrobu chutných tavených sýrů. Je důležitý nejenom výběr kvalitních a zdravotně nezávadných surovin, ale rovněž jejich vzájemné zastoupení v hotovém výrobku. K základním surovinám pro výrobu tavených sýrů patří přírodní sýr, tavicí soli a složky mléčného i nemléčného původu [21].

Nezanedbatelný význam při výrobě tavených sýrů má kvalita a správný výběr přírodního sýru, respektive jeho stupeň vyzrálости, obsah sušiny a obsah TVS. Jmenované faktory mají vliv především na konzistenci a texturu konečného výrobku. Kromě toho je důležitým kritériem při výrobě přírodního sýra také jeho druh, aroma, konzistence, struktura a jeho kyselost neboli hodnota pH. Volba přírodního sýru má podstatný vliv na strukturu taveného sýru. Pro výrobu mohou být použity stejné nebo různé druhy přírodních sýrů a také přírodní sýry různých stupňů zralosti. Vhodná kombinace druhů a vyvážený poměr mladých (nevyzrálých) a vyzrálých přírodních sýrů má rozhodující vliv na chuť konečného výrobku. Existují však i tavené sýry, které jsou vyráběny pouze z jednoho druhu přírodního sýru. Takové vý-

robky jsou oblíbené především v zahraničí. Konkrétně se jedná o tavené sýry vyráběné z přírodních sýrů typu Ementál (západní Evropa), Čedar (USA, Velká Británie, Austrálie), Mozzarella a Gruyére (USA, Kanada). Při výrobě tavených sýrů nejsou běžně používány příliš mladé a nevyzrálé přírodní sýry, jelikož mají negativní vliv na konzistenci konečného výrobku, který je tužší a gumovitý. Jejich pevnější struktura je způsobena právě nedostatečnou zralostí, v jejímž důsledku nebyly dostatečně rozštěpeny peptidové vazby. Mimo to má konzistence souvislost i s vyšším obsahem vápníku, který způsobuje tuhost a horší tavitelnost sýrů [18 – 24].

Naopak aplikace vyzrálých přírodních sýrů vede ke vzniku krémovějších tavených sýrů, které se lépe roztírají. Jemnější konzistenci zajišťují enzymaticky hydrolyzované bílkoviny (parakasein) na kratší frakce (peptidy a volné aminokyseliny), které se díky svým senzoryckými aktivním látkám podílejí na vzniku typického aroma [22].

Pro výrobu tavených sýrů typu „Blocktype“, které jsou pružné a lepivé, jsou používány převážně mladé (zrání v řádech několika týdnů) sýry. Přídavek mladých sýrů se pohybuje obvykle 70 – 75 % a zbylých 25 – 30 % představují zralé neboli staré (zrající měsíce až roky) sýry. Zatímco při výrobě roztíratelných tavených sýrů je složení téměř opačné a obsah polo zralého sýru činí 60 – 75 %. Vyráběny jsou i tavené sýry plátkové, u nichž je poměr přírodních sýrů pro dosažení požadované elasticity upraven na 30 – 40% obsah nevyzrálého sýru, 50 – 60% obsah polo zralého sýru a zbylých 10 % představuje zralý sýr [19, 20, 25 – 28].

Přídavek vysokého obsahu mladého sýra má jisté výhody i nevýhody. Stejně je tomu i při použití vysokého obsahu extra-zralého sýru. Hlavní výhodou použití vysokého obsahu mladého sýra je pozitivní dopad na ekonomickou stránku, díky snížení nákladů na suroviny. Dalším plusem je jejich schopnost tvořit stabilní emulze s vysokou vazností vody a výroba konečného výrobku s pevnou texturou vhodnou pro krájení. Naopak k nevýhodám patří tvrdnutí hotového produktu při skladování, a především výroba taveného sýru s nevýraznou chutí [26].

Klady výroby taveného sýru s vysokým obsahem extra-zralého sýru jsou: plná chuť a dobrá roztíratelnost. Vysoký obsah extra-zralého sýru ve směsi může mít však i negativní dopad na vlastnosti konečného výrobku. Hlavními zápory výsledného produktu je nízká stabilita emulze, příliš měkká konzistence a ostrá chuť [26].

Při výrobě tavených sýrů by neměly být používány přírodní sýry s mikrobiálními vadami, které by mohly negativně ovlivnit požadovanou kvalitu konečného výrobku (tvorba plynu – kaverny), a především by mohly způsobit nežádoucí zdravotní problémy. Obzvláště nebezpečné pro lidské zdraví jsou spory a patogenní bakterie [18 – 20, 29].

Omezení v použití se netýká sýrů s mechanickými vadami. Jde o nestandardní bloky, jejichž tvar je zdeformovaný a není možné je využít pro prodej do obchodních řetězců, ale jejich fyzikální vlastnosti je možné pomocí správného míchání upravit [18 – 20, 29].

Standardně jsou pro výrobu tavených sýrů používány bloky přírodních sýrů druhu Eidam, Gouda, Čedar, ale i jiné druhy, které konečnému produktu dodávají specifické aroma či barvu [30].

Dále jsou k přírodním sýrům kromě másla, pitné vody a tavicích solí přidávány i další složky z důvodu úpravy konzistence či chuti. Pro dosažení jemnější konzistence a navýšení tučnosti je při tavení používáno máslo nebo smetana. Pro úpravu obsahu sušiny je využíván tvaroh. Složkou tavených sýrů mohou být i mléčné koncentráty v podobě sušeného odstředěného mléka, sušené syrovátky, sérových bílkovin, kaseinů a kaseinátů. Pro tvorbu požadované chuti a vůně konečného výrobku jsou používány nejrůznější přísady (bylinky, koření, zelenina nebo ovoce). Součástí surovinové skladby může být rovněž rework neboli nátavek. Jedná se o utavený sýr, který zbyl z předchozí výroby. Při zpracování mohou být přidány i hydrokoloidy [22].

2.1.2 Tavicí soli

Jednou ze základních a nezbytných složek pro výrobu tavených sýrů jsou tavicí soli. Dle Vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 4/2008 Sb. [31], kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních činidel při výrobě potravin, v platném znění, jsou tavicí soli látky měnící vlastnosti bílkovin při výrobě tavených sýrů za účelem zamezení oddělování tuku. Podobná definice je uvedena také v Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 [32] ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách, která uvádí, že "tavicími solemi" se rozumějí látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek [21, 31, 32].

Tavicí soli bývají často chybně označovány jako emulgátory. Ve skutečnosti se však nejedná o emulgátory jako povrchově aktivní látky v pravém slova smyslu. V odborné literatuře je tedy raději užíván pojem „emulgující činidla“. Právě tento pojem výstižně popisuje jejich

úlohu při procesu tavení – tedy schopnost změnit prostředí v tavené směsi takovým způsobem, že přítomné bílkoviny, kaseinové frakce, se budou moci uplatnit jako přirozené emulgátory [33].

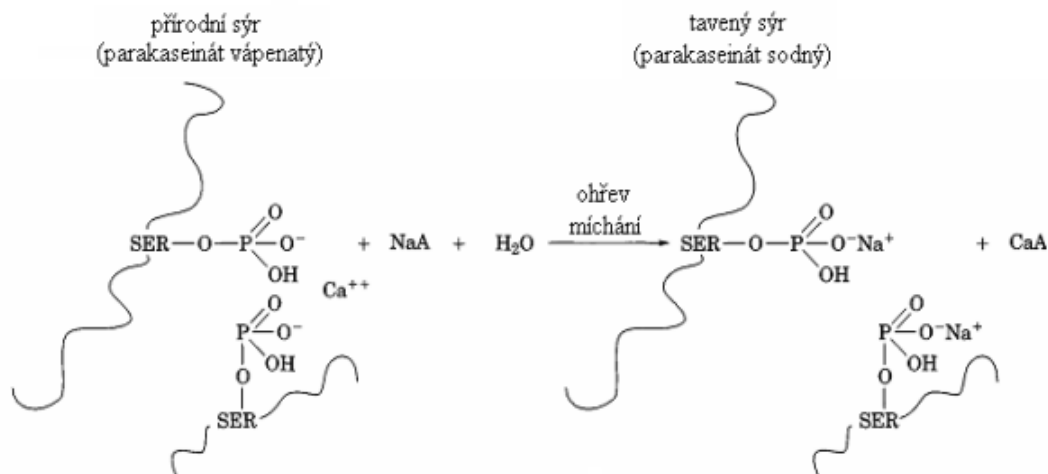
Tavicí soli jsou nepostradatelnou součástí tavených sýrů. Při jejich výrobě jsou používány proto, aby nedocházelo ke vzniku nežádoucích jevů. Jedním z takových jevů je možná destrukce membrán tukových kuliček a jejich následné shlukování do větších celků, které by mohlo nastat při zahřevu a míchání směsi přírodního sýru a dalších ingrediencí bez přídavku tavicích solí. Bez přídavku tavicích solí by při nízké hodnotě pH za současného působení vysoké teploty docházelo také k agregacím a kontrakcím kaseinu, které by byly doprovázeny uvolňováním vody a oddělováním hydrofobních a hydrofilních fází [26, 30, 33, 34].

Tavicí soli se podílejí na chemických interakcích, které zajišťují vznik nových vazeb v proteinové matici. Upravují prostředí v tavenině, které umožňuje proteinům, přítomným v polydisperzním systému přírodního sýra, plnit funkci přirozených emulgátorů [2].

Hlavním úkolem tavicích solí je odštěpení vápníku z proteinové matrice, peptizace, hydratace, zvyšování rozpustnosti a schopnosti bobtnání bílkovin. Podílejí se na vzájemné výměně vápenatých a sodných iontů v tavenině a zajišťují vznik homogenní konzistence konečných sýrových výrobků. Jejich neméně důležitou funkcí je zlepšení emulgace a stabilizace tuků, změna pH a podílejí se na formování finálního sýrového výrobku v průběhu chlazení [21, 33, 35 – 40].

Vápník je v přírodních sýrech poután fosfoserinovými zbytky kaseinu a karboxylovými skupinami kyselých aminokyselin. Kaseinové frakce mají funkci přirozených emulgátorů díky své struktuře, v níž obsahují lipofilní nepolární části i hydrofilní polární oblasti s fosfoserinovými zbytky. Této funkci však brání obsah vápenatých mŕstvků, které jsou součástí matrice přírodních sýrů. Z toho důvodu jsou při výrobě tavených sýrů aplikovány tavicí soli, které obnovují emulgační schopnosti bílkovin a napomáhají roztržení tuku na co nejvyšší počet tukových kuliček, které mají co nejmenší průměr v porovnání s původním množstvím a velikostí tukových kuliček v použitém přírodním sýru. K obnově emulgační schopnosti bílkovin dochází po uvolnění bílkovin, které se uskutečňuje až po uvolnění vápenatých iontů z matrice. Bílkoviny se tak mohou účastnit procesu emulgace tuku. Podílí se také na vazbě a stabilizaci vody ve výrobku. Emulgační vlastnosti jsou zajištěny vzájemnou výměnou vápenatých iontů za sodné, kdy dochází ke změně vlastností prostředí v tavenině. Konkrétněji dochází ke změně nerozpustného parakaseinátu vápenatého na rozpustný parakaseinát sodný

(Obr. 1). Během tohoto procesu dochází v tavenině ke změně jejího uspořádání, které způsobuje bobtnání bílkovin a zajišťuje tvorbu gelu. Ionty vápníku jsou poutány k fosfátům, na kterých jsou navázány ionty sodíku, díky silnějším elektrostatickým silám. Z toho důvodu jsou z fosfátu uvolňovány ionty sodíku a váží se na vazebné místo kaseinu. Čím vyšší je počet jednotek fosforu ve sloučenině, tím je vazba mezi kationtem a aniontem silnější [19, 21, 22, 26, 33 – 35, 40 – 45].



Obr. 1: Iontová výměna vápenatých iontů za sodné v přítomnosti tavicích solí při výrobě tavených sýrů (NaA – tavicí sůl obsahující sodný kationt; CaA – tavicí sůl s navázaným vápenatým kationtem) [upraveno podle 23]

Tvorbu proteinové matrice je možné popsat dvěma následujícími kroky. V prvním z nich jsou za pomoci tavicích solí rozptýleny kaseinové molekuly z proteinové matrice. Poté následuje emulgace tukových kuliček a jejich zabudování do proteinové sítě. Rozptýlení kaseinu nastává díky přesunu vápenatých iontů z nerozpustného komplexu s obsahem parakaseinátu a zániku fosforečnan–vápenaté vazby při zahřívání a míchání taveniny. Hlavní funkci při disperzi kaseinu plní právě tato vazba, která v přírodním sýru zajišťuje uspořádání a pevnost kaseinových micel. Během záhřevu dochází také k rozpadu membrány tukových kuliček [23, 37, 46 – 49].

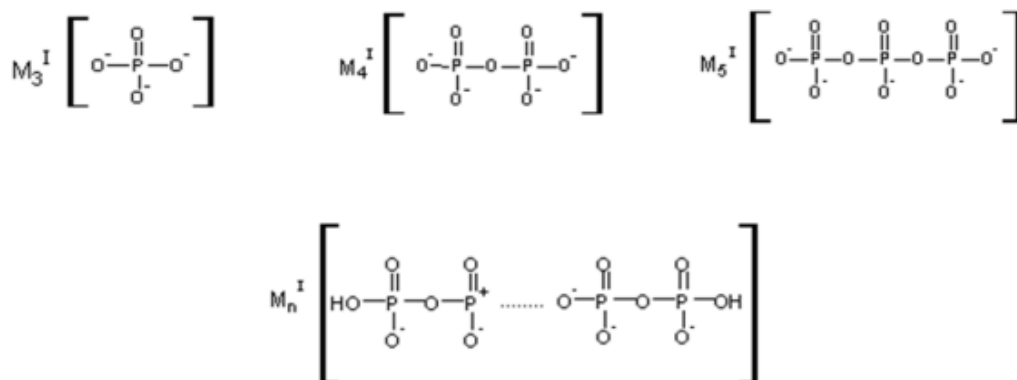
Díky obnovení emulgačních vlastností proteinů mohou komplexy rozpustného parakaseinátu interagovat s tukovými částicemi. Proteiny obalují tukové kuličky a vytváří kolem nich membrány. Proces obalování tukových částic je uskutečňován navázáním proteinů na fázové

rozhraní olej–voda, kde hydrofobní část molekuly proteinu směřuje k tukové fázi a hydrofilní k vodné. Tento proces zajišťuje, že jednotlivé tukové částice nejsou ve vzájemném kontaktu a vznik komplexu tukových kuliček obalených proteiny, které zabráňují tvorbě shluků a oddělování vodné a tukové fáze. Rozptýlené kaseinové matrice spolu v průběhu chlazení navzájem interagují a vzniká gelovitá síť s dispergovanými tukovými částicemi. Čím jsou tukové kuličky menší a čím více se navzájem podobají svou velikostí, tím více proteinů je navázáno na rozhraní tuk–voda a tím lépe jsou začleněny tukové částice do proteinové sítě, která se stává pevnější [23, 35, 37, 46, 47, 50 – 52].

Zástupci tavicích solí jsou soli s monovalentními alkalickými kovy (sodík, draslík, hořčík) a vícesytnými anionty (zejména fosforečnany, jejich polymery a citronany). K nejčastěji používaným typům tavicích solí patří především sodné soli kyseliny trihydrogenfosforečné a citronové. Své uplatnění mají také draselné a hořečnaté soli kyseliny fosforečné, avšak jejich použití je omezené z důvodu nebezpečí vzniku hořké chuti finálního výrobku. Mimo to působí hořečnaté soli při iontové výměně menšími elektrostatickými silami než sodík. V nedávných výzkumech nebylo riziko hořknutí draselných solí potvrzeno. V praxi jsou tavicí soli běžně používány ve směsi [21, 26, 30, 33, 35, 50, 52 – 56].

2.1.2.1 Fosforečnanové tavicí soli

Fosforečnanové tavicí soli jsou odvozeny od kyseliny trihydrogenfosforečné (H_3PO_4). Tyto sloučeniny obsahují ve své struktuře aniont $(PO_4)^{3-}$. Podle počtu obsaženého aniontu dělíme soli do několika skupin – monofosforečnany, difosforečnany a polyfosforečnany (Obr. 2). Monofosforečnany mají ve své struktuře jeden aniont, zatímco difosforečnany jsou tvořeny dvěma anionty. Vznik difosforečnanu se odehrává při vysoké teplotě, kdy se sníží obsah vody a dochází ke kondenzaci dvou monomerů pomocí jejich sousedních hydroxylových skupin. Polyfosforečnany jsou polymery s více než dvěma fosfory v molekule [2, 33, 41, 52, 57].



Obr. 2: Strukturní znázornění a) monofosforečnanu; b) difosforečnanu; c) trifosforečnanu; d) polyfosforečnanu; ve kterých je atom vodíku disociován [upraveno podle 58]

Schopností fosforečnanových tavicích solí je odštěpit z prostředí kationty kovů a vázat je na sebe. Kovy alkalických zemin, tedy vápník a hořčík, vážou lépe než alkalické kovy, kam řadíme sodík a draslík. Z alkalických kovů je pak upřednostňována vazba sodíku před draslíkem. Vazba kationtů je ovlivněna počtem fosforečnanových jednotek přítomných ve sloučenině. Je dáno, že s rostoucím množstvím fosforu v molekule se zvyšuje schopnost vazby kationtů (klesá v následujícím pořadí: polyfosforečnany > trifosforečnany > difosforečnany > monofosforečnany > citronany). Více fosforečnanových jednotek v molekule a zvýšená schopnost iontové výměny způsobuje větší rozptýlení kaseinů, které zajišťuje lepší hydratační a emulgační schopnosti proteinů, a tím udržet pohromadě vyskytující se tuk a vodu ve směsi. Čím je proces emulgace a hydratace tuků rozsáhlejší, tím se zvyšuje počet interakcí v tavenině, zesítnění kaseinů je intenzivnější a konzistence finálních tavených sýrů je tužší. Tento fakt však vyvrací výzkum autorů El-Barky a kol. [54], kteří zjistili, že větší hydratace a dispergace proteinů nastává v porovnání s monofosforečnany po přidavku citranových tavicích solí [2, 33, 35, 42, 50, 56, 59 – 64].

Fosforečnany mají důležitou funkci při úpravě pH tavených sýrů. Jejich optimální hodnota pH se pohybuje od 5,6 do 6,1. Seběmenší změna hodnoty pH mimo uvedené hodnoty může zhoršit jakost hotového produktu. Jestliže hodnota pH klesne pod 5,6 konzistence tavených sýrů je tuhá až drobná, zatímco konzistence tavených sýrů s pH vyšším než 6,1 je měkká až rozbředlá. Míra vlivu přidavku tavicích solí na hodnotu pH je přisuzována délce fosforečnanového řetězce a tomu, zda je použita hydratovaná či nehydratovaná forma. Pro nehydratované formy platí, že čím je fosforečnanový řetězec delší, tím je hodnota pH nižší, díky

možnosti uvolnit ze své struktury větší počet vodíkových atomů (snižování hodnoty aktivní kyselosti) [26, 32, 34, 56 – 58, 65 – 67].

Existují také fosforečnany, které vykazují vlastnosti pufru. To znamená, že dokáží stabilizovat pH směsi před působením vlivů okolního prostředí. Jejich pufrací kapacita se s prodlužující délkou fosforečnanového řetězce snižuje. Z toho vyplývá, že z pohledu stabilizace pH plní svou funkci nejlépe monofosforečnany [2, 33, 65, 66, 68].

Tab. 2: Fosforečnany používané při výrobě tavených sýrů a hodnoty pH jejich 1% (w/w) vodných roztoků; kde n v případě vzorce polyfosforečnanů představuje střední hodnotu počtu fosforů lineárně vázaných v molekule [upraveno podle 2, 7, 13, 33, 34]

Skupina	Sloučenina	Zkratka	Vzorec	pH 1% roztoku	E-kód
Ortho-fosforečnany	Dihydrogenfosforečnan sodný	MSP	NaH_2PO_4	4,5	E 339 (i)
	Monohydrogenfosforečnan sodný	DSP	Na_2HPO_4	9,1	E 339 (ii)
	Fosforečnan sodný	TSP	Na_3PO_4	11,9	E 339 (iii)
Difosforečnany	Dihydrogendifosforečnan sodný	SAPP	$\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$	4,1	E 450 (i)
	Difosforečnan sodný	TSP	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	10,2	E 450 (ii)
Trifosforečnan	Trifosforečnan sodný	STPP	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	9,7	E 451 (i)
Polyfosforečnan	Polyfosforečnan sodný	SHMP	$(\text{NaPO}_3)_n$	6,6	E 452 (i)

2.1.2.2 Citronanové tavicí soli

Jedná se o tavicí soli odvozené od trikarboxylové kyseliny citronové, 2-hydroxy-propan-1,2,3-trikarboxylové kyseliny. Jsou známy tři druhy této soli – citronany sodné, disodné a trisodné [33].

V potravinářství je z citronanových solí nejvíce zastoupena tavicí sůl citronan trisodný (E331), jehož chování je díky poměrně nízké afinitě k vápenatým iontům a nízké schopnosti zvýšit hydrataci proteinů podobné orthofosforečnanům. Citronan trisodný se navíc nezapojuje do zesíťování proteinové matrice, ale společně s ostatními citronany vykazuje vysokou pufrovací schopnost. V porovnání s fosforečnany nejsou známy jejich baktericidní či bakteriostatické účinky. Při aplikaci při výrobě tavených sýrů je používán zejména ve směsích s jinými tavicími solemi – polyfosforečnany [33, 69 – 71].

Dalšími zástupci citronanových tavicích solí je citran monosodný a disodný. Z důvodu toho, že jejich přidavek do směsi způsobuje její silné okyselení, čímž je vytvářena nestabilní

emulze, která snadno uvolňuje vodu, je jejich používání v potravinářství minoritní. Své uplatnění mají pouze při korekci obzvláště vysoké hodnoty pH taveniny [33, 69 – 71].

S výjimkou kyseliny vinné a její soli jsou jako tavicí soli používány pouze fosforečnany a citronany. Vědečtí pracovníci však neustále hledají nové látky, které by sloužily jako náhrada tavicích solí. Za potenciální alternativy jsou považovány například hydrokoloidy [33].

2.2 Příprava směsi určená k tavení

2.2.1 Drcení a míchání

Po správném výběru přírodního sýra následuje jeho vyjmutí z obalu a rozemletí na požadovanou hrubost ještě před samotným tepelným zpracováním. Tato mechanická dezintegrace usnadňuje následné tavení, vede k dosažení lepšího promíchání všech ingrediencí a zajišťuje lepší přístup tavicích solí k jednotlivým složkám sýru. Při nasekání sýru na menší kousky dochází ke zvýšení plochy povrchu sýru, což nepochybně zvyšuje homogenitu výsledné směsi a v neposlední řadě také usnadňuje přenos tepla v rámci celého systému při následujícím zpracování. Míchání má tedy významný vliv na požadované vlastnosti hotového sýrového výrobku [18, 19, 20].

2.3 Tavení

Termín „tavení“ popisuje tepelné zpracování předem připravené směsi přímým působením potravinářskou parou přiváděnou parním vstříkovačem nebo nepřímým ohříváním parou přes meziplášť při částečném podtlaku (cca 0,05 MPa), který zajišťuje odvádění vzduchu a těkavějších pachových látek. Současně při procesu tavení dochází ke konstantnímu míchání produktu předem stanovenou rychlostí otáček, kterou je možné navolit v rozmezí od 50 do 3000 otáček za minutu. Hlavní funkcí tepelného zpracování je dosažení dvou následujících cílů. Prvním a z pohledu dosažení zdravotní nezávadnosti výrobku i nejdůležitějším krokem je usmrcení/zničení podmíněně patogenních mikroorganismů a mikroorganismů způsobujících znehodnocení produktu, což zajišťuje prodloužení trvanlivosti konečného sýrového výrobku. Druhým smyslem provádění tepelného zpracování směsi je snadnější dosažení fyzikálně–chemické mikrostrukturální změny, tedy úprava směsi na stabilní

produkt s požadovanými vlastnostmi. Během ohřívání směsi v tavicím kotli dochází k postupnému snižování viskozity taveného sýru. Použití vakua při tavení není nutné, ale nese s sebou několik výhod. Vakuum slouží k regulaci vlhkosti při aplikaci vstřikování přímé páry. Rovněž se podílí na odstraňování vzduchu, což zamezuje přítomnosti vzduchových otvorů v konečném produktu. Tavení směsi se uskutečňuje v diskontinuálním tavicím duplikátorovém kotli, jehož obsah je vyhříván topným médiem přes meziplášť. Součástí tavicího kotle jsou nože, které napomáhají při vzniku homogenní konzistence. Prvotní funkcí nožů je dezintegrace přírodních sýrů na menší velikost. Mimo to slouží také k roztržení vzniklých vstupů použitých surovin během procesu tavení [8, 19, 20, 30].

Pořadí, v jakém jsou jednotlivé suroviny přidávány do tavicího kotle, závisí na typu zařízení, době zpracování a zejména na zkušenostech pracovníků. Obvykle je pořadí přidávaných složek následující: dezintegrovaný přírodní sýr, směs emulgačních solí, mléčné přísady, voda a ochucující složky [8, 19, 20].

Teplota tavení při výrobě taveného sýru může být různá. Dle literatury se její rozmezí pohybuje mezi 72 až 145 °C. Autor Gajdůšek [8] ve své knize uvádí rozmezí 75 – 90 °C, autor Kadlec a kol. [72] uvádí, že teplota se může pohybovat od 80 do 95 °C a dle Čepičky [73] tavicí teplota kolísá od 85 do 95 °C. Dle zvoleného tepelného ošetření rozlišujeme výrobky „pasterované“ a „sterilované“. U výrobků s vyšší hodnotou vodní aktivity obvykle volíme sterilační teploty (110 – 125 °C) [21, 74] z důvodu zabezpečení zdravotní bezpečnosti a minimalizace přítomnosti nebezpečných spor klostridií. Ty by mohly v důsledku nedostatečného tepelného opracování během skladování vyklíčit a v případě nedodržení chladicího řetězce růst. Z důvodu složitého balení nejsou obvykle sterilované produkty vyráběny aseptickým způsobem. Pasterované výrobky jsou ty, které byly vystaveny působením teploty v rozmezí 72 až 95 °C za pomoci přímého vstřikování páry do kotle. Důležitým krokem pro zajištění dostatečného pasteračního efektu je udržení teploty minimálně 68 °C po celou dobu plnění výrobku do obalu. Zpracování směsi při vyšší teplotě je obvykle používáno pro výrobu roztíratelného taveného sýru, zatímco nižší tavicí teploty jsou aplikovány při výrobě plátkových tavených sýrů. Při výrobě tavených sýrů by neměla být teplota zahřívání směsi nižší než 65,6 °C a její výdrž by měla činit alespoň 30 s. Obvykle se doba tavení uvádí v rozmezí 5 – 15 minut. Výsledný čas tavení se však odvíjí od působící teploty. Tyto dva faktory jsou nejdůležitější při tavicím procesu, jelikož jejich vhodnou kombinací lze docílit požadované konzistence, a především hrají hlavní roli při výrobě zdravotně bezpečných potravin [8, 19 – 21, 2, 26, 74].

Časový a teplotní režim během diskontinuálního (dávkovacího) zpracování se mění (70 – 95 °C po dobu 4 až 15 minut) [75, 76] v závislosti na surovinové skladbě, rychlosti míchání, požadované výsledné struktuře, konzistenci a trvanlivosti konečného výrobku. Při diskontinuálním způsobu výroby tavených sýrů jsou využívány pasterační teploty [77]. Pro tavení je vhodné použít teplotu 70 – 75 °C a pro krémování je ideální zvolit teplotu mezi 80 až 90 °C. Pasterační teplota je dostatečná k usmrcení vegetativních buněk, ale nezajišťuje efektivní odstranění mikrobiálních spor. Teplota, která je zapotřebí pro usmrcení některých spor, je vyšší než 130 °C. Diskontinuální zpracování není příliš výhodné z důvodu delší doby zpracování. Při kontinuálním zpracování je směs zahřívána a udržována při výrazně vyšších teplotách 130 – 145 °C po dobu 5 až 20 sekund a poté je ochlazená na 70 až 95 °C průchodem přes externí chladiče tvořené trubkami se seškrabovacím povrchem nebo přidáním definovaného množství vody. Při této teplotě je tavenina intenzivně míchána pro dosažení krémo- vité textury a produkt je při této teplotě udržován po dobu 4 až 15 minut z důvodu průběhu požadovaných fyzikálně–chemických změn, vzniku požadované struktury a odstranění nežádoucích pachů. Navíc dochází k postupnému zahušťování a zvyšování viskozity směsi. Kvůli ekonomické náročnosti však nejsou kontinuální zařízení při výrobě tavených sýrů běžně používány [8, 19, 20, 26, 53, 75, 77, 78].

2.4 Formování, balení, chlazení, skladování a expedice

Po tepelném zpracování je ještě horká utavená směs automatizovanými postupy dávkována do vhodných obalů. Z důvodu zabránění mikrobiální kontaminace jsou tavené sýry plněny do obalů při teplotě alespoň 60 – 70 °C [79]. Na mikrobiální stabilitu má vliv i rychlost a způsob balení, které se odehrává bezprostředně po naplnění směsi do obalu. Díky plně mechanizovaným výrobním linkám jsou časové prodlevy minimální a nebezpečí mikrobiální kontaminace je zanedbatelné. Je třeba provádět pravidelné kontroly obalových materiálů, jelikož i ty mohou být možným zdrojem kontaminace [22, 72, 79].

V současnosti existuje na trhu celá řada tavených sýrů nejrůznějších tvarů a balení. Obvykle jsou baleny do hliníkové fólie nebo do plastových nádob v podobě vaniček, kelímků a tub. Obaly z hliníkové fólie bývají na vnitřní straně ošetřeny speciálním lakem vhodným pro styk s potravinami, který umožňuje pohodlnější otevírání a vyjímání sýru z obalu. Tavené sýry zabalené v hliníkové fólii mohou mít tvar obdélníků, trojúhelníků nebo čtverců. Méně obvyklé je dávkování do skleněných nádob či plechových obalů [22, 75].

Následujícím krokem, po naplnění utavené směsi do obalu a zabalení, je chlazení. Způsob a rychlost chlazení závisí na typu taveného sýru. Proces chlazení má zásadní dopad na výslednou konzistenci výrobku. U roztíratelných tavených sýrů probíhá chlazení rychle, zatímco chlazení sýrových bloků je značně pomalejší. Právě pomalé chlazení hotových výrobků může podpořit růst spor. Rozsah skladovací teploty u tavených sýrů se pohybuje v rozmezí od 4 do 8 °C, což zajišťuje dostatečnou ochranu před krémováním. Někdy se však i v takovém teplotním rozmezí mohou na povrchu produktu vytvářet krystaly difosforečnanu vápenatého nebo pyrofosforečnanu vápenatého, které způsobují vadu vedoucí k poškození struktury. Pečlivý výběr jednotlivých surovin a stále se zdokonalující, vyvíjející moderní technologie výroby však zajišťují produkci mikrobiálně stabilních sýrů. Díky tomu si dokáží udržet trvanlivost po dobu delší než 1 rok. Obvykle si však dobře zabalené výrobky s vysokou mikrobiální stabilitou uchovávají dostatečnou kvalitu pouze 6 až 12 měsíců při pokojové teplotě. Tavené sýry patří k výrobkům s omezenou dobou trvanlivosti, která činí maximálně 3 až 4 měsíce. U plátkových tavených sýrů skladovaných při pokojové teplotě je trvanlivost odhadována na 8 týdnů, u tavených sýrů balených do malých porcí se pohybuje přibližně okolo 20 týdnů a u sýrových výrobků balených do tub nebo plechovek je doba trvanlivosti dokonce delší než 1 rok. Dle autorů Buňky a kol. [22] existuje možnost prodloužení trvanlivosti tavených sýrů na minimální dobu 24 měsíců. Prodloužení by bylo možné provést působením teplot 115 až 125 °C po dobu 5 až 20 minut, avšak pouze u tavených sýrů zabalených do obalů z vhodného materiálu, které odolávají sterilačním teplotám [2, 8, 19, 20, 22, 26, 73, 75].

3 MOŽNOSTI APLIKACE EXTRAKTŮ Z MOŘSKÝCH ŘAS PŘI VÝROBĚ TAVENÝCH SÝRŮ

Při výrobě tavených sýrů usilují výrobci o získání finálního produktu s požadovanými viskoelastickými a organoleptickými vlastnostmi. Vlastnosti výrobku jsou ovlivněny celou škálou výrobních faktorů. Hlavními vlivy jsou: použité suroviny, jejich množství a kvalita, způsob zpracování, závěrečné úpravy produktu a podmínky při jeho skladování. Nedodržení či nepatrná změna některého ze jmenovaných faktorů může vést k výrazným změnám taveného sýru a značným ekonomickým ztrátám výrobce. Aby byla zachována požadovaná konzistence a stabilita výrobku během zpracování, finálních úprav i v průběhu skladování, zařazují výrobci do surovinové skladby tavených sýrů látky zvané hydrokoloidy, které jsou běžně používané v potravinářské technologii [2, 80].

Hydrokoloidy (z řeckého hydro "voda" a kolla "lepidlo") patří do skupiny polymerů, které jsou rozpustné ve vodě a jsou schopné vytvářet koloidní systémy za vzniku viskózních roztoků. Podle charakteru zdroje, ze kterého byly hydrokoloidy získány, je možné je rozdělit na hydrokoloidy extrahované z mořských řas a živočišného, rostlinného nebo mikrobiálního původu. Přírodním zdrojem hydrokoloidů přirozeného původu jsou semena rostlin, z nichž se vyrábí guarová a karobová guma. K extraktům z mořských řas patří agar, alginát, karagenan, furcellaran. Zástupci hydrokoloidů, které jsou produkovány mikroorganismy, jsou xanthan, gellan, dextran a levan. Mimo to mohou být hydrokoloidy i syntetického původu [80 – 89].

Z chemického hlediska se jedná o různorodou skupinu vysokomolekulárních látek. Nejčastěji jde o polysacharidy (škrob, rostlinné gummy, celulóza nebo látky bílkovinné povahy (želatina, vaječný albumin, kaseináty). Jsou přirozenou součástí některých potravin (škrob, kolagen, bílkoviny) nebo bývají přidávány při výrobě některých produktů pro docílení požadovaných vlastností [80 – 84, 87, 88, 90].

Jde o skupinu látek s rozmanitými vlastnostmi. Hrají důležitou roli při stabilizaci tavených sýrů, které obsahují velké množství vody, mají funkci zahušťovadla, zvyšující viskozitu systému a mění texturní charakteristiky, čímž se podílejí na vzniku výrobku o požadovaných viskoelastických vlastnostech. Dále jsou aplikovány z důvodu tvorby gelu (agar, alginát, κ - a ι -karagenan, furcellaran, želatina, škrob, pektin aj.) či suspenze a pro jejich schopnost emulgovat a stabilizovat emulzi a pěnu. Funkční vlastnosti hydrokoloidů jsou ovlivněny hodnotou pH okolního prostředí, skladovací teplotou, přítomností a koncentrací elektrolytů,

chemickým složením směsi a molekulovou hmotností polymerů. Na jejich chování mohou mít vliv také interakce s ostatními složkami (proteiny, lipidy, polysacharidy a jiné) dané potraviny. Největší pozornost je přikládána interakcím hydrokoloidů polysacharidové povahy s kaseiny. Na chování systému protein–polysacharid má vliv celá řada faktorů, zejména pak charakter obou polymerů, jejich molekulová hmotnost, koncentrace, pH systému, funkční skupiny biopolymerů a množství přítomných iontů. Vliv na vzájemné interakce polysacharidů s proteiny má i technologie jejich zpracování, např. druh tepelného ošetření či intenzita mechanického namáhání. Výrobci mají tedy nelehký úkol při výběru vhodného hydrokoloidu nebo jejich směsí. Rozhodujícím faktorem pro výrobu konečného výrobku požadované kvality je také správný poměr a množství jednotlivých hydrokoloidů [2, 83, 85 – 87, 91 – 93].

Tab. 3: Rozdělení hydrokoloidů [upraveno podle 89]

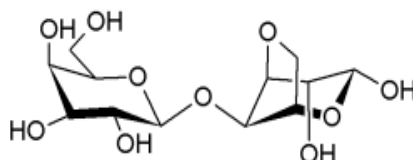
Rostlinné polysacharidy	škrob a jeho modifikované produkty	
	obilné gummy	obilné gummy galaktomannany (guarana, svatojánský chléb, atd.) xyloglukan (tamarind)
	hlíznaté gummy	glukomannany (konjaková guma, inulin)
	složky buněčné stěny	fukoxyloglukan arabinoxylan pektinové látky
	výpotky slizů	arabská guma tragantová guma guma karaya ghatti guma
Extrakty z mořských řas		agar karagenan algináty (soli alginové kyseliny) furcellaran
Mikrobiální polysacharidy	neutrální polymery	dextran levan
	kyselé polymery	xanthan gellan
	ostatní	welanová guma, guma rhamsan

Hydrokoloidy mají široké uplatnění v různých průmyslových odvětvích včetně potravinářského, zejména pak v mlékárenství. V mlékárenském průmyslu patří hydrokoloidy k neodmyslitelné součásti surovinové skladby řady výrobků – jogurtů, tvarohových krémů, pudinků, jogurtových nápojů, tavených sýrů aj. Při výrobě jogurtů jsou aplikovány s cílem zamezení uvolňování syrovátky během skladování. Při výrobě tavených sýrů jsou hydrokoloidy využívány nejen kvůli svým všestranným vlastnostem, ale i díky jejich nižší ekonomické zátěži pro výrobce. Jsou tedy často používány jako náhražka dražších surovin, díky čemuž snižují náklady na výrobu i cenu konečného produktu. V praxi jsou hydrokoloidy používány samostatně nebo ve směsích v maximálních koncentracích do 1 % (w/w). Mezi hydrokoloidy využívané při výrobě tavených sýrů patří: karagenan, algináty, agar, furcellaran, pektiny, guarová guma a další [2, 13, 23, 81, 82, 88, 94, 95].

V následujících podkapitolách bude popsána základní charakteristika a hlavní vlastnosti nejvýznamnějších hydrokoloidů používaných v potravinářství, zejména pak při výrobě tavených sýrů. Protože je cílem této práce posoudit vliv furcellaranu na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů, bude největší pozornost věnována právě tomuto hydrokoloidu.

3.1 Agar

Agar je hydrokoloid extrahován z červených mořských řas *Rhodophyceae* rodu *Gracilaria*, *Gelidium* či *Pterocladia*. Po chemické stránce se jedná o polysacharid. Je tvořen základní stavební jednotkou β -D-galaktopyranosou a 3,6-anhydro- α -L-galaktopyranosou, které jsou střídavě vázány glykosidickými vazbami (1 \rightarrow 3) a (1 \rightarrow 4). Základním neutrálním polysacharidem je agarosa (Obr. 3) [82, 83, 96].



Obr. 3: Strukturální vzorec agarosy [upraveno podle 82]

Agar je hojně využíván v různých odvětvích průmyslu, zejména pak v potravinářském díky jeho vlastnosti tvořit gel. Jeho časté využití v potravinářství je umocněno tím, že tvorba gelu není ovlivněna přítomností kationtů ani jejich rozdílným obsahem v mléčných produktech. Gel vzniká ochlazením horkého vodného roztoku tohoto hydrokoloidu. Agarové gely jsou reverzibilní, což znamená, že při ohřevu se rozpouští, avšak po ochlazení opět utváří gel, aniž by došlo ke změně jeho mechanických vlastností. Reverzibilní vlastnosti gel ztrácí v přítomnosti oxidačních činidel (jodid draselný, močovina) nebo v kyselém prostředí pH s hodnotou okolo 4. Agar je rozpustný ve studené vodě, zatímco v horké vodě díky hydrataci vytváří náhodné spirály [82, 83, 96].

3.2 Algin

Pojem algin je všeobecně používán pro kyselinu alginovou a její soli neboli algináty. Algin může být získáván z hnědých mořských řas čeledi *Phaeophyceae*, které se nachází u pobřeží severního Atlantiku, především v Norsku, Americe, Velké Británii a Francii. Průmyslově je algin extrahován z řas *Laminaria hyperborea*, *Macrocystis pyrifera* nebo řas rodu *Ascophyllum*, *Sargassum*. Mimo to je algin produkován i mikroorganismy, bakterií rodu *Pseudomonas* nebo *Azotobacter vinelandii*. Obsah alginu v řasách se pohybuje okolo 40 % (w/w) sušiny. Výsledným produktem při zpracování je kyselina alginová, která má podobu bezbarvého nebo slabě žlutého prášku s charakteristickou vůní a chutí [81 – 83, 96, 97].

Strukturně jde o lineární polysacharid tvořen β -D-mannuronovou kyselinou (M) a α -L-guluronovou kyselinou (G), které jsou navzájem spojeny glykosidickými vazbami (1 \rightarrow 4). Existují polymery, jejichž úseky jsou tvořeny pravidelně se střídající sekvencí kyselin M a G, ale i úseky tvořeny pouze sekvencí M nebo G. Uspořádání struktury polymeru je ovlivněno původem alginátu. Obsah obou kyselin může být různý. U kyseliny mannurové se pohybuje mezi 22 – 90 % a zastoupení kyseliny guluronové je 10 – 78 %. Rozmístění těchto polysacharidů v polymerním řetězci má vliv na vlastnosti hydrokoloidu [82].

Některé soli alginátů jsou rozpustné ve vodě a jsou schopné tvořit gel. Tyto vlastnosti jsou společné pro soli draselné, sodné, amonné a hořečnaté. Výjimku tvoří vápenaté soli, které jsou ve vodě nerozpustné. Algináty alkalických kovů a amonné soli aminů jsou rozpustné v horké i ve studené vodě. Na rozpustnost alginátových solí má vliv hodnota pH, druh iontů a iontová síla. Alginátové gely jsou termostabilní a díky jejich schopnosti vázat

nebo absorbovat vodu, dochází k jejich bobtnání. Proces tvorby gelu je vratný [81, 82, 98, 99].

Další vlastností alginátů je interakce s elektrostaticky nabitými polymery, nejběžněji se jedná o bílkoviny (kaseiny). Tato schopnost je hojně uplatňována u tavených sýrů, kdy výsledkem je stabilizace a zlepšení mechanických vlastností finálních produktů. V případě, že proces interakce s kaseiny není u výrobků žádoucí, je vhodné provádět jejich míchání při vyšších hodnotách pH, čímž náboj většiny proteinů bude záporný a navázání alginátů tak bude daleko obtížnější [83, 97].

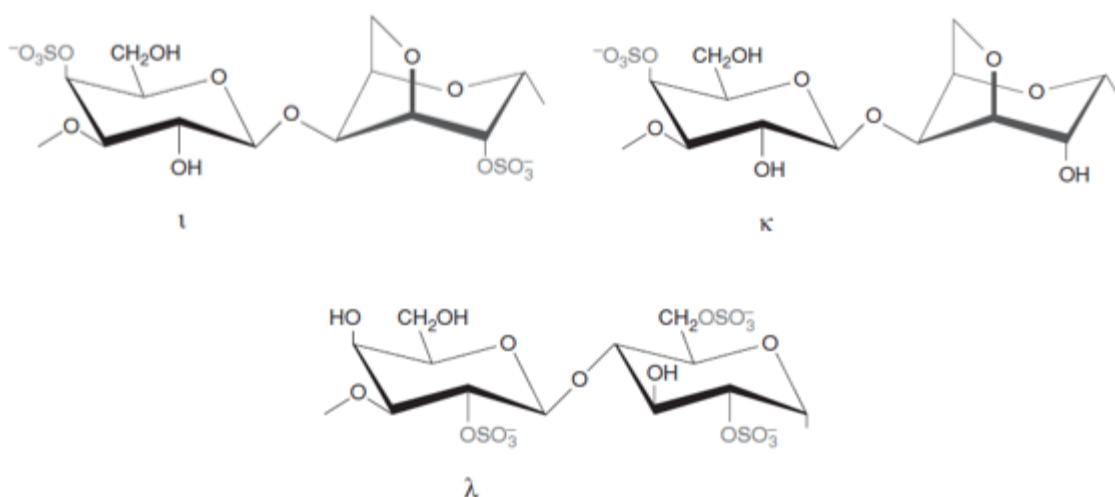
Algináty jsou hojně aplikovány v nejrůznějších průmyslových odvětvích, zejména pak v potravinářství v koncentraci 0,25 – 0,5 % (w/w). Pro své stabilizační, zahušťovací a emulgační vlastnosti jsou používány v pekárenství či v mlékárenském průmyslu. Nalezly uplatnění při výrobě smetany, konkrétně při stabilizaci jejich pěny, podílí se také na stabilizaci textury čokoládových krémů, jogurtů a kondenzovaných mlék a mají značný význam při úpravě texturních vlastností tavených sýrů [42, 82, 96].

3.3 Karagenan

Karagenan je přírodní polysacharid extrahovaný z červených řas *Rhodophyceae*. Nejčastěji jde o řasy rodu *Euchema*, *Chondrus*, *Gigartina*, méně známý je rod *Iridaea*, *Betaphycus* či *Kappaphycus*. Všechny tyto řasy se navzájem liší strukturou. Nejznámější z červených mořských řas jsou řasy rodu *Chondrus* (*Ch. crispus*). Jejich tmavě červené keříky s výškou do 10 cm rostou podél pobřeží severního Atlantiku, hlavně Kanady, u britských ostrovů a Francie. Z této řasy je získáván κ -karagenan a λ -karagenan. Husté vláknité keře řasy rodu *Euchema* (*E. cottonii*, *E. spinosum*), které dorůstají do výšky 50 cm, se vyskytují na korálových útesech v tropických částech Tichého oceánu, zejména v mělkých lagunách kolem Filipín a Indonésie. Produktem řas je κ -karagenan a ι -karagenan. Naopak v chladných vodách u pobřeží Jižní Ameriky se nacházejí řasy rodu *Gigartina*, jejichž délka činí až 5 m [81, 82, 96, 100, 101].

Jedná se o lineární polysacharid, jehož stavební jednotkou je disacharid karabiosa, opakující se sekvence β -D-galaktopyranosy a 3,6-anhydro- α -D-galaktopyranosy, které jsou spojené vazbou β -(1 \rightarrow 4). Jednotlivé disacharidy karabiosy jsou navzájem spojeny vazbou α -(1 \rightarrow 3). Na základě různé sekvence monomerů v molekule karagenanu je známo alespoň 8 druhů

karagenanů. Jednotlivé druhy jsou označovány malými řeckými písmeny β , θ , ι , κ , λ , μ , ν , a ξ . Tři z nich jsou s oblibou využívány v potravinářství. Jedná se o ι -karagenan, κ -karagenan a λ -karagenan. Liší se mezi sebou obsahem 3,6-anhydro- α -D-galaktopyranosy a počtem sulfátových skupin. μ - a ν -karagenany jsou prekurzory karagenanů, které mohou být díky alkalické modifikaci převedeny na κ - a ι -karagenany [2, 82, 85, 96, 100, 102 – 104].



Obr. 4: Strukturní vzorec ι -, κ - a λ -karagenanu [96]

Díky obsahu sulfátových skupin má karagenan záporný náboj. Právě obsah a poloha sulfátovaných skupin společně s obsahem 3,6-anhydro- α -D-galaktopyranosy má vliv na vlastnosti konečných produktů jako je síla gelu, rozpustnost, tání, synergeze, textura karagenanu a na interakci s dalšími hydrokoloidy [82, 105].

Protože jsou karagenany hydrofilní koloidy, jsou rozpustné ve vodě. Kromě výše zmíněného obsahu hydrofobní 3,6-anhydro- α -D-galaktopyranosy a sulfátovaných skupin má na rozpustnost vliv i přítomnost hydrofilních skupin, iontů, teplota, pH prostředí a daný druh hydrokoloidu. Jejich rozpustnost klesá v následujícím pořadí λ -karagenan > ι -karagenan > κ -karagenan. Všechny karagenany jsou rozpustné v horké vodě o teplotě 80 °C, ale pouze λ -karagenan je rozpustný i ve studené vodě s teplotou 20 °C. Optimální hodnota pH prostředí se pohybuje v rozmezí od 5 do 10. Při nižším pH nastává hydrolýza a snižuje se viskozita disperze [82, 105].

Karagenany vynikají svými zahušťujícími a gelujícími vlastnostmi, které jsou u jednotlivých druhů značně rozdílné. ι - a κ -karagenan vytváří gel v průběhu chlazení, během kterého dochází k molekulárnímu přechodu spirálovitých útvarů do pevné konformace. Při interakci vápenatých iontů s ι -karagenanovými dvoušroubovicemi je utvářen soudržný a pružný gel, který nepodléhá synerezi. κ -karagenanové gely jsou pevné, křehké a podléhají synerezi. Na výslednou pevnost gelu má vliv výskyt kationtů a teplota. Pro vznik pevných a křehkých gelů je důležitý výskyt draselných nebo amonných iontů. Stabilní gely nejsou tvořeny λ -karagenany z důvodu absence či obsahu pouze malého množství 3,6-anhydro- α -D-galaktopyranosy. V potravinářství je proto λ -karagenan využíván nejčastěji jako zahušťovadlo [1, 82, 83, 96, 103, 105 – 107].

Pro své gelotvorné a stabilizační vlastnosti jsou karagenany bohatě využívány v potravinářství, kde jsou řazeny do skupiny přídatných látek s označením E 407. Kromě potravinářského sektoru našly své uplatnění i v kosmetickém a farmaceutickém průmyslu. Jejich povolený limit v potravinách činí koncentraci v rozmezí od 0,01 % (w/w) do 0,30 % (w/w). Karagenany mají uplatnění při výrobě sladkého pečiva, cukrářských výrobků, želé, šlehaček ve spreji, práškových nápojů a dětské výživy. Jsou aplikovány při výrobě mléčných produktů, jako jsou pasterované a sterilované krémy, koktejly, zmrzlina a čokoládové mléko za účelem stabilizace a prevence uvolňování syrovátky [2, 90, 96, 108].

3.3.1 Aplikace při výrobě tavených sýrů

Karagenany mohou být jednou z ingrediencí surovinové skladby pro výrobu tavených sýrů, ve kterých slouží jako náhrada určitého množství tavicích solí s dosažením shodných požadovaných texturních vlastností finálního výrobku jako u produktu s přídavkem pouze tavicích solí. Při výrobě tavených sýrů s přídavkem karagenanu je uplatňována reaktivita proteinů a gelující vlastnosti karagenanu. Díky těmto vlastnostem umožňuje přídavek karagenanu snížení přídavku tavicích solí nebo jejich úplnou náhradu bez toho aniž by byla ovlivněna pevnost a chuť produktu. Koncentrace karagenanu ve směsi pro výrobu tavených sýrů se získáním produktu s vynikajícími viskoelatickými, texturními a chuťovými vlastnostmi se pohybuje od 0,5 do 3,0 % (w/w) [104].

U kyselých mléčných výrobků, jako je měkký sýr a jogurt, je aplikace karagenanu jako účinného stabilizátoru méně obvyklá a spíše nevhodná. Důvodem je nízké pH systému, které zvyšuje elektrostatickou interakci mezi bílkovinami a karagenanem za vzniku nestabilních agregátů, u nichž dochází k oddělování ze směsi. Avšak při volbě vhodné směsi karagenanu

a galaktomananu je jejich stabilizace účinná a umožňují výrobu krémových a chutných výrobků [104].

3.4 Furcellaran

Furcellaran známý také jako „dánský agar“ je extrakt vyráběn z červených mořských řas *Furcellaria lumbricalis* neboli *Furcellaria fastigiata*, nacházející se podél mnoha pobřeží severní části Atlantského oceánu [81, 82, 109 – 111].

3.4.1 Výskyt a výroba

Furcellaran je jedním z prvních hydrokoloidů průmyslově vyráběných z červených mořských řas. První pokusy jeho výroby sahají až do roku 1917, kdy byl poprvé vyroben v Dánsku. Hydrokoloid se specifickými vlastnostmi byl poté aktivně používán evropskými výrobci potravin po mnoho desetiletí [112].

Z počátku byl do Evropy dovážen agar z východní Asie. S nástupem druhé světové války však byla Evropa odříznuta od dodavatelů agaru. Proto byla hledána náhradní surovina vyskytující se v Evropě, která by měla obdobné gelující vlastnosti. Tou se stal po objevení velkých nalezišť mořských řas *Furcellaria lumbricalis* u dánských pobřeží hydrokoloid furcellaran. Od roku 1943 proto začala komerční produkce furcellaranu v Dánsku [81, 82, 109 – 111].

Nový extrakt z mořských řas udržel fungující trh i po válce a zajistil jeho neustálý růst a důležitost. Od svého počátku našel hydrokoloid své uplatnění především v potravinářském průmyslu jako gelující a zahušťovací činidlo. V současné době je uznávanou součástí skupiny extraktů z mořských řas. Na jeho výrobě se podílejí společnosti v Dánsku či Estonsku. Většina tohoto extraktu se používá v Evropě, ačkoli malé množství se dováží i do USA [109].

Řasa *Furcellaria lumbricalis* je černožlutá řasa [Obr. 5]., která se vyskytuje jak na mnoha březích severního Atlantiku, od Barentsova moře až po Biskajský záliv, zejména v brakických vodách Baltského moře, tak v přilehlých mořích, například u pobřeží Norska, Švédska a Dánska. Dříve rostla hojně v průlivu Kattegat nacházející se v Baltském moři mezi Jutským a Skandinávským poloostrovem, ale průmyslovou těžbou jejich výskyt výrazně poklesl a v současnosti jsou největším evropským a pravděpodobně i světovým zdrojem těchto řad estonské vody v centrální oblasti Baltského moře, v pobřežních vodách Tallinnu, v zálivu Kassari. Druhy rodu Kassari (*F. lumbricalis* a *Coccotylus truncatus*) rostou kvůli písčitému

moři a nedostatku tvrdého substrátu ve volné formě. Je možné ji nalézt i kolem Britských Ostrovů, podél částí francouzského a španělského pobřeží, a dokonce i ve Středomoří a Černém moři. Mimo to se vyskytuje také v Arktidě a podél pobřežních částí kanadských atlantických provincií. Naleziště, která jsou dostatečně rozsáhlá pro komerční využití, jsou však omezená [82, 109, 112 – 114].



Obr. 5: Rod *Furcellaria* [115]

Řasy *Furcellaria* jsou jednou z nejběžnějších řas vnitrozemských dánských vod. V některých lokalitách roste volně (forma *aegagropila Reike*) a její reprodukce je pouze vegetativní. Volně rostoucí řasy *Furcellaria* v Kattegatu, poblíž Jutského pobřeží, byly po mnoho let jediným zdrojem pro výrobu furcellaranu. Až během posledních let bylo nalezeno několik dalších pěstitelských oblastí řasy *Furcellaria* [109].

V atlantických provinciích Kanady, zejména v údolí Northumberland a v zálivu svatého Vavřince, byly rovněž nalezeny oblasti bohaté na řasu *Furcellaria*. Po bouřkách a silném větru se jí na pobřeží Prince Edwarda a Nova Scotia shromažďuje velké množství. V některých místech *Furcellaria* roste samostatně, ale na většině míst roste ve společenstvích s *Chondrus crispus* [109].

3.4.2 Sběr

Dánsko a Kanada jsou jedněmi z mála zemí, ve kterých se *Furcellaria* sklízí ve větším množství. V Dánsku roste *Furcellaria* v hloubce 2 – 30 metrů. Mnoho let probíhá jejich sběr za pomoci lodí se speciálními sítěmi, které jsou spouštěny do hloubky od 4 do 16 metrů.

V těchto oblastech jsou příznivé mořské proudy a podmínky pro růst *Furcellaria*. Původně přichycené řasy k podkladu, mohou být odděleny působením vln. Jejich sklizeň probíhá po celý rok, s výjimkou období silných mrazů, kdy musí být sklizeň kvůli ledu pozastavena. V letech 1946 až 1971 bylo sklizeno přibližně 320 000 tun mokré *Furcellaria*, z čehož 235 000 tun bylo z průlivu Kattegat, zatímco jen v roce 2005 bylo množství sklizených řas odhadnuto na přibližně 140 000 tun [109, 112].

Kromě sběru na moři má značný význam také sběr na březích pobřeží. Na některých místech v Dánsku jsou velká množství *Furcellaria* vyplavována působením větru na pláž, kde jsou následně sklízena. V Kanadě se *Furcellaria* nebo směs *Furcellaria* a *Chondrus* sklízí od roku 1964. Řasy jsou po sběru vysušeny a vyváženy v balících nebo pytlicích [109].

3.4.3 Zpracování

Ve zpracovatelském závodě je čerstvá *Furcellaria* promývána vodou, aby se odstranil písek a bahno. Mořské řasy jsou poté po dobu jednoho či více týdnů uloženy v betonových nádržích s alkalickým roztokem. Při působení alkalického roztoku jsou odstraňována barviva a některé bílkoviny. Tento proces usnadňuje následnou extrakci furcellaranu. Po alkalické úpravě jsou mořské řasy promyty a extrahovány, popřípadě sušeny pro dlouhodobé uchování. Od sušení mořských řas pro skladování se však v posledních letech upouští [109 – 112].

Extrakce mořských řas probíhá ve vroucí vodě v otevřených nádobách nebo v tlakových hrncích. Extrakt je následně oddělen od zbytku centrifugací a filtrací. Získaný viskózní, čirý žlutý extrakt se koncentruje vakuovým odpařováním a poté se vysráží v podobě gelových vláken rozstříkáním extraktu do studeného 1 – 1,5% roztoku chloridu draselného [109 – 111].

Vláknina jsou sušena, čímž se zvýší koncentrace furcellaranu/polysacharidu (2 – 4%) a poté se nechají po dobu 20 – 30 hodin zamrazit v mrazáku se solankou. I během tohoto procesu je furcellaran zakoncentrováván. Po jeho následném rozmrazení v roztoku chloridu draselného je gelová sraženina lisována nebo odstředěna na vláknitou hmotu, která obsahuje asi 15 % sušiny. Vzniklý materiál se suší, rozeleme a je prosíván, čímž je získán prášek furcellaranu [109 – 111].

Standardizované produkty se na základě laboratorních analýz vyrábějí smícháním různých šarží a přísad, jako je sacharosa, karagenan a lokusová guma (svatojánský chléb). Všechny komerční produkty jsou draselné furcellarany. Jsou rozpustné v horké vodě a při ochlazování

jejich roztoků vzniká gel. Furcellaran je dostupný v různých typech a běžně je produkován jako mléčný a vodní gel [109].

Typickými laboratorními analýzami používanými k charakterizaci produktu jsou stanovení obsahu vlhkosti, popílku, chloridu draselného, sulfátu a 3,6-anhydro-D-galaktosy. Hodnocení viskozity furcellaranových přípravků se obvykle provádí v 1,5% vodném roztoku při 90 °C za použití viskozimetru Brookfield, Epprecht nebo podobného rotačního viskozimetru [109].

Pro stanovení pevnosti gelu lze použít testovací přístroj FIRA, Bloomův gelometr, Penetrometr, Ridgelimetr nebo jiný přístroj, ale obvykle se používá modifikovaný přístroj Kobe. Ten udává pevnost vodního gelu jako hmotnost v gramech, která je nutná k protlačení 1,5% furcellaranového vodního gelu při 20 °C přes povrch válcového plátna o průřezu 1 cm² [109].

3.4.4 Význam v průmyslu

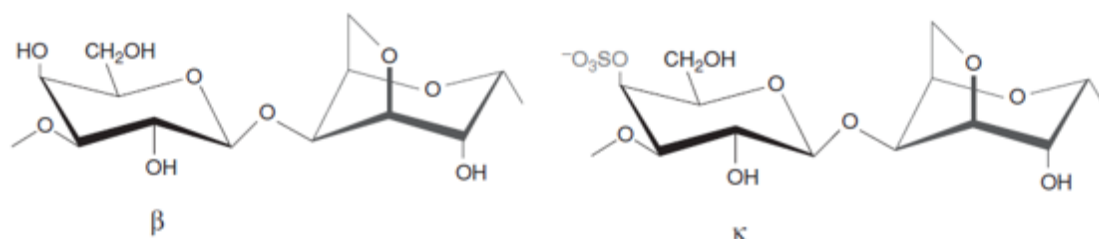
Furcellaran má díky svým jedinečným vlastnostem význam v celé řadě odvětví. Slouží jako náhrada jiných gum či bílkovin, například škrobu, želatiny nebo žloutků. Hlavní význam má zejména v potravinářství [109].

Roční světová spotřeba činí zhruba 1200 metrických tun a jeho cena se pohybuje mezi 3,20 a 5 dolary za kg. Právě jeho roční produkce řadí furcellaran na třetí pozici, hned po agaru a karagenanu, v žebříčku významnosti extraktů z červených řas [109].

3.4.5 Struktura

Polysacharidy přítomné ve *Furcellaria lumbicalis* jsou pravděpodobně stejně jako polysacharidy v karagenanu heterogenní. V průběhu výroby furcellaranu, která zahrnuje srážení chloridem draselným, však dochází k určité frakcionaci přírodního polysacharidu. Termín furcellaran se obvykle vztahuje na komerčně dostupný extrakt precipitovaný chloridem draselným [109].

Na zjišťování chemického složení extraktu furcellaranu z řasy *Furcellaria* pracovalo několik výzkumníků. Chemicky se jedná o sulfátovaný polysacharid, který je strukturně podobný karagenanu, konkrétně κ - a β -karagenanu [82, 109, 116].



Obr. 6: Strukturální vzorec β - a κ -karagenanu [96]

Furcellaran se skládá převážně z jednotek D-galaktosy (46 – 53%), 3,6-anhydro-D-galaktosy (28,5 – 30,1 %) a jejich sulfátů (16 – 20%), což svědčí o podobnosti s κ - a β -karagenanem. Mimo to obsahuje také malé množství jednotky α -D-galaktosa-6-sulfát z γ -karagenanu a detekovány byly i stopy ω - a α -karagenanových segmentů. Rovněž byla zjištěna přítomnost zbytků 6-O-methyl-D-galaktosy jakožto vedlejší složky. Galaktosové zbytky jsou částečně sulfátovány v polohách 4 a 6, což vede ke specifickým vlastnostem gelu. Odpovídající molární poměr je přibližně 1,5:1,0:0,7 [82, 109 – 112].

U analýzy komerčního furcellaranu může být vzhledem k přítomnosti volného chloridu draselného obsah sulfátu a 3,6-anhydro-D-galaktosy nižší [109].

Voda s extrahovaným furcellaranem s průměrnou molekulovou hmotností asi 290 kDa je bohatá na dusík, vápník, hořčík a draslík, zatímco obsah sodíku je spíše nízký [112].

Bylo prokázáno, že karabiosa (4-O-D-galaktopyranosyl-3,6-anhydro-D-galaktosa) je ve furcellaranu přítomna jako strukturální jednotka [109].

Společným znakem polysacharidů červených řas jsou střídavé sekvence galaktosy vázané vazbou (1→3) a (1→4) nebo deriváty galaktosy a je velmi pravděpodobné, že i furcellaran obsahuje schéma, v němž se střídají 3-O-substituované- β -n-galaktopyranosylové a 4-O-substituované-3,6-anhydro-D-galaktopyranosylové jednotky. Lze očekávat i výskyt substituované 4-O-D-galaktosy [109].

Vzhledem k vysoké koncentraci proteinových pigmentů je tento typ červených mořských řas poměrně bohatý na dusík (obvykle se pohybuje od 1,1 % do 4,8 % suché hmotnosti). Rovněž byl zaznamenán mírně vysoký obsah jódu. *F. lumbricalis* je jeden z mála druhů mořských řas produkujících histamin [112].

Jak bylo uvedeno výše, svou primární strukturou a vlastnostmi je furcellaran velmi podobný κ -karagenanu (patří do skupiny κ -karagenanů). Hlavním rozdílem je množství přítomného polystearátu. Furcellaran obsahuje jednu sulfátovou skupinu na každé třetí cukerné jednotce, zatímco κ -karagenan obsahuje jednu sulfátovou skupinu na každé druhé monomerní cukerné jednotce. Jako složky furcellaranu byly identifikovány také D-galaktosa-2-sulfát, D-galaktosa-4-sulfát, D-galaktosa-6-sulfát a 3,6-anhydro-D-galaktosa-2-sulfát. Není možné vyloučit rozvětvení polysacharidového řetězce. Distribuce síranu v řetězci molekuly není známa. Sekundární struktura furcellaranu je podobná struktuře stechiometricky sulfatovaných κ -karagenanů [82, 109 – 112]

Stupeň polymerace galaktanů těchto řas je různý a závisí na podmínkách extrakce. Průměrná molekulová hmotnost furcellaranu je 500 kDa. Tato molekulová hmotnost je typická pro širokou škálu karagenanů tvořících gel. U κ -karagenanu se molekulová hmotnost pohybuje v rozmezí od 300 do 1900 kDa, ale jsou známy i hodnoty až 8000 kDa [112].

Furcellaran, stejně jako karagenan, může být modifikován horkými alkalickými látkami pro zesílení gelu. Tento účinek je pravděpodobně způsoben desulfací některých n-galaktosa-6-sulfátových skupin spolu s tvorbou 3,6-hydro-D-galaktózových jednotek [109].

Ačkoli se zdá, že strukturní rozdíl mezi κ -karagenanem a furcellaranem je mírný, existuje zřetelný rozdíl v některých chemických vlastnostech. Například srážení furcellaranu s chloridem draselným probíhá při mnohem nižších koncentracích, než precipitace karagenanu [109].

Dle methylační analýzy byl v polysacharidech z *F. lumbricalis* stanoven přibližný obsah methylových skupin a byla provedena jejich lokalizace. Z methylových derivátů je nejvíce přítomna 6-O-methylgalaktosa (2,0 – 2,7%), zatímco 2-O-methyl-3,6-anhydrogalaktózu lze nalézt v nižších množstvích. Analýza rovněž zjistila, že některé z D-galaktopyranosových jednotek jsou substituované na obou uhlících, C-3 a C-6 [109, 112].

3.4.6 Vlastnosti

Většina furcellaranu na světovém trhu pochází z estonských závodů, které používají stejnou výrobní metodu a stejnou surovinu, *Furcellaria lumbricalis*. Vzhledem k výrobnímu postupu, tj. srážení chloridem draselným, je obsah chloridu draselného 8 až 15 %. Obsah chloridu draselného má funkční význam pro gelovací vlastnosti furcellaranu [109, 113].

Rozpustnost

Furcellaran se ve studené vodě snadno rozptýluje za vzniku homogenní suspenze bez výskytu hrudek. Jejich částice jsou hydratovány, zvětšují se a stávají se téměř neviditelnými, ale nerozpouštějí se. Rozpuštění vyžaduje zahřátí suspenze na teplotu nejméně 75 až 80 °C nebo alespoň zahřívání nad teplotu tání gelu. Hydratace a rozpouštění je pomalejší v přítomnosti solí, zejména draselných. Furcellaran ve formě sodných solí je ve vodě rozpustný. Při mírném varu se stává rozpustný také v mléce [82, 109].

Viskozita

Viskozita horkých vodných roztoků furcellaranu souvisí s jejími gelovacími vlastnostmi, zejména s gelovou strukturou; proto je viskozita důležitým faktorem při hodnocení a standardizaci furcellaranu. Viskozita 1,5% vodného nízkoviskózního roztoku furcellaranu se při 90 °C pohybuje v rozmezí od 5 do 10 cps a pro vysoce viskózní furcellaran je hodnota viskozity 40 až 50 cps. Horké vodné roztoky furcellaranu jsou ne-newtonské a vykazují pseudoplastické chování. Viskozita závisí na smykové rychlosti. Měření při nízkých smykových rychlostech může poskytnout výsledky několikanásobně vyšší než měření při vysokých rychlostech [109].

Gelování

Po ochlazení se vodný roztok furcellaranu mění na gel, který vykazuje určitou opalescenci, zejména při vysokých koncentracích. Tvorba gelu probíhá kolem 40 °C v závislosti na koncentraci furcellaranu. Při zvýšené koncentraci dochází k výraznému zvýšení gelovací teploty [109 – 111].

Furcellaranové gely jsou tepelně reverzibilní a přeměňují se v roztok při zahřátí na teplotu přibližně 50 °C. Furcellaran vytváří tepelně reverzibilní vodní gely mechanismem zahrnujícím tvorbu dvojité šroubovice, podobnou κ -karagenanu [109 – 111].

Pevnost gelu furcellaran-voda se zvyšuje lineárně s koncentrací furcellaranu. Na pevnost gelu má pozitivní vliv také extrakce řas v alkalických roztocích, kdy pro gel obsahující rubidium se jeho pevnost zvýší více než 12krát [109, 112].

Tvorba gelu ve vodném roztoku je komplexní proces, který závisí nejen na polysacharidové struktuře (obsahu 3,6-anhydro-D-galaktosy), koncentraci polymeru (stupni polymerace polysacharidu) a teplotě, ale také na přítomnosti solí, ko- a protiiontů. Bylo zjištěno, že určité

kationty (typicky K^+ pro κ -karagenan a furcellaran a Ca_2^+ pro ι -karagenan) indukují konformační změny polymerní struktury, která má za následek tvorbu gelu. Draselné ionty, jakož i amonné ionty, ionty rubidia a iony cesia jsou účinné při produkci stabilních pevných gelů. Ionty vápníku mají při tvorbě furcellaranových gelů menší účinek a ionty sodíku dokonce brání tvorbě gelu. Různý účinek těchto kationtů lze vysvětlit různými iontovými poměry. Furcellaran s vysokou viskozitou tvoří elastický gel, zatímco nízkoviskózní furcellaran tvoří křehčí gel [82, 109 – 112, 116].

V praktickém použití furcellaranové gely obsahují velké množství složek, jako jsou soli, kyseliny, cukr a bílkoviny. Ty všechny ovlivňují gelovací vlastnosti [109].

Byl zmíněn vliv různých kationtů. Dále je třeba poznamenat, že normální obsah draslíku furcellaranu je pro dosažení maximální síly gelu příliš nízký. Přidání 0,1% chloridu draselného k 1% roztoku furcellaranu téměř zdvojnásobí sílu gelu [109].

Sacharosa má pozitivní vliv na vlastnosti furcellaranového gelu. Zatímco gel z vodného roztoku furcellaranu vykazuje opalescenci, gely obsahující sacharózu jsou čiré. Vyšší koncentrace cukru také zvyšuje pevnost a pružnost gelu, teplotu tuhnutí a tavení furcellaranových gelů. Zvýšená teplota tuhnutí a tavení furcellaranových sacharosových gelů je důvodem pro jejich využití při přípravě želé. Glycerol, stejně jako sacharosa, zvyšuje čírost a sílu furcellaranových gelů [82, 109 – 111].

Furcellaran je citlivý na kyseliny, zejména při vyšších teplotách. Kyselinou katalyzovaná hydrolyza způsobuje ztrátu viskozity a síly gelu. Snížení viskozity a síly gelu není stejné. Při hydrolyze může dojít ke značnému poklesu viskozity, zatímco pevnost gelu zůstává vysoká. Furcellaran je vůči kyselinám stabilnější než karagenan, ale je méně stabilní než agar [109].

Je-li furcellaran smíchán s roztokem proteinu, jehož pH je nižší než izoelektrický bod proteinu, furcellaran s proteinem vytvoří koprecipitát. Při hodnotě pH v blízkosti izoelektrického bodu se v roztoku tvoří pouze zákal. Při hodnotách pH nad izoelektrickým bodem mohou být vytvořeny gely z furcellaran-proteinu bez vysrážení nebo ztráty čírosti a bez snížení síly gelu po vysrážení [109].

Furcellaran je snadno rozpustný v mléce při teplotě 80 až 100 °C. Ochlazením roztoku vzniká mléčný gel s vyšší pevností gelu, než jakou by měl vodní gel se stejnou koncentrací furcellaranu. Vyšší pevnost mléčného gelu je přičítána vápenatým a draselným solím v mléku. Zásahu mají zejména draselné soli, které jsou přítomné v koncentraci 0,04 mol

na jeden litr mléka. Mléčný kasein a sérové proteiny přispívají ke struktuře mléčného gelu. Mléčný gel z furcellaranu má plnou mléčnou chuť, zatímco chuť mléčného gelu z karagenanu je téměř eliminována [109].

Hodnota pH mléčného gelu připraveného z furcellaranu a čerstvého mléka je v úzkém rozmezí 6,65 – 6,7. Změny hodnoty pH výrazně ovlivňují sílu mléčného gelu. Zvýšení pH, přidáním fosforečnanu sodného, snižuje sílu gelu a může také změnit čirou sraženinu na mléčnou. Pokud je pH sníženo přidáním kyseliny nebo rozpustné vápenaté soli (0,2 – 0,5 g CaCl₂/1 litr mléka), zvyšuje se síla gelu. Tento proces je obvykle doprovázen zvýšenou separací nebo srážením mléka a je možné, že zvýšená síla gelu je způsobena srážením kaseinu [109].

Objevování nových gelotvorných látek a stabilizátorů se specifickými vlastnostmi vedlo ke kombinování furcellaranu s jinými gumami nebo zahušťovadly. Poměrně příznivé účinky jsou pozorovány u směsi furcellaranu a karobové neboli lokustové gumy (karubin, karob) z rohovníku, známý také jako „*chléb svatojánský*“. Struktura čistého furcellaranového gelu je poměrně krátká a vykazuje synerezi. Přídavek lokustové gumy vytváří pružnější a více lepkavý gel. Gel má větší sílu a výrazně nižší synerezi. Tento typ gelu velmi dobře reprodukuje strukturu želatinových gelů. Tato kombinace látek zajišťuje tvorbu gelu stabilního vůči kyselinám. Nevýhodou je však výsledná chuť, která se podobá chuti plodu rohovníku. Rovněž přídavek guarové gumy zvyšuje viskozitu a snižuje syneresi gelu, ale nevytváří pružný a pevný furcellaranových gel [109].

Deriváty celulosy, zejména karboxymethylcelulosa, našly omezené použití ve směsích s furcellaranem, kde jsou využívány jako slabě gelující stabilizátory [109].

3.4.7 Použití furcellaranu

Furcellaran byl původně používán jako náhrada agaru. Svými vlastnostmi je podobný agaru a karagenanu, ale nejvíce svou strukturou a vlastnostmi připomíná gel z κ -karagenanu [109].

Furcellaran je vyráběn pouze pro potravinářské, farmaceutické a kosmetické využití. Musí proto splňovat kritéria stávajících standardů v oblasti potravin a léčiv. Více než 90 % produkce furcellaranu se používá v potravinářských výrobcích, zbytek tvoří především farmaceutický průmysl [109].

Jeho využití je různorodé. Furcellaran lze použít především jako želírující činidlo, zahušťovadlo nebo stabilizátor v nápojích, pudincích, cukrářských náplních a polevách. Svůj význam nachází rovněž v masných produktech nebo při výrobě paštik. Dále je používán při výrobě mléka, tavených sýrů a zmrzlin, především jako gelující činidlo. Může být součástí dietetických přípravků, zejména dětských a diabetických potravin. Své uplatnění má i v kosmetickém průmyslu, kde se používá v emulzích například při výrobě zubních past a sirupu proti kašli. Díky obsahu draslíku slouží jako pojivo v tabletách, mýdlech na holení a vlasových šamponech. Kromě toho má i funkci krevního antikoagulantu. V budoucnosti se předpokládá jeho uplatnění ve zdravotnictví při růstu pojivové tkáně [113, 117].

Oblasti použití jsou různorodé a zahrnují následující produkty a skupiny produktů:

potravinářské výrobky: dortové želé, náplně a polevy; některé cukrářské výrobky, želírovací gel, džemy a konzervované ovoce, ovocné šťávy (stabilizační účinek), masné výrobky (želé, mleté maso, koláče), mléčné pudinky a krémy, čokoládové mléko, pivo (vyčerení);

farmaceutické a kosmetické výrobky: suspenze, emulze a pěny; tablety (dezintegrace).

Obecné vlastnosti furcellaranu a jeho reakce s některými základními složkami byly popsány v předchozí části [109].

3.4.7.1 Aplikace v potravinářství

Furcellaran, s mlékem vytváří dobré gely, a proto se používá jako přísada v pudincích. Pudinky z prášku mohou být připravovány s typem furcellaranu standardizovaného pro gelování mléka. Standardní receptura pro pudinkový prášek, který se má vařit s 0,5 litrem mléka, je následující: furcellaran 2 – 2,5 g, cukr 40 – 50 g, škrob 0 – 10 g, aroma a barva podle potřeby. Pudinkový prášek je rozpustný v mírně ohřátém mléce, ale v praxi se běžně mléko uvede do varu a nechá se vařit po dobu 1 – 3 min, pro zajištění úplného rozpuštění. Po ochlazení se roztok rychle mění na hladký a pevný mléčný gel, který je zcela homogenní, aniž by byl do prášku přidán škrob [82, 109 – 111, 117].

Furcellaranový pudink má nejlepší strukturu a vzhled při pH 6,6 až 6,7. Při této hodnotě pH má vzniklý gel také největší stabilitu a nedochází k separaci mléka. Nicméně, některé složky práškového pudinku, jako je kakao, rozpustná káva a škrob, mohou ovlivnit pH pudingu a zhoršovat tak stabilitu hotového produktu. Výborná kvalita furcellaranového mléčného pudingu vedla k preferenci furcellaranu v této oblasti využívaného jako gelující činidlo [109].

Furcellaran je také vhodný pro dortové náplně a polevy. Dortová glazura a poleva jsou využívány jako dortové želé s obsahem furcellaranu v koncentraci 0,4 – 0,8 % (w/w). Dortové želé se v Evropě prodává ve formě malých prášků na pečení, které jsou smíchávány s 250 ml vody nebo ovocné šťávy. Základní receptura pro prášek je následující: furcellaran 1,5 – 2 g, cukr 40 – 50 g, škrob 0 – 10 g, aroma a barva podle potřeby [109, 117].

Furcellaran je díky jeho schopnosti rychle tvořit gel současně s relativně dobrou odolností vůči kyselinám (kyselým potravinám) vhodným želatinačním činidlem pro skupinu želatinnových výrobků [109 – 111].

Je rovněž využíván i při výrobě džemů, marmelád a konzervované ovoce jako látka vytvářející gel. Pektin, tradiční gelotvorná látka, vyžaduje při výrobě džemů a želé obsah sacharózy minimálně 50 – 60 % (w/w) a požadovanou kyselost. Kdežto výroba furcellaranových gelů nezávisí na obsahu cukru a kyselosti výrobků. Furcellaran může být proto použit pro džemy a želé s nižším obsahem cukru nebo dokonce bez přidaného cukru. Koncentrace furcellaranu je 0,2 – 0,5 % (w/w) v závislosti na obsahu cukru a potřebné tuhosti gelu. Aby se zabránilo zbytečné hydrolyze furcellaranu, měl by být přidán do horké hotové směsi ovoce a cukru v podobě 2 – 3% vodního roztoku těsně před naplněním plechovek nebo sklenic [109 – 111].

Své využití má také při přípravě ovocných šťáv, které jsou stabilizovány 0,05 – 0,1 % (w/w) furcellaranu. Dochází ke stabilizaci rovnoměrného rozptýlení suspenze jemné ovocné buněčiny ve šťávě [109, 117].

V masných výrobcích se furcellaran používá jako stabilizační a želírovací činidlo v produktech, jako je mleté maso a paštiky. Furcellaran by však neměl být v masných výrobcích používán, pokud nebyla předem prozkoumána jeho kompatibilita s bílkovinami produktů [109 – 111, 117].

Furcellaran stabilizující suspenzi podléhá určitým omezením nebo zvláštním opatřením:

- (a) furcellaran se používá v koncentracích rovných nebo nižších, než je minimální koncentrace potřebná pro gelování (jako v čokoládovém mléce);
- (b) želírovací účinek se snižuje hydrolyzou katalyzovanou kyselinou (jako v želírovacím gelu);
- (c) furcellaranový gel se mechanickým zpracováním mění na tekutý systém;

(d) furcellaran se používá v nabobtnané formě, zahřátím se nerozpouští a nabobtnané granule se mechanicky rozpadají.

Poslední jmenovaná metoda použití furcellaranu našla rozšířené uplatnění u některých farmaceutických suspenzí díky produkci vysoce tixotropní, viskózní kapaliny [109].

V kvasné výrobě a při fermentaci se furcellaran uplatňuje jako jemný doplněk přidávaný během varu do chmele, přičemž napomáhá koagulaci a srážení bílkovin ze sladiny. Dále je využíván také jako pomocný doplněk přidaný na konci fermentace k podpoře flokulace a dochází k čerění piva. Díky těmto procesům je usnadněna konečná filtrace piva a během skladování piva hrozí menší riziko zákalu [109 – 111].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo zhodnotit vliv přídavku furcellaranu na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů. Pro provedení byla práce rozdělena na dílčí cíle:

- Vyrobít modelové vzorky tavených sýrů s tavicími solemi (TS) o obsahu sušiny 40 % (w/w) a obsahu tuku v sušině 55 % (w/w) s přídavkem furcellaranu [o koncentraci 0,10 %; 0,25 %; 0,50 %; 0,75 % a 1,00 % (w/w)] třech výrobních typů (A, B, C),
- Vyrobít modelové vzorky tavených sýrů bez TS o obsahu sušiny 40 % (w/w) a obsahu tuku v sušině 55 % (w/w) s přídavkem furcellaranu [o koncentraci 0,10 %; 0,25 %; 0,50 %; 0,75 % a 1,00 % (w/w)] třech výrobních typů (A, B, C),
- Při výrobě modelových vzorků zachovávat totožné technologické parametry, tedy rychlost míchání 3000 ot./min. s přibližně stejnou délkou výdrže (1 minuta) tavicí teploty (90 °C),
- U vzorků provést základní chemickou analýzu (stanovení obsahu sušiny a hodnoty pH) 1., 7., 14., 30., a 60. den po výrobě a po 1 dnu skladování stanovit obsah tuku v sušině,
- Ve shodných časových intervalech provést měření viskoelastických vlastností vzorků tavených sýrů s využitím dynamické oscilační reometrie,
- Vyhodnotit získané výsledky měření a popsat vliv přídavku furcellaranu na konzistenci tavených sýrů a určit, jestli je konzistence tavených sýrů ovlivněna délkou skladování.

5 METODIKA PRÁCE

Podle zadané surovinové skladby byly vyrobeny dva druhy modelových vzorků tavených sýrů – bez a s přídavkem TS, které se lišily koncentrací [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] a typem (A, B, C) furcellaranu. Pro výrobu tavených sýrů byly použity tři typy furcellaranu, jejichž základní charakteristika je uvedena v Tab. 4. Všechny vzorky, byly-li správně utavené a homogenní, byly dle časového harmonogramu skladování podrobeny 1., 7., 14., 30. a 60. den skladování chemické a reologické analýze.

Tab. 4: Základní charakteristika jednotlivých typů furcellaranu dle výrobce.

Typ furcellaranu	Značení	Vzhled	Síla gelu [g/cm ²]	pH	Obsah vody [%]
Estgel 1000	A	světle žlutý prášek	640	7 – 9	< 12
Estgel 8500	B	světle žlutý prášek	580	7 – 9	< 12
Estgel 7000	C	světle žluté vločky	290	7 – 9	< 12

5.1 Výroba modelových vzorků

Pro výrobu tavených sýrů byla použita tato surovinová skladba: přírodní sýr – eidamská cihla (obsah TVS 30 % (w/w), výrobce Kromilk a.s., mlékárna Kroměříž, ČR) o 7týdenní zralosti, čerstvé máslo [82 % (w/w) TVS, 84 % (w/w) sušiny, výrobce Madeta a.s., ČR], pitná voda, směs TS, jejichž množství bylo vypočítáno dle celkové hmotnosti vzniklé tave-niny (jejich poměrové zastoupení bylo následující: 30 % MSP, 26 % DSP, 22 % TSPP a 22 % P20, výrobce Fosfa a.s., Břeclav, ČR) a jeden ze tří typů furcellaranu (A, B nebo C, výrobce Est-agar a.s., Estonsko) v koncentraci 0,10 %, 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 % (w/w). Všechny suroviny byly taveny na zařízení Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Německo). Stejný typ přístroje byl použit v práci Černíkové a kol. [118, 119]. Průběh tavby byl takový, že nejprve byl do výrobníku přidán na kostky, o hraně cca 2 cm, nakrájený přírodní sýr, u nějž po uzavření víkem došlo k dezintegraci noži na menší kusy při 3000 ot./min.. Poté byly k nahrubo rozemletému přírodnímu sýru přidány zbylé suroviny – máslo, směs TS, furcellaran a voda. Na tavicí kotel bylo řádně upevněno víko a za pomoci vývěvy byl ve výrobníku vytvořen podtlak, jehož úkolem je zamezit tvorbu vzduchových bublin v tavicí směsi a zabránit oxidaci modelových vzorků. Pro zachování podtlaku po celou dobu tavby byl uzavřen odvdzdušňovací ventil. Následně byla nastavena požadovaná rychlost otáček (3000 ot./min.) nožů, které obsah v kotli promíchávaly. Jakmile teplota

v kotli dosáhla hodnoty přibližně 90 °C (obvykle po 10 minutách zahřívání), tato teplota tavicí směsi byla udržována po dobu přibližně 1 minuty. Po utavení byl sýr nadávkován do plastových vaniček, které byly zažehleny hliníkovými víčky. Řádně označené kelímky s modelovými vzorky byly postupně zchlazeny na teplotu skladování, která se pohybovala v rozmezí (6 ± 2 °C).

Od každého druhu modelového vzorku, tedy s přidavkem TS i BTS, byly vyrobeny 3 řady tavených sýrů o obsahu sušiny 40 % (w/w) a obsahu TVS 55 % (w/w). Řada č. 1 až 3 sloužily k vyhodnocení vlivu typu a rozdílné koncentrace furcellaranu na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů. Každá řada byla složena z 6 šarží, z nichž každá šarže obsahovala alespoň deset kusů vaniček.

Řada č. 1:

- kontrolní modelový vzorek taveného sýru,
- modelový vzorek taveného sýru s 0,10 % furcellaranu A v práškové formě (FA_{0,10}),
- modelový vzorek taveného sýru s 0,25 % furcellaranu A v práškové formě (FA_{0,25}),
- modelový vzorek taveného sýru s 0,50 % furcellaranu A v práškové formě (FA_{0,50}),
- modelový vzorek taveného sýru s 0,75 % furcellaranu A v práškové formě (FA_{0,75}),
- modelový vzorek taveného sýru s 1,00 % furcellaranu A v práškové formě (FA_{1,00}).

Řada č. 2:

- kontrolní modelový vzorek taveného sýru
- modelový vzorek taveného sýru s 0,10 % furcellaranu B v práškové formě (FB_{0,10}),
- modelový vzorek taveného sýru s 0,25 % furcellaranu B v práškové formě (FB_{0,25}),
- modelový vzorek taveného sýru s 0,50 % furcellaranu B v práškové formě (FB_{0,50}),
- modelový vzorek taveného sýru s 0,75 % furcellaranu B v práškové formě (FB_{0,75}),
- modelový vzorek taveného sýru s 1,00 % furcellaranu B v práškové formě (FB_{1,00}).

Řada č. 3:

- kontrolní modelový vzorek taveného sýru,
- modelový vzorek taveného sýru s 0,10 % furcellaranu C v podobě vloček (FC_{0,10}),
- modelový vzorek taveného sýru s 0,25 % furcellaranu C v podobě vloček (FC_{0,25}),
- modelový vzorek taveného sýru s 0,50 % furcellaranu C v podobě vloček (FC_{0,50}),
- modelový vzorek taveného sýru s 0,75 % furcellaranu C v podobě vloček (FC_{0,75}),
- modelový vzorek taveného sýru s 1,00 % furcellaranu C v podobě vloček (FC_{1,00}).

Pro lepší přehlednost bylo zvoleno následující označení FA_x, FB_x a FC_x,

kde: FA je furcellaran typu A, FB je furcellaran typu B a FC je furcellaran typu C;

x = 0,10 %, 0,25 %, 0,50 %, 0,75 %, 1,00 % (w/w).

5.2 Chemická analýza

U modelových vzorků tavených sýrů byla během každého odběrového dne provedena základní chemická analýza, kromě obsahu tuku, který byl stanoven pouze po jednodenním skladování. Při chemické analýze byl sledován obsah celkové sušiny a hodnota pH.

5.2.1 Stanovení obsahu celkové sušiny

U všech modelových vzorků bylo provedeno stanovení obsahu celkové sušiny dle postupu, který je uveden v ČSN EN ISO 5534:2005 [120]. Do hliníkové misky s předem vysušeným (při teplotě 102 ± 2 °C) a následně ochlazeným křemenným pískem a skleněnou tyčinkou na laboratorní teplotu, byly na analytických vahách s přesností na čtyři desetinná místa odváženy přibližně 3 g vzorku homogenního taveného sýra. Po pečlivém promíchání modelového vzorku s pískem za pomoci tyčinky byla miska se vzorkem uložena do sušárny, ve které byla směs následně sušena při teplotě 102 ± 2 °C přibližně 3 hodiny do konstantního úbytku hmotnosti. Poté byly misky pro ochlazení uloženy do exsikátoru a nakonec zváženy na analytických vahách. Tento postup byl u každého vzorku opakován třikrát. Pro výpočet obsahu sušiny byly použity následující rovnice (1 a 2):

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100 \quad (1)$$

kde: W ... obsah vody [% (w/w)],

m₁ ... hmotnost hliníkové misky s křemenným pískem [g],

m₂ ... hmotnost hliníkové misky s křemenným pískem a vzorkem sýra [g],

m₃ ... hmotnost hliníkové misky s křemenným pískem a vzorkem sýra po sušení [g].

$$S = 100 - W \quad (2)$$

kde: S ... obsah sušiny [% (w/w)] [121].

5.2.2 Stanovení pH

Hodnoty pH byly měřeny pomocí vpichového pH metru (Spear Eutech – pH tester s vpichovou elektrodou, EUTECH INSTRUMENTS The Netherlands, Nijkerk) při laboratorní teplotě 22 ± 1 °C. Měření bylo u každého vzorku provedeno šestkrát po sobě v odlišných částech kelímku s taveným sýrem. Toto opakování bylo uskutečněno z důvodu možnosti vnesení odchylek a faktorů, které mohly mít vliv na pH při procesu výroby, skladování a manipulaci s modelovým vzorkem během provádění analýz. Výsledky hodnot pH jsou uváděny v intervalech.

5.2.3 Stanovení obsahu tuku v sušině

Obsah tuku v sušině modelových vzorků tavených sýrů byl stanoven Ven Gulikovou metodou – ČSN ISO 3433:2010 [122]. Pro každý vzorek bylo měření provedeno dvakrát po sobě a tavený sýr byl odebrán z různých částí plastové vaničky. Z výsledků tučnosti tavených sýrů byl pomocí následujícího vztahu (3) vypočítán obsah tuku v sušině (TVS):

$$TVS (\%) = \frac{\text{obsah tuku} (\%) \cdot 100}{\text{obsah sušiny} (\%)} \quad (3)$$

5.3 Dynamická oscilační reometrie

Metoda dynamické oscilační reometrie slouží k zjišťování viskoelastických vlastností vzorků tavených sýrů. Během dynamické oscilační reometrie dochází k řízené deformaci vzorku, kdy je sledováno chování při toku látek. Při získávání informací o viskoelastických vlastnostech potravin, je pozornost zaměřena zejména na lineární viskoelastickou odezvu vzhledem k malému rozsahu oscilačních deformací. Viskoelasticitu popisuje elastický (G') a ztrátový (G'') modul pružnosti. Elastický modul vyjadřuje míru elasticity a ztrátový modul míru viskozity vzorku. Jejich poměrem je možné podle vztahu (3) vypočítat tangens úhlu fázového posunu:

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'} \quad (4)$$

Dále je pro popis vzorků používán komplexní modul pružnosti (G^*), který je charakterizován jako celkový odpor vzorku proti deformaci a je počítán podle vztahu:

$$G^*(\omega) = \sqrt{G'(\omega)^2 + G''(\omega)^2} \quad (5)$$

Dynamická oscilační reometrie byla provedena s použitím přístroje, který byl i v člancích autorů Černíkové a kol. [118, 119, 123] a Salek a kol. [124]. Konkrétně se jednalo o zařízení rotačního viskozimetru Thermo ScientificTM HAAKE RheoStress 1, (Bremen, Německo) s geometrií deska – deska o průměru byl 35 mm, s výškou štěrbiny 1 mm. Před každým měřením byl s využitím vodní lázně rotační viskozimetr temperován na teplotu $20,0 \pm 0,1$ °C. Jakmile bylo na statickou desku přístroje nanášeno požadované množství vzorku, byla spuštěna oscilující deska. Mezera mezi statickou a oscilující deskou přístroje byla 1 mm. Poté byl opatrně odstraněn přebytečný tavený sýr tak, aby nedošlo k posunu desky a nanášený vzorek byl po stranách potřén malou vrstvou silikonového oleje. Ten slouží k zabránění odparu vlhkosti ze vzorku během měření. Po 5 minutové relaxaci následovalo měření elastického a ztrátového modulu pružnosti při frekvenci v rozmezí 0,1 – 100 Hz. Měření probíhalo v oscilačním režimu s hodnotou amplitudy smykového napětí 20 Pa v oblasti lineární viskoelastivity modelových vzorků. Ze získaných hodnot elastického a ztrátového modulu pružnosti byl poté vypočítán tangens úhlu fázového posunu a komplexní modul pružnosti pro každý vzorek pro frekvenci 1 Hz [91, 125, 126].

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

V rámci této práce byly vyrobeny dvě skupiny vzorků tavených sýrů. Jako první z nich byla vyrobena skupina modelových vzorků tavených sýrů s předem stanovenou koncentrací [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] furcellaranu s přidavkem směsi TS a po určité době skladování provedení základní chemické a reologické analýzy. U druhé skupiny vzorků pak bylo provedeno totéž s tím rozdílem, že modelové vzorky byly vyrobeny BTS.

6.1 Vyhodnocení chemické analýzy

U všech modelových vzorků tavených sýrů, s přidavkem TS i BTS, o obsahu sušiny 40 % (w/w) a obsahu TVS 55 % (w/w) s přidavkem furcellaranu, s výjimkou vzorků s nehomogenní konzistencí, byla provedena základní chemická analýza. Vzorky tavených sýrů byly po 1., 7., 14., 30. a 60. dnu skladování podrobeny stanovení obsahu sušiny a měření hodnoty pH. Stanovení obsahu TVS bylo provedeno pouze po 1. dnu skladování. Pro jednotlivá stanovení byly vždy vybrány dvě vaničky se vzorkem od každé koncentrace. Naměřené hodnoty pH jsou pro jednotlivý typ furcellaranu uvedeny v tabulkách (Tab. 5 a 6) jako průměr \pm výběrová směrodatná odchylka.

U naměřených hodnot pH, které jsou uvedeny v Tab. 5 a 6, je vidět, že se zvyšující se koncentrací furcellaranu není ovlivněno pH. Toto tvrzení platí pro všechny modelové vzorky, s přidavkem TS i BTS. Rozdíl je pozorován mezi pH kontrolních vzorků a pH vzorků sýrů BTS, kdy u kontrolních vzorků je hodnota pH řádově o 2 desetiny vyšší. Tento rozdíl je možné zdůvodnit tím, že kontrolní vzorky obsahují TS, které se podílejí na úpravě a stabilizaci pH směsi tavených sýrů. Při vhodném výběru směsi TS je obvykle hodnota pH směsi určené k tavení upravena z původních 5,0 – 5,5 na 5,6 – 6,1 [13, 30, 33, 39, 66, 127]. Dále bylo vyhodnocením analýzy pH zjištěno, že hodnoty pH u všech vzorků s prodlužující se dobou skladování poklesly. Jednou z příčin, proč došlo ke snížení hodnot pH, je hydrolýza polyfosfátových TS, která je tím intenzivnější, čím je pH nižší a způsobuje vyšší tuhost výrobků [79, 128]. Proces hydrolýzy probíhá ovšem jen u vzorků, u nichž byly při výrobě použity polyfosfáty, tedy u tavených sýrů s přidavkem TS. Možností, jak částečně zpomalit tento jev, je skladování při nižší teplotě [79]. Nejmarkantnější pokles byl zaznamenán u vzorků tavených sýrů s FA po 60 dnech skladování.

Naměřené hodnoty pH se u všech modelových vzorků tavených sýrů s přidavkem TS pohybovaly v průběhu 14denního skladování v rozmezí 5,6 – 6,1, ať už byl použit jakýkoliv typ furcellaranu v koncentraci v rozmezí 0,10 – 1,00 % (w/w). Toto rozmezí hodnot pH je pro roztíratelné tavené sýry považováno za optimální [33, 50]. Naopak u tavených sýrů s přidavkem TS u analýzy po 30 a 60 dnech skladování naměřené hodnoty klesly pod pH 5,6. U modelových vzorků tavených sýrů BTS byly pozorovány výraznější a častější odchylky od optimálního rozmezí. U všech typů použitého furcellaranu byl zaznamenán pokles hodnot pH v porovnání s optimálním rozmezím. Tuto skutečnost lze zdůvodnit absencí TS, jež mají pufovací schopnost, která jim umožňuje stabilizovat pH systém směsi tavených sýrů vůči okolním vlivům [13, 30, 33, 39, 66, 127].

Dalšími výsledky získanými chemickou analýzou byly hodnoty obsahu sušiny a TVS. U vzorků tavených sýrů s přidavkem TS se obsah sušiny v průběhu 60denního skladování pohyboval v rozmezí 41,69 – 42,15 % (w/w) a obsah TVS po 1. dnu skladování byl mezi 22,50 a 23,50 % (w/w). Výsledky sledovaných parametrů obsahu sušiny u modelových vzorků BTS se pohybovaly po celou dobu skladování mezi 41,00 – 41,92 % (w/w) a hodnoty rozboru obsahu TVS po 1. dnu skladování byly v rozmezí 23,50 – 24,50 % (w/w). Z výsledků chemické analýzy vyplývá, že modelové vzorky mají obdobné parametry a díky tomu je lze mezi sebou navzájem porovnávat. Výsledky umožňují posuzovat vliv koncentrace jednotlivých typů furcellaranu na viskoelastické vlastnosti vzorků, které byly hodnoceny v rámci reologické oscilační reometrie [85].

Z výsledků chemické analýzy je možné navíc předpokládat chování modelových vzorků v průběhu reologické analýzy, jelikož jak pH, tak obsah TVS ovlivňuje do značné míry konzistenci tavených sýrů. Nejvíce jsou vzorky tavených sýrů ovlivněny hodnotou pH. Kdy při výrazně nižším pH než 5,6 je jejich konzistence tuhá až drobná, vzorky nedrží tvar a mají tendenci se rozpadat [3, 4, 30, 33, 39, 50, 65, 66, 85, 127, 128]. Naopak při hodnotách pH vyšších než 6,1 jsou dle autorů Lee a kol. [50, 66], Marchesseau a kol. [65] a Mulsow a kol. [76] tavené sýry měkké až rozbředlé. Tento jev je možné vysvětlit tím, že při vysokých hodnotách pH dochází v kaseinové síti ke značné elektrostatické odpudivosti, díky čemuž jsou vazby v matici méně pevné. Tato skutečnost umožňuje trojrozměrné proteinové matici vázat větší množství vody a způsobuje měkčí texturu výrobků [35, 37, 129, 130]. Nagyová a kol. [67] zdůvodňuje jev pomocí nábojů na kaseinových bílkovinách. Jestliže se hodnoty pH pohybují v blízkosti izoelektrického bodu kaseinů (uzančně $pI \approx 4,6$), dochází k vyrovnání počtu nábojů na kaseinech a mezi řetězci převládá přitažlivá síla. Zatímco v opačném

případě, při pH vyšším než 6,0, se na řetězcích vyskytuje více záporných nábojů, dochází ke vzájemnému odpuzování a tím i k oddálení jednotlivých proteinů. V takovém případě dochází ke snížení tuhosti matrice.

Tab. 5: Hodnoty pH modelových vzorků BTS v průběhu 60denního skladování (6 ± 2 °C).

BTS					
FA					
Vzorek/Den	1	7	14	30	60
kontrola	6,06 ± 0,01	5,73 ± 0,02	5,70 ± 0,02	5,53 ± 0,01	5,33 ± 0,01
FA 0,10 %	5,84 ± 0,01	5,54 ± 0,01	5,51 ± 0,01	5,47 ± 0,01	5,22 ± 0,01
FA 0,25 %	5,83 ± 0,01	5,52 ± 0,01	5,50 ± 0,01	5,46 ± 0,00	5,33 ± 0,02
FA 0,50 %	5,81 ± 0,02	5,51 ± 0,02	5,49 ± 0,02	5,47 ± 0,01	5,32 ± 0,01
FA 0,75 %	5,79 ± 0,02	5,53 ± 0,01	5,50 ± 0,01	5,47 ± 0,00	5,33 ± 0,01
FA 1,00 %	5,84 ± 0,01	5,54 ± 0,01	5,52 ± 0,01	5,50 ± 0,01	5,23 ± 0,01
FB					
Vzorek/Den	1	7	14	30	60
kontrola	5,81 ± 0,02	5,79 ± 0,01	5,72 ± 0,02	5,59 ± 0,01	5,35 ± 0,12
FB 0,10 %	NH	NH	5,50 ± 0,01	5,43 ± 0,02	5,27 ± 0,03
FB 0,25 %	NH	5,57 ± 0,01	5,52 ± 0,01	5,46 ± 0,02	5,27 ± 0,07
FB 0,50 %	5,59 ± 0,01	5,53 ± 0,01	5,49 ± 0,01	5,46 ± 0,02	5,24 ± 0,07
FB 0,75 %	5,62 ± 0,01	5,56 ± 0,01	5,51 ± 0,01	5,39 ± 0,01	5,26 ± 0,06
FB 1,00 %	5,62 ± 0,01	5,56 ± 0,01	5,50 ± 0,01	5,42 ± 0,01	5,29 ± 0,05
FC					
Vzorek/Den	1	7	14	30	60
kontrola	5,78 ± 0,07	5,73 ± 0,01	5,67 ± 0,04	5,55 ± 0,02	5,51 ± 0,02
FC 0,10 %	5,52 ± 0,04	5,48 ± 0,01	NH	NH	NH
FC 0,25 %	5,54 ± 0,02	5,45 ± 0,02	NH	NH	NH
FC 0,50 %	NH	NH	NH	NH	5,33 ± 0,12
FC 0,75 %	NH	NH	NH	NH	NH
FC 1,00 %	NH	NH	NH	NH	NH

*NH – výrobky s nehomogenní konzistencí

Tab. 6: Hodnoty pH modelových vzorků s přidavkem TS v průběhu 60denního skladování (6 ± 2 °C).

TS					
FA					
Vzorek/Den	1	7	14	30	60
kontrola	6,06 ± 0,01	5,73 ± 0,01	5,70 ± 0,02	5,53 ± 0,01	5,33 ± 0,01
FA 0,10 %	6,05 ± 0,01	5,73 ± 0,01	5,71 ± 0,01	5,53 ± 0,01	5,37 ± 0,01
FA 0,25 %	6,02 ± 0,01	5,70 ± 0,01	5,70 ± 0,02	5,50 ± 0,01	5,38 ± 0,01
FA 0,50 %	6,03 ± 0,01	5,72 ± 0,00	5,66 ± 0,06	5,52 ± 0,00	5,39 ± 0,01
FA 0,75 %	6,02 ± 0,01	5,72 ± 0,00	5,68 ± 0,03	5,52 ± 0,00	5,39 ± 0,01
FA 1,00 %	6,02 ± 0,01	5,71 ± 0,01	5,68 ± 0,03	5,51 ± 0,01	5,38 ± 0,01
FB					
Vzorek/Den	1	7	14	30	60
kontrola	5,81 ± 0,02	5,79 ± 0,01	5,72 ± 0,02	5,59 ± 0,01	5,35 ± 0,12
FB 0,10 %	5,83 ± 0,02	5,76 ± 0,02	5,68 ± 0,01	5,53 ± 0,02	5,39 ± 0,04
FB 0,25 %	5,85 ± 0,01	5,74 ± 0,01	5,70 ± 0,02	5,57 ± 0,01	5,37 ± 0,04
FB 0,50 %	5,80 ± 0,01	5,75 ± 0,01	5,62 ± 0,06	5,50 ± 0,01	5,35 ± 0,06
FB 0,75 %	5,81 ± 0,01	5,75 ± 0,01	5,64 ± 0,03	5,51 ± 0,01	5,36 ± 0,03
FB 1,00 %	5,82 ± 0,01	5,77 ± 0,02	5,64 ± 0,03	5,54 ± 0,02	5,38 ± 0,04
FC					
Vzorek/Den	1	7	14	30	60
kontrola	5,78 ± 0,07	5,73 ± 0,01	5,67 ± 0,04	5,55 ± 0,02	5,51 ± 0,02
FC 0,10 %	5,79 ± 0,03	5,70 ± 0,01	5,65 ± 0,01	5,52 ± 0,01	5,48 ± 0,02
FC 0,25 %	5,77 ± 0,02	5,71 ± 0,01	5,66 ± 0,01	5,49 ± 0,03	NH
FC 0,50 %	5,76 ± 0,03	5,67 ± 0,01	5,63 ± 0,01	5,52 ± 0,01	5,45 ± 0,02
FC 0,75 %	5,78 ± 0,03	5,67 ± 0,01	5,54 ± 0,02	5,51 ± 0,00	5,45 ± 0,02
FC 1,00 %	5,70 ± 0,06	5,65 ± 0,01	5,55 ± 0,01	5,50 ± 0,00	5,42 ± 0,02

*NH – výrobky s nehomogenní konzistencí

6.2 Výsledky dynamické oscilační reometrie

Cílem práce bylo zhodnotit, zda má přídavek furcellaranu vliv na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů. Součástí surovinové skladby pro výrobu tavených sýrů s přídavkem TS i BTS byl hydrokoloid furcellaran v koncentraci od 0,10 do 1,00 % (w/w) s koncentračním posunem 0,25 %.

S využitím dynamické oscilační reometrie byly naměřeny hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti, ze kterých byl podle vzorce (5) vypočítán komplexní modul pružnosti (G^*). Měření bylo uskutečněno při frekvenci v rozsahu od 0,1 do 100 Hz u všech vzorků tavených sýrů s homogenní konzistencí. Dále byly viskoelastické vlastnosti vzorků charakterizovány také pomocí tangentu úhlu fázového posunu ($\tan \delta$), který byl vypočítán podle vztahu (4) pro referenční frekvenci 1 Hz. Výsledky byly zpracovány do přehledných tabulek (Tab. 7 – 18) pro jednotlivé typy furcellaranu (A, B, C) a následně vyneseny do grafu jako závislost komplexního modulu pružnosti G^* na frekvenci.

Údaje uvedené v Tab. 7 až 18 dávají jednoznačný důkaz o tom, že modelové vzorky s přídavkem furcellaranu jsou schopné tvořit stabilní a pevné gely. Proces tvorby furcellaranového gelu je s velkou pravděpodobností možné objasnit stejným způsobem, jakým byla tvorba gelu zdůvodněna u karagenanu autory Černíková a kol. (2010) [131]. Proces tvorby gelu je možné vysvětlit schopností karagenanu vázat se v přítomnosti iontů vápníku [132] na hydrofobní části proteinů (zejména kaseinové frakce). Utvořením těchto komplexů, které se chovají jako emulgátory, mohou stabilizovat tuk i vodu v proteinové matici [83, 87, 133 – 135].

Hodnoty v Tab. 7 až 18 rovněž jasně ukazují, že vzorky s jednotlivými typy furcellaranu BTS vykazovaly vyšší tuhost v porovnání s tavenými sýry s TS. Tento jev je pravděpodobně způsoben antagonistickým efektem mezi TS a furcellaranem u vzorků s přídavkem TS.

Je-li hodnota tangentu úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) charakterizována jako míra tuhosti gelu, pak z Tab. 9, 10 a Tab. 15, 16 vyplývá, že přídavky FB ve všech koncentracích u obou druhů modelových vzorků sýrů (s přídavkem TS i BTS) zvýšily tuhost taveného sýra v porovnání s kontrolním vzorkem. Stejný trend byl pozorován také u obou druhů sýrů s přídavkem FA, s výjimkou tavených sýrů s přídavkem TS u FA_{0,10} při analýze provedené 30. a 60. den a u FA_{0,25} při analýze provedené 60. den. Odchylně se vyvíjely všechny přídavky FC_{0,10} ve všech modelových vzorcích s TS a u vzorku BTS, u něhož byla analýza provedena po 1. dnu. U posledně zmíněného vzorku BTS byla zvýšena tuhost také při přídavku FC_{0,25}

během 1. dne při porovnání s kontrolou. Tato zjištění jsou v souladu s tvrzením Bourriot a kol. [136], že existuje limitní koncentrace pro efektivní tvorbu karagenanové sítě. Tím jsou objasněny výsledky, kdy nedošlo ke zvýšení tuhosti modelových vzorků v porovnání s kontrolou. Ke stejnému závěru, že existuje limitní koncentrace pro efektivní zvyšování pevnosti tavených sýrů, dospěla svými výsledky i Nagyová a kol. [67]. Hodnota limitní koncentrace je různá z důvodu vlivu mnoha faktorů, jako je přítomnost a koncentrace iontů, mechanismus tvorby proteino-polysacharidové sítě uprostřed tavených sýrů, hodnota pH, síla gelu proteinové matrice taveného sýru, stupeň hydrolýzy přítomných proteinů, apod. [67, 85, 136].

Tab. 7: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů s přidavkem TS a furcellaranu typu A pro 1., 7. a 14. den skladování.

Řada 1				
TS				
Den 1				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	519 ± 18	568 ± 20	123 ± 1	1,0937
FA 0,10 %	656 ± 142	676 ± 103	150 ± 28	1,0292
FA 0,25 %	1214 ± 158	1019 ± 86	252 ± 28	0,8390
FA 0,50 %	3452 ± 978	2150 ± 498	647 ± 174	0,6228
FA 0,75 %	4021 ± 153	2309 ± 55	738 ± 25	0,5742
FA 1,00 %	8140 ± 1257	3770 ± 460	1428 ± 150	0,4633
Den 7				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	432 ± 92	452 ± 66	100 ± 18	1,0463
FA 0,10 %	490 ± 21	476 ± 29	109 ± 6	0,9721
FA 0,25 %	739 ± 28	639 ± 11	156 ± 5	0,8647
FA 0,50 %	1670 ± 176	1132 ± 66	321 ± 29	0,6779
FA 0,75 %	3400 ± 886	1860 ± 408	617 ± 155	0,5470
FA 1,00 %	5826 ± 1438	2699 ± 495	1022 ± 241	0,4632
Den 14				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	487 ± 85	503 ± 78	111 ± 18	1,0337
FA 0,10 %	526 ± 17	500 ± 7	116 ± 3	0,9492
FA 0,25 %	904 ± 78	737 ± 25	186 ± 12	0,8149
FA 0,50 %	2161 ± 6	1314 ± 12	403 ± 1	0,6080
FA 0,75 %	3455 ± 298	1750 ± 117	616 ± 51	0,5065
FA 1,00 %	5917 ± 472	2584 ± 100	1028 ± 75	0,4367

Tab. 8: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů s přídavkem TS a furcellaranu typu A pro 30. a 60. den skladování.

Řada 1				
TS				
Den 30				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	798 ± 17	781 ± 2	178 ± 2	0,9794
FA 0,10 %	334 ± 150	356 ± 111	78 ± 29	1,0657
FA 0,25 %	743 ± 135	630 ± 86	155 ± 25	0,8475
FA 0,50 %	2563 ± 1048	1529 ± 465	475 ± 181	0,5966
FA 0,75 %	3543 ± 284	1855 ± 112	637 ± 48	0,5235
FA 1,00 %	6816 ± 120	2841 ± 17	1175 ± 19	0,4167
Den 60				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	2204 ± 584	1626 ± 255	436 ± 99	0,7377
FA 0,10 %	663 ± 232	566 ± 127	139 ± 41	0,8536
FA 0,25 %	1137 ± 253	849 ± 105	226 ± 42	0,7467
FA 0,50 %	3947 ± 883	2197 ± 391	719 ± 153	0,5565
FA 0,75 %	4469 ± 567	2146 ± 186	789 ± 94	0,4802
FA 1,00 %	6723 ± 297	2788 ± 119	1158 ± 51	0,4147

Tab. 9: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů s přidavkem TS a furcellaranu typu B pro 1., 7. a 14. den skladování.

Řada 2				
TS				
Den 1				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	258 ± 147	317 ± 123	65 ± 30	1,2288
FB 0,10 %	760 ± 75	692 ± 64	164 ± 16	0,9111
FB 0,25 %	1584 ± 217	1193 ± 80	316 ± 35	0,7531
FB 0,50 %	2718 ± 796	1683 ± 442	509 ± 145	0,6192
FB 0,75 %	5537 ± 922	2821 ± 389	989 ± 159	0,5094
FB 1,00 %	6654 ± 326	3002 ± 139	1162 ± 56	0,4511
Den 7				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	161 ± 1	224 ± 7	44 ± 1	1,3882
FB 0,10 %	813 ± 460	724 ± 319	173 ± 88	0,8913
FB 0,25 %	2333 ± 548	1540 ± 246	445 ± 94	0,6602
FB 0,50 %	4578 ± 3239	2345 ± 1361	819 ± 557	0,5123
FB 0,75 %	5543 ± 170	2644 ± 85	977 ± 30	0,4770
FB 1,00 %	6034 ± 191	2514 ± 61	1040 ± 32	0,4167
Den 14				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	144 ± 21	210 ± 11	41 ± 3	1,4556
FB 0,10 %	1014 ± 585	844 ± 394	210 ± 112	0,8329
FB 0,25 %	2809 ± 1661	1750 ± 756	527 ± 288	0,6230
FB 0,50 %	4915 ± 274	2430 ± 37	873 ± 42	0,4943
FB 0,75 %	5426 ± 317	2315 ± 101	939 ± 53	0,4266
FB 1,00 %	8754 ± 2615	3512 ± 990	1501 ± 445	0,4012

Tab. 10: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů s přídavkem TS a furcellaranu typu B pro 30. a 60. den skladování.

Řada 2				
TS				
Den 30				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	305 ± 85	348 ± 72	74 ± 17	1,1406
FB 0,10 %	913 ± 56	776 ± 36	191 ± 11	0,8495
FB 0,25 %	2439 ± 75	1592 ± 37	464 ± 13	0,6528
FB 0,50 %	3008 ± 47	1472 ± 70	551 ± 1	0,4896
FB 0,75 %	9766 ± 991	4021 ± 278	1681 ± 163	0,4117
FB 1,00 %	11632 ± 12883	4570 ± 4396	1992 ± 2161	0,3928
Den 60				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	298 ± 208	342 ± 172	72 ± 42	1,1489
FB 0,10 %	2071 ± 269	1452 ± 99	402 ± 44	0,7013
FB 0,25 %	7150 ± 1994	3477 ± 787	1266 ± 340	0,4862
FB 0,50 %	7401 ± 5074	3270 ± 1941	1288 ± 863	0,4418
FB 0,75 %	11729 ± 3209	4727 ± 998	2013 ± 533	0,4030
FB 1,00 %	17342 ± 3005	5903 ± 790	2916 ± 493	0,3404

Tab. 11: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangenty úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů s přidavkem TS a furcellaranu typu C pro 1., 7. a 14. den skladování.

Řada 3				
TS				
Den 1				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	4207 ± 1315	2755 ± 702	801 ± 167	0,6550
FC 0,10 %	2287 ± 747	1683 ± 550	452 ± 148	0,7358
FC 0,25 %	2828 ± 119	1930 ± 142	545 ± 28	0,6824
FC 0,50 %	6957 ± 1550	3444 ± 710	1236 ± 271	0,4950
FC 0,75 %	9716 ± 767	4325 ± 298	1693 ± 131	0,4452
FC 1,00 %	12935 ± 265	5073 ± 101	2211 ± 45	0,3922
Den 7				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	2628 ± 51	1895 ± 45	516 ± 11	0,7210
FC 0,10 %	1444 ± 185	1152 ± 91	294 ± 32	0,7977
FC 0,25 %	2489 ± 663	1591 ± 267	470 ± 112	0,6391
FC 0,50 %	5670 ± 645	2770 ± 267	1004 ± 111	0,4886
FC 0,75 %	7826 ± 695	3380 ± 239	1357 ± 117	0,4318
FC 1,00 %	9553 ± 673	3639 ± 193	1627 ± 111	0,3810
Den 14				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	3057 ± 648	2072 ± 325	588 ± 114	0,6779
FC 0,10 %	1324 ± 111	935 ± 70	271 ± 21	0,7068
FC 0,25 %	2314 ± 752	1546 ± 382	443 ± 133	0,6682
FC 0,50 %	5032 ± 266	2550 ± 114	898 ± 46	0,5067
FC 0,75 %	7955 ± 157	3428 ± 67	1379 ± 27	0,4309
FC 1,00 %	9544 ± 772	3658 ± 347	1627 ± 134	0,3833

Tab. 12: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů s přidavkem TS a furcellaranu typu C pro 30. a 60. den skladování.

Řada 3				
TS				
Den 30				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	2275 ± 528	1733 ± 202	456 ± 86	0,7616
FC 0,10 %	1196 ± 457	1044 ± 339	253 ± 90	0,8729
FC 0,25 %	1614 ± 232	1198 ± 160	320 ± 45	0,7421
FC 0,50 %	5406 ± 162	2631 ± 252	957 ± 51	0,4867
FC 0,75 %	7311 ± 591	3131 ± 194	1266 ± 99	0,4283
FC 1,00 %	7982 ± 363	3018 ± 109	1358 ± 60	0,3781
Den 60				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	5444 ± 2521	3026 ± 1002	992 ± 428	0,5559
FC 0,10 %	5351 ± 550	3009 ± 213	977 ± 93	0,5624
FC 0,25 %	NH	NH	NH	NH
FC 0,50 %	8426 ± 1226	3411 ± 289	1447 ± 204	0,4048
FC 0,75 %	15256 ± 1060	5946 ± 201	2606 ± 169	0,3897
FC 1,00 %	9045 ± 779	3262 ± 236	1530 ± 129	0,3606

*NH – výrobky s nehomogenní konzistencí

Tab. 13: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangenty úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů BTS a furcellaranu typu A pro 1., 7. a 14. den skladování.

Řada 1				
BTS				
Den 1				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	519 ± 18	568 ± 20	123 ± 1	1,0937
FA 0,10 %	2844 ± 130	892 ± 53	474 ± 77	0,3136
FA 0,25 %	11401 ± 1489	2934 ± 121	1874 ± 105	0,2573
FA 0,50 %	23762 ± 3793	5365 ± 861	3877 ± 619	0,2258
FA 0,75 %	28806 ± 1553	6366 ± 258	4695 ± 250	0,2210
FA 1,00 %	41595 ± 2196	8879 ± 492	6769 ± 358	0,2135
Den 7				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	432 ± 92	452 ± 66	100 ± 18	1,0463
FA 0,10 %	4285 ± 145	1358 ± 54	715 ± 25	0,3169
FA 0,25 %	9397 ± 1237	2590 ± 224	1551 ± 199	0,2756
FA 0,50 %	18896 ± 4784	4426 ± 879	3089 ± 773	0,2342
FA 0,75 %	23809 ± 1900	5583 ± 525	3892 ± 314	0,2345
FA 1,00 %	35108 ± 383	7977 ± 64	5730 ± 64	0,2272
Den 14				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	487 ± 85	503 ± 78	111 ± 18	1,0337
FA 0,10 %	3241 ± 250	1159 ± 79	548 ± 42	0,3575
FA 0,25 %	9652 ± 578	2851 ± 111	1602 ± 93	0,2953
FA 0,50 %	14676 ± 379	3661 ± 63	2407 ± 61	0,2494
FA 0,75 %	18994 ± 435	4647 ± 68	3112 ± 70	0,2446
FA 1,00 %	28323 ± 124	6604 ± 12	4629 ± 20	0,2332

Tab. 14: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů BTS a furcellaranu typu A pro 30. a 60. den skladování.

Řada 1				
BTS				
Den 30				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	798 ± 17	781 ± 2	178 ± 2	0,9794
FA 0,10 %	4555 ± 595	1807 ± 205	780 ± 100	0,3966
FA 0,25 %	6172 ± 269	2076 ± 36	1036 ± 42	0,3364
FA 0,50 %	14374, ± 79	3839 ± 48	2368 ± 14	0,2671
FA 0,75 %	19140 ± 1272	4960 ± 239	3147 ± 206	0,2592
FA 1,00 %	26530 ± 2128	6423 ± 545	4344 ± 350	0,2421
Den 60				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	2204 ± 584	1626 ± 255	436 ± 99	0,7377
FA 0,10 %	2041 ± 6	1014 ± 43	363 ± 4	0,4966
FA 0,25 %	4137 ± 149	1752 ± 33	715 ± 24	0,4236
FA 0,50 %	9729 ± 57	3017 ± 6	1621 ± 9	0,3101
FA 0,75 %	13776 ± 814	3661 ± 206	2269 ± 134	0,2658
FA 1,00 %	26082 ± 2366	6068 ± 415	4262 ± 382	0,2326

Tab. 15: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů BTS a furcellaranu typu B pro 1., 7. a 14. den skladování.

Řada 2				
BTS				
Den 1				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	258 ± 147	317 ± 123	65 ± 30	1,2288
FB 0,10 %	NH	NH	NH	NH
FB 0,25 %	NH	NH	NH	NH
FB 0,50 %	33148 ± 3163	7322 ± 704	5403 ± 516	0,2209
FB 0,75 %	42504 ± 7927	9086 ± 1829	6918 ± 1295	0,2138
FB 1,00 %	46149 ± 854	10108 ± 189	7519 ± 139	0,2190
Den 7				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	161 ± 1	224 ± 7	44 ± 1	1,3882
FB 0,10 %	NH	NH	NH	NH
FB 0,25 %	11997 ± 842	3152 ± 227	1974 ± 139	0,2627
FB 0,50 %	20118 ± 1726	4768 ± 442	3291 ± 284	0,2370
FB 0,75 %	30894 ± 19	7082 ± 61	5044 ± 1	0,2292
FB 1,00 %	34290 ± 622	7974 ± 46	5603 ± 95	0,2326
Den 14				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	144 ± 21	210 ± 11	41 ± 3	1,4556
FB 0,10 %	7386 ± 3097	2353 ± 793	1234 ± 508	0,3185
FB 0,25 %	11404 ± 1187	3148 ± 276	1883 ± 194	0,2760
FB 0,50 %	19176 ± 1764	4734 ± 200	3144 ± 280	0,2469
FB 0,75 %	33456 ± 2323	7520 ± 400	5458 ± 375	0,2248
FB 1,00 %	38170 ± 621	8535 ± 71	6225 ± 94	0,2236

*NH – výrobky s nehomogenní konzistencí

Tab. 16: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů BTS a furcellaranu typu B pro 30. a 60. den skladování.

Řada 2				
BTS				
Den 30				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	305 ± 85	348 ± 72	74 ± 17	1,1406
FB 0,10 %	15565 ± 11850	4969 ± 3115	2602 ± 1946	0,3192
FB 0,25 %	25191 ± 2428	7345 ± 783	4176 ± 406	0,2916
FB 0,50 %	21955 ± 1165	5543 ± 399	3604 ± 195	0,2525
FB 0,75 %	33175 ± 1103	7676 ± 235	5419 ± 179	0,2314
FB 1,00 %	39892 ± 748	9172 ± 535	6515 ± 135	0,2299
Den 60				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	298 ± 208	342 ± 172	72 ± 42	1,1489
FB 0,10 %	12700 ± 710	4761 ± 312	2159 ± 123	0,3748
FB 0,25 %	13370 ± 8832	4337 ± 2735	2237 ± 1471	0,3244
FB 0,50 %	25676 ± 121	6829 ± 318	4229 ± 32	0,2660
FB 0,75 %	30491 ± 1394	7522 ± 287	4998 ± 226	0,2467
FB 1,00 %	37618 ± 88	9438 ± 2	6173 ± 14	0,2509

*NH – výrobky s nehomogenní konzistencí

Tab. 17: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů BTS a furcellaranu typu C pro 1., 7. a 14. den skladování.

Řada 3				
BTS				
Den 1				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	4207 ± 1315	2755 ± 702	801 ± 167	0,6550
FC 0,10 %	2828 ± 1808	1930 ± 546	545 ± 301	0,6824
FC 0,25 %	6949 ± 9550	2122 ± 2701	1160 ± 1575	0,3054
FC 0,50 %	NH	NH	NH	NH
FC 0,75 %	NH	NH	NH	NH
FC 1,00 %	NH	NH	NH	NH
Den 7				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	2628 ± 51	1895 ± 45	516 ± 11	0,7210
FC 0,10 %	8987 ± 1037	2810 ± 299	1499 ± 172	0,3127
FC 0,25 %	12454 ± 1252	3732 ± 417	2069 ± 210	0,2997
FC 0,50 %	NH	NH	NH	NH
FC 0,75 %	NH	NH	NH	NH
FC 1,00 %	NH	NH	NH	NH
Den 14				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	3057 ± 648	2072 ± 325	588 ± 114	0,6779
FC 0,10 %	NH	NH	NH	NH
FC 0,25 %	NH	NH	NH	NH
FC 0,50 %	NH	NH	NH	NH
FC 0,75 %	NH	NH	NH	NH
FC 1,00 %	NH	NH	NH	NH

*NH – výrobky s nehomogenní konzistencí

Tab. 18: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů BTS a furcellaranu typu C pro 30. a 60. den skladování.

Řada 3				
BTS				
Den 30				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	2275 ± 528	1733 ± 202	456 ± 86	0,7616
FC 0,10 %	NH	NH	NH	NH
FC 0,25 %	NH	NH	NH	NH
FC 0,50 %	NH	NH	NH	NH
FC 0,75 %	NH	NH	NH	NH
FC 1,00 %	NH	NH	NH	NH
Den 60				
Typ a koncentrace furcellaranu	G' [Pa]	G'' [Pa]	η [Pa.s]	$\tan \delta$ [-]
kontrola	5444 ± 2521	3026 ± 1002	992 ± 428	0,5559
FC 0,10 %	NH	NH	NH	NH
FC 0,25 %	NH	NH	NH	NH
FC 0,50 %	4662 ± 225	1598 ± 94	784 ± 39	0,3427
FC 0,75 %	NH	NH	NH	NH
FC 1,00 %	NH	NH	NH	NH

*NH – výrobky s nehomogenní konzistencí

Na Obr. 7 je znázorněn graf závislosti komplexního modulu pružnosti (G^*) na době skladování pro vzorky tavených sýrů s FA, které jsou BTS. V grafu je možné vidět trend strmého poklesu G^* v průběhu 60denního skladování u většiny koncentrací furcellaranu. Tentýž trend je patrný i na Obr. 8, kde však byl pokles, s výjimkou FB 0,50, pozvolnější. Vzniklá anomálie nebyla doposud popsána a vysvětlena.

U modelových vzorků tavených sýrů s FA a přídavkem TS (viz Obr. 9) byl, až na mírné odchylky, u tavených sýrů během 60denního skladování trend opačný. Tzn., že hodnota G^* se s prodlužující dobou skladování zvyšovala. U přibližně poloviny koncentrací byla hodnota G^* pro 1., 7. a 14. den skladování téměř shodná, s výjimkou FA 0,50 a FA 1,00, u něhož došlo k viditelnému nárůstu tuhosti.

Podobné výsledky jako u tavených sýrů s FA s přídavkem TS je vidět i na Obr. 10 a 11 pro modelové vzorky s FB a FC. Z grafu na Obr. 10 je patrný trend nárůstu G^* po celou dobu skladování u všech koncentrací FC kromě FC 0,10 a FC 0,25, u níž došlo k několika

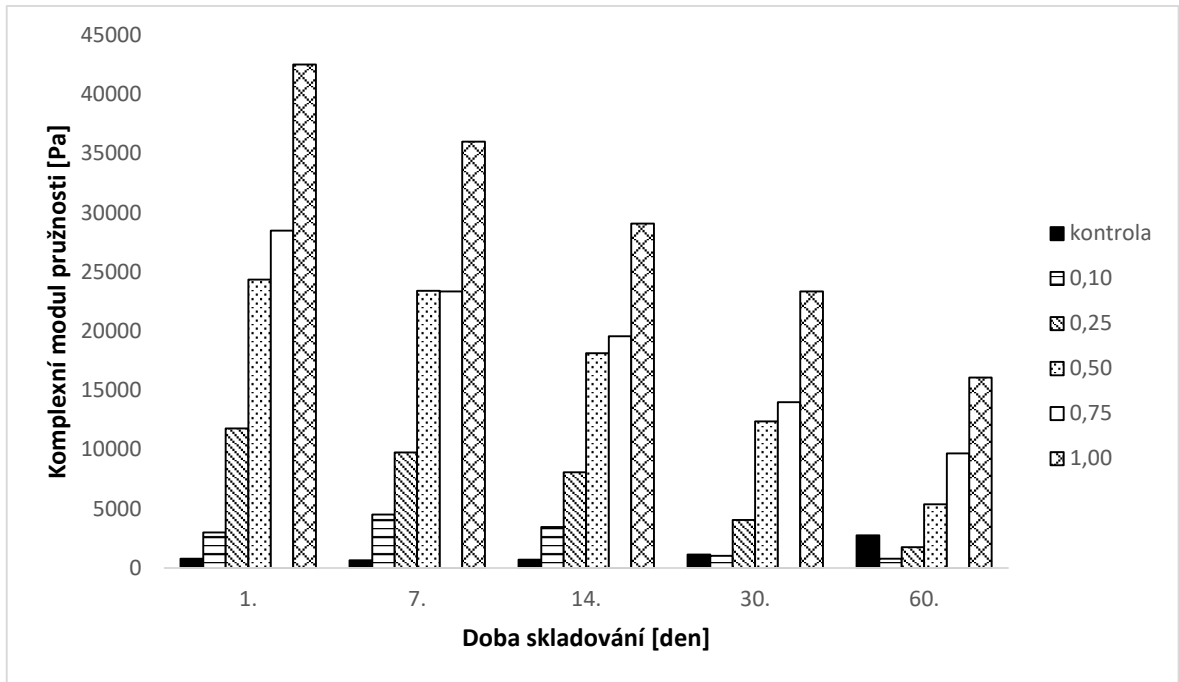
poklesům G^* v porovnání s hodnotami předchozího měření. Z grafu na Obr. 11 je rovněž vidět trend nárůstu G^* po celou dobu skladování u většiny koncentrací FC. Výjimka nastala u kontroly, u níž docházelo ke střídání poklesu a nárůstu G^* během skladování tavených sýrů. Dále je pozorováno, že u analýzy vzorků s FC byly hodnoty G^* pro 7. a 14. den skladování velmi podobné u FC_{1,00} a pro 7., 14. a 30. den skladování byly velmi podobné u FC_{0,75}. Shoda byla pozorována i u FB_{0,10} u 14. a 30. dne. A u tavených sýrů s přídavkem FB_{0,25}, FB_{0,50} a FB_{1,00} došlo k výraznému nárůstu hodnoty G^* v období mezi 30. a 60. dnem skladování. Strmý nárůst je možné vidět i u koncentrace FB_{0,75} mezi 7. a 14. dnem skladování.

Grafické znázornění pro modelové vzorky s FC a BTS chybí pro malé množství dat. Data nejsou k dispozici z důvodu nehomogenní konzistence většiny vzorků.

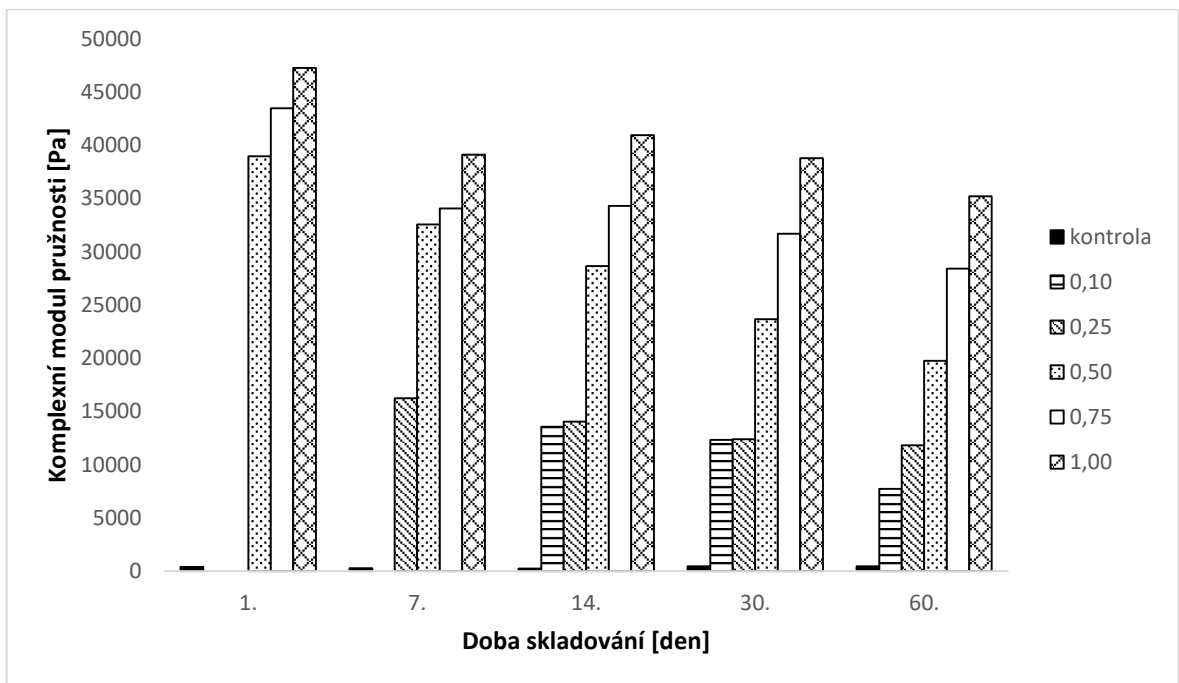
Trend zvýšení tuhosti, pozorovaný u vzorků s přídavkem TS, je v souladu s tvrzeními autorů Buňka a kol. [137], Flourey a kol. [138], Sádliková a kol. [61] a Shirashoji a kol. [64], kteří ve svých výzkumech dospěli k závěru, že s prodlužující se délkou skladování roste tuhost tavených sýrů. Zvyšující se tuhost může být dána různými procesy, které v sýru probíhají v průběhu skladování. Jako příklad lze uvést mírný pokles hodnot pH, polymorfismus mléčného tuku a následné změny jeho krystalické struktury, hydrolýza fosforečnanových TS či změny disociace solí a ostatních složek směsi [38, 64, 76, 137, 139, 140].

Z Obr. 7 až 11 je navíc jednoznačně patrné, že s rostoucí koncentrací použitého furcellaranu rostla hodnota G^* , což dle autorů Gabriele a kol. [141], Piska & Štětina [142] a Winter & Chambon [143] značí, že tuhost vzorků tavených sýrů se zvyšovala. Důvodem tohoto jevu může být rostoucí počet interakcí mezi furcellaranovými řetězci, čímž je utvářena „hustší“ síťová struktura. V případě ι -karagenanu dochází dle autorů Langendorff a kol. [105, 144] k výraznější adsorpci spirálovitých částí karagenanových řetězců na kasein a k tvorbě můstků mezi kaseiny [85].

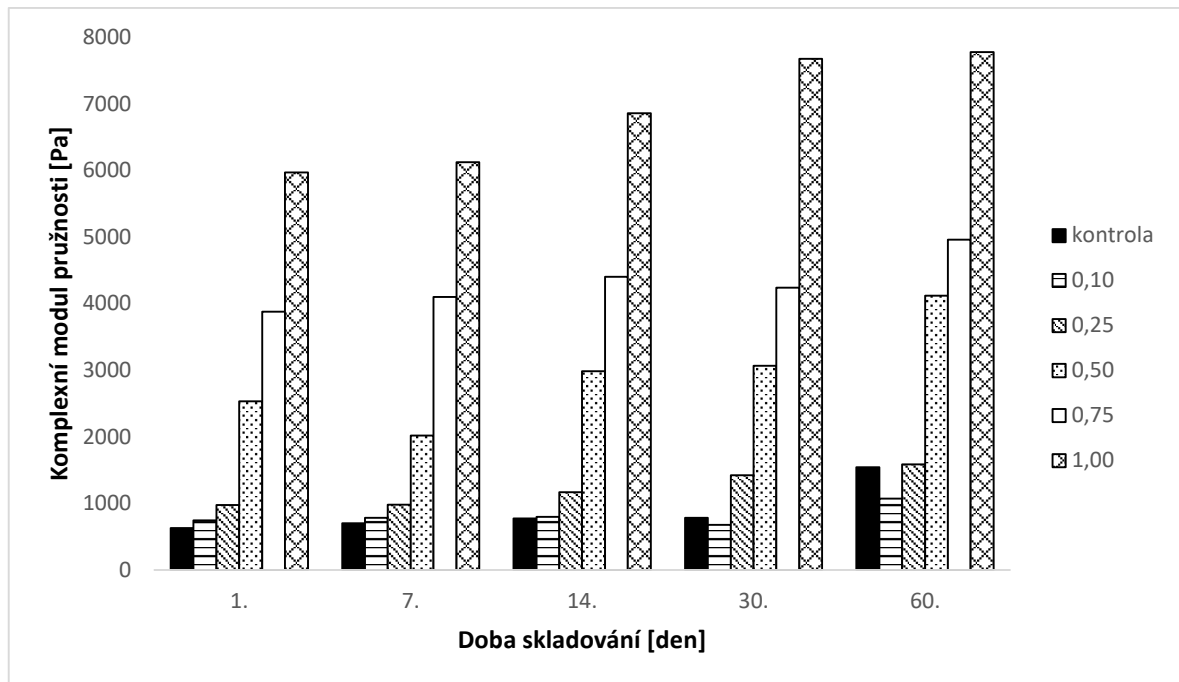
Z Obr. 7 a 10 je možné pozorovat výrazně vyšší hodnoty G^* u vzorků s FA a FB vyrobených BTS v porovnání s tavenými sýry FA a FB s přídavkem TS. Hodnoty G^* byly u vzorků BTS dvojnásobně až sedminásobně vyšší oproti vzorkům s přídavkem TS. Tyto výsledky vypovídají o tom, že modelové vzorky pouze s hydrokoloidy měly tužší konzistenci než vzorky tavených sýrů i s TS.



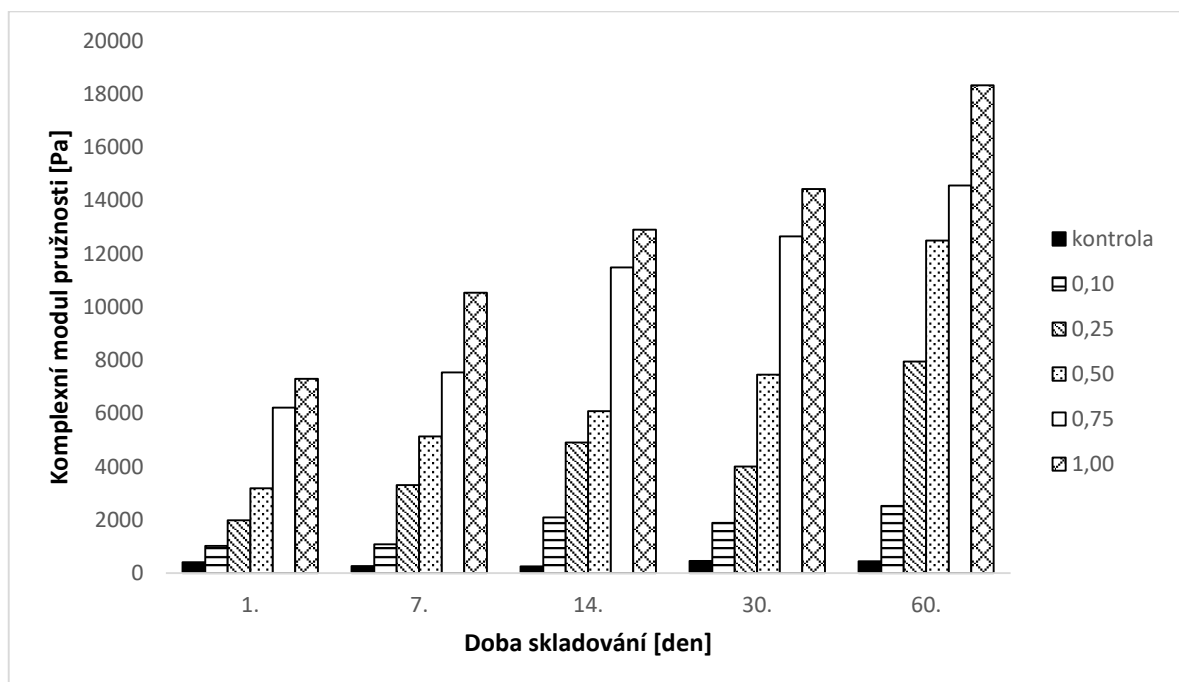
Obr. 7: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) modelových vzorků tavených sýrů s furcellaranem typu A o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)], BTS na době skladování (1, 7, 14, 30 a 60 dnů).



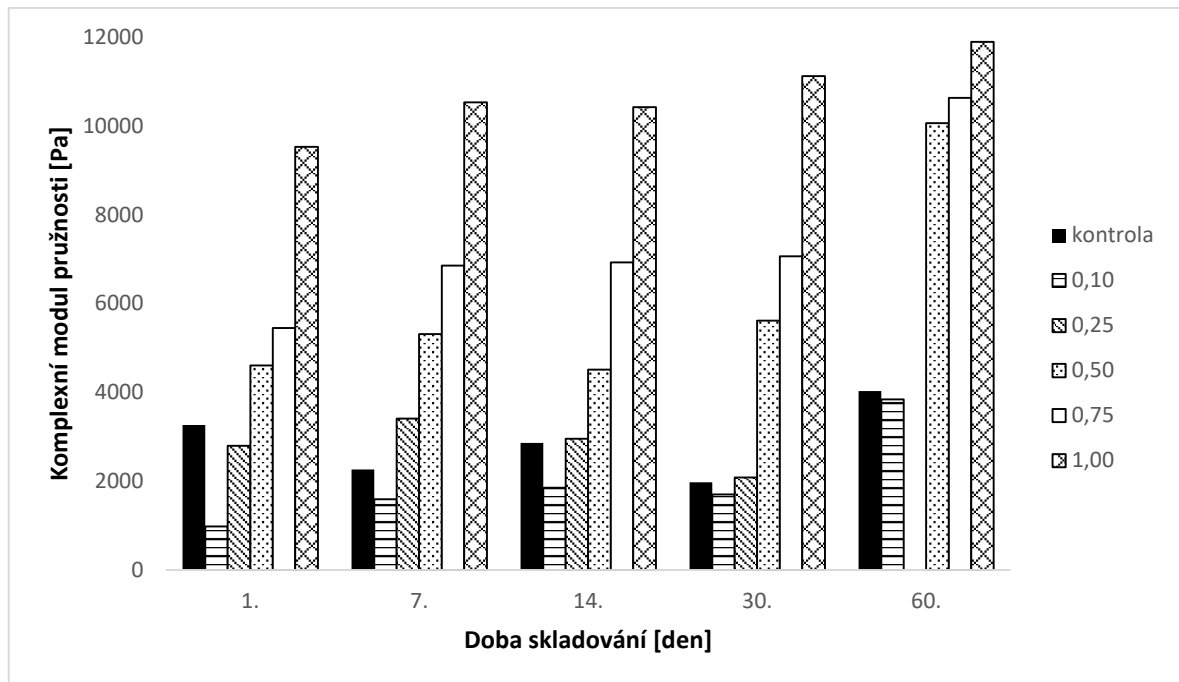
Obr. 8: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) modelových vzorků tavených sýrů s furcellaranem typu B o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] a BTS na době skladování (1, 7, 14, 30 a 60 dnů).



Obr. 9: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) modelových vzorků tavených sýrů s furcellaranem typu A o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] a s přidavkem TS na době skladování (1, 7, 14, 30 a 60 dnů).



Obr. 10: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) modelových vzorků tavených sýrů s furcellaranem typu B o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] a s přidavkem TS na době skladování (1, 7, 14, 30 a 60 dnů).



Obr. 11: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) modelových vzorků tavených sýrů s furcellaranem typu C o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] a s přidavkem TS na době skladování (1, 7, 14, 30 a 60 dnů).

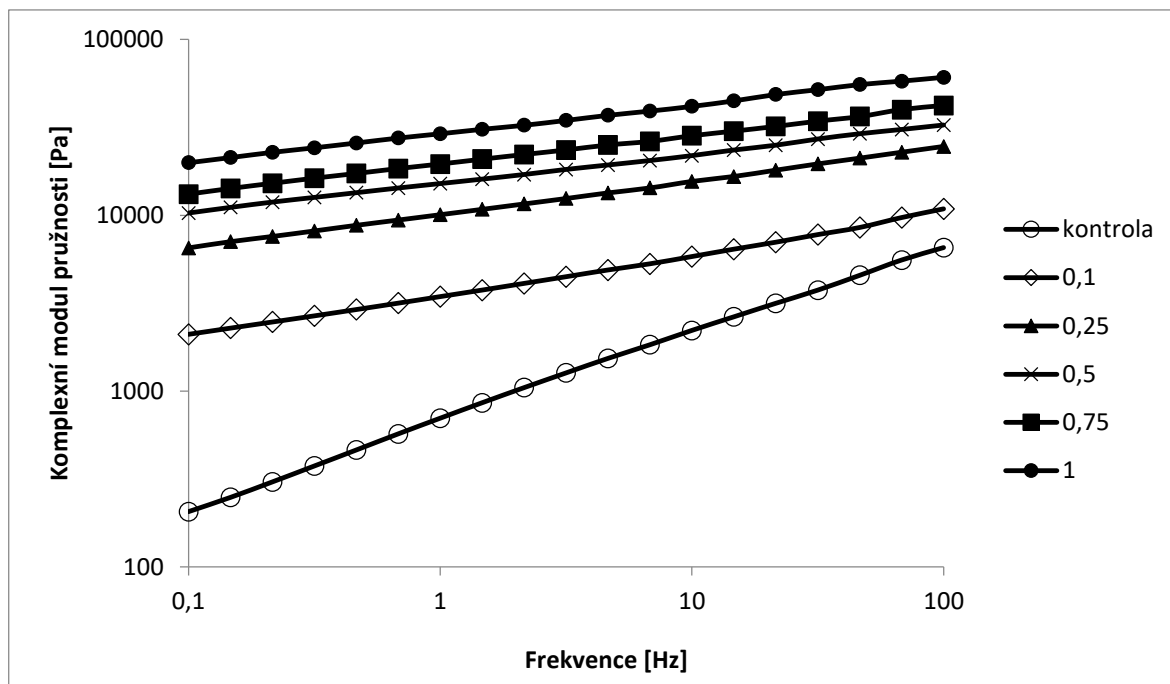
Jak je vidět na Obr. 12 až 16, které znázorňují výsledky dynamické oscilační reometrie pro tavené sýry s přidavkem TS i BTS (u modelových vzorků BTS chybí grafické znázornění pro závislost G^* na frekvenci pro FC z důvodu nehomogenní konzistence převážné většiny vzorků), s rostoucí koncentrací furcellaranu [v rozsahu 0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % w/w] došlo k významnému nárůstu G^* v celém frekvenčním rozsahu u všech typů furcellaranu. Tento závěr je možné podpořit také analýzou většiny modelových vzorků (údaje nejsou graficky znázorněny; pro referenční frekvenci 1 Hz jsou údaje uvedeny v Tab. 7 až 12). Tyto výsledky rovněž ukazují, že zvyšující se koncentrace furcellaranu v modelových vzorcích s TS i BTS mění vlastnosti jejich gelu, který vykazuje vyšší tuhost v porovnání s kontrolními vzorky bez přidavku hydrokoloidu. To lze vysvětlit skutečností, že s rostoucí koncentrací furcellaranu (A, B i C) dochází k intenzivnějším interakcím mezi furcellaranovými řetězci, což vede k vytvoření "hustší" síťové struktury [85]. Také Ribeiro a kol. [107] dosáhli podobných závěrů, tedy, že tuhost gelu roste se zvyšující se koncentrací karagenanu.

Z Obr. 12 až 15 lze vyčíst i to, že tuhost sýrů s FB je v porovnání s FA nepatrně vyšší, a že tužší jsou vzorky BTS než tavené sýry s přidavkem TS. Vyšší tuhost u vzorků BTS

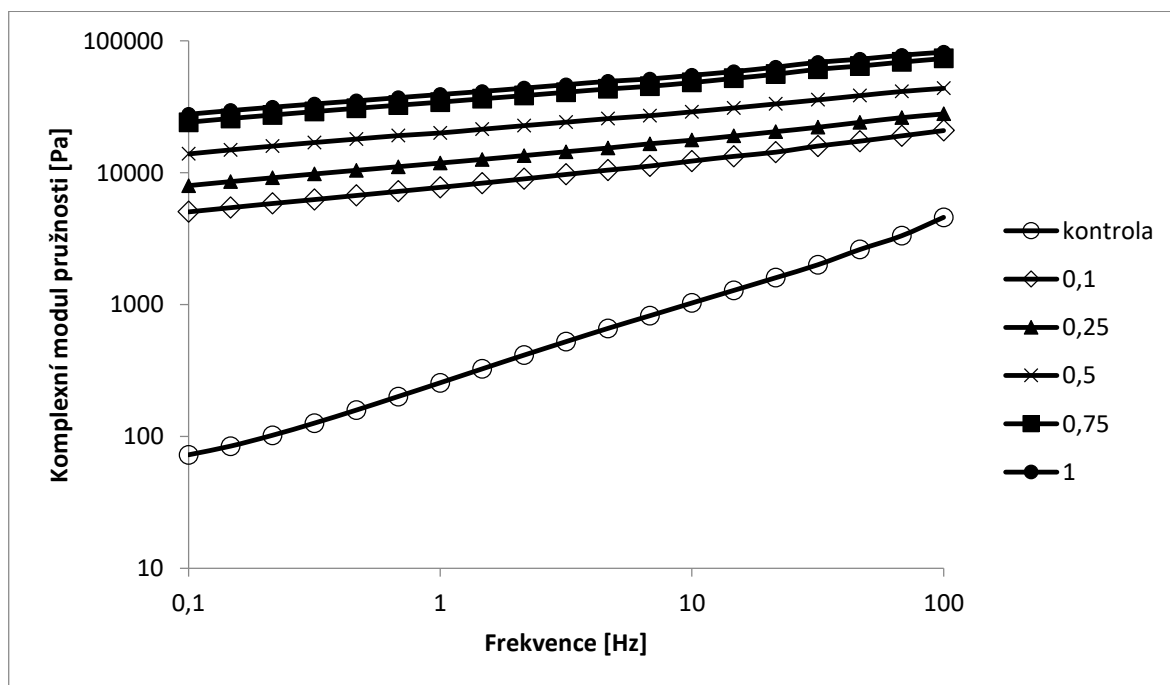
byla pozorována i u modelových vzorků s přidavkem κ -karagenanu v koncentraci 1,00 % (w/w) v článku Černíkové a kol. [131]. Popisují, že vyšší tuhost vzorků BTS je dána odlišnými procesy (v porovnání se vzorky s TS), které se odehrávají při ochlazování vzorků. Konkrétně při poklesu na teplotu 55 – 45 °C dochází u sýrů pouze s 1,00 % (w/w) κ -karagenanu v porovnání se vzorkem s 1,00% (w/w) koncentrací κ -karagenanu a s přidavkem TS k dramatickému (až stonásobnému) nárůstu G^* . Nárůst je zdůvodněn tím, že při této teplotě dochází pravděpodobně k přechodu κ -karagenanu z neuspořádaného do uspořádaného stavu tvaru helix. Dle autorů Nickerson, Paulson & Hallett [145] je tento přechod nezbytnou podmínkou pro tvorbu stabilního trojrozměrného gelu. Přechodová teplota karagenanů závisí na mnoha faktorech jako je obsah iontů v prostředí či typ a koncentrace karagenanů [105, 145].

Z Obr. 14 až 16 je patrné, že nejvyšší tuhost vykazují vzorky s přidavkem FC a naopak nejnížší je u sýrů s FA. Tento jev je pravděpodobně možné zdůvodnit rozdílnou silou gelu a velikostí částic jednotlivých typů furcellaranu.

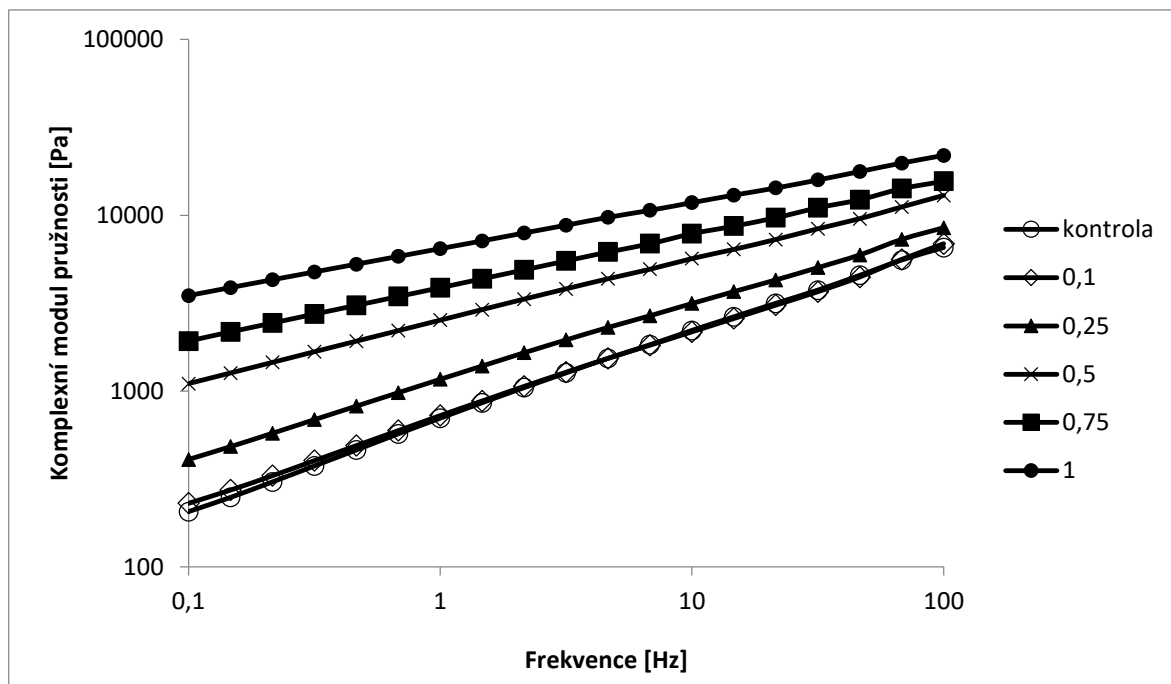
U modelových vzorků BTS je patrné, že tuhost výrobků se s rostoucí koncentrací furcellaranu zvyšovala. Jednoznačný nárůst tuhosti vzorků je možné vidět na Obr. 12 a 13 při srovnání jednotlivých přidavků furcellaranů s kontrolním vzorkem. Také u všech koncentrací FB modelových vzorků s přidavkem TS (Obr. 15) byl v porovnání s kontrolou pozorován nárůst tuhosti. U tavených sýrů s přidavkem TS a FA je zřejmé, že tuhost výrobků se s rostoucí koncentrací furcellaranu zvyšovala. Nárůst tuhosti byl v porovnání s kontrolou pozorován u všech koncentrací s výjimkou FA_{0,10}, při níž byla tuhost taveného sýru shodná s tuhostí kontrolního vzorku (viz Obr. 14). U tavených sýrů s TS a přidavkem FC se tuhost výrobků s rostoucí koncentrací furcellaranu také zvyšovala, ale nárůst tuhosti byl v porovnání s kontrolou pozorován až při koncentracích 0,25 % (w/w) a vyšších. Tato anomálie je zřetelně vidět na Obr. 16, kdy tuhost taveného sýra s TS a FC_{0,10} byla nižší než tuhost kontrolního vzorku. To, že tuhost gelu se u přidavku různých typů furcellaranu chovala jinak, se shoduje s tvrzením Bourriot a kol. [132], že existuje limitní koncentrace pro efektivní tvorbu karagenanové sítě. Hodnota limitní koncentrace patrně závisí na mnoha faktorech (přítomnost a koncentrace iontů, hodnota pH, síla gelu proteinové matrice taveného sýru, stupeň hydrolýzy přítomných proteinů, apod.) [132].



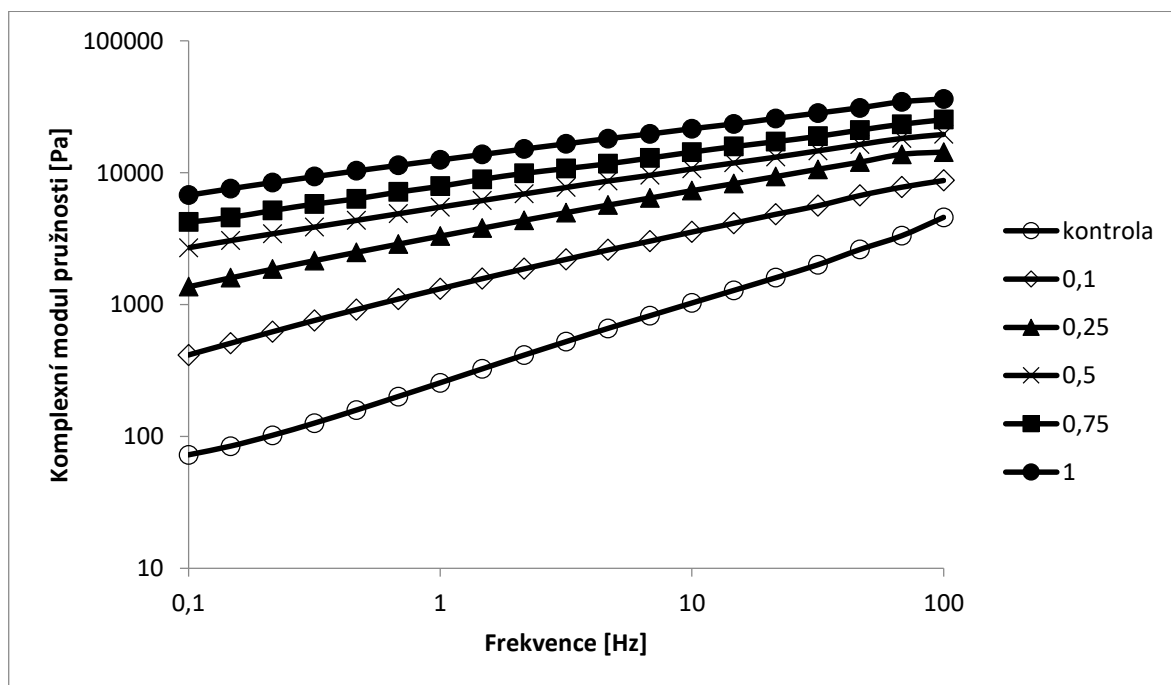
Obr. 12: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na frekvenci pro modelové vzorky s furcellaranem typu A o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] a BTS po 14 dnech skladování.



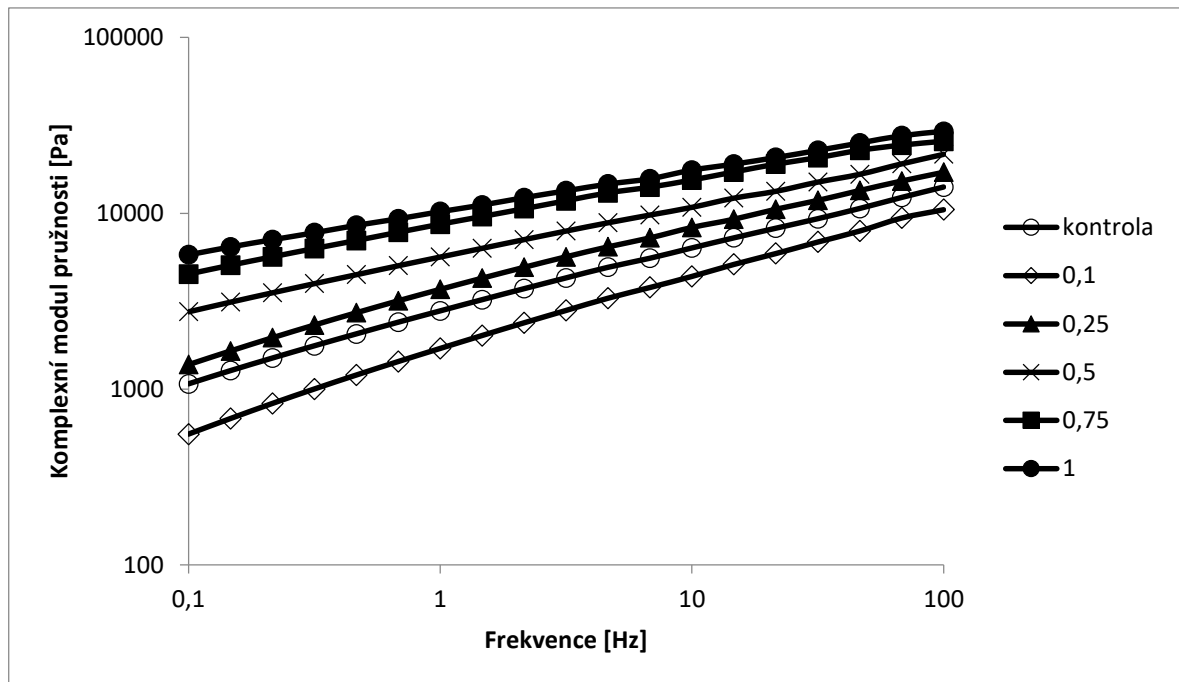
Obr. 13: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na frekvenci pro modelové vzorky s furcellaranem typu B o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] a BTS po 14 dnech skladování.



Obr. 14: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na frekvenci pro modelové vzorky s furcellaranem typu A o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] a s přidavkem TS po 14 dnech skladování.



Obr. 15: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na frekvenci pro modelové vzorky s furcellaranem typu B o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] a s přidavkem TS po 14 dnech skladování.



Obr. 16: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na frekvenci pro modelové vzorky s furcellaranem typu C o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] a s přidavkem TS po 14 dnech skladování.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo posoudit vliv přídatku furcellaranu na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů [obsah sušiny 40 % (w/w), obsah tuku v sušině 55 % (w/w)] v průběhu 60denního skladování při 6 ± 2 °C. Výroba modelových vzorků byla uskutečněna bez přídatku i s přídatkem směsi fosforečnanových tavicích solí.

Ze zpracovaných dat při hodnocení modelových vzorků tavených sýru s obsahem sušiny 40 % (w/w) a 55 % (w/w) tuku v sušině byly vyvozeny následující závěry:

- Přídatky všech typů furcellaranu (A, B i C) v koncentraci 0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w) neměly vliv na obsah sušiny, TVS ani pH všech modelových vzorků po celou dobu skladování, což umožnilo vyhodnocení dat získaných při dynamické oscilační reometrii.
- Všechny výrobní typy furcellaranu ovlivňují viskoelastické vlastnosti modelových vzorků v závislosti na jejich koncentraci – se zvyšující se koncentrací hydrokoloidu stoupá tuhost tavených sýrů.
- U 0,10% (w/w) koncentrace furcellaranu A a C u vzorků s přídatkem tavicích solí nedošlo u většiny tavených sýrů k významnému ovlivnění viskoelastických vlastností. Tyto typy furcellaranu se proto v koncentraci 0,10 % (w/w) nezdají být dostatečně účinné při zvyšování tuhosti tavených sýrů.
- U všech typů furcellaranu v koncentracích 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 % (w/w) byl pozorován viditelný nárůst tuhosti modelových vzorků oproti kontrolním vzorkům.
- Výraznější reologické změny (zvyšování tuhosti gelu) v porovnání s kontrolním vzorkem byly pozorovány u modelových vzorků s furcellaranem, bez přídatku tavicích solí.
- Z použitých furcellaranů ovlivnil viskoelastické vlastnosti vzorků bez přídatku tavicích solí nejvíce furcellaran A a B v koncentracích 0,50 %, 0,75 % a 1,00 % (w/w).
- U modelových vzorků všech typů furcellaranu (A, B, C) bez přídatku TS byl během jejich skladování pozorován pozvolný pokles tuhosti, zatímco u vzorků tavených sýrů s přídatkem TS docházelo v průběhu skladování k významnému zvýšení tuhosti výrobků.

Výsledky tohoto experimentu přinesly v souvislosti s využitím furcellaranu jako částečné náhrady tavicích solí při výrobě tavených sýrů dosud nepublikované závěry. Dosud zveřejněné studie popisují pouze vliv různých typů karagenanu na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů. Tato práce tak poskytla informace o tom, že přídavek furcellaranu má vliv na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů, kdy s rostoucí koncentrací furcellaranu se zvyšuje tuhost hotových výrobků.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČESKO. Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů (na obyvatele za rok) v ČR v letech 2007 – 2016 [tabulka]. In: *Český statistický úřad České republiky* [online] [cit. 2018-02-22]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/45565376/2701391701.pdf/0ac2fb94-6722-4b36-92c8-5d047f0953c7?version=1.0>.
- [2] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L. & KRÁČMAR, S. Základní principy výroby tavených sýrů. *Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, Brno: MZLU, 2009, s. 70. ISSN 1803-2109.
- [3] LEE, S. K. & SKELTE, G. A. The effect of the pH at cooking on the properties of rocessed cheese spreads containing whey proteins. *Food Chemistry*, 2009, vol. 115, no. 4, p. 1373-1380. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.01.057>
- [4] MARCHESSEAU, S., GASTALDI, E., LAGAUDE, A. & CUQ, J. L. Influence of H on protein interactions and microstructure of process cheese. *Journal of Dairy Science*, 1997, vol. 80, no. 8, p. 1483-1489.
- [5] ČESKO. Vyhláška č 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění.
- [6] ANONYM. *Codex General Standard for process(ed) cheese and spreadable process(ed) cheese*. [online] [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: http://www.dairyconsultant.co.uk/pdf/codex_specification_spreadable_processed_cheese.pdf.
- [7] ČESKO. Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb., kterou se stanoví Požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění.
- [8] GAJDŮŠEK, S. *Mlékařství II*. Brno: MZLU, 1998, s. 86 – 91. ISBN 80-7157-342-6.
- [9] PAVELKA, A. *Mléčné výrobky pro vaše zdraví*. Brno: Littera, 1996. ISBN 80-85763-09-5.
- [10] FORMAN, L. & STRMISKA, J. *Mlékárenství II*. Praha: SNTL, 1984, s. 176.
- [11] ANONYM. Food and Drugs Administration. Code of Federal Regulations: 21 Part 133 Cheese and Related Cheese Products [online]. Washington, DC: *Department*

- of Health and Human Services*, 2017 [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <http://www.accessdata.fda.gov/SCRIPTS/cdrh/cfdocs/cfCFR/CFRSearch.cfm?fr=133.10&SearchTerm=cheese>.
- [22] HUI, Y. H. & ÖZGÜL EVRANUZ, E. ed., 2012. *Handbook of animal-based fermented food and beverage technology*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2012. ISBN 978-143-9850-220.
- [33] GUINEE, T. P., CARIĆ, M. & KALÁB, M. Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. In Fox, P. F., *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 2004, vol. 3, no. 2, p. 349 – 394. ISSN 1874-558X.
- [44] ROGINSKI, H., FUQUAY, J. W. & FOX, P. F. *Encyclopedia of Dairy Science*. London: Academic Press, 2002, p. 428 – 434. ISBN 0-12-227235-8.
- [55] RANKEN, M. D., KILL, R. C. & BAKER, C. G. J. *Food Industries Manual*. 24. edition. Great Britain: Chapman & Hall, 1997, p. 653. ISBN 0-7514-0404-7.
- [66] SAMKOVÁ, E., HASOŇOVÁ, L., JOKLOVÁ, V. & JŮZL, M. Sýry a analogové výrobky – vývoj spotřeby a dotazníkové šetření. *Výživa a potraviny*, 2012, s. 3.
- [77] BACHMANN, H. P. Cheese analogues: A review. *International Dairy Journal*, 2001, vol. 11, p. 505 – 515.
- [88] TAMIME, A. Y. *Processed cheese and analogues*. Ames: Wiley-Blackwell, 2011. Society of dairy technology. ISBN 978-1-4051-8642-1.
- [99] FOX, P. *Fundamentals of cheese science*. Gaithersburg, MD: Aspen Publishing, 2000, p. 587. ISBN 978-0-8342-1260-2.
- [20] HUI, Y. H. *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering*, 2005, p. 148. ISBN: 9781466507876.
- [21] CARIĆ, M. & KALÁB, M. *Processed cheese products*. In: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Major Cheese Groups (ed. P. F. Fox). 2nd ed. Chapman & Hall, London, 1997, vol. 2, p. 467 – 505. ISBN 0-412-535106.
- [22] ZEHREN, V. L. & NUSBAUM, D. D. Processed Cheese, *Cheese Reporter Publishing Company. Inc.*. 2nd ed. Madison, WI, 2000, p. 364.
- [23] KAPOOR, R. & METZGER, L. E. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects — A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2008, vol. 7, no. 2, p. 194 – 214 [cit. 2018-02-07]. ISSN 1541-4337. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x>.

- [24] FOX, P. F, UNIACKE-LOWE, T., MCSWEENEY, P. L. H. & O'MAHONY, J. A. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. 2nd ed. 2015. ISBN 3319148915.
- [25] SALEK, R. N. *Selected properties of dairy model systems containing ternary mixtures of phosphate and citrate salts*. Zlín, 2017. Doctoral Thesis. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická.
- [26] BUŇKA, F. & HRABĚ, J. Tavené sýry. *Potravinářská revue*, 2006, roč. 3, s. 13 – 16. ISSN 1801-9102.
- [27] IBURG, A. *Lexikon sýrů: výroba, původ, druhy, chuť*. Čestlice: Rebo Productions CZ, 2004. ISBN 80-723-4379-3.
- [28] RIDGWAY, J. *Sýry: průvodce světem sýrů*. 2. vyd. Praha: Fortuna Print, 2004. ISBN 80-732-1108-4.
- [29] KAMINARIDES, S. & STACHTIARIS, S. Production of processed cheese using kasseri cheese and processed cheese analogues incorporating whey protein concentrate and soybean oil. *International Journal of Dairy Technology*, 2000, vol. 53, no. 2, p. 69 – 74.
- [30] GUINEE, T. P. *Pasteurized Processed Cheese Products*. Encyclopedia of Dairy Sciences, 2011, p. 805 – 813. ISBN 978-0-1237-4407-4.
- [31] ČESKO. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví *Druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin*, v platném znění.
- [32] ČESKO. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008 *O potravinářských přídatných látkách*. 2008. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1000105&docType=ART&nid=11324>.
- [33] BUŇKA, F. & BUŇKOVÁ, L. Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Potravinářská Revue*, 2009, č. 1, s. 13 – 16. ISSN 1801-9102.
- [34] FOX, P. F., MCSWEENEY P. L. H., COGAN, T. M. & GUINEE, T. P. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier, 2004, p. 434. ISBN 0-1226-3653-8.
- [35] MIZUNO, R. & LUCEY, J. A. Effects of Emulsifying Salts on the Turbidity and Calcium-Phosphate-Protein Interactions in Casein Micelles. *Journal of Dairy Science*, 2005, vol. 88, no. 1, p. 3070 – 3078. ISSN 0022-0302.

- [36] MAYER, K. H. Bitterness in Processed Cheese Caused by an Overdose of a Specific Emulsifying Agent? *International Dairy Journal* [online]. 2001, vol. 11, no. 7, p. 533 – 542 [cit. 2018-03-03]. ISSN 0958-6946. Dostupné z: [http://dx.doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00068-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00068-1).
- [37] MIZUNO, R. & LUCEY, J. A. Properties of Milk Protein Gels Formed by Phosphates. *Journal of Dairy Science* [online]. 2007, vol. 90, no. 10, p. 4524 – 4531 [cit. 2018-03-03] ISSN 0022-0302. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2007-0229>.
- [38] AWAD, R. A., ABDEL-HAMID, L. B., EL-SHABRAWAY, S. A. & SINGH, R. K. Texture and Microstructure of Block Type Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures. *LWT – Food Science and Technology* [online]. 2002, vol. 35, no. 1, p. 54 – 61 [cit. 2018-03-03]. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1006/fstl.2001.0828>.
- [39] LU, Y., SHIRASHOJI, N. & LUCEY, J. A. Effects of pH on the Textural Properties and Meltability of Pasteurized Process Cheese Made with Different Types of Emulsifying Salts. *Journal of Food Science* [online]. 2008, vol. 73, no. 8, p. 363 – 369 [cit. 2018-03-03]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00914.x>.
- [40] TURNER, J. Developing processed cheese. *Dairy Field*, 2003, vol. 186, no. 3, p. 53. ISSN 10550607.
- [41] BERGER, W. *Processed cheese manufacture*. A Joha Guide, Ladenburg: BK Giu- lini Chemie GmbH & Co. OHG, 1998, p. 238. ISBN 0-1642-5546-3.
- [42] BUŇKA, F., ČERNÍKOVÁ, M., HLADKÁ, K. & BUŇKOVÁ, L. Základní charakteristika tavených sýrů a jejich analogů. *Potravinářská revue*, 2010, č. 6, s. 30. ISSN 1801-9110.
- [43] CUNHA, C. R. & VIOTTO, W. H. Casein Peptization, Functional Properties, and Sensory Acceptance of Processed Cheese Spreads Made with Different Emulsifying Salts. *Journal of Food Science* [online]. 2010, vol. 75, no. 1, p. 113 – 12 [cit. 2018-03-03]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01444.x>.
- [44] CAVALIERSALOU, C. & CHEFTEL, J. C. Emulsifying Salts Influence on Characteristics of Cheese Analogs from Calcium Caseinate. *Journal of Food Science*

- [online]. 1991, vol. 56, no. 6, p. 1542 – 1547 [cit. 2018-03-03]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1991.tb08636.x>.
- [45] WANG, F., ZHANG, X., LUO, J., GUO, H., ZENG, S. S. & REN, F. Effect of Proteolysis and Calcium Equilibrium on Functional Properties of Natural Cheddar Cheese during Ripening and the Resultant Processed Cheese. *Journal of Food Science* [online]. 2011, vol. 76, no. 3, p. 248 – 253 [cit. 2018-03-03]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02085.x>.
- [46] LEE, S. K., BUWALDA, R. J., EUSTON, S. R., FOEGEDING, E. A. & McKENNA, A.B. Changes in the Rheology and Microstructure of Processed Cheese during Cooking. *LWT – Food Science and Technology* [online]. 2003, vol. 36, no. 3, p. 339 – 345 [cit. 2018-03-11]. ISSN 0023-6438. Dostupné z: [http://dx.doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00012-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00012-4).
- [47] BOWLAND, L. E. & FOEGEDING, A. E. Small Strain Oscillatory Shear and Microstructural Analyses of a Model Processed Cheese. *Journal of Dairy Science*, 2001, vol. 84, no. 11, p. 2372 – 2380. ISSN 0022-0302.
- [48] HORNE, S. D. Casein Interactions: Casting Light on the Black Boxes, the Structure in Dairy Products. *International Dairy Journal* [online]. 1998, vol. 8, no. 3, p. 171 – 177 [cit. 2018-03-12]. ISSN 0958-6946. Dostupné z: [http://dx.doi.org/10.1016/S0958-6946\(98\)00040-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0958-6946(98)00040-5).
- [49] ENNIS, M. P. & MULVIHILL, D. M. Compositional Characteristics of Rennet Caseins and Hydration Characteristics of the Caseins in a Model System as Indicators of Performance in Mozzarella Cheese Analogue Manufacture. *Food Hydrocolloids* [online]. 1999, vol. 13, no. 4, p. 325 – 337 [cit. 2018-03-16]. ISSN 0268-005X. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(99\)00015-6](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(99)00015-6).
- [50] LEE, S. K., ANEMA, S. & KLOSTERMEYER, H. The Influence of Moisture Content on the Rheological Properties of Processed Cheese Spreads. *International Journal of Food Science and Technology* [online]. 2004, vol. 39, no. 7, p. 763 – 771 [cit. 2018-03-20]. ISSN 0950-5423. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00842.x>.
- [51] AGUILERA, M. J. & KINSELLA, J. E. Compression Strength of Dairy Gels and Microstructural Interpretation. *Journal of Food Science* [online]. 1991, vol. 56, no. 5, p. 1224 – 1228 [cit. 2018-03-07]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1991.tb04739.x>.

- [52] LOPEZ, Ch., BOURGAUX, C., LESIEUR, P., BERNADOU, S., KELLER, G. & OLLIVON, M. Thermal and Structural Behavior of Milk Fat. *Journal of Colloid and Interface Science* [online]. 2005, vol. 88, no. 2, p. 511 – 526 [cit. 2018-03-16]. ISSN 0022-0302. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1006/jcis.2002.8548>.
- [53] DIMITRELI, G. & THOMAREIS, A. S. Effect of Chemical Composition on the Linear Viscoelastic Properties of Spreadable-type Processed Cheese. *Journal of Food Engineering* [online]. 2008, vol. 84, no. 3, p. 368 – 374 [cit. 2018-03-05]. ISSN 0260-8774. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.05.030>.
- [54] DARBY, R. *Chemical engineering fluid mechanics*. 1996, New York, Basel, Hong Kong; Marcel Dekker, Inc.
- [55] EL-BAKRY, M., DUGGAN, E., O'RIORDAN E. D. & O'SULLIVAN, M. Effect of Chelating Salt Type on Casein Hydration and Fat Emulsification during Manufacture and Post-manufacture Functionality of Imitation Cheese. *Journal of Food Engineering* [online]. 2011, vol. 102, no. 2, p. 145 – 153 [cit. 2018-03-20]. ISSN 0260-8774. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.08.012>.
- [56] 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* [online]. 2010, vol. 100, no. 4, p. 596 – 603 [cit. 2018-03-16]. ISSN 0260-8774. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.05.007>.
- [57] HOFFMANN, W, GÄRTNER, J., LÜCK, K, JOHANNSEN, N. & MAURER, A. Effect of Emulsifying Salts Containing Potassium on the Quality of Block-type Processed Cheese. *International Dairy Journal* [online]. 2012, vol. 25, no. 1, p. 66 – 72 [cit. 2018-03-02]. ISSN 0958-6946. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.11.010>.
- [58] REMY, H. *Anorganická chemie*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1961, s. 862.
- [59] KALIAPPAN, S. & LUCEY, J. A. Influence of Mixtures of Calcium-chelating Salts on the Physicochemical Properties of Casein Micelles. *Journal of Dairy Science* [online]. 2011, vol. 94, no. 9, p. 4255 – 4263 [cit. 2018-03-02]. ISSN 0022-0302. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2010-3343>.
- [60] BUŇKA, F., DOUDOVÁ, L., WEISEROVÁ, E., KUCHAR, D., MICHÁLEK, J., SLAVÍKOVÁ, S. & KRÁČMAR, S. The Effect of Different Ternary Mixtures

- of Sodium Phosphates on Hardness of Processed Cheese Spreads. *International Journal of Food Science* [online]. 2012, vol. 47, no. 10, p. 2063 – 2071 [cit. 2018-03-11]. ISSN 0950-5423. Dostupné z: <http://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03070.x>.
- [61] SÁDLÍKOVÁ, I., BUŇKA, F., BUDINSKÝ, P., VOLDÁNOVÁ, B., PAVLÍNEK, V. & HOZA, I. The Effect of Selected Phosphate Emulsifying Salts on Viscoelastic Properties of Processed Cheese. *LWT – Food Science and Technology* [online]. 2010, vol. 43, no. 8, p. 1220 – 1225 [cit. 2018-03-16]. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2010.04.012>.
- [62] ABDEL-HAMID, L. B., EL-SHABRAWY, S. A., AWAD, R. A. & SINGH, R. K. Chemical Properties of Processed Ras Cheese Spreads and Affected by Emulsifying Salt Mixtures. *Journal of Food Processing and Preservation* [online]. 2000, vol. 24, no. 3, p. 191 – 208 [cit. 2018-03-11]. ISSN 0145-8892. Dostupné z: <http://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2000.tb00413.x>.
- [63] BRICKLEY, C. A., GOVINDASAMY-LUCEY, S., JAEGGI, J. J., JOHNSON, M. E., McSWEENEY, P. L. H. & LUCEY, J. A. Influence of Emulsifying Salts on the Textural Properties of Nonfat Process Cheese Made from Direct Acid Cheese Bases. *Journal of Dairy Science* [online]. 2008, vol. 91, no. 1, p. 39 – 48 [cit. 2018-03-14]. ISSN 0022-0302. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2007-0393>.
- [64] SHIRASHOJI, N., JAEGGI, J. J. & LUCEY, J. A. Effect of Sodium Hexameta-phosphate Concentration and Cooking Time on the Physicochemical Properties of Pasteurized Process Cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 2010, vol. 93, no. 7, p. 2827 – 2837 [cit. 2018-03-12]. ISSN 0022-0302. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2960>.
- [65] MARCHESSEAU, S. & CUQ, J. L. Water-holding Capacity and Characterization of Protein-interactions in Processed Cheese. *Journal of Dairy Science*, 1995, vol. 62, p. 479 – 489. ISSN 0022-0299.
- [66] LEE, S. K. & KLOSTERMEYER, H. The Effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese Spreads. *LWT – Food Science and Technology* [online]. 2001, vol. 34, no. 5, p. 288 – 292 [cit. 2018-03-20]. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1006/fstl.2001.0761>.

- [67] NAGYOVÁ, G., BUŇKA, F., KUCHAR, D. & GRÜBER, T. Vliv délky fosforečnanového řetězce na texturní vlastnosti tavených sýrů. *Mlékařské listy*, 2012, č. 133. ISSN 1212 - 950X.
- [68] HASSAN, A., JOHNSON, M. E. & LUCEY, J. A. Changes in Proportion of Soluble and Insoluble Calcium during the Ripening of Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*, 2004, vol. 87, no. 22, p. 854 – 862. ISSN 0854-0862.
- [69] GREWAL, H. S. & KALRA, K. L. Fungal Production of Citric Acid. *Biotechnology Advances*, 1995, vol. 13, no. 2, p. 209 – 234. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/0734-9750\(95\)00002-8](https://doi.org/10.1016/0734-9750(95)00002-8).
- [70] MAC, B., SALGADO, J. M., RODRÍGUES, N., CORTÉS, S., CONVERTI A. & DOMÍNIGUEZ, J. M. Biotechnological Production of Citric Acid. *Brazilian journal of Microbiology*, 2010, vol. 41, no. 4, p. 862 – 875. ISSN 1517-8382.
- [71] KRISTIANSEN, B., M. MATTEY a J. LINDEN. *Citric Acid Biotechnology*. Philadelphia: Taylor & Francis. 2002. ISBN 0203483391.
- [72] KADLEC, P. *Technologie potravin II*. Praha: VŠCHT, 2002. ISBN 80-7080-510-2.
- [73] ČEPIČKA, J. *Obecná potravinářská technologie*. Praha: VŠCHT, 1995. ISBN 80-7080-239-1.
- [74] LAZÁRKOVÁ, Z., VALÁŠEK, P., KRÁČMAR, S. & HRABĚ, J. Application of different sterilising models and the effects on processed cheese quality. *Czech Journal of Food Sciences*, 2010, vol. 28, no. 3, p. 168 – 176.
- [75] KOSIKOWSKI, F. V., MISTRY, V. V. Microfiltration, Ultrafiltration and Centrifugation Separation and Sterilization Processes for Improving Milk and Cheese Quality. *Journal of Dairy Science*, 1990, vol. 73, no. 6, p. 1411 – 1419. ISSN 0022-0302.
- [76] MULSOW, B. B., JAROS, D. & ROHM, H. *Processed Cheese and Cheese Analogues*. Structure of Dairy Products. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, 2007, p. 210 – 235.
- [77] DIMITRELI, G., THOMAREIS, A.S. Texture Evaluation of Block-type Processed Cheese as a Function of Chemical Composition and in Relation to Its Apparent Viscosity. *Journal of Food Engineering*, 2007, vol. 79, no. 4 p. 1364 – 1373. ISSN 0260-8774.

- [78] PLOCKOVÁ, M. & BŘEZINA, P. *Mikrobiologie mléka a tuků*. Praha: MON, 1988, s. 228.
- [79] SCHÄR, W. & BOSSET, J. O. Chemical and Physicochemical Changes in Processed Cheese and Ready-made Fondue during Storage. A Review. *LWT – Food Science and Technology*, 2002, vol. 35, no. 1, p. 15 – 20. ISSN 0023-6438.
- [80] KOHAJDOVÁ, Z. & KAROVIČOVÁ, J. Application of hydrocolloids as baking improvers. *Chemical Papers* [online]. 2009, vol. 63, no. 1, p. 26 – 38 [cit. 2018-03-20]. ISSN 1336-9075. Dostupné z: <https://doi.org/10.2478/s11696-008-0085-0>.
- [81] KODET, J., ŠOTOLOVÁ, I., ŠTĚRBA, S. *Plnící, zahušťovací, gelotvorné a stabilizační látky pro potraviny*. Praha: Středisko potravinářských informací, 1993, s. 236. ISBN 80-85120-32-1.
- [82] VELÍŠEK, J. & HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, 2 sv. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [83] PHILLIPS, G. O. & WILLIAMS, P. A. *Handbook of hydrocolloids*. CRC Press, Boca Raton, New York, 2000, p. 442. ISBN 0-8493-0850-X.
- [84] SMEWING, J. Hydrocolloids. *Food texture: measurement and perception*. Eds. Rosenthal, A. J., Aspen Publishers, 1999, p. 282 – 303.
- [85] ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., PAVLÍNEK, V., BŘEZINA, P., HRABĚ, J. & VALÁŠEK, P. Effect of Carrageenan Type on Viscoelastic Properties of Processed Cheese. *Food Hydrocolloids* [online]. 2008, vol. 22, no. 6, p. 1054 – 1061 [cit. 2018-03-20]. ISSN 0268-005X. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.05.020>.
- [86] THAIUDOM, S., & GOFF, H. D. Effect of κ -carrageenan on milk protein polysaccharide mixtures. *International Dairy Journal*, 2003, vol. 13, p. 763–771.
- [87] DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food hydrocolloids*, 2003, vol. 17, no. 7, p. 25 – 39. ISSN 0268-005X.
- [88] TAN, Y. L., YE, A., SINGH, H., HEMAR, Y. Effects of Biopolymer Addition on the Dynamic Rheology and Microstructure of Renneted Skim Milk Systems. *Journal of Texture Studies* [online]. 2007, vol. 38, no. 3, p. 404 – 422 [cit. 2018-03-16]. ISSN 0022-4901. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4603.2007.00104.x>.

- [89] NISHINARI, K., DOI, E. *Food hydrocolloids: structures, properties, and function*. Springer, 1993, p. 510. ISBN 0306445948, 9780306445941.
- [90] SYRBE, A., BAUER, W. J. & KLOSTERMEYER, N. Polymer Science Concepts in Dairy Systems - an Overview of Milk Protein and Food Hydrocolloid Interaction. *International Dairy Journal* [online]. 1998, vol. 8, no. 3, p. 179 – 193 [cit. 2018-03-16]. ISSN 0958-6946. Dostupné z: [http://dx.doi.org/10.1016/S0958-6946\(98\)00041-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0958-6946(98)00041-7).
- [91] MACKŮ, I. *Viskoelastické a senzorické vlastnosti tavených sýrů s přidavkem pektinů*. Zlín, 2009. Disertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická.
- [92] BENNETT, R. J., TRIVEDI, D., HEMAR, Y., REID, D. C. W., ILLINGWORTH, D. & LEE, S. K. The effect of starch addition on the rheological and microstructural properties of model processed cheese. *The Australian Journal of Dairy Technology*, 2006, vol. 61, p. 157 – 159. ISSN 0004-9433.
- [93] DRAGET, K. I. Alginates. In *Handbook of hydrocolloids*. 2nd ed. Eds. Phillips, G. O.; Williams, P. A. Woodhead Publishing, 2009, p. 807 – 828. ISBN 978-1-84569-4142.
- [94] VEGA, C., DALGLEISH, D. G. & GOFF, H. D. Effect of κ -carrageenan Addition to Dairy Emulsions Containing Sodium Caseinate and Locust Bean Gum. *Food Hydrocolloids*, 2005, vol. 19, no. 2, p. 187 – 195. ISSN 0268-005X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.05.003>.
- [95] GARTI, N. & LESER, M. E. Emulsification Properties of Hydrocolloids. *Polymers for Advanced Technologies*, 2001, vol. 12, no. 17, p. 123 – 135. ISSN 1042-7147.
- [96] KIM, S. K. *Handbook of marine macroalgae: biotechnology and applied phyco-*logy. Chichester, West Sussex, UK: Wiley-Blackwell, 2012, p. 17 – 551. ISBN 978-0-470-97918-1.
- [97] REHM, H. A. B. *Alginates: Biology and Applications*. Dordrecht: Springer, 2009, p. 266. ISBN 35-409-2678-X.
- [98] HAWLEY, G. G. & LEWIS, R. J. *Hawley's condensed chemical dictionary*. 14th ed. New York: Wiley, 2002, p. 1223. ISBN 04-713-8735-5.
- [99] LAAMAN, T. *Hydrocolloids in Food Processing*. Iowa: WileyBlackwell, 2010, p. 344. ISBN 978-047-0961-896.

- [100] MCHUGH, D. J. *Prospects for seaweed production in developing countries*. FAO. [online]. Rome, 2002 [cit. 2018-03-11]. Dostupné z: <http://www.fao.org/docrep/004/y3550e/y3550e00.HTM>.
- [101] IMESON, A. P. *Carrageenan*. Handbook of Hydrocolloids, 2000, p. 87 – 102. ISBN 08-493-0850-X.
- [102] SHCHIPUNOV, Y. A. & CHESNOKOV, A. V. Carrageenan Gels in Skim Milk: Formation and Rheological Properties. *Colloid Journal* [online]. 2012, vol. 65, no. 1, p. 105 – 113 [cit. 2018-03-11]. ISSN 1061-933X. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1022335428512>.
- [103] TYKVARTOVÁ, D., MRÁZEK, J., POSPÍŠIL, M. & HRABĚ, J. Výběr vhodných hydrokoloidů pro stabilizaci jakosti terminovaných smetanových sýrů. *Potravinářská revue*, 2008, č. 8, s. 74 – 77. ISSN 1801-9102.
- [104] IMESON, A. *Food stabilisers, thickeners and gelling agents*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell Pub., 2010, p. 352. ISBN 14-051-3267-1.
- [105] LANGENDORFF, V., CUVELIER, G., LAUNAY, B., MICHON, C., PARKER, A. & DE KRUIF, C. G. Casein micelle/iota carrageenan interactions in milk: influence of temperature. *Food Hydrocolloids*, 1999, vol. 13, no. 3, p. 211 – 218. ISSN 0268-005X. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(98\)00087-3](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(98)00087-3).
- [106] MEDINA-TORRESA, L., BRITO-DE LA FUENTE, E., GÓMEZ-ALDAPA, C. A., ARAGON-PIÑA, A. & TORO-VAZQUEZ, J. F. Structural Characteristics of Gels Formed by Mixtures of Carrageenan and Mucilage Gum from *Opuntia Ficus Indica*. *Carbohydrate Polymers* [online]. 2006, vol. 63, no. 3, p. 299 – 309 [cit. 2018-03-20]. ISSN 0144-8617. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.04.022>.
- [107] RIBEIRO, K. O., RODRIQUES, M. I., SABADINI, E. & CUNHA, R. L. Mechanical Properties of Acid Sodium Caseinate- κ -carrageenan Gels: Effect of Co-solute Addition. *Food Hydrocolloids*, 2004, vol. 18, no. 1, p. 71 – 79. ISSN 0268-005X.
- [108] ČESKO. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 235/2010 Sb. o stanovení požadavků na čistotu a identifikaci přídatných látek. 2010.
- [109] WHISTLER, R. L. & BEMILLER, J. N. *Industrial gums: polysaccharides and their derivatives*. 3rd ed. San Diego: Academic Press, 1993. ISBN 978-012-7462-530.

- [110] BELITZ, H.-D. & GROSCH, W. *Food chemistry*. 2nd ed. Berlin: Springer, 1999. ISBN 978-366-2072-813.
- [111] MOHOS, F. Á. *Confectionery and chocolate engineering: principles and applications*. Hoboken, New Jersey, 2017. ISBN 978-111-8939-758.
- [112] TUVIKENE, R., TRUUS, K., ROBAL, M., VOLOBUJEVA, O., MELLIKOV, E., PEHK, T., KOLLIST, A., KAILAS, T. & VAHER, M. The extraction, structure, and gelling properties of hybrid galactan from the red alga *Furcellaria lumbricalis* (Baltic Sea, Estonia). *Journal of Applied Phycology* [online]. 2010, vol. 22, no. 1, p. 51 – 63 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10811-009-9425-x>.
- [113] HEINZ A. H., LEVRING, T. & TANAKA, Y. *Marine algae in pharmaceutical science*, 1979. ISBN 978-311-0882-049.
- [114] TRUUS, K., VAHERA, M., USOV, A. I., PEHK, T. & KOLLIST, A. Gelling galactans from the algal community of *Furcellaria lumbricalis* and *Coccolytus truncatus* (the Baltic Sea, Estonia): a structure-property study. *International Journal of Biological Macromolecules*, 1997, vol. 21, no. 1 – 2, p. 89 – 96. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0141-8130\(97\)00046-9](https://doi.org/10.1016/S0141-8130(97)00046-9).
- [115] BAKER, A. L. *Algae (PS Protista), Cyanobacteria, and other aquatic objects*. [online]. University of New Hampshire Center for Freshwater Biology, 2013 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <http://cfb.unh.edu/phycokey/phycokey.htm>.
- [116] CORREC, G, BARABANOVA, A., TUVIKENE, R., TRUUS, K., YERMAK, I. & HELBERT, W. Comparison of the structures of hybrid κ - β -carrageenans extracted from *Furcellaria lumbricalis* and *Tichocarpus crinitus*. *Carbohydrate Polymers*, 2012, vol. 88, no. 1, p. 31 – 36. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.11.052>.
- [117] VENUGOPAL, V. *Marine polysaccharides food applications*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2011, p. 396. ISBN 14-398-1527-5.
- [118] ČERNÍKOVÁ, M., SALEK, R. N. KOZÁČKOVÁ, D., BĚHALOVÁ, H., LUŇÁKOVÁ, L. & BUŇKA F. The effect of selected processing parameters on viscoelastic properties of model processed cheese spreads. *International Dairy Journal*, 2017, vol. 66, p. 84 – 90. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13742>.

- [119] ČERNÍKOVÁ, M., SALEK, R. N. KOZÁČKOVÁ, D. & BUŇKA F. The effect of different agitations and temperature maintainings on viscoelastic properties of full-fat processed cheese spreads. *LWT – Food Science and Technology*, 2018, vol. 89, p. 244 – 247. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.054>.
- [120] ČESKO. ČSN EN ISO 5534:2005, Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda). Praha: Český normalizační institut.
- [121] DAVÍDEK, J. *Laboratorní příručka analýzy potravin*. Praha: SNTL, 1977. s. 720.
- [122] ČESKO. ČSN ISO 3433:2010, Sýry – Stanovení obsahu tuku – Van Gulikova metoda. Praha: Český normalizační institut.
- [123] ČERNÍKOVÁ, M., NEBESÁŘOVÁ, J., SALEK, R. N., ŘÍHÁČKOVÁ, L. & BUŇKA F. Microstructure and textural and viscoelastic properties of model processed cheese with different dry matter and fat in dry matter content. *Journal of Dairy Science*, 2017, vol. 100, p. 4300 – 4307. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12120>.
- [124] SALEK, R. N., ČERNÍKOVÁ, M., PACHLOVÁ, V., BUBELOVÁ, Z., KONEČNÁ, V. & BUŇKA F. Properties of spreadable processed Mozzarella cheese with divergent compositions of emulsifying salts in relation to the applied cheese storage period. *LWT – Food Science and Technology*, 2017, vol. 77, p. 30 – 38. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.019>.
- [125] FRANCIS, F. J. *Encyclopedia of food science and technology*. 2. vyd. New York: John W. S., 2000.
- [126] GUNASEKARAN, S. & MEHMET AK, M. Dynamic oscilatory shear testing of foods – selected applications. *Trends in Food Science & Technology*, 2000, vol. 11, p. 115 – 127.
- [127] CARIĆ, M., GANTAR, M. & KALÁB, M. Effects of emulsifying agents on the microstructure and other characteristics of process cheese – a review. *Food Structure*, 1985, vol. 4, no. 2, p. 13.
- [128] BUŇKA, F. *Vliv sterilačního záhřevu na jakost tavených sýrů určených pro krizové situace*. Vyškov, 2004. Disertační práce. Vysoká vojenská škola pozemního vojska, Katedra materiálu a služeb. Fakulta ekonomiky a managementu. Vedoucí disertační práce prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.

- [129] DIMITRELI, G., THOMAREIS, A. S. & SMITH, P. G. Effect of Emulsifying Salts on Casein Peptization and Apparent Viscosity of Processed Cheese. *International Journal of Food Engineering*, 2005.
- [130] WEISEROVÁ, E., DOUDOVÁ, L., GALIOVÁ, L., ŽÁK, L., MICHÁLEK, J., JANIŠ, R. & BUŇKA, F. The effect of combinations of sodium phosphates in binary mixtures on selected texture parameters of processed cheese spreads. *International Dairy Journal*, 2011, vol. 21, p. 979 – 986.
- [131] ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., POSPIECH, M., TREMLOVÁ, B., HLADKÁ, K., PAVLÍNEK, V. & BŘEZINA, P. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal*, 2010, vol. 20, p. 336 – 343. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.12.012>.
- [132] LYNCH, M. G., & MULVIHILL, D. M. Rheology of ι -carrageenan gels containing caseins. *Food Hydrocolloids*, 1996, vol. 10, p. 151 – 157.
- [133] DOUBLIER, J. L., GARNIER, C., RENARD, D., & SANCHEZ, C. Protein–polysaccharide interaction. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 2000, vol. 5, p. 202 – 214.
- [134] ERCELEBI, E. A., & IBANOGLU, E. Influence of hydrocolloids on phase separation and emulsion properties of whey protein isolate. *Journal of Food Engineering*, 2007, vol. 80, p. 454 – 459.
- [135] HEMAR, Y., HALL, C. E., MUNRO, P. A., & SINGH, H. Small and large deformation rheology and microstructure of κ -carrageenan gels containing commercial milk products. *International Dairy Journal*, 2002, vol. 12, p. 371 – 381.
- [136] BOURRIOT, S., GARNIER, C. & DOUBLIE, J.-L. Micellar-casein- κ -carrageenan mixtures. I. Phase separation and ultrastructure. *Carbohydrate Polymers*, 1999, vol. 40, p. 145 – 157.
- [137] 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, p. 223 – 229. ISSN 1438K2385.

- [138] FLOURY, J., CAMIER, B., ROUSSEAU, F., LOPEZ, Ch., TISSIER, J. P. & FAMELART, M. H. Reducing salt level in food: Part 1. Factors affecting the manufacture of model cheese systems and their structure-texture relationship. *LTW – Food Science and Technology*, 2009, vol. 42, p. 1611 – 1620. ISSN 0023-6438.
- [139] DIMITRELI, G. & THOMAREIS, A. S. Instrumental textural and viscoelastic properties of processed cheese as affected by emulsifying salts and in relation to its apparent viscosity. *International Journal of Food Properties*, 2009, vol. 12, p. 261 – 275.
- [140] NAGYOVÁ, G., BUŇKA, F., SALEK, R. N., ČERNÍKOVÁ, M., MANČÍK, P., GRŮBER T. & KUCHAR, D. Usage of sodium polyphosphates with different linear length in the production of spreadable processed cheese. *Journal of Dairy Science*, 2014, vol. 97, p. 111 – 122.
- [141] GABRIELE, D., de CINDIO, B. & D'ANTONA, P. A weak gel model for foods. *Rheologica Acta*, 2001, vol. 40, p. 120 – 127.
- [142] PISKA, I. & ŠTĚTINA, J. Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of food engineering*, 2004, vol. 61, no. 4, p. 551 – 555.
- [143] WINTER, H. H. & CHAMBON, F. Analysis of linear viscoelasticity of a crosslinking polymer at the gel point. *Journal of rheology*, 1986, vol. 30, no. 2, p. 367 – 382.
- [144] LANGENDORFF, V., CUVELIER, G., MICHON, C., LAUNAY, B., PARKER, A., & DE KRUIF, C. G. Effects of carrageenan type on the behaviour of carrageenan/milk mixtures. *Food Hydrocolloids*, 2000, vol. 14, p. 273 – 280.
- [145] NICKERSON, M. T., PAULSON, A. T., & HALLETT, F. R. Dilute solution properties of κ -carrageenan polysaccharides: effect of potassium and calcium ions on chain conformation. *Carbohydrate Polymers*, 2004, vol. 58, p. 25 – 33.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

BTS	Bez tavicích solí.
cps	Centipoise (jednotka dynamické viskozity; 1 cps = 0,001 Pa.s).
DSP	Hydrogenfosforečnan sodný.
G'	Elastický modul pružnosti (modul ve smyku).
G''	Ztrátový modul pružnosti.
G*	Komplexní modul pružnosti.
MSP	Dihydrogenfosforečnan sodný.
P20	Sodná sůl polyfosforečnanu s průměrnou délkou řetězce $n \approx 20$.
TS	Tavicí soli.
TSPP	Difosforečnan tetrasodný.
TVS	Obsah tuku v sušině.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Iontová výměna vápenatých iontů za sodné v přítomnosti tavicích solí při výrobě tavených sýrů (NaA – tavicí sůl obsahující sodný kationt; CaA – tavicí sůl s navázaným vápenatým kationtem) [upraveno podle 23].....	21
Obr. 2: Strukturní znázornění a) monofosforečnanu; b) difosforečnanu; c) trifosforečnanu; d) polyfosforečnanu; ve kterých je atom vodíku disociován [upraveno podle 58].....	23
Obr. 3: Strukturní vzorec agarosy [upraveno podle 82]	31
Obr. 4: Strukturní vzorec ι -, κ - a λ -karagenanu [96].....	34
Obr. 5: Rod <i>Furcellaria</i> [115].....	37
Obr. 6: Strukturní vzorec β - a κ -karagenanu [96]	40
Obr. 7: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) modelových vzorků tavených sýrů s furcellaranem typu A o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)], BTS na době skladování (1, 7, 14, 30 a 60 dnů).....	73
Obr. 8: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) modelových vzorků tavených sýrů s furcellaranem typu B o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] a BTS na době skladování (1, 7, 14, 30 a 60 dnů).....	73
Obr. 9: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) modelových vzorků tavených sýrů s furcellaranem typu A o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] a s přidavkem TS na době skladování (1, 7, 14, 30 a 60 dnů).....	74
Obr. 10: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) modelových vzorků tavených sýrů s furcellaranem typu B o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] a s přidavkem TS na době skladování (1, 7, 14, 30 a 60 dnů).....	74
Obr. 11: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) modelových vzorků tavených sýrů s furcellaranem typu C o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] a s přidavkem TS na době skladování (1, 7, 14, 30 a 60 dnů).....	75
Obr. 12: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na frekvenci pro modelové vzorky s furcellaranem typu A o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] a BTS po 14 dnech skladování.	77

- Obr. 13: *Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na frekvenci pro modelové vzorky s furcellaranem typu B o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] a BTS po 14 dnech skladování.77*
- Obr. 14: *Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na frekvenci pro modelové vzorky s furcellaranem typu A o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] a s přídavkem TS po 14 dnech skladování.78*
- Obr. 15: *Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na frekvenci pro modelové vzorky s furcellaranem typu B o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] a s přídavkem TS po 14 dnech skladování.78*
- Obr. 16: *Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na frekvenci pro modelové vzorky s furcellaranem typu C o různých koncentracích [0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % (w/w)] a s přídavkem TS po 14 dnech skladování.79*

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: <i>Obecný přehled složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených výrobků [upraveno podle 5].....</i>	14
Tab. 2: <i>Fosforečnany používané při výrobě tavených sýrů a hodnoty pH jejich 1% (w/w) vodných roztoků; kde n v případě vzorce polyfosforečnanů představuje střední hodnotu počtu fosforů lineárně vázaných v molekule [upraveno podle 2, 7, 13, 33, 34].....</i>	24
Tab. 3: <i>Rozdělení hydrokoloidů [upraveno podle 89].....</i>	30
Tab. 4: <i>Základní charakteristika jednotlivých typů furcellaranu dle výrobce.....</i>	50
Tab. 5: <i>Hodnoty pH modelových vzorků BTS v průběhu 60denního skladování (6 ± 2 °C).</i>	57
Tab. 6: <i>Hodnoty pH modelových vzorků s přidavkem TS v průběhu 60denního skladování (6 ± 2 °C).</i>	58
Tab. 7: <i>Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů s přidavkem TS a furcellaranu typu A pro 1., 7. a 14. den skladování.</i>	60
Tab. 8: <i>Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů s přidavkem TS a furcellaranu typu A pro 30. a 60. den skladování.</i>	61
Tab. 9: <i>Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů s přidavkem TS a furcellaranu typu B pro 1., 7. a 14. den skladování.</i>	62
Tab. 10: <i>Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů s přidavkem TS a furcellaranu typu B pro 30. a 60. den skladování.</i>	63
Tab. 11: <i>Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů s přidavkem TS a furcellaranu typu C pro 1., 7. a 14. den skladování.</i>	64

- Tab. 12: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů s přídavkem TS a furcellaranu typu C pro 30. a 60. den skladování.....65
- Tab. 13: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů BTS a furcellaranu typu A pro 1., 7. a 14. den skladování.....66
- Tab. 14: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů BTS a furcellaranu typu A pro 30. a 60. den skladování.....67
- Tab. 15: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů BTS a furcellaranu typu B pro 1., 7. a 14. den skladování.....68
- Tab. 16: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů BTS a furcellaranu typu B pro 30. a 60. den skladování.....69
- Tab. 17: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů BTS a furcellaranu typu C pro 1., 7. a 14. den skladování.....70
- Tab. 18: Hodnoty elastického modulu pružnosti G' [Pa], ztrátového modulu pružnosti G'' [Pa], viskozity [Pa.s] a tangentu úhlu fázového posunu δ [-] při frekvenci 1 Hz u tavených sýrů BTS a furcellaranu typu C pro 30. a 60. den skladování.....71