

Vliv procesních parametrů a složení surovinové skladby na jakost vybraných mléčných výrobků

Ing. Vendula Kůrová, Ph.D.

Teze disertační práce

Teze disertační práce

Vliv procesních parametrů a složení surovinové skladby na jakost vybraných mléčných výrobků

The impact of processing parameters and raw material composition on the quality of selected dairy products

Autor: **Ing. Vendula Kůrová, Ph.D.**

Studijní program: P2901 Chemie a technologie potravin

Studijní obor: 2901V013 Technologie potravin

Školitel: doc. Ing. Richardos Nikolaos Salek, Ph.D.

Oponenti: doc. Ing. Libor Červenka, Ph.D.
doc. Ing. Šárka Nedomová, Ph.D.
prof. Ing. Eva Samková, Ph.D.

Zlín, září, 2023

© Vendula Kůrová

Vydala **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně** v edici **Doctoral Thesis Summary**.
Publikace byla vydána v roce 2023.

Klíčová slova: tavený sýr, tavená sýrová omáčka, smetanový krém, hydrokoloidy, tavicí soli, homogenizace

Key words: processed cheese, processed cheese sauce, cream dessert, hydrocolloids, emulsifying salts, homogenization

Plná verze disertační práce je dostupná v Knihovně UTB ve Zlíně.

ISBN 978-80-7678-189-4

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří se jakýmkoli způsobem podíleli na vzniku této práce a byli mi nápomocni během mého studia. Mé poděkování patří především panu doc. Ing. Richardosovi Nikolaosovi Salekovi, Ph.D., za odborné vedení a věnovaný čas, který mi poskytl při provádění jednotlivých experimentů a sepisování této práce, za jeho rady, trpělivost a podporu, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout. Velké poděkování patří také panu prof. Ing. Františku Buňkovi, Ph.D., za vynaložený čas, který mi věnoval v rámci konzultací, a za jeho odborné rady, které mi poskytl při vyhodnocování a interpretaci dosažených výsledků. V neposlední řadě bych ráda poděkovala svým kolegům z Ústavu technologie potravin, mé rodině a přátelům za jejich neutuchající podporu.

Tato práce vznikla za podpory interních grantů Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně (IGA/FT/2019/006, IGA/FT/2020/006, IGA/FT/2021/004, IGA/FT/2022/005 a IGA/FT/2023/007) a projektu Národní agentury zemědělského výzkumu č. QK1710156.

ABSTRAKT

Cílem předkládané práce bylo posoudit vliv vybraných procesních parametrů (aplikace vysokotlaké homogenizace) a surovinové skladby na funkční vlastnosti mléčných matric (smetanových krémů, tavených sýrů a tavených sýrových omáček) v průběhu jejich skladování. Díky změnám surovinové skladby mléčných produktů nebo změně technologického postupu jejich výroby je možné upravovat funkční vlastnosti těchto výrobků, zejména pak jejich konzistenci, která je zcela zásadní z pohledu spotřebitele. V dnešní době je na producenty potravin taktéž vyvíjen tlak z hlediska zdravého a vyváženého stravování, jsou tak nuceni snížit obsah některých potravinářských přídatných látek v tradičních výrobcích. Další výzvou je pak snížení ekonomické náročnosti na produkci výrobku a tím jeho finální ceny. Při změně technologie výroby mléčných produktů nebo jejich surovinové skladby je však nutné kontrolovat přijatelnost funkčních vlastností takovýchto produktů.

Práce je zaměřena na výrobu tavených sýrů, tavených sýrových omáček a smetanových krémů, do jejichž surovinové skladby byly přidávány vybrané hydrokoloidy (iota-karagenan, kappa-karagenan a furcellaran). Dále byly sledovány vlastnosti tavených sýrů s přídavkem hydrokoloidu jakožto náhrady tavicích solí v porovnání s konvenčními výrobky obsahující tavicí soli. V poslední části práce byl taktéž posuzován vliv zařazení vysokotlaké homogenizace (jedno- a dvoustupňové) do výrobního procesu tavených sýrových omáček, a to s přídavkem i bez přídavku zmíněných polysacharidů. K popsání změn vlastností jednotlivých mléčných matric v závislosti na výše uvedených faktorech byly použity základní chemické analýzy (stanovení pH, stanovení obsahu sušiny a tuku) a sledovány jejich viskoelastické vlastnosti. Dále byla posouzena stabilita emulze a barva modelových systémů (dle $CIE L^*a^*b^*$). Výše uvedené parametry byly hodnoceny taktéž v závislosti na délce skladování.

Z výsledků práce vyplývá, že přídavek hydrokoloidů ani aplikace vysokotlaké homogenizace neovlivnily základní chemické vlastnosti modelových mléčných matric. Na druhou stranu, s přídavkem polysacharidů docházelo k významnému ovlivnění viskoelastických vlastností modelových výrobků. Na základě těchto stanovení pak byly navrženy možné koncentrace polysacharidů, které lze doporučit s ohledem na požadovanou konzistenci finálních produktů. V práci byla dále zjištěna možnost nahradit tavicí soli furcellaranem, nicméně s tímto nahrazením docházelo k významnému ovlivnění konzistence tavených sýrů. V neposlední řadě byl v této práci popsán vliv vysokotlaké homogenizace na vlastnosti tavených sýrových omáček. S aplikací homogenizace narůstala tuhost výrobků a byla zvýšena jejich stabilita. S prodlužující se dobou skladování pak byl zaznamenán růst tuhosti modelových mléčných matric.

ABSTRACT

The aim of the present study was to assess the effect of selected processing parameters (application of high-pressure homogenization) and raw material composition on the functional properties of dairy matrices (cream cheese, processed cheese and processed cheese sauces) during their storage. Changes in the raw materials composition of dairy products or in the technological process of their manufacture allow modification of the functional properties of these products, in particular, their consistency, which is essential from the consumer's point of view. Nowadays, food producers are also under pressure in terms of a healthy and, balanced diet and therefore, are forced to reduce the amount of food additives in conventional products. Another challenge is to reduce the economic demand of the product production, and thus its final price. However, when modifying the production technology of dairy products or the composition of the raw materials applied, it is necessary to control/evaluate the acceptability of the functional characteristics of such products.

This work focused on the manufacture of processed cheese, processed cheese sauces and cream cheese products and the to the raw materials composition of which selected hydrocolloids (carrageenans and furcellaran) were added. Furthermore, the properties of processed cheeses with the addition of hydrocolloid as a substitute for emulsifying salts were investigated. Lastly, the effect of the inclusion of high-pressure homogenization (one- and two-stage) was also assessed in the manufacture protocol of processed cheese sauces, with and without the addition of the polysaccharides mentioned above. Basic physicochemical analyses (pH, dry matter, and fat content) were used to describe the changes in the properties of the individual dairy matrices depending on the factors mentioned above, and their viscoelastic properties were also monitored. The emulsion stability and color of the model systems (according to $CIE L^*a^*b^*$) were also assessed. The above parameters were also evaluated as a function of storage time.

The results showed that neither the addition of polysaccharides nor the application of high-pressure homogenization affected the basic physicochemical properties of the model dairy matrices. On the other hand, the addition of polysaccharides significantly affected the viscoelastic properties of the model products. Based on these findings, possible concentrations of polysaccharides were then recommended with respect to the desired consistency of the end-products. In addition, the possibility of replacing the emulsifying salts with furcellaran was also found in this work, however, with this replacement, the consistency of the processed cheeses was significantly adjusted. Finally, the effect of high-pressure homogenization on the properties of processed cheese sauces was described in this work. With the application of homogenization, the rigidity of the products increased, and also emulsion stability was enhanced. Last but not least, an increase in the stiffness of the model dairy matrices was then observed with increasing storage time.

OBSAH

1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	8
1.1 Tavené sýry a tavené sýrové omáčky	8
1.1.1 Tavicí soli, princip jejich působení a možná náhrada	10
1.2 Smetanové krémy.....	12
1.3 Karagenany a furcellaran	13
2. CÍL PRÁCE.....	16
3. ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ	17
3.1 Popis jednotlivých experimentů a výroba modelových vzorků.....	17
3.1.1 Experiment I	17
3.1.2 Experiment II	17
3.1.3 Experiment III.....	18
3.2 Základní chemická analýza.....	19
3.3 Dynamická oscilační reologie.....	19
3.4 Instrumentální stanovení barvy.....	20
3.5 Stanovení stability emulze	20
3.6 Stanovení aktivity vody	21
3.7 Statistické vyhodnocení dat	21
4. HLAVNÍ VÝSLEDKY A DISKUZE.....	22
4.1 Výsledky a diskuze k experimentu I.....	22
4.1.1 Základní chemická analýza	22
4.1.2 Reologická analýza	22
4.2 Výsledky a diskuze k experimentu II	26
4.2.1 Základní chemická analýza	26
4.2.2 Reologická analýza.....	26
4.3 Výsledky a diskuze k experimentu III.....	29
4.3.1 Základní chemická analýza	29
4.3.2 Reologická analýza.....	29
4.3.3 Stanovení barvy	31

4.3.4	Stanovení stability emulze	32
4.3.5	Stanovení aktivity vody	33
5.	PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI	34
6.	ZÁVĚR	36
7.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	38
8.	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	46
9.	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	47
10.	SEZNAM TABULEK.....	48
11.	SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA.....	49
12.	ŽIVOTOPIS AUTORA.....	51

1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

1.1 Tavené sýry a tavené sýrové omáčky

Dle *Codex Alimentarius* je tavený sýr definován jako roztíratelný či krájitelný výrobek s prodlouženou trvanlivostí získaný tavením a emulgováním sýra přírodního, přičemž do surovinové směsi mohou být přidány další složky mléčného i nemléčného původu (Anonym, 1978). Tavené sýry obecně lze dále rozdělit do dalších kategorií, zejména v závislosti na surovinách použitých pro jejich výrobu. Klasifikace těchto výrobků se však liší v závislosti na legislativních předpisech jednotlivých států. V odborné literatuře se lze setkat s rozdělením tavených výrobků dle amerického kodexu *Code of Federal Regulations* (CFR), kde je definováno pět typů tavených produktů, mezi které patří:

- (i) pasterované sýry (*pasteurized blended cheese*),
- (ii) tavené sýry (*pasteurized processed cheese*),
- (iii) tavené sýrové výrobky (*pasteurized processed cheese foods*),
- (iv) tavené sýrové pomazánky (*pasteurized processed cheese spread*),
- (v) pasterované sýrové pomazánky (*pasteurized cheese spread*).

Kritéria pro klasifikaci výrobků jsou pak povolené suroviny pro jejich výrobu a dále jejich vybrané jakostní parametry, zejména obsah sušiny, obsah tuku nebo pH. Z hlediska technologie výroby tavených sýrů je nutné zmínit, že do kategorií (i) pasterované sýry a (v) pasterované sýrové pomazánky není možné přidávat tavící soli (Anonym, 2021). Naopak, ve Spojeném království existují dle *Cheese and Cream Regulations* dvě kategorie rozdělující tavené sýry a sýrové pomazánky. Pro výrobu tavených sýrů přitom není možné (na rozdíl od sýrových pomazánek) přidávat do surovinové skladby jiné mléčné složky, než je přírodní sýr (Anonym, 2005).

V podmínkách České republiky je pojem „*tavený sýr*“ definován vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb., v platném znění, jako sýr, který byl tepelně upraven tavením. Uvedená vyhláška poté výrobky rozděluje do kategorií „*roztíratelný*“ a „*s lomem*“. Dle složení surovinové skladby je pak možné tavený sýr druhově pojmenovat, přičemž druhově pojmenovaný tavený sýr nesmí na rozdíl od druhově nepojmenovaného taveného sýra obsahovat ostatní mléčné složky (jiné než sýr) a složky jako máslo, máselný tuk, smetanu a máselný koncentrát lze přidat pouze pro standardizaci obsahu tuku. V případě, že výrobek obsahuje více než 5 % w/w laktózy (přídavkem jiných mléčných přísad), je označován jako „*tavený sýrový výrobek*“. Pokud je výrobek označen jako „*sýrový*“, podíl přírodního sýru nesmí být nižší než 50 % hmotnostních sušiny tohoto výrobku, v opačném případě je produkt označen jako „*tavený mléčný výrobek*“. Do všech jmenovaných produktů je dle uvedené vyhlášky dále možné přidávat jedlou sůl, bakteriální kultury, enzymy, koření, sezónní zeleninu a ostatní zdravotně nezávadné potraviny. Cukry pak mohou být přidány pouze do tavených sýrových výrobků a do tavených mléčných výrobků (Česko, 2016).

V posledních letech se lze setkat také s novým typem výrobku na bázi (taveného) sýra – tavenou sýrovou omáčkou. Jedná se o produkt s relativně vysokým obsahem vody, který je popisován jako emulze typu oleje ve vodě. Vzhledem k tomu, že neexistují žádné zavedené normy nebo právní předpisy, které by definovaly složení „sýrové omáčky“ nebo „tavené sýrové omáčky“, může být tento produkt vyráběn z různých surovin mléčného původu (jako je přírodní sýr, tavený sýr, sušený sýr nebo syrovátkový proteinový koncentrát či izolát). Pro získání kvalitního finálního výrobku s žádoucími organoleptickými a funkčními vlastnostmi jsou, stejně jako při výrobě tavených sýrů, přidávány další nemléčné složky jako tavicí soli, stabilizátory, konzervační látky či zvýrazňovače chuti (Saad et al., 2015, Shalaby et al., 2017, Salek et al., 2019, Szafránska et al., 2020, Kůrová et al., 2022).

Proces výroby tavených sýrů lze obecně definovat jako mělnění, míchání a dispergaci proteinů přírodního sýru s dalšími složkami za zvýšených teplot (obvykle v rozmezí 70–95 °C), obvykle v přítomnosti tavicích solí do dosažení homogenní konzistence výrobku (Kapoor & Metzger, 2008). Do výrobního procesu tavených sýrů může být do výrobního procesu zahrnuta vysokotlaká homogenizace taveniny. Homogenizace je fyzikální proces, při kterém je daný systém (suspenze nebo emulze) nucen proudit vysokou rychlostí úzkým štěrbinovým ventilem, čímž vzniká menší a užší distribuce velikosti částic (Augusto et al., 2012, Levy et al., 2021). Massoud et al. (2016) uvádí, že zatímco jednostupňová homogenizace je vhodná pro nízkotučné nebo velmi viskózní produkty, dvoustupňovou homogenizaci je vhodné aplikovat na produkty s vysokým obsahem tuku, s vysokým obsahem pevných látek nebo s nízkou viskozitou. Při výrobě tavených sýrů může být homogenizace zařazena za samotný proces tavení a má přitom několik možných funkcí:

- (i) přispívá k lepší homogenitě a hladké konzistenci finálního produktu – dochází k dalšímu promíchání a zmenšení velikosti hrubých částic (například nerozpuštěných suchých směsí či tavicích solí),
- (ii) podporuje další interakce přítomných složek,
- (iii) podporuje jemnější rozptyl tukových kapének,
- (iv) obecně podporuje houstnutí utavené směsi a zvýšení tuhosti výsledných produktů.

Aplikace homogenizace však může být limitována zejména nákladností samotného výrobního procesu, ale i počátečními investičními náklady souvisejícími s pořízením homogenizátoru. Moderní výrobní zařízení po produkci tavených sýrů navíc povětšinou plně dostačují pro zajištění odpovídajícího promíchání, emulgace a krémování taveniny (Tamime, 2011). Z těchto důvodů se homogenizace horké taveniny může využívat zejména u roztíratelných tavených sýrů nebo tavených sýrových omáček s vysokým obsahem tuku nebo s vysokým obsahem vody (Meyer, 1973, Guinee et al., 2004, Guinee et al., 2017).

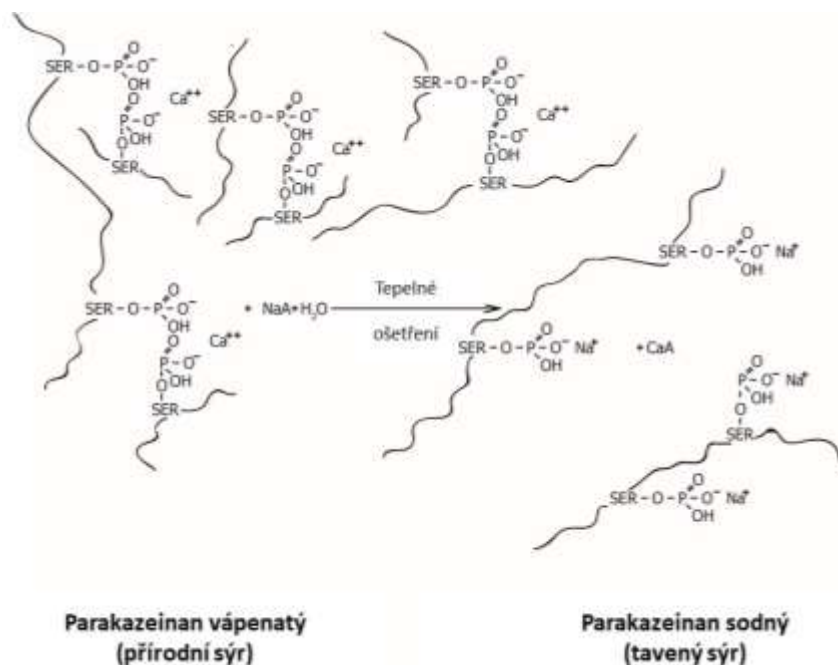
1.1.1 Tavicí soli, princip jejich působení a možná náhrada

Přítomnost tavicích solí je při výrobě tavených sýrů považována za nezbytnou pro vznik hladké a homogenní taveniny a následně tak stabilních produktů. Tavicí soli jsou definovány nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, v platném znění, jako látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek (Evropa, 2008). Jedná se tedy o látky, které jsou schopny za současného působení teploty, míchání a dostatečném přídavku vody při výrobě tavených sýrů sekvestrovat vápenaté ionty a tím odstranit vápenaté můstky přítomné v přírodních sýrech, které vzájemně spojují α_{S1} - a α_{S2} - a β -kazeiny (případně jejich vysokomolekulárních části/štěpy vznikající hydrolýzou kazeinů během zrání přírodních sýrů) a brání v jejich dispergaci (Buňka et al., 2022). Jako tavicí soli jsou běžně používány soli polyvalentních aniontů (zejména fosforečnanů, polyfosforečnanů a citronanů) a monovalentních kationtů (zejména sodných, méně často pak draselných a/nebo sodno-hlinitých; Kapoor & Metzger, 2008). Množství tavicích solí na bázi fosforečnanů je legislativně omezeno na maximální koncentraci 20 000 mg·kg⁻¹ (vyjádřeno jako P₂O₅). Tavicí soli na bázi citronanů pak lze aplikovat v množství *quantum satis* (Evropa, 2008).

Základní funkce tavicích solí souvisí s vlastnostmi polyvalentních aniontů, které mají ve srovnání s anionty monovalentními vyšší afinitu ke dvojmocným iontům, tedy v případě prostředí taveniny iontům vápenatým. Proto, pokud je do surovinové směsi přidána například sodná fosforečnanová sůl, dochází k iontové výměně vápenatých iontů za sodné (Obr. 1). Tato iontová výměna má za následek zvýšení intenzity disperze přítomných bílkovin, jinými slovy přeměnu přítomného parakazeinátu vápenatého na „rozpuštěnější“ parakazeinát sodný. Následně dochází peptizaci a dispergaci přítomných proteinů, které jsou tak již schopny uplatnit svoji přirozenou emulgační schopnost, která je dána jejich amfifilní povahou. Během trvající výroby, tzn. za současného působení tavicí teploty a nepřetržitého míchání v přítomnosti vody, dochází k navazování polyvalentních aniontů na kazeiny pomocí vápenatých iontů, čímž je dále navýšen hydrofilní charakter kazeinů a dochází k vazbě dalšího podílu vody. Hydratace proteinů vede společně s emulgací tuku ke zvýšení viskozity taveniny, které je označováno jako „krémování“ (Gupta, et al., 1984, Marchesseau et al., 1997, Lee et al. 2003, Kapoor & Metzger, 2008, Dimitreli & Thomareis, 2009, Weiserová et al., 2011, Guinee, 2017, Buňka et al., 2022).

Neméně technologicky významnou funkcí tavicích solí je i úprava a stabilizace hodnoty pH v tavené hmotě. Přídavkem tavicích solí dochází ke zvýšení pH taveniny na hodnoty 5,6–6,1 (optimální pro roztíratelné výrobky) z původního pH 5,0 až 5,5. Mírně vyšší pH vede ke zvýšení míry odlučování vápníku a růstu negativního náboje kazeinu, což vede ke zvýšení jeho hydratace (Lee & Klostermeyer, 2001, Guinee, 2017). Během následné fáze chlazení (po ukončení vlastního výrobního procesu) tvoří částečně dispergovaná kazeinová matrice vločkové útvary, které následně interagují za vzniku spojitě proteinové

matrice, ve které je rozptýlen emulgovaný tuk. Při procesu tvorby finální matrice výrobků se uplatňuje několik interakcí, jako jsou hydrofobní interakce, vodíkové vazby, vápenaté můstky, disulfidické můstky a tvorba fosforečnan-vápenatých komplexů (Marchesseau et al., 1997, Awad et al., 2002, Kapoor & Metzger, 2008, Buňka et al., 2022).



Obr. 1 Modelové schéma iontové výměny během tavení přírodního sýra (Na^+ – monovalentní kationt; Ca^{++} – bivalentní kationt; A – polyvalentní aniont; zejména fosforečnany, polyfosforečnany a/nebo citronany, SER – serinové zbytky). Upraveno dle Buňka et al. (2022).

V některých případech mohou však být tavicí soli (z pohledu spotřebitele) považovány za nevhodnou či nežádoucí složku v tavených sýrech. Přídavek tavicích solí do tavených sýrů způsobuje snížení poměru vápníku a fosforu (z optimálního poměru 1,0:1,2 na 1,0:1,5–3,0), což může mít za důsledek snížení biovyužitelnosti vápníku přítomného v taveném sýru (Dupuis et al., 1985, Schäffer et al., 1999, Miciński et al., 2013). Případná náhrada tavicích solí (částečná nebo úplná) také poskytuje možnost snížit obsah sodíku a fosforu v této výrobní skupině (Schäffer et al., 2001, Johnson et al., 2009, Černíková et al., 2010), což je obecným trendem moderní výživy. V posledních letech se tedy objevilo několik studií popisujících možnost snížit obsah tavicích solí (tedy nahradit je částečně) nebo je zcela nahradit jinými látkami, které by daly za vznik homogenním taveným sýrům s vhodnými funkčními vlastnostmi.

Jednou z možností nahrazení tavicích solí při produkci tavených sýrů je použití hydrokoloidů na bázi polysacharidů. Nahrazení tavicích solí blíže nespecifikovaným hydrokoloidem rostlinného původu je popsáno v práci Schäffer et al. (1999, 2001). S použitím κ -karagenanu (o koncentraci 1 % w/w)

získali makroskopicky a mikroskopicky homogenní produkt Černíková et al. (2010), tyto tavené sýry však vykazovaly zvýšenou tuhost ve srovnání s taveným sýrem vyrobeným s přidavkem tavicích solí (Černíková et al., 2010, Hladká et al., 2014). Využitím κ -karagenanu jako náhrady tavicích solí v plátkovaném taveném čedaru se zabývala i studie Ahmad et al. (2016). Autoři však uvádějí, že senzorycky přijatelné výrobky s vhodnými fyzikálně-chemickými vlastnostmi je možné vyrobit s použitím 0,15 % w/w κ -karagenanu a 2 % w/w tavicích solí (Ahmad et al., 2016). V práci Kratochvílová et al. (2022) pak byla posouzena mikrostruktura tavených sýrů vyrobených s přidavkem agaru, κ -karagenanu nebo želatiny v koncentraci 1 % w/w jakožto náhrady tavicích solí.

Možnost nahradit tavicí soli pomocí proteinů, konkrétně hydrolyzátů frakcí kazeinu, zkoumali při výrobě taveného čedaru Kwak et al. (2002). S úplným nahrazením tavicích solí však docházelo k významnějším odchylkám ve sledovaných parametrech výrobků, pokud však byly hydrolyzáty použity v kombinaci s tradičním emulgačním činidlem (tedy náhrada tavicích solí byla částečná), výsledné produkty byly přijatelné (Kwak et al., 2002). Možnou náhradu tavicích solí při výrobě tavených sýrů na bázi kyselého kazeinu pomocí proteinů popsali i Sołowiej et al. (2020), přičemž však využili polymerizovaný syrovátkový proteinový izolát (WPI). Tento způsob náhrady byl poměrně uspokojivý, s narůstající koncentrací WPI (na úkor přidavku tavicích solí) byla dokonce zlepšena roztíratelnost produktů (Sołowiej et al., 2020). Hammam et al. (2023) ve své studii dosáhli úplné náhrady tavicích solí při produkci taveného sýra s využitím mikrobiálně metabolizovaného micelárního kazeinového koncentráту (který byl připraven pomocí kyselého srážení přidavkem termofilních straterových kultur) a micelárního kazeinového koncentráту. Autoři zmíněné koncentráty aplikovali v různých poměrech (2,0:1,0, 1,9:1,1 a 1,8:1,2) jako součást surovinové skladby taveného sýra na bázi čedaru. Nejlepších funkční vlastnosti přitom bylo dosaženo u produktů s poměrem mikrobiálně metabolizovaného micelárního kazeinového koncentráту a micelárního kazeinového koncentráту 2,0:1,0 (Hammam et al., 2023).

Poslední zkoumanou možností náhrady tavicích solí je možnost snížení hladiny vápníku ve struktuře těchto výrobků. McIntyre et al. (2017) sledovali vliv koncentrace vápníku v potravinářských strukturách odpovídajícím analogům tavených sýrů. Snížením celkové hladiny vápníku dosáhli vytvoření hydratované struktury kazeinů bez použití citronanů a fosforečnanů (tedy tavicích solí). Jemnými úpravami hladiny vápníku pak lze vytvořit produkty vhodné pro různé konečné využití (McIntyre et al., 2017).

1.2 Smetanové krémy

Smetanové krémy jsou mléčné výrobky, které po stránce texturní i chuťové vycházejí z tradičního italského sýru Mascarpone. Mascarpone se vyrábí zahříváním standardizované smetany (s obsahem tuku 25–35 % w/w)

na 85–90 °C, která je následně okyselena přímým přidavkem kyseliny octové, citronové, vinné nebo mléčné na pH 5,7–6,4, v důsledku čehož dochází k tvorbě koagulátu. Přítomné kazeinové micely (nebo jejich frakce) a denaturované sérové bílkoviny interagují s membránami tukových kuliček, které jsou lipoproteinové povahy. V důsledku této reakce syrovátkové bílkoviny během odtékání syrovátky částečně zůstávají v matici sýra. Při nových technologických postupech výroby Mascarpone bývají zařazeny membránové filtrační či separační procesy, čímž dochází k urychlení doby odkapání sýřeniny. Při tradiční výrobě tento proces trvá až 20 hodin, což mimo jiné může představovat zvýšené mikrobiální riziko. Použitím smetany s vyšším obsahem tuku v kombinaci s ultrafiltrací a plněním produktů za horka může být zvýšena výtěžnost a zejména pak údržnost produktů (až na 45 dní při chladírenském skladování). Stále se však jedná o relativně časově náročný a nákladný proces, a proto jsou výrobci hledány alternativy pro výrobu mléčných výrobků napodobujících Mascarpone (Lucey, 2011, Hinrichs, 2004, Míšková et al., 2021). Do skupiny těchto výrobků lze zařadit smetanové krémy.

Smetanové krémy se obvykle vyrábějí zahříváním směsi smetany s vysokým obsahem tuku a sušených mléčných směsí (například sušené odstředěné mléko, koncentrát mléčných bílkovin, izolát mléčných bílkovin, sušená syrovátka a kazeináty) v přítomnosti hydrokoloidů. Takové mléčné výrobky pak mají na rozdíl od tradičního Mascarpone neutrální pH (Míšková et al., 2021). V podmínkách České republiky dle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb., v platném znění, lze jako „*smetanový krém z vysokotučné smetany*“ označit výrobek z vysokotučné smetany bez přidavku cukru, který je dále označen obsahem tuku a obsahem sušiny v procentech hmotnostních. Výše uvedená vyhláška definuje i pojem „*smetanový krém*“ jako výrobek z tvarohu, mléka nebo smetany s přidavkem cukru a s obsahem nejméně 30 % hmotnostních tuku v sušině. Tento výrobek je pak označen obsahem sušiny v procentech hmotnostních a dále obsahem tuku v sušině nebo obsahem tuku (Česko, 2016). Přestože se výrobky podobné Mascarpone hojně využívají například při výrobě Tiramisu (typický italský dezert), řady cukrářských či pekařských výrobků a salátů, v dostupné literatuře nejsou dosud publikovány žádné informace o výrobě a funkčních vlastnostech těchto produktů.

1.3 Karagenany a furcellaran

Karagenany jsou polysacharidy, které jsou extrahovány z červených mořských řas (*Rhodophyceae*). Z chemického hlediska se karagenany skládají z opakující se disacharidové jednotky (karabiózy) složené z β -D-galaktopyranózy a α -D-galaktopyranózy, která se může vyskytovat (zejména v gelujících karagenanech) ve formě 3,6-anhydroderivátu. Jednotky karabiózy jsou mezi sebou propojeny β -(1→4) glykozidickou vazbou. Volné hydroxylové skupiny mohou přitom být substituovány esterově vázanou sulfátovou skupinou, methylovými skupinami, případně dalšími monosacharidickými zbytky.

Na základě počtu a dispozice přítomných sulfátových skupin lze rozlišit několik frakcí karagenanu. Mezi nejdůležitější z nich používané v potravinářství patří κ -karagenan, ι -karagenan a λ -karagenan, které se liší přítomností jednotek 3,6-anhydro- α -D-galaktopyranózy a počtem a dispozicí přítomných sulfátových skupin (Tuvikene et al., 2010, Robal et al., 2017, Saluri et al., 2019). Základní disacharidická jednotka κ -karagenanu přitom obsahuje jednu sulfátovou skupinu, ι -karagenanu dvě sulfátové skupiny a u λ -karagenanu jsou přítomny tři sulfátové skupiny. Stavební jednotky jednotlivých karagenanů jsou tedy pro κ -karagenan β -D-galaktóza-4-sulfát a 3,6-anhydro- α -D-galaktóza, pro ι -karagenan β -D-galaktóza-4-sulfát a 3,6-anhydro- α -D-galaktóza-2-sulfát a pro λ -karagenan je základní stavební jednotka tvořena β -D-galaktóza-2-sulfátem a α -D-galaktóza-2,6-disulfátem (Van de Velde, 2008). Mezi hlavní druhy červených mořských řas používané při komerční výrobě karagenanu patří *Kappaphycus alvarezii* (obsahuje κ -karagenan), *Eucheuma denticulatum* (obsahuje ι -karagenan) a *Chondrus crispus* (obsahující κ -karagenan a λ -karagenan, Imeson, 2009). Všechny frakce karagenanů jsou přitom dle nařízení Evropského parlamentu a Rady č. (ES) č. 1333/2008, v platném znění, souhrnně označeny kódem E 407 (Evropa, 2008).

Fyzikální vlastnosti různých typů karagenanu jsou zcela odlišné a závisí na jejich struktuře. Kappa-karagenan tvoří pevný a křehký gel v přítomnosti draselných iontů, zatímco ι -karagenan interaguje s vápenatými ionty za vzniku měkkých, elastických gelů. Lambda-karagenan není schopný vytvářet gel, ale poskytuje viskózní roztoky/disperze, je tedy vhodný k zahuštění systému. Všechny zmíněné karagenanové frakce jsou rozpustné v horké vodě, ve studené vodě se pak rozpouští pouze sodné soli κ -karagenanu a ι -karagenanu a λ -karagenan (Imeson, 2009). Kappa-karagenan a ι -karagenan se ve vodném prostředí vyskytují v uspořádané helikální struktuře („*helix form*“) nebo ve struktuře neuspořádané („*coil form*“). Pokud je teplota systému vyšší (obecně nad 60 °C), zmíněné karagenany jsou přítomny ve formě neuspořádané. Naopak, je-li teplota systému nižší než 60 °C, přechází κ -karagenan a ι -karagenan do uspořádané formy, tedy formy helikální. Teplota přechodu z helikální struktury do neuspořádaného stavu (neboli „*coil-helix transition temperature*“) se ve vodném prostředí pohybuje obvykle v rozmezí 35 až 55 °C. Teplota přechodu je závislá na mnoha faktorech, zejména však na typu karagenanu, přítomnosti iontů a jejich koncentraci. Lambda-karagenan není schopný přechodu do stabilní uspořádané formy, z tohoto důvodu jej nelze využít jako gelující látku. V případě λ -karagenanu není jeho funkčnost ovlivněna přítomností iontů běžně se nacházejících v potravinářských výrobcích (Syrbe et al., 1998, Bourriot et al., 1999, Langendorff et al., 1999, Spagnuolo et al., 2005).

Furcellaran, také nazývaný jako „*Dánský agar*“ nebo „*nízkosulfatovaný κ -karagenan*“, je aniontový sulfatovaný polysacharid, který se přirozeně vyskytuje v červených řasách *Furcellaria lumbricalis*. Furcellaran se vyznačuje strukturální podobností s κ -karagenanem, dokonce je jako potravinářská přídavná

látku označován stejným E-kódem (E 407) jako karagenany (Evropa, 2008). Z chemického hlediska lze furcellaran popsat jako polysacharid tvořený střídajícími se jednotkami β -D-galaktopyranózy a 4-vázané α -galaktopyranózy, přičemž podstatná část α -galaktózy je přítomna ve formě 3,6-anhydroderivátu. Různé hydroxylové skupiny mohou být substituovány esterově vázanými sulfátovými nebo methylovými skupinami (Tuvikene et al., 2008). Základním rozdílem ve struktuře κ -karagenanu a furcellaranu je však obsah sulfátových skupin vázaných na polysacharidové kostře (Laos et al., 2007). Furcellaran obsahuje přibližně jednu sulfátovou skupinu na tetramer galaktózové jednotky (na pozici 4), zatímco κ -karagenan má ve své struktuře jednu sulfátovou skupinu na galaktózový dimer. Obsah esterově vázané sulfátové skupiny ve furcellaranu je tedy přibližně poloviční ve srovnání s κ -karagenanem (Wurm et al., 2019, Marangoni Júnior et al., 2021). Nicméně, i drobné rozdíly ve struktuře polysacharidů mohou vést ke změnám vlastností gelu, jako je například rozpustnost, síla gelu, textura, teplota tání a tuhnutí (Imeson, 2009).

Furcellaran tvoří tuhé a křehké gely, je však komerčně využíván v mnohem menším měřítku než κ -karagenan. Do budoucna by však mohlo jít o významnou alternativu κ -karagenanu nejen při výrobě mléčných výrobků. Aplikaci furcellaranu ve srovnání s dalšími hydrokoloidy izolovanými z mořských řas (κ -karagenan, ι -karagenan a alginát sodný) do tvarohových sýrů (v koncentracích 0,50 až 1,00 % w/w) popsali ve své práci autoři Vincová et al. (2023). Autoři na základě provedených analýz doporučují použití furcellaranu v tomto typu výrobku, pokud je požadován produkt s relativně měkčí konzistencí (Vincová et al., 2023). Dalším možné uplatnění furcellaranu popsali Polášek et al. (2021), kteří aplikovali dva komerčně dostupné druhy furcellaranu a κ -karagenan v různých koncentracích (0,25 až 1,00 % w/w) do kuřecích šunek a porovnávali jejich vybrané vlastnosti během 14denní skladovací doby. Výsledky studie naznačují, že použití furcellaranu v tomto typu masného výrobku se jeví jako vhodné pro získání produktu s žádanými funkčními a organoleptickými vlastnostmi (Polášek et al., 2021). Furcellaran je dále možné využívat jako želírující látku v cukrovinkách, nebo jako čířící prostředek při výrobě mladiny (Saluri et al., 2019, Saluri et al., 2021).

2. CÍL PRÁCE

Cílem předkládané disertační práce bylo posoudit vliv surovinové skladby a vybraných procesních parametrů na funkční vlastnosti reálných mléčných matric v průběhu jejich skladování. Pro dosažení hlavního cíle bylo nutné naplnit cíle dílčí:

1. Vyrobí modelové vzorky smetanových krémů, tavených sýrů a tavených sýrových omáček.
2. Provést vybrané analýzy s důrazem na analýzu reologických vlastností modelových systémů. Dále posoudit základní chemické vlastnosti modelových systémů, jejich stabilitu a instrumentálně popsat jejich barvu.
3. Na základě získaných dat:
 - srovnat vliv koncentrace dvou typů běžně využívaných karagenanů (κ -karagenanu a ι -karagenanu) na vlastnosti vybraných mléčných matric;
 - posoudit vliv přídavku furcellaranu do vybraných mléčných matric a porovnat jeho aplikovatelnost ve vybraném systému s κ -karagenanem;
 - srovnat vlastnosti tavených sýrů vyráběných bez přídavku tavicích solí, kdy byl do vzorků aplikován furcellaran v různých koncentracích, se vzorky tradičními (tedy s obsahem tavicích solí);
 - popsat vliv jednostupňové a dvoustupňové homogenizace na vybrané vlastnosti mléčných matric vyrobených s přídavkem a bez přídavku polysacharidů.
4. Na základě získaných výsledků zhodnotit možnosti uplatnění testovaných polysacharidů a aplikaci vysokotlaké homogenizace při výrobě mléčných produktů a rozšířit takto možnost využití těchto postupů v průmyslové výrobě.

3. ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ

3.1 Popis jednotlivých experimentů a výroba modelových vzorků

3.1.1 Experiment I

Cílem prvního experimentu bylo posoudit vliv přídatku κ -karagenanu a ι -karagenanu (v koncentracích od 0,025–0,150 % w/w) na viskoelastické vlastnosti smetanových krémů (obsah sušiny 44 % w/w, obsah tuku 38,5 % w/w). Pro daný experiment bylo celkem vyrobeno 36 šarží (2 typy karagenanu \times 6 koncentrací karagenanu \times 3 opakování; $n = 36$) smetanových krémů.

Pro výrobu modelových vzorků byly použity následující suroviny: smetana (obsah sušiny 42 % w/w, obsah tuku v sušině 40 % w/w; Lacrum Velké Meziříčí Ltd., Velké Meziříčí, ČR), mléčný proteinový koncentrát (KUK BOHEMIA, Ltd., Praha, ČR) a κ -karagenan (CR; SigmaAldrich, s.r.o., Praha, ČR) nebo ι -karagenan (CI; SigmaAldrich, s. r. o., Praha, ČR). Polysacharidy byly přitom aplikovány vždy jednotlivě v koncentracích 0,025, 0,050, 0,075, 0,100, 0,125 a 0,150 % w/w. Modelové vzorky byly vyráběny pomocí zařízení UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Hameln, Německo) s nepřímým ohřevem. Výroba modelových vzorků probíhala za standardizovaných podmínek bez ohledu na použitý typ karagenanu či jeho koncentraci, cílová výrobní teplota 80 °C byla aplikována s výdrží 1 min při rychlosti nožové soustavy 3000 rpm za mírného vakua 0,02 MPa. Celková doba výroby se přitom pohybovala v rozmezí 5–6 minut. Modelové vzorky smetanových krémů byly za horka plněny do válcových polypropylenových obalů (průměr 72 mm, výška 35 mm) a uzavřeny plastovým víčkem. Smetanové krémy byly po zchlazení skladovány při teplotě 6 ± 2 °C po dobu 28 dní, přičemž 1., 7., 14., 21. a 28. den skladování byly analyzovány jejich základní chemické a viskoelastické vlastnosti.

3.1.2 Experiment II

V druhém experimentu byly hodnoceny viskoelastické vlastnosti roztíratelných tavených sýrů (obsah sušiny 40 % w/w, obsah tuku v sušině 55 % w/w) vyrobených s různým obsahem (0,10–1,00 % w/w) dvou typů furcellaranu (FA nebo FB, viz dále), s přídatkem či bez přídatku tavicích solí. V rámci experimentu bylo vyrobeno celkem 60 šarží (2 skupiny vzorků – s přídatkem a bez přídatku tavicích solí \times 2 typy furcellaranu \times 6 koncentrací furcellaranu \times 3 opakování; $n = 60$) roztíratelných tavených sýrů.

Pro výrobu modelových vzorků byly použity následující suroviny: Eidamská cihla (obsah sušiny 50 % w/w, obsah tuku v sušině 30 % w/w, 7týdenní zralost, stejná šarže; Kromilk, a.s., Kroměříž, ČR), máslo (obsah sušiny 84 % w/w, obsah tuku 82 % w/w; Madeta a.s., České Budějovice, ČR), ternární směs tavicích solí (Fosfa a.s., Břeclav, ČR): dihydrogenfosforečnan sodný (NaH_2PO_4 , MSP), hydrogenufosforečnan disodný (Na_2HPO_4 , DSP), difosforečnan tetrasodný

($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, TSPP), sodná sůl polyfosforečnanu o střední délce řetězce $n \approx 20$ (P20) a dva typy furcellaranu: Estgel 8500 (FA) a Estgel 1000 (FB; obojí Est-agar a.s., Kärla village, Estonsko; specifikace jsou uvedeny v Tab. 1).

Tab. 1 Vybrané vlastnosti furcellaranu A (Estgel 8500) a furcellaranu B (Estgel 1000)

	Furcellaran A	Furcellaran B
Molekulová hmotnost	$2,95 \cdot 10^3$ Da	$2,55 \cdot 10^3$ Da
Pevnost gelu dle Blooma*	420 g	480 g
pH**	8,18	8,30
Obsah sušiny	94,0 % w/w	90,3 % w/w

*deformace 15,0 mm, rychlost sondy $0,4 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$

**1,0% w/v vodný roztok při 25 °C

V experimentu II byly tedy vyrobeny dvě modelové skupiny roztíratelných tavených sýrů: (i) *s přidavkem tavicích solí* (3,0 % w/w z celkové hmotnosti taveniny), kdy byly jednotlivé tavicí soli aplikovány v poměru MSP: DSP: TSPP: P20 1,9:1,6:1,4:1,4 a přidavkem furcellaranu (FA nebo FB, v koncentracích 0,10, 0,25, 0,50, 0,75 a 1,00 % w/w); (ii) *bez přidavku tavicích solí*, ale s přidavkem furcellaranu A nebo furcellaranu B ve stejných dávkách, jako je uvedeno pro skupinu výrobků (i). Kontrolní vzorek (CS2) byl připraven stejně jako v případě skupiny výrobků (i) s použitím tavicích solí, avšak bez přidavku hydrokoloidu. Všechny vzorky byly vyráběny za stejných podmínek: Eidamská cihla a máslo byly nakrájeny na kostky o hraně 20 mm a dezintegrovány při 3000 rpm v zařízení Stephan UMC-5. Následně byly do tavicího zařízení přidávány zbývající suroviny (tavicí soli a/nebo furcellaran, voda). Výroba modelových vzorků probíhala za stejných podmínek bez ohledu na přidavek tavicí soli, použitý typ furcellaranu či jeho koncentraci (cílová teplota 90 °C s výdrží 1 min, rychlost nožové soustavy 3000 rpm, mírné vakuum 0,02 MPa). Celková doba výroby se pohybovala v rozmezí 8–10 min. Horká tavenina byla plněna do polypropylenových vaniček (délka: 95 mm, šířka: 75 mm, výška: 30 mm) a uzavřena hliníkovými víčky. Vzorky byly po zchlazení skladovány při teplotě 6 ± 2 °C po dobu 60 dní, přičemž 1., 7., 14., 30. a 60. den skladování byly analyzovány jejich základní chemické a viskoelastické vlastnosti.

3.1.3 Experiment III

Během třetího experimentu byl sledován vliv jednostupňové a dvoustupňové vysokotlaké homogenizace a přidavku κ -karagenanu nebo furcellaranu v různém množství (0,000–1,000 % w/w) na fyzikálně-chemické a viskoelastické vlastnosti tavených sýrových omáček (obsah sušiny 33 % w/w, obsah tuku v sušině 66 % w/w). Pro účely experimentu bylo celkem vyrobeno 99 šarží (11 variant

typů a koncentrací polysacharidů × 3 režimy homogenizace × 3 opakování; n = 99) tavených sýrových omáček.

K přípravě modelových vzorků tavených sýrových omáček byly použity uvedené suroviny: Eidamská cihla, máslo, ternární směs tavicích solí (MSP:DSP:TSP:P20 v poměru 1,9:1,6:1,4:1,4) a furcellaran B (Estgel 1000, FB) nebo κ -karagenan (CR) stejně jako v předchozích experimentech. Dále byla přidána směs mono- a diacylglycerolů (Brenntag CR s.r.o., Praha, ČR). CR a FB byly dávkovány jednotlivě v koncentracích 0,125, 0,250, 0,500, 0,750 a 1,000 % w/w. Výrobní protokol byl stejný jako u experimentu II, celková doba výroby se však pohybovala v rozmezí 11–12 min. Kontrolní vzorek (CS3) byl vyroben bez přídavku polysacharidů. Po vlastní výrobě byla horká tavenina podrobena jednostupňové ($p = 10$ MPa) nebo dvoustupňové [$p_1 = 10$ MPa (první stupeň) and $p_2 = 20$ MPa (druhý stupeň)] vysokotlaké homogenizaci na zařízení PandaPLUS (GEA Niro Soavi, Itálie). Modelové vzorky tavených sýrových omáček tedy lze rozdělit do tří skupin na: (i) *nehomogenizované* (NH), (ii) *homogenizované jednostupňovým procesem* (OSH, *one-stage homogenized*), (iii) *homogenizované dvoustupňovým procesem* (TSH, *two-stage homogenized*).

Horká tavenina byla následně plněna do polypropylenových vaniček (délka: 95 mm, šířka: 75 mm, výška: 30 mm), které byly uzavřeny hliníkovými víčky. Po 30 dnech skladování (6 ± 2 °C) byla provedena analýza základních chemických a viskoelastických vlastností modelových vzorků, byla analyzována jejich barva, stabilita emulze a aktivita vody.

3.2 Základní chemická analýza

Obsah sušiny modelových vzorků a obsah tuku byl stanoven dle normy ISO 5534:2004, respektive ISO 1735:2004. Hodnota pH byla stanovena (při teplotě 22 ± 1 °C) pomocí potravinářského pH-metru (Edge™, Hanna instruments Czech s.r.o., Praha, ČR). Analýzy probíhaly nejméně v 9 opakováních.

3.3 Dynamická oscilační reologie

Ke stanovení viskoelastických vlastností modelových mléčných matric byl použit oscilační smykový reometr (HAAKE RheoStress 1, Thermo Scientific™, Brémy, Německo), který byl vybaven geometrií deska-deska (průměr 35 mm, štěrbina 1 mm). Měření probíhalo při teplotě 20 °C v oscilačním režimu v oblasti lineární viskoelastivity s hodnotou amplitudy smykového napětí 2,0 Pa pro smetanové krémy a tavené sýrové omáčky (experiment I a III) nebo 20 Pa pro tavené sýry (experiment II). Během měření byl zaznamenáván elastický modul pružnosti (G' , Pa) a ztrátový modul pružnosti (G'' , Pa) jako funkce frekvence f (v rozmezí 0,1–10,0 Hz) pomocí softwaru Rheowin Job (v. 2.93, Haake). Dále byl pro charakterizaci modelových mléčných systémů vypočten úhel fázového posunu (δ , °) a komplexní modul pružnosti (G^* , Pa) dle rovnice (1), respektive (2). Pro prezentaci dat byla zvolena referenční frekvence 1 Hz. Měření

reologických vlastností modelových mléčných matric bylo provedeno pro každý vzorek v 9 opakováních.

$$\delta = \arctan G''/G' \quad (1)$$

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

3.4 Instrumentální stanovení barvy

Pro instrumentální hodnocení barvy modelových vzorků byl použit spektrofotometr HunterLab UltraScan® Pro Color Measurement Spectrophotometer (Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, USA): Měření bylo provedeno s osvětlením D65 (standardní denní světlo) pod úhlem 10°. Přístroj byl před měřením kalibrován v módu reflektance s vyloučením zrcadlového odrazu za použití bílé (C6299 Hunterlab Color Standard) a šedé (C6299G Hunterlab Color Standard) referenční destičky. Hodnocení modelových vzorků bylo provedeno dle *International Commission on Illumination* s využitím barevné škály *CIE L*a*b**. Pravoúhlé osy tohoto prostoru tvoří světlost *L** nabývající hodnot v intervalu 0 (černá) až 100 (bílá) a dvě chromatické osy *a** a *b**. Osa *a** probíhá zelenou (negativní hodnoty) až červenou (pozitivní hodnoty) barvou. Osa *b** prochází barvou modrou (negativní hodnoty) až žlutou (pozitivní hodnoty). Z chromatických souřadnic byla dle rovnic (3) a (4) vypočtena chroma (*C**) definující sytost barvy a měrný úhel barevného tónu hue (*h**; °), který určuje stupeň dominantní spektrální složky (červená, žlutá, zelená a modrá) v rozmezí od 0 do 360°.

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3)$$

$$h^* = \arctan(b^*/a^*) \quad (4)$$

Barevný prostor *CIE L*a*b** umožňuje také výpočet objektivních odchylek ΔE^*_{12} (popisujících rozdíl barev) mezi jednotlivými barvami dle rovnice (5):

$$\Delta E^*_{12} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (5)$$

kde ΔL^* je odchylka jasů, a Δa^* a Δb^* jsou odchylky chromatických souřadnic. Modelové vzorky tavených sýrových omáček byly měřeny v neupraveném stavu v 10 mm křemenné kyvetě. Stanovení barvy bylo u všech vzorků prováděno v 9 opakováních.

3.5 Stanovení stability emulze

Měření stability emulzí bylo provedeno podle Nikzade et al. (2012) s drobnými úpravami. Vzorky modelových tavených sýrových omáček byly naváženy

(5 ± 1 g; m_1) do 50ml polypropylenových centrifugačních zkumavek (vnitřní průměr 29,1 mm, výška 114,4 mm, kónické dno), které byly následně uzavřeny plastovými uzávěry. Takto připravené vzorky byly centrifugovány při 6000 rpm po dobu 20 minut. Po důkladném odstranění supernatantu byl sediment zvážen (m_2). Stabilita emulze (S) byla vypočtena podle rovnice (6) a získané výsledky byly uvedeny jako relativní procenta (%). Stanovení stability emulze bylo provedeno v 9 opakováních.

$$S = \frac{m_2}{m_1} \cdot 100 \quad (6)$$

3.6 Stanovení aktivity vody

Aktivita vody (a_w) modelových vzorků byla měřena pomocí přístroje 4TE dew point water activity meter (AquaLab, Decagon, USA) dle normy ISO 18787:2017. Před měřením byl přístroj kalibrován pomocí standardu ($a_w = 0,92$ NaCl 2,33 molal v H₂O; AquaLab, Decagon, USA). Měření probíhalo v plastových vzorkovnicích dodávaných společně s přístrojem (průměr 40,0 mm), do kterých byl plněn vzorek tak, aby dno nádoby bylo rovnoměrně pokryto a ve vzorku se nevyskytovaly vzduchové kaverny. Měření probíhalo při $25,0 \pm 0,1$ °C. Stanovení bylo prováděno v 9 opakováních.

3.7 Statistické vyhodnocení dat

Získaná data byla analyzována pomocí neparametrické analýzy rozptylu Kruskal-Wallisovým a Wilcoxonovým testem (Minitab®16 software, Minitab, Ltd., UK), kde byla zvolena hladina významnosti $P = 0,05$.

4. HLAVNÍ VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 Výsledky a diskuze k experimentu I

4.1.1 Základní chemická analýza

V rámci základní chemické analýzy smetanových dezertů vyrobených s přídavkem κ -karagenanu a ι -karagenanu bylo provedeno stanovení obsahu sušiny, obsahu tuku a hodnoty pH v průběhu jejich 28denního skladování při teplotě 6 ± 2 °C. U všech testovaných šarží modelových vzorků (bez ohledu na délku skladování, typ a koncentraci aplikovaného karagenanu) se obsah sušiny a tuku pohyboval v rozmezí 43,79–44,12 % w/w, respektive 38,22–38,67 % w/w. Výše zmíněné parametry se tedy napříč jednotlivými šaržemi významně nelišily ($P \geq 0,05$). Zachování srovnatelných hodnot obsahu tuku a sušiny modelových vzorků je nezbytné pro vyvození relevantních závěrů o vlivu sledovaných faktorů (v tomto případě vlivu přídavku jednotlivých karagenanů v různých koncentracích), neboť tyto parametry ovlivňují vlastnosti a konzistenci mléčných matric (Lee & Klostermeyer, 2001, Piska & Štětina, 2004, Salek et al., 2020). Hodnota pH smetanových krémů se u všech šarží výrobků v prvním dni skladování pohybovala (bez ohledu na typ a koncentraci aplikovaného karagenanu) v rozmezí 6,56 až 6,61 ($P \geq 0,05$). Během 28denního skladování bylo pozorováno mírné snížení hodnot pH, které však nebylo statisticky významné ($P \geq 0,05$). Hodnota pH mléčného systému – gelu ovlivňuje výsledný náboj proteinů a tím způsob a intenzitu jejich interakcí. Odchytky v hodnotách pH tedy mohou podstatně ovlivnit strukturu mléčných matric (Marchessau et al., 1997).

4.1.2 Reologická analýza

Během reologické analýzy smetanových krémů vyrobených s přídavkem κ -karagenanu nebo ι -karagenanu v koncentracích 0,025 až 0,150 % w/w byly sledovány hodnoty elastického G' a ztrátového G'' modulu pružnosti modelových vzorků. Z uvedených veličin pak byly vypočteny hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* a úhlu fázového posunu δ , které jsou uvedeny (pro referenční frekvenci 1 Hz) v Tab. 2 a Tab. 3. Z uvedených výsledků vyplývá, že s narůstající koncentrací κ -karagenanu i ι -karagenanu docházelo k navýšení hodnoty G^* , což svědčí o nárůstu tuhosti výsledného produktu. Klesající hodnoty δ ukazují, že zvýšení tuhosti výrobků bylo doprovázeno zvýšením podílu elastické složky chování nad ztrátovou ($G' > G''$) a výsledná struktura výrobku se tak blížila ideálně elastické látce. Nicméně, s přídavkem κ -karagenanu a ι -karagenanu v koncentraci 0,025 % w/w (tedy v nejnižším aplikovaném množství) byly získány modelové produkty, které se svou povahou blížily viskózní kapalině ($\delta > 45^\circ$). Tento jev byl v případě κ -karagenanu pozorován pouze 1. den skladování smetanových krémů. Naopak, v případě ι -karagenanu měly modelové vzorky charakter viskózní kapaliny až do 21. dne skladování. Určitou hraniční koncentraci karagenanů pro tvorbu stabilních mléčných gelů uvádějí ve své práci

Bourriot et al. (1999), kteří tuto hodnotu stanovili na koncentraci 0,018 % w/w. Existenci minimální koncentrace karagenanů, která je nutná k navýšení tuhosti mléčného produktu (taveného sýra), popsali ve své práci také Černíková et al. (2008). Účinná limitní koncentrace karagenanů je však závislá na mnoha faktorech, jako je síla proteinové matrice, stupeň hydrolýzy proteinů, pH nebo iontové prostředí, tedy závisí na parametrech konkrétního výrobku, jeho obsahových složkách a procesních parametrech výroby (Bourriot et al., 1999).

Z výsledků reologické analýzy smetanových krémů dále vyplývá, že vyšších hodnot ($P < 0,05$) G^* a tedy vyšší tuhosti dosahovaly výrobky s přidáním κ -karagenanu ve srovnání s modelovými vzorky, do nichž byl přidán ι -karagenan. Nižší hodnoty úhlu fázového posunu δ ($P < 0,05$) u smetanových krémů s κ -karagenanem pak vypovídají o převaze elastického modulu pružnosti G' nad modulem ztrátovým G'' . V odborné literatuře se však nepodařilo najít publikaci, která by srovnávala vliv κ -karagenanu a ι -karagenanu ve smetanových krémech či dezertech nebo podobných mléčných výrobcích s podobným surovinovým složením a vlastnostmi (například hodnotou pH).

U všech modelových vzorků bylo dále na základě zvýšení hodnot G^* pozorováno významné ($P < 0,05$) zvýšení tuhosti smetanových krémů s navyšující se dobou skladování v průběhu 28denní skladovací doby (nezávisle na typu aplikovaného karagenanu a jeho koncentraci). Příčinu lze pravděpodobně hledat ve zvýšení intenzity propojení polysacharidových a/nebo proteinových sítí. Ke zvýšení pevnosti smetanových krémů během 28denního skladování při chladírenských teplotách (6 ± 2 °C) mohla přispět také změna poměrů mezi α -, β' - a β -krystalickou formou triacylglycerolů v rámci polymorfismu mléčného tuku. Při teplotách < 10 °C mléčný tuk krystalizuje a při delším skladování se zvyšuje podíl β -formy, což je často spojeno se zvýšením tuhosti matrice (Bylund, 1995; Sato & Ueno, 2011).

Tab. 2 Komplexní modul pružnosti (G^* ; Pa) a úhel fázového posunu (δ ; °) smetanových krémů vyrobených s κ -karagenanem (v koncentracích 0,025; 0,050; 0,075; 0,100; 0,125 a 0,150 % w/w) během 28denního skladování při 6 ± 2 °C. Uvedené hodnoty byly měřeny při referenční frekvenci 1 Hz. ^{*z}

Doba skladování (dny)	Koncentrace (% w/w)	G^* (Pa)	δ (°)
1	0,025	14,3 ± 0,7 ^a A	45,7 ± 2,6 ^a A
	0,050	213,7 ± 9,8 ^b A	23,5 ± 1,1 ^b A
	0,075	381,4 ± 22,2 ^c A	17,7 ± 0,8 ^c A
	0,100	755,6 ± 45,2 ^d A	14,5 ± 0,9 ^d A
	0,125	1243,6 ± 63,0 ^e A	14,5 ± 0,6 ^d A
	0,150	1696,6 ± 72,4 ^f A	12,8 ± 0,7 ^e A
7	0,025	62,4 ± 3,6 ^a B	33,9 ± 1,5 ^a B
	0,050	465,7 ± 22,2 ^b B	17,1 ± 0,8 ^b B
	0,075	1140,8 ± 61,7 ^c B	14,6 ± 0,8 ^c B
	0,100	1354,3 ± 72,9 ^d B	13,6 ± 0,7 ^d B
	0,125	2088,7 ± 96,5 ^e B	13,4 ± 0,7 ^d B
	0,150	3388,8 ± 151,4 ^f B	12,3 ± 0,5 ^e B
14	0,025	109,6 ± 5,1 ^a C	28,1 ± 1,6 ^a C
	0,050	501,2 ± 27,4 ^b C	16,9 ± 0,8 ^b B,C
	0,075	1306,1 ± 59,1 ^c C	14,1 ± 0,6 ^c B,C
	0,100	1417,9 ± 79,6 ^d B	13,6 ± 0,5 ^d B
	0,125	2458,5 ± 124,4 ^e C	13,1 ± 0,5 ^d B,C
	0,150	4202,3 ± 218,7 ^f C	12,2 ± 0,5 ^e B,C
21	0,025	127,8 ± 6,3 ^a D	27,6 ± 1,1 ^a C
	0,050	617,3 ± 27,3 ^b D	16,6 ± 1,0 ^b C
	0,075	1397,4 ± 74,8 ^c C	13,9 ± 0,7 ^c C,D
	0,100	1902,5 ± 86,9 ^d C	13,6 ± 0,6 ^b C,D
	0,125	2529,7 ± 144,6 ^e C	13,0 ± 0,6 ^c C
	0,150	6471,1 ± 319,7 ^f D	11,9 ± 0,6 ^f C,D
28	0,025	737,6 ± 35,2 ^a E	18,8 ± 0,9 ^a D
	0,050	1113,9 ± 53,6 ^b E	15,8 ± 0,8 ^b D
	0,075	2583,9 ± 104,5 ^c D	13,6 ± 0,6 ^c D
	0,100	4747,2 ± 234,2 ^d D	12,7 ± 0,7 ^d C
	0,125	5401,0 ± 234,7 ^e D	12,4 ± 0,6 ^d D
	0,150	7805,2 ± 466,3 ^f E	11,4 ± 0,6 ^e D

* Hodnoty jsou uvedeny jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka.

^z Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi různými koncentracemi κ -karagenanu; srovnání při stejné době skladování) označené různými malými písmeny v horním indexu se liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi dobou skladování, při srovnání vzorků s konstantní koncentrací κ -karagenanu) následované různými velkými písmeny se liší ($P < 0,05$).

Tab. 3 Komplexní modul pružnosti (G^* ; Pa) a úhel fázového posunu (δ ; °) smetanových krémů vyrobených s κ -karagenanem (v koncentracích 0,025; 0,050; 0,075; 0,100; 0,125 a 0,150 % w/w) během 28denního skladování při 6 ± 2 °C. Uvedené hodnoty byly měřeny při referenční frekvenci 1 Hz.^{*z}

Doba skladování (dny)	Koncentrace (% w/w)	G^* (Pa)	δ (°)
1	0,025	2,4 ± 0,1 ^a A	62,7 ± 3,4 ^a A
	0,050	111,2 ± 5,6 ^b A	21,4 ± 1,1 ^b A
	0,075	684,5 ± 35,1 ^c A	14,1 ± 0,7 ^c A
	0,100	1205,9 ± 49,2 ^d A	12,2 ± 0,6 ^d A
	0,125	2184,5 ± 93,0 ^e A	11,9 ± 0,6 ^{d,e} A
	0,150	3138,7 ± 151,9 ^f A	11,5 ± 0,5 ^e A
7	0,025	3,7 ± 0,2 ^a B	60,8 ± 2,7 ^a A,B
	0,050	359,9 ± 15,8 ^b B	16,9 ± 1,0 ^b B
	0,075	1043,4 ± 57,5 ^c B	12,9 ± 0,7 ^c B
	0,100	1712,1 ± 84,6 ^d B	11,5 ± 0,4 ^d B
	0,125	3812,5 ± 206,4 ^e B	11,2 ± 0,6 ^d B
	0,150	4378,1 ± 192,7 ^f B	10,7 ± 0,5 ^e B
14	0,025	4,0 ± 0,2 ^a C	58,9 ± 3,1 ^a B
	0,050	390,1 ± 22,1 ^b C	16,0 ± 0,8 ^b B,C
	0,075	1396,3 ± 70,8 ^c C	13,0 ± 0,7 ^c B
	0,100	2232,7 ± 97,5 ^d C	11,4 ± 0,6 ^d B
	0,125	4027,9 ± 212,3 ^e B	10,9 ± 0,6 ^{d,e} C
	0,150	4506,2 ± 213,5 ^f B	10,6 ± 0,6 ^e B
21	0,025	12,2 ± 0,7 ^a D	53,4 ± 3,0 ^a C
	0,050	1049,4 ± 41,6 ^b D	15,8 ± 0,8 ^b C
	0,075	1963,0 ± 112,0 ^c D	12,7 ± 0,7 ^c B,C
	0,100	2771,2 ± 136,3 ^d D	11,2 ± 0,5 ^d B,C
	0,125	4617,4 ± 245,7 ^e C	10,5 ± 0,4 ^c C,D
	0,150	4955,9 ± 240,2 ^f C	10,4 ± 0,5 ^e B,C
28	0,025	28,0 ± 1,4 ^a E	40,3 ± 1,5 ^a D
	0,050	1597,7 ± 86,8 ^b E	14,5 ± 0,7 ^b D
	0,075	1987,9 ± 104,3 ^c D	12,5 ± 0,6 ^c C
	0,100	2985,7 ± 118,4 ^d E	11,1 ± 0,6 ^d C
	0,125	4857,6 ± 208,9 ^e C	10,4 ± 0,5 ^e D
	0,150	5409,6 ± 274,6 ^f D	10,1 ± 0,5 ^e C

* Hodnoty jsou uvedeny jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka.

^z Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi různými koncentracemi κ -karagenanu; srovnání při stejné době skladování) označené různými malými písmeny v horním indexu se liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi dobou skladování, při srovnání vzorků s konstantní koncentrací κ -karagenanu) následované různými velkými písmeny se liší ($P < 0,05$).

4.2 Výsledky a diskuze k experimentu II

4.2.1 Základní chemická analýza

Při základní chemické analýze tavených sýrů vyrobených s přidavkem furcellaranu (FA a FB), které byly vyrobeny s přidavkem tavicích solí nebo zcela bez přidavku tavicích solí, bylo provedeno stanovení obsahu sušiny, obsahu tuku a hodnoty pH během 60denního skladování (6 ± 2 °C). Obsah sušiny a obsah tuku modelových vzorků se po celou dobu skladování pohyboval v rozmezí 41,00 až 41,75 % w/w, respektive 22,50 až 22,90 % w/w. Zmíněné parametry se tedy významně nelišily ($P > 0,05$).

Na základě výsledků stanovení pH tavených sýrů lze konstatovat, že hodnoty pH modelových vzorků nebyly významně ovlivněny přidavkem furcellaranu (FA nebo FB). U modelových vzorků vyrobených bez přidavku tavicích solí bylo pozorováno pH nižší ($P < 0,05$) v porovnání se vzorky, do kterých byly tavicí soli aplikovány. Dále lze konstatovat, že během 60denního skladování docházelo u všech modelových vzorků tavených sýrů k poklesu hodnot pH ($P < 0,05$), přičemž nejvýraznější pokles byl zaznamenán zejména během prvních 7 dnů skladování. Pokles hodnot pH "konvenčních" tavených sýrů je vysvětlován především hydrolyzou fosforečnanových tavicích solí se dvěma a více atomy fosforu (Gupta et al., 1984, Dimitreli & Thomareis 2009, Weiserová et al., 2011, Salek et al., 2015). Nicméně, hodnoty pH tavených sýrů vyrobených bez přidavku tavicích solí klesaly až k hodnotám $\approx 5,24$. Tento jev nebyl doposud v odborné literatuře vysvětlen. Určité změny hodnot pH mohou být způsobeny absencí pufrční kapacity tavicích solí (zejména monofosforečnanů) v tavených sýrech vyrobených bez jejich přítomnosti (Guinee, 2017).

4.2.2 Reologická analýza

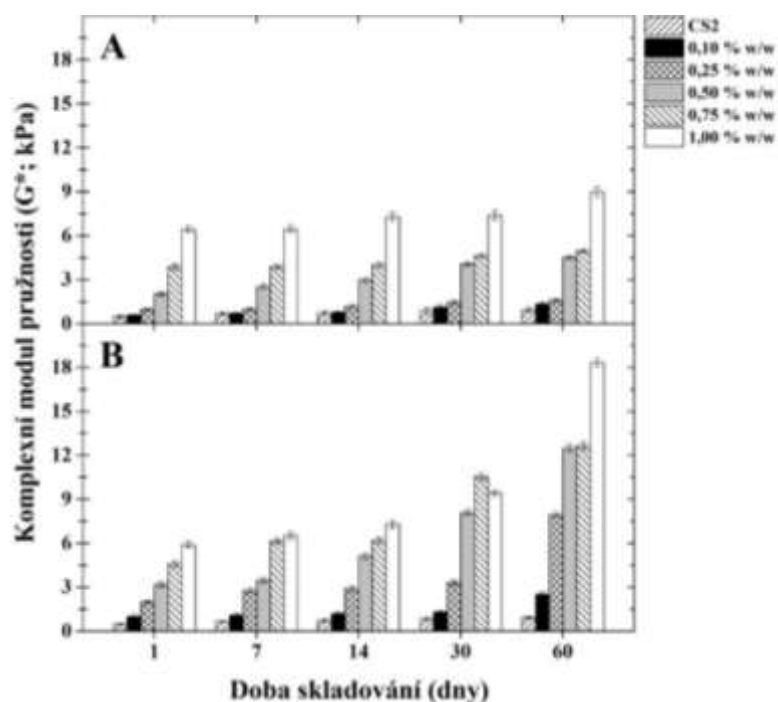
V rámci reologické analýzy tavených sýrů vyrobených s přidavkem dvou typů furcellaranu (FA a FB), které byly vyrobeny s přidavkem tavicích solí nebo zcela bez přidavku tavicích solí, byly sledovány hodnoty elastického modulu pružnosti G' a ztrátového modulu pružnosti G'' . Z uvedených veličin byly vypočteny hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* modelových vzorků (pro referenční frekvenci 1 Hz), které jsou prezentovány na Obr. 2 a Obr. 3. Podle získaných výsledků lze konstatovat, že zvyšující se přidavek furcellaranu vedl k navýšení hodnot G^* modelových vzorků ($P < 0,05$), což vypovídá o navyšující se tuhosti modelových vzorků. Naopak, hodnoty úhlu fázového posunu δ s narůstající koncentrací polysacharidu v tavených sýrech klesaly, což poukazuje na zvýšení elastického podílu chování produktů. Hodnota úhlu fázového posunu δ se u většiny vzorků pohybovala (s výjimkou kontrolního vzorku CS2 bez obsahu polysacharidu 1. 7. a 14. den skladování a vzorku s obsahem furcellaranu A v koncentraci 0,10 % w/w v 1. a 30. dni skladování) v hodnotách $> 45^\circ$, konzistence výrobku tedy odpovídala elastickému gelu. K nárůstu tuhosti modelových vzorků docházelo pravděpodobně v důsledku vzniku trojrozměrné

polysacharidové sítě, které vedla s narůstající koncentrací polysacharidu k tvorbě "hustší" a pevnější struktury v matrici taveného sýra. Tento jev také mohly podpořit možné interakce furcellaranu a mléčných bílkovin (zejména kazeinů; Imeson, 2009).

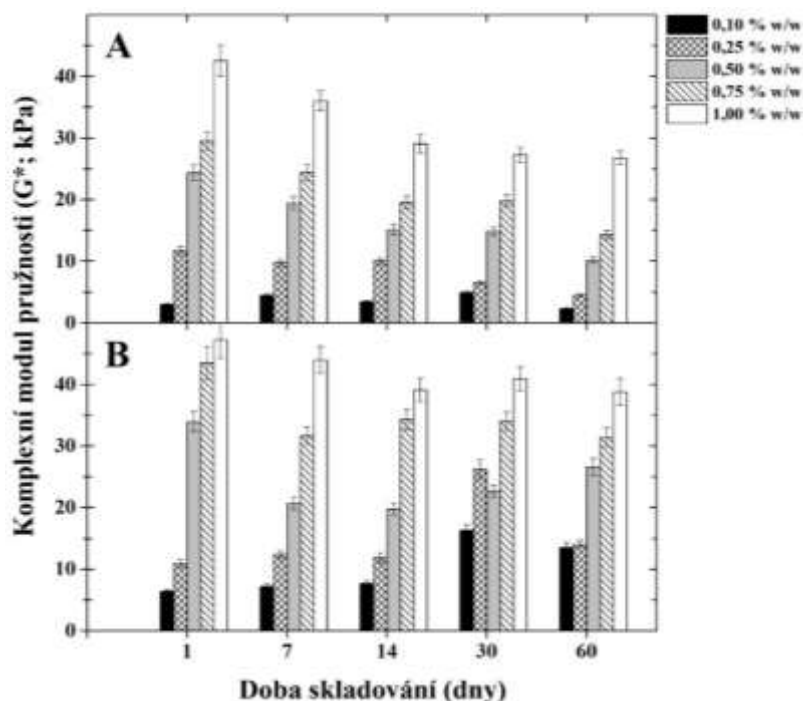
Nicméně, modelové vzorky tavených sýrů s přidavkem tavicích solí a s přidavkem furcellaranu A v koncentraci 0,10 % w/w, stejně jako vzorky kontrolní bez obsahu polysacharidu, vykazovaly zejména v prvních dnech skladování chování blízké se spíše kapalině než elastické látce ($\delta > 45^\circ$). Z Obr. 2 je patrné, že vlivem přidavku furcellaranu A v koncentraci 0,10 % w/w nedošlo k významnému ($P > 0,05$) zvýšení hodnoty G^* a tedy tuhosti výrobků. Podobný efekt byl zaznamenán u tavených sýrů vyrobených s využitím 0,05 % w/w κ -karagenanu a komerční směsi tavicích solí, kde nebyl jednoznačně prokázán vliv uvedeného přidavku karagenanu na tuhost výrobku (Černíková et al. 2008). Minimální koncentrace polysacharidu, která vede k účinnému zvýšení tuhosti produktu, je ovlivněna konkrétním typem aplikovaného polysacharidu, podmínkami prostředí, jako je hodnota pH či iontové prostředí systému (Drohan et al., 1997, Bourriot et al., 1999, Schorsch et al., 2000). Viskoelastické vlastnosti modelových tavených sýrů byly také ovlivněny typem použitého furcellaranu. Vzorky s obsahem furcellaranu B dosahovaly vyšších hodnot ($P \leq 0,05$) G^* ve srovnání se vzorky, do kterých byl aplikován furcellaran A.

V tomto experimentu byly dále sledovány viskoelastické vlastnosti tavených sýrů, které byly vyrobeny za úplné absence tavicích solí na bázi fosforečnanů nebo citronanů. Tavicí soli v těchto produktech byly nahrazeny furcellaranem (FA nebo FB) v koncentracích 0,10 až 1,00 % w/w. Obecně bylo zjištěno, že chování všech modelových vzorků tavených sýrů bez obsahu tavicích solí se blížilo ideálně elastické látce ($G' > G''$). Tyto modelové vzorky dále dosahovaly výrazně vyšších hodnot G^* ve srovnání se vzorky vyrobenými s použitím ternární směsi tavicích solí (při porovnání modelových vzorků se stejnou koncentrací FA nebo FB, ve stejný den skladování), což svědčí o jejich vyšší tuhosti. Nejvyšší hodnota G^* pak byla zaznamenána u modelových vzorků vyrobených s použitím furcellaranu B v množství 1,00 % w/w 1. den skladování (Obr. 3).

Viskoelastické vlastnosti tavených sýrů byly dále ovlivněny prodlužující se dobou skladování. U vzorků vyrobených s přidavkem tavicích solí a furcellaranu A bylo během doby skladování pozorováno mírné ($P \geq 0,05$) zvýšení hodnot G^* (Obr. 2, část A). Na druhou stranu modelové vzorky vyrobené s využitím furcellaranu B (v množství $\geq 0,10$ % w/w) vykazovaly významné ($P < 0,05$) zvýšení G^* , zejména ve 14. a 30. dni skladování (Obr. 2, část B). Obr. 3 ilustruje snížení ($P < 0,05$) hodnot G^* mezi 7. a 60. dnem skladování u vzorků vyrobených bez tavicích solí s přidavkem furcellaranu A (část A) a u vzorků vyrobených s furcellaranem B (část B). K poklesu tuhosti taveného sýra vyrobeného s přidavkem furcellaranu jakožto náhrady tavicích solí docházelo pravděpodobně z důvodu nedostatečné stability těchto produktů, kdy s prodlužující se délkou skladování mohlo docházet k uvolňování vody z matrice tavené sýra.



Obr. 2 Hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* (referenční frekvence 1 Hz) tavených sýrů s přidavkem tavicích solí během 60denního skladování (6 ± 2 °C). Modelové vzorky obsahovaly furcellaran A (Estgel 8500; část A) nebo furcellaran B (Estgel 1000; část B) v koncentracích 0,10 až 1,00 % w/w. Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS2) bez obsahu polysacharidu.



Obr. 3 Hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* (referenční frekvence 1 Hz) tavených sýrů bez přidavku tavicích solí během 60denního skladování (6 ± 2 °C). Modelové vzorky obsahovaly furcellaran A (Estgel 8500; část A) nebo furcellaran B (Estgel 1000; část B) v koncentracích 0,10 až 1,00 % w/w.

4.3 Výsledky a diskuze k experimentu III

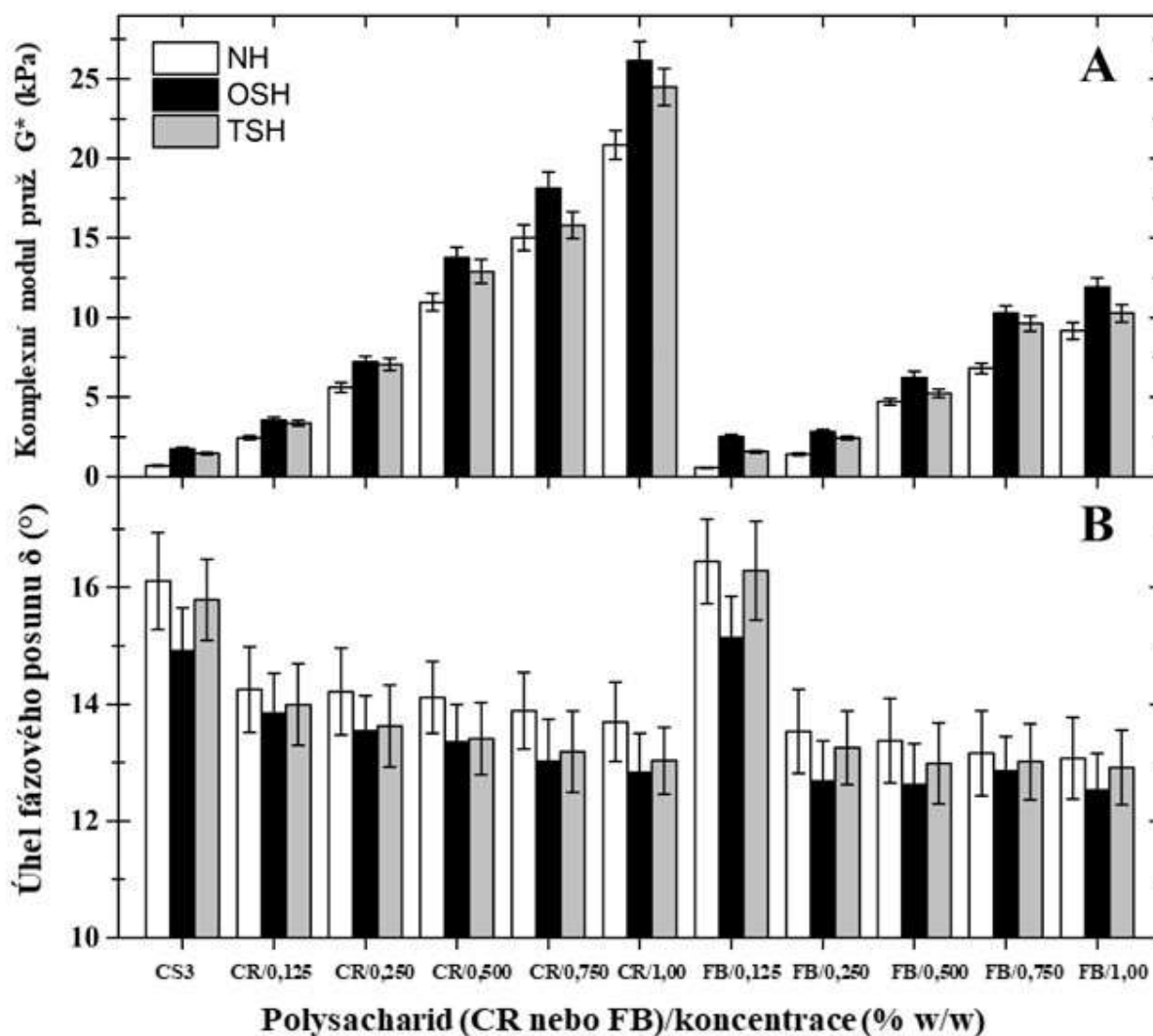
4.3.1 Základní chemická analýza

Základní chemická analýza tavených sýrových omáček vyrobených s přídavkem κ -karagenanu nebo furcellaranu B, které byly podrobeny jednostupňové nebo dvoustupňové vysokotlaké homogenizaci, zahrnovala stanovení obsahu sušiny, obsahu tuku a hodnoty pH po 30denní skladovací době (6 ± 2 °C). Obsah sušiny a obsah tuku modelových vzorků tavených sýrových omáček se pohyboval v rozmezí 31,94–33,46 % w/w, respektive 21,43–22,04 % w/w. Tyto parametry tedy nebyly ovlivněny přídavkem polysacharidů ani zařazením vysokotlaké homogenizace do výrobního procesu produktů ($P \geq 0,05$). Hodnoty pH všech modelových vzorků se pohybovaly v rozmezí 5,76–5,85 ($P \geq 0,05$), což lze považovat za vhodné z hlediska interakce přítomných kazeinů a jejich rovnoměrnému rozložení v matrici tavené sýrové omáčky vedoucí k vytvoření hladké konzistence produktů (Lee & Klostermeyer, 2001).

4.3.2 Reologická analýza

V rámci reologické analýzy nehomogenizovaných, jedno- a dvoustupňově homogenizovaných tavených sýrových omáček byly sledovány hodnoty elastického G' a ztrátového G'' modulu pružnosti. Uvedených veličin byly vypočteny hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* a úhlu fázového posunu δ (vyjádřené pro referenční frekvenci 1 Hz), které jsou prezentovány na Obr. 4. Obecně lze říci, že u všech testovaných vzorků byla v celém frekvenčním rozsahu zjištěna převaha elastické složky chování nad složkou viskózní ($G' > G''$; $P < 0,05$), což bylo podloženo i hodnotami úhlu fázového posunu ($\delta < 45^\circ$). Z Obr. 4 je patrné, že hodnoty G^* homogenizovaných vzorků (pomocí jednostupňového i dvoustupňového procesu; při srovnání vzorků se stejným přídavkem vybraného polysacharidu) byly významně ($P < 0,05$) vyšší ve srovnání se vzorky nehomogenizovanými, což naznačuje nárůst jejich tuhosti vlivem aplikace homogenizace. Vysvětlení navýšení tuhosti modelových vzorků tavených sýrových omáček lze pravděpodobně hledat v současném působení procesu homogenizace na jednotlivé složky tohoto systému. Vlivem aplikace vysokého tlaku dochází ke zmenšení velikosti jednotlivých částic přítomných v matrici tavené sýrové omáčky – tukových globulí a proteinových částic. Zmenšení velikosti částic je pak zpravidla doprovázeno zvětšením jejich povrchu a tím pádem jejich reakční plochy. Při zmenšování průměru tukových kuliček vlivem homogenizace jsou pak proteiny (tvořící základní zesíťovanou matrici tavené sýrové omáčky) využity při tvorbě jejich nově vznikajících membrán (Lopez et al., 2015), jelikož fragmenty membrán původních nedostačují na pokrytí zmenšených tukových globulí. Následkem výše uvedených procesů pravděpodobně dochází ke zvýšenému počtu vazebných interakcí v matrici, čímž je podpořena tvorba pevnější trojrozměrné struktury vyznačující se lepší fyzikální stabilitou (Mohammadi & Fadaei, 2018). Tvorba kompaktnější proteinové

matrice je podpořena i samotným zmenšením průměru tukových kuliček, které pak méně „narušují“ strukturu proteinové sítě (Noronha et al., 2008, Pluta-Kubica et al., 2021). Při bližším posouzení získaných výsledků lze říci, že aplikací dvoustupňové homogenizace (a zároveň vyššího homogenizačního tlaku; 10/20 MPa) nebylo dosaženo dalšího navýšení tuhosti modelových vzorků ve srovnání s jedinstupňově homogenizovanými vzorky ($P < 0,05$). K dalšímu zvýšení tuhosti produktů pravděpodobně nedocházelo v důsledku nadměrného mechanického namáhání taveniny, které mohlo vést k částečnému kolapsu trojrozměrné matrice tavené sýrové omáčky.



Obr. 4 Komplexní modul pružnosti (G^* ; Pa) tavených sýrových omáček s přidávkou κ -karagenanu (CR) a furcellaranu B (FR) v koncentracích 0,125; 0,250; 0,500; 0,750 a 1,000 % w/w a kontrolního vzorku (CS3). Vzorky byly nehomogenizované (bílý sloupec; NH), homogenizované jedinstupňovým procesem (10 MPa; černý sloupec; OSH) nebo homogenizované dvoustupňovým procesem (10/20 MPa; šedý sloupec; TSH).

K postupnému navýšení hodnot G^* svědčícím o zvýšení tuhosti tavených sýrových omáček docházelo i s narůstající koncentrací aplikovaných polysacharidů (nezávisle na aplikaci homogenizace; $P < 0,05$). Zvýšení tuhosti modelových vzorků bylo pravděpodobně důsledkem přechodu z neuspořádaného stavu polysacharidu do stavu uspořádaného (šroubovice) a následnou agregací dvojitých šroubovic za vzniku prostorově orientované sítě (Du et al., 2016). Výjimku však tvořil modelový vzorek s přidavkem furcellaranu B v koncentraci 0,125 % w/w, který ke zvýšení hodnot G^* nevedl ($P < 0,05$). Koncentrace 0,125 % w/w furcellaranu B se jevila jako nedostatečná pro tvorbu sítě v dané matici. Při srovnání aplikovaných polysacharidů bylo zjištěno, že vyšších hodnot G^* bylo dosaženo s aplikací κ -karagenanu. Tento jev byl patrný zejména u modelových vzorků s relativně vyššími přidavky polysacharidů ($< 0,500$ % w/w; $P < 0,05$).

Nutno taktéž podotknout, že hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* (≈ 27 kPa, Obr. 44) modelového vzorku tavené sýrové omáčky (vyrobený v experimentu III) s obsahem κ -karagenanu 1,000 % w/w, který byl podroben jednostupňové homogenizaci při 10 MPa, jsou srovnatelné s hodnotami naměřenými pro roztíratelný tavený sýr s obsahem sušiny 45 % w/w a obsahem tuku 50 % w/w v práci Černíková et al. (2017). Výše uvedené pak naznačuje, že tavená sýrová omáčka s obsahem sušiny 30 % w/w stabilizovaná přidavkem 1,000 % w/w κ -karagenanu a vysokotlakou homogenizací se svojí konzistencí blíží roztíratelnému produktu.

4.3.3 Stanovení barvy

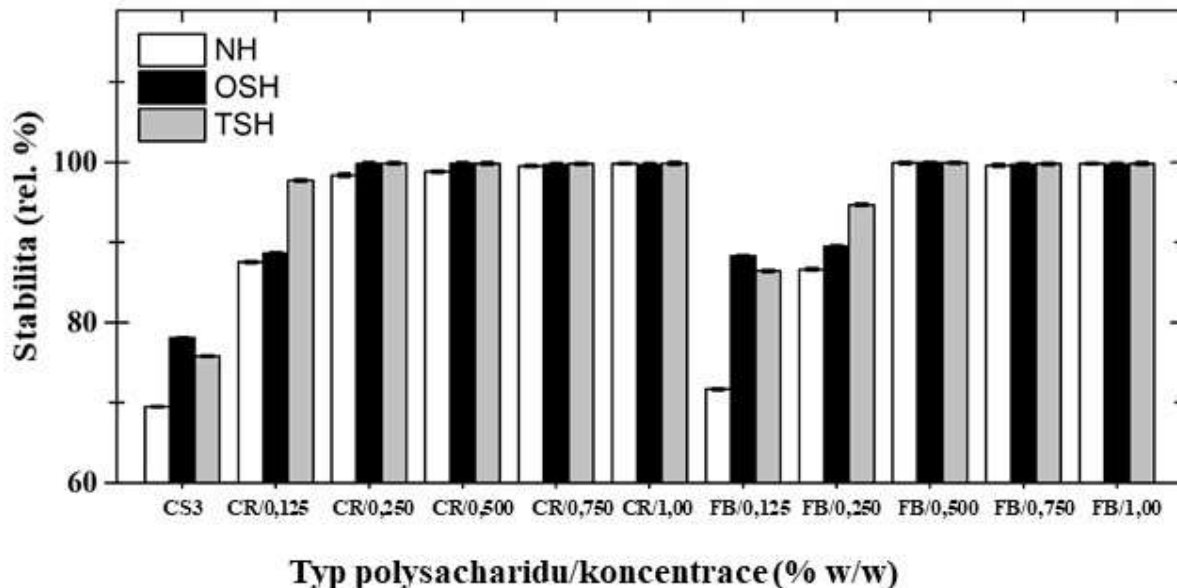
Dle získaných výsledků analýzy barvy modelových vzorků nehomogenizovaných a homogenizovaných tavených sýrových omáček lze všechny modelové vzorky charakterizovat jako světle žluté s velmi mírným červeným odstínem. Výjimku tvoří tři modelové vzorky podrobené dvoustupňové homogenizaci: kontrolní vzorek (CS3), vzorek s 0,250% w/w obsahem κ -karagenanu a s 0,125% w/w obsahem furcellaranu B, u kterých parametr a^* nabýval záporných hodnot, které odpovídají posunu na chromatické ose směrem k zelenému odstínu. Toto tvrzení bylo také podpořeno hodnotami měrného úhlu barevného tónu h^* , které se u všech vzorků blížily hodnotě 90° , což odpovídá žlutému odstínu. Zvyšující se přidavek polysacharidů vedl k mírně tmavšímu zbarvení tavených sýrových omáček ($P \geq 0,05$). Pokud byl porovnán vliv aplikace κ -karagenanu s furcellaranem B na parametry specifikující barvu tavených sýrových omáček, u vzorků s obsahem furcellaranu B byly pozorovány nižší hodnoty L^* ($P < 0,05$). Barva modelových vzorků byla taktéž posuzována z hlediska aplikace homogenizačního procesu na uváděnou matici, kdy bylo zjištěno, že vliv homogenizace na veličiny popisující barvu modelových vzorků nebyl statisticky významný ($P > 0,05$).

Barva potravin je senzorickým atributem, který může ovlivnit její vnímání spotřebitelem, jelikož spotřebitel spojuje vnímání určité barvy s chuťovými vjemy. Očekávaná barva a vzhled potravin proto ovlivňuje preference spotřebitelů

(Wadhvani & McMahon, 2012). Rozdíl v barvě mezi jednotlivými vzorky tavených sýrových omáček byl posuzován zvlášť pro dva nezávislé faktory: aplikaci homogenizačního tlaku a přidavek polysacharidu. Dle objektivních odchylek ΔE^*_{12} bylo určeno, že rozdílná barva tavené sýrové omáčky mohla být spotřebitelem zaznamenána s přidavkem polysacharidů. Hodnoty $\Delta E^*_{12} < 3$, která značí, že barevné rozdíly jsou lidským okem jasně rozeznatelné (Milovanovic et al., 2020), pak bylo dosaženo s přidavkem furcellaranu B v koncentraci 1 % w/w, kdy je možné předpokládat jasné ovlivnění barvy modelového vzorku.

4.3.4 Stanovení stability emulze

Výsledky měření stability emulze nehomogenizovaných, jedno- a dvoustupňově homogenizovaných tavených sýrových omáček vyrobených s přidavkem κ -karagenanu nebo furcellaranu B jsou prezentovány na Obr. 5. Z uvedených dat lze vyvodit pozitivní korelaci mezi a zvyšující se koncentrací polysacharidu a stabilitou produktu ($P < 0,05$). Tavené sýrové omáčky s obsahem κ -karagenanu v rozsahu koncentrací 0,250–1,000 % w/w a furcellaranu B v koncentracích 0,500–1,000 % w/w mohou být považovány za stabilní (bez uvolňování tekutého podílu z matrice; $P \geq 0,05$). Získané výsledky dále ukazují, že při přidavek κ -karagenanu v koncentracích 0,125 % a 0,250 % w/w vedl k vyššímu nárůstu hodnot stability ve srovnání se vzorky, které obsahovaly furcellaran B.



Obr. 5 Stabilita emulze (rel. %) tavených sýrových omáček s přidavkem κ -karagenanu (CR) a furcellaranu (FR) v koncentracích 0,125 až 1,000 % w/w a kontrolního vzorku (CS3). Vzorky byly nehomogenizované (bílý sloupec; NH), homogenizované jednostupňovým procesem (10 MPa; černý sloupec; OSH) nebo homogenizované dvoustupňovým procesem (10/20 MPa; šedý sloupec; TSH).

Vliv vysokotlaké homogenizace na stabilitu výrobků byl prokázán u modelových vzorků vyrobených bez přídavku (kontrolní vzorek, CS3) nebo s relativně nižším přídavkem (0,125 % w/w κ -karagenanu nebo 0,125 a 0,250 % w/w furcellaranu B) polysacharidu. Stabilita vyjmenovaných vzorků narůstala úměrně s rostoucím stupněm homogenizačního ošetření, kdy nejnižší stabilitu vykazovaly vzorky, které nebyly podrobeny vysokotlaké homogenizaci, následované vzorky homogenizovanými jednostupňovým procesem. Nejvyšší hodnoty stability potom vykazovaly tavené sýrové omáčky podrobené homogenizaci dvoustupňové (Obr. 5).

4.3.5 Stanovení aktivity vody

U všech testovaných vzorků tavených sýrů (nezávisle na koncentraci a typu přítomného polysacharidu, homogenizaci a jejím režimu, obsahu tavicích solí a době skladování) se aktivita vody a_w pohybovala v rozmezí 0,9836 až 0,9882 (údaje nejsou uvedeny; $P \geq 0,05$). Vliv aplikace polysacharidu a homogenizačního režimu na aktivitu vody tedy nebyl v tomto experimentu prokázán. Podle Buňková & Buňka (2017) se hodnota a_w v tavených sýrech obvykle pohybuje v rozmezí 0,91 až 0,96. V porovnání s hodnotami uváděnými pro tavené sýry jsou zjištěné hodnoty pro tavené sýrové omáčky vyšší. Již dříve bylo uvedeno, že tavené sýrové omáčky mají s „běžnými“ tavenými výrobky omezenou trvanlivost (Saad et al., 2015).

5. PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI

Přínos překládané dizertační práce pro vědu a praxi může být rozčleněn do několika bodů:

- Byl popsán vliv přídavku různých koncentrací (0,025–0,150 % w/w) dvou běžně využívaných frakcí karagenanu (κ -karagenan a ι -karagenan) na viskoelastické vlastnosti modelových smetanových krémů, které mohou sloužit jako náhrada tradičního italského sýru Mascarpone. Polysacharidy byly přitom přidávány jakožto nezbytná složka surovinové směsi. Zvyšující se koncentrace polysacharidů vedla k navýšení tuhosti modelových vzorků, přičemž s aplikací κ -karagenanu docházelo k účinnějšímu zahuštění modelové matrice.
- Pro produkci smetanových krémů s požadovanými reologickými vlastnostmi je na základě výsledků této práce možné doporučit koncentraci obou polysacharidů v rozmezí 0,050–0,125 % w/w. Pokud je cílem výrobce produkovat smetanový krém s měkčí konzistencí, lze doporučit κ -karagenan a ι -karagenan v koncentracích $\leq 0,050$ % w/w. Naopak pokud je požadován tužší výrobek, je možné použít κ -karagenan v koncentraci $\geq 0,100$ % w/w nebo ι -karagenan v koncentraci $\geq 0,125$ % w/w.
- Dále byla posouzena možnost náhrady tavicích solí furcellaranem v koncentracích v rozmezí 0,10 až 1,00 % w/w, přičemž byly porovnávány dva komerčně dostupné výrobky – Estgel 8500 a Estgel 1000. Z výsledků práce vyplynulo, že tato náhrada je možná, nicméně s ní dochází k významnému ovlivnění viskoelastických vlastností modelových vzorků a výraznému nárůstu jejich tuhosti. Tento postup výroby by tedy mohl být dále zkoumán s ohledem na výrobu blokových tavených sýrů.
- Furcellaran (Estgel 8500 a Estgel 1000) byl také testován v modelových vzorcích tavených sýrů vyrobených s přídavkem tavicích solí. V tomto případě byla prokázána schopnost ovlivňovat vlastnosti výrobku a efektivně zvyšovat jejich tuhost, furcellaran je tedy možné doporučit průmyslovým výrobcům jako alternativu k častěji používaným karagenanům či jiným polysacharidům. S ohledem na vyšší efektivitu zvyšování tuhosti je možné doporučit komerčně dostupný furcellaran Estgel 1000.
- Za další přínos této práce lze považovat rozšíření možnosti aplikace polysacharidů při výrobě tavených sýrových omáček. Do těchto produktů byl na základě předchozích výsledků aplikován κ -karagenan a furcellaran (Estgel 1000) z důvodu umožnění přímého srovnání těchto polysacharidů ve stejném prostředí, tedy ve stejné mléčné matrici. Bylo zjištěno, že přídavkem κ -karagenanu bylo dosaženo vyšší tuhosti modelových systémů, nicméně furcellaran se jevil jako slibná alternativa pro výrobu tavených sýrových omáček s žádoucími funkčními a senzorickými

vlastnostmi. K dosažení podobné konzistence výrobků je však nutné aplikovat vyšší koncentraci furcellaranu.

- Dále byl prokázán vliv vysokotlaké homogenizace jakožto procesního parametru na konzistenci tavených sýrových omáček, kdy při aplikaci tohoto procesu docházelo k navýšení tuhosti modelových vzorků. Dvoustupňová homogenizace (tedy i vyšší homogenizační tlak) však nevedla k signifikantnímu ovlivnění konzistence ve srovnání s modelovými vzorky, které byly podrobeny homogenizaci jednostupňové. Vzorky tavené sýrové omáčky podrobené jednostupňové vysokotlaké homogenizaci (při 10 MPa) s přídavkem 1 % w/w κ -karagenanu vykazovaly konzistenci srovnatelnou s roztíratelným taveným sýrem.
- Aplikace vysokotlaké homogenizace a přídavek κ -karagenanu nebo furcellaranu taktéž významně navýšily stabilitu tavených sýrových omáček.
- Pro produkci tavených sýrových omáček je tedy možné doporučit koncentraci κ -karagenanu a furcellaranu $\leq 0,250$ % w/w společně s aplikací jednostupňové nebo dvoustupňové homogenizace. Naopak, pokud je požadován výrobek s pevnější konzistencí, je možné aplikovat κ -karagenan v koncentraci $\geq 0,500$ % w/w nebo furcellaran v koncentraci $\geq 1,000$ % w/w společně s jednostupňovou homogenizací.
- U všech testovaných mléčných matric napříč experimenty byla prokázána existence určité minimální koncentrace testovaných polysacharidů, která je nutná k efektivnímu navýšení tuhosti vzorků. Tato limitní koncentrace se liší pro jednotlivé polysacharidy i pro daná prostředí. Tuto limitní koncentraci třeba ověřit na konkrétním výrobku před vlastní výrobou.
- Dále bylo v této studii potvrzeno, že konzistence všech sledovaných mléčných matric byla ovlivněna dobou skladování, kdy při prodlužující se skladovací době docházelo ke zvýšení jejich tuhosti.

6. ZÁVĚR

Předkládaná práce si kladla za cíl posoudit vliv vybraných procesních parametrů a surovinové skladby na vlastnosti reálných mléčných matric, konkrétně tavených sýrů, tavených sýrových omáček a smetanových krémů. V této práci byly sledovány funkční vlastnosti uvedených matric v závislosti na přídávku vybraných hydrokoloidů (ι -karagenan, κ -karagenan a furcellaran), u tavených sýrů pak byla zkoumána možnost pomocí přídávku hydrokoloidu nahradit v surovinové skladbě tradiční tavicí soli na bázi fosforečnanů nebo citronanů. Dále byl posouzen vliv jednostupňové a dvoustupňové vysokotlaké homogenizace na vybrané vlastnosti tavených sýrových omáček vyrobených jak s přídávkem, tak bez přídávku hydrokoloidů. Funkční vlastnosti produktů přitom byly analyzovány během jejich skladování.

Na základě výsledků experimentální části předkládané disertační práce je možné formulovat několik závěrů:

- Pro výrobu smetanových krémů lze s ohledem na jejich zamýšlenou konzistenci doporučit přídavek κ -karagenanu a ι -karagenanu v koncentracích $\leq 0,050$ % w/w pro výrobky s měkkou konzistencí, pro tužší výsledný produkt je doporučeno aplikovat κ -karagenan v koncentraci $\geq 0,100$ % w/w nebo ι -karagenan v koncentraci $\geq 0,125$ % w/w.
- Furcellaran je možné doporučit jako alternativu k častěji používaným karagenanům pro úpravu konzistence tavených sýrů a tavených sýrových omáček. Pro dosažení stejné konzistence je však furcellaran nutné do výrobků dávkovat v mírně vyšších koncentracích.
- Náhrada tavicích solí furcellaranem při výrobě tavených sýrů je možná, nicméně s ní dochází k významnému navýšení tuhosti produktů a je tak zcela změněn jejich charakter.
- Viskoelastické vlastnosti tavených sýrových omáček jsou také ovlivňovány aplikací vysokotlaké homogenizace. Použití dvoustupňové homogenizace a tedy vyššího homogenizačního tlaku (ve srovnání s homogenizací jednostupňovou) však nevede k dalšímu ovlivnění těchto vlastností.
- Aplikace vysokotlaké homogenizace a přítomnost polysacharidů významně zvýší stabilitu tavené sýrové omáčky.
- Pro produkci tavených sýrových omáček je možné doporučit koncentraci κ -karagenanu a furcellaranu $\leq 0,250$ % w/w společně s aplikací jednostupňové nebo dvoustupňové homogenizace. Pokud je požadován výrobek s pevnější konzistencí, je možné aplikovat κ -karagenan v koncentraci $\geq 0,500$ % w/w nebo furcellaran v koncentraci $\geq 1,000$ % w/w společně s homogenizací jednostupňovou.

- Existuje určitá minimální koncentrace polysacharidů, která je nutná k efektivnímu navýšení tuhosti vzorků. Tuto limitní koncentraci je třeba určit jednotlivě pro každý druh výrobku a aplikovaného polysacharidu.
- S prodlužující se délkou skladování dochází k ovlivnění konzistence tavených sýrů, tavených sýrových omáček a smetanových krémů.

Výsledky předkládané disertační práce podrobně popisují vliv vybraných polysacharidů na funkční vlastnosti reálných mléčných matric. Ze získaných výsledků za použití širokého spektra aplikovaných koncentrací polysacharidů je možné navrhnout vhodný přírůstek zmíněných potravinářských přídatných látek na požadované vlastnosti finálního výrobku. Výsledky této práce mohou tedy sloužit průmyslovým výrobcům těchto potravin jako výchozí bod návrhu nových produktů či k optimalizaci funkčních vlastností (zejména pak konzistence) výrobků stávajících. Práce také poskytuje náhled na možné zařazení homogenizačního procesu do výroby mléčných produktů s předpokladem možného snížení obsahu sušiny výrobků. V této oblasti je však nutné zvážit reálnou ekonomickou náročnost homogenizačního procesu.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Ahmad, S., Butt, M. S., Pasha, I., & Sameen, A. (2016). Quality of Processed Cheddar Cheese as a Function of Emulsifying Salt Replaced by κ -Carrageenan. *International Journal of Food Properties*, 19(8), 1874-1883. <https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1085396>

Anonym (1978). Codex general standard for process(ed) cheese and spreadable process(ed) cheese. Codex Stan A-8(b)-1978. World Health Organization, Geneva, Switzerland

Anonym (2005). Cheese and Cream Regulations. SI 2005/4529, HMSO, London, UK.

Anonym (2021). Code of Federal Regulations. Article 133: Cheese and related products. In Food and Drugs –Title 21, Section 169. US Government Printing Office, Washington, USA.

Augusto, P. E. D., Ibarz, A., & Cristianini, M. (2013). Effect of high pressure homogenization (HPH) on the rheological properties of tomato juice: Creep and recovery behaviours. *Food Research International*, 54(1), 169-176. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.027>

Awad, R. A., Abdel-Hamid, L. B., El-Shabrawy, S. A., & Singh, R. K. (2002). Texture and Microstructure of Block Type Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures. *LWT - Food Science and Technology*, 35(1), 54-61. <https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0828>

Bourriot, S., Garnier, C., & Doublier, J. L. (1999). Micellar-casein- κ -carrageenan mixtures. I. Phase separation and ultrastructure. *Carbohydrate Polymers*, 40(2), 145-157. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(99\)00044-2](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(99)00044-2)

Buňka, F., Černíková, M., & Salek, R. N. (2022). Functionality of salts used in processed cheese manufacture. In *Processed Cheese Science and Technology* (pp. 147-176). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821445-9.00011-X>

Buňková, L., & Buňka, F. (2015). Microflora of processed cheese and the factors affecting it. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(11), 2392-2403. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1060939>

Bylund, G. (1995). Dairy processing handbook: Tetra Pak processing systems AB. Sweden, AB: Lund, Sweden.

Černíková, M., Buňka, F., Pavlínek, V., Březina, P., Hrabě, J., & Valášek, P. (2008). Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. *Food Hydrocolloids*, 22(6), 1054-1061. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.05.020>

Černíková, M., Buňka, F., Pospiech, M., Tremlová, B., Hladká, K., Pavlínek, V., & Březina, P. (2010). Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal*, 20(5), 336-343. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.12.012>

Česko (2016). Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. Sbírnka zákonů České republiky.

Dimitreli, G., & Thomareis, A. S. (2009). 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*, 12(1), 261-275. <https://doi.org/10.1080/10942910802256164>

Drohan, D. D., Tziboula, A., McNulty, D., & Horne, D. S. (1997). Milk protein-carrageenan interactions. *Food Hydrocolloids*, 11(1), 101-107. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(97\)80016-1](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(97)80016-1)

Du, L., Brenner, T., Xie, J., & Matsukawa, S. (2016). A study on phase separation behavior in kappa/iota carrageenan mixtures by micro DSC, rheological measurements and simulating water and cations migration between phases. *Food Hydrocolloids*, 55, 81-88. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.11.004>

Dupuis, Y., Gambier, J., Fournier, P. (1985). Comparative study on the calcium bioavailability of milk, yoghurt and processed cheese. *Sciences des Aliments*, 5, 559 - 585.

Evropa (2008). Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách, v platném znění. Úřední věstník Evropské Unie.

Guinee, T. P., Carić, M., & Kaláb, M. (2004). Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. In *Major Cheese Groups* (pp. 349-394). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1874-558X\(04\)80052-6](https://doi.org/10.1016/S1874-558X(04)80052-6)

Guinee, T. P. (2017). Pasteurized Processed and Imitation Cheese Products. In *Cheese* (pp. 1133-1184). Elsevier Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00046-6>

Gupta, S. K., Karahadian, C., & Lindsay, R. C. (1984). Effect of Emulsifier Salts on Textural and Flavor Properties of Processed Cheeses. *Journal of Dairy Science*, 67(4), 764-778. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81367-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81367-3)

Hammam, A. R. A., Kapoor, R., & Metzger, L. E. (2023). Manufacture of a novel cultured micellar casein concentrate ingredient for emulsifying salt-free process cheese products applications. *Journal of Dairy Science*, 106(5), 3137-3154. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22652>

Hanáková, Z., Buňka, F., Pavlínek, V., Hudečková, L., & Janiš, R. (2013). The effect of selected hydrocolloids on the rheological properties of processed cheese analogues made with vegetable fats during the cooling phase. *International Journal of Dairy Technology*, 66(4), 484-489. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12066>

Hinrichs, J. (2004). Mediterranean milk and milk products. *European Journal of Nutrition*, 43. <https://doi.org/10.1007/s00394-004-1104-8>

Hladká, K., Randulová, Z., Tremlová, B., Ponížil, P., Mančík, P., Černíková, M., & Buňka, F. (2014). The effect of cheese maturity on selected properties of processed cheese without traditional emulsifying agents. *LWT - Food Science and Technology*, 55(2), 650-656. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.10.023>

Imeson, A. P. (2009). Carrageenan and furcellaran. In *Handbook of Hydrocolloids* (pp. 164-185). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9781845695873.164>

ISO Standard No. 5534 (2004). Cheese and processed cheese – Determination of the total solids content (reference method). Geneva: International Organization for Standardization

ISO Standard No. 1735 (2004). Cheese and processed cheese products – Determination of fat content - Gravimetric method (reference method). Geneva: International Organization for Standardization

ISO Standard No. 18787 (2017). Foodstuffs – Determination of water activity. Geneva: International Organization for Standardization

Johnson, M. E., Kapoor, R., McMahon, D. J., McCoy, D. R., & Narasimmon, R. G. (2009). Reduction of Sodium and Fat Levels in Natural and Processed Cheeses: Scientific and Technological Aspects. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(3), 252-268. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00080.x>

Kapoor, R., & Metzger, L. E. (2008). Process cheese: Scientific and technological aspects—A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(2), 194-214. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x>

Kratochvílová, A., Salek, R. N., Vašina, M., Lorencová, E., Kůrová, V., Lazárková, Z., Dostálová, J., & Šenkýřová, J. (2022). The Impact of Different Hydrocolloids on the Viscoelastic Properties and Microstructure of Processed Cheese Manufactured without Emulsifying Salts in Relation to Storage Time. *Foods*, 11(22). <https://doi.org/10.3390/foods11223605>

Kůrová, V., Salek, R. N., Černíková, M., Lorencová, E., Zalešáková, L., & Buňka, F. (2022). Furcellaran as a substitute for emulsifying salts in processed cheese

spread and the resultant storage changes. *International Journal of Dairy Technology*, 75(3), 679-689. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12871>

Langendorff, V., Cuvelier, G., Launay, B., Michon, C., Parker, A., & de Kruif, C. G. (1999). Casein micelle/iota carrageenan interactions in milk: influence of temperature. *Food Hydrocolloids*, 13(3), 211-218. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(98\)00087-3](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(98)00087-3)

Laos, K., Brownsey, G., & Ring, S. (2007). Interactions between furcellaran and the globular proteins bovine serum albumin and β -lactoglobulin. *Carbohydrate Polymers*, 67(1), 116-123. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.04.021>

Lee, S. K., & Klostermeyer, H. (2001). The Effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese Spreads. *LWT - Food Science and Technology*, 34(5), 288-292. <https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0761>

Lee, S. K., Buwalda, R. J., Euston, S. R., Foegeding, E. A., & McKenna, A. B. (2003). Changes in the rheology and microstructure of processed cheese during cooking. *LWT - Food Science and Technology*, 36(3), 339-345. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00012-4](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00012-4)

Levy, R., Okun, Z., & Shpigelman, A. (2021). High-Pressure Homogenization: Principles and Applications Beyond Microbial Inactivation. *Food Engineering Reviews*, 13(3), 490-508. <https://doi.org/10.1007/s12393-020-09239-8>

Lopez, C., Cauty, C., & Guyomarc'h, F. (2015). Organization of lipids in milks, infant milk formulas and various dairy products: role of technological processes and potential impacts. *Dairy Science & Technology*, 95(6), 863-893. <https://doi.org/10.1007/s13594-015-0263-0>

Lucey, J. A. (2011). Cheese | Acid- and Acid/Heat Coagulated Cheese. In *Encyclopedia of Dairy Sciences* (2. ed, pp. 698-705). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00083-2>

Marangoni Júnior, L., Vieira, R. P., Jamróz, E., & Anjos, C. A. R. (2021). Furcellaran: An innovative biopolymer in the production of films and coatings. *Carbohydrate Polymers*, 252. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117221>

Marchesseau, S., Gastaldi, E., Lagaude, A., & Cuq, J. -L. (1997). Influence of pH on Protein Interactions and Microstructure of Process Cheese. *Journal of Dairy Science*, 80(8), 1483-1489. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76076-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76076-4)

Massoud, R., Belgheisi, S., & Massoud, A. (2016). Effect of High Pressure Homogenization on Improving the Quality of Milk and Sensory Properties of Yogurt: A Review. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 7(1), 66-70. <https://doi.org/10.7763/IJCEA.2016.V7.544>

Meyer, A., (1973). Processed Cheese Manufacture. Food Trade Press Ltd., London, UK.

McIntyre, I., O'Sullivan, M., & O'Riordan, D. (2017). Manipulating calcium level provides a new approach for the manufacture of casein-based food structures with different functionalities. *International Dairy Journal*, 70, 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.11.013>

Miciński, J., Kowalski, I., Szarek, J., & Zwierzchowski, G. (2013). Health-promoting properties of selected milk components. *Journal of Elemntology*, 18(1), 165-186. <https://doi.org/10.5601/jelem.2013.18.1.14>

Milovanovic, B., Djekic, I., Miocinovic, J., Djordjevic, V., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Mörlein, D., & Tomasevic, I. (2020). What Is the Color of Milk and Dairy Products and How Is It Measured?. *Foods*, 9(11). <https://doi.org/10.3390/foods9111629>

Míšková, Z., Salek, R. N., Křenková, B., Kůrová, V., Němečková, I., Pachlová, V., & Buňka, F. (2021). The effect of κ - and ι -carrageenan concentrations on the viscoelastic and sensory properties of cream desserts during storage. *LWT - Food Science and Technology*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111539>

Mohammadi, A., & Fadei, V. (2018). The effect of homogenization on texture of reduced dry matter processed cheese. *Food Science and Technology*, 38(1), 190-195. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.17817>

Nikzade, V., Tehrani, M. M., & Saadatmand-Tarzjan, M. (2012). Optimization of low-cholesterol–low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach. *Food Hydrocolloids*, 28(2), 344-352. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.023>

Noronha, N., O'Riordan, E. D., & O'Sullivan, M. (2008). Influence of processing parameters on the texture and microstructure of imitation cheese. *European Food Research and Technology*, 226(3), 385-393. <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0549-9>

Piska, I., & Štětina, J. (2004). Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering*, 61(4), 551-555. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00217-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00217-6)

Pluta-Kubica, A., Černíková, M., Dimitreli, G., Nebesářová, J., Exarhopoulos, S., Thomareis, A. S., Salek, R. N., & Buňka, F. (2021). Influence of the melt holding time on fat droplet size and the viscoelastic properties of model spreadable processed cheeses with different compositions. *International Dairy Journal*, 113. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104880>

- Polášek, Z., Salek, R. N., Vašina, M., Lyčková, A., Gál, R., Pachlová, V., & Buňka, F. (2021). The effect of furcellaran or κ -carrageenan addition on the textural, rheological and mechanical vibration damping properties of restructured chicken breast ham. *LWT - Food Science and Technology*, 138. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110623>
- Robal, M., Brenner, T., Matsukawa, S., Ogawa, H., Truus, K., Rudolph, B., & Tuvikene, R. (2017). Monocationic salts of carrageenans: Preparation and physico-chemical properties. *Food Hydrocolloids*, 63, 656-667. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.09.032>
- Saad, S. A., EL-Mahdi, L. D., Awad, R. A., & Hassan, Z. M. R. (2015). Processed cheese sauces with different preservative systems. *Integrative Food, Nutrition and Metabolism*, 2(1), 136-141. <https://doi.org/10.15761/IFNM.1000116>
- Salek, R. N., Černíková, M., Nagyová, G., Kuchař, D., Bačová, H., Minarčíková, L., & Buňka, F. (2015). The effect of composition of ternary mixtures containing phosphate and citrate emulsifying salts on selected textural properties of spreadable processed cheese. *International Dairy Journal*, 44, 37-43. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.12.009>
- Salek, R. N., Vašina, M., Lapčík, L., Černíková, M., Lorencová, E., Li, P., & Buňka, F. (2019). Evaluation of various emulsifying salts addition on selected properties of processed cheese sauce with the use of mechanical vibration damping and rheological methods. *LWT - Food Science and Technology*, 107, 178-184. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.022>
- Salek, R. N., Černíková, M., Lorencová, E., Pachlová, V., Kůrová, V., Šenkýřová, J., & Buňka, F. (2020). The impact of Cheddar or white brined cheese with various maturity degrees on the processed cheese consistency: A comparative study. *International Dairy Journal*, 111. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104816>
- Saluri, M., Robal, M., & Tuvikene, R. (2019). Hybrid carrageenans as beer wort fining agents. *Food Hydrocolloids*, 86, 26-33. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.12.020>
- Saluri, M., Kaljuvee, K. -L., Paalme, T., Reile, I., & Tuvikene, R. (2021). Structural variability and rheological properties of furcellaran. *Food Hydrocolloids*, 111. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106227>
- Sato, K., & Ueno, S. (2011). Crystallization, transformation and microstructures of polymorphic fats in colloidal dispersion states. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 16(5), 384-390. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2011.06.004>
- Schäffer, B., Lőrinczy, D., & Belágyi, J. (1999). DSC and electronmicroscopic investigation of dispersion-type processed cheeses made without peptization.

Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 56(3), 1211-1216.
<https://doi.org/10.1023/A:1010177616929>

Schäffer, B., Szakály, S., Lőrinczy, D., & Schäffer, B. (2001). Processed cheeses made with and without peptization. Submicroscopic structure and thermodynamic characteristics. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 64(2), 671-679.
<https://doi.org/10.1023/A:1011532009021>

Schorsch, C., Jones, M. G., & Norton, I. T. (2000). Phase behaviour of pure micellar casein/ κ -carrageenan systems in milk salt ultrafiltrate. *Food Hydrocolloids*, 14(4), 347-358. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(00\)00011-4](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(00)00011-4)

Shalaby, S. M., Mohamed, A. G., & Bayoumi, H. M. (2017). Preparation of a Novel Processed Cheese Sauce Flavored with Essential Oils. *International Journal of Dairy Science*, 12(3), 161-169.
<https://doi.org/10.3923/ijds.2017.161.169>

Sołowiej, B. G., Nastaj, M., Szafrńska, J. O., Muszyński, S., Gustaw, W., Tomczyńska-Mleko, M., & Mleko, S. (2020). Effect of emulsifying salts replacement with polymerised whey protein isolate on textural, rheological and melting properties of acid casein model processed cheeses. *International Dairy Journal*, 105. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104694>

Spagnuolo, P., Dalgleish, D., Goff, H., & Morris, E. (2005). Kappa-carrageenan interactions in systems containing casein micelles and polysaccharide stabilizers. *Food Hydrocolloids*, 19(3), 371-377.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.10.003>

Syrbe, A., Bauer, W. J., & Klostermeyer, H. (1998). Polymer Science Concepts in Dairy Systems—an Overview of Milk Protein and Food Hydrocolloid Interaction. *International Dairy Journal*, 8(3), 179-193.
[https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(98\)00041-7](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(98)00041-7)

Szafrńska, J. O., & Sołowiej, B. G. (2020). Effect of different fibres on texture, rheological and sensory properties of acid casein processed cheese sauces. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(5), 1971-1979.
<https://doi.org/10.1111/ijfs.14485>

Tamime, A. Y. (2011). Processed cheese and analogues: An overview. In: Tamime, A. Y. (Ed.), *Processed cheese and analogues* (pp. 1-24). Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

Tuvikene, R., Truus, K., Kollist, A., Volobujeva, O., Mellikov, E., & Pehk, T. (2008). Gel-forming structures and stages of red algal galactans of different sulfation levels. *Journal of Applied Phycology*, 20(5), 527-535.
<https://doi.org/10.1007/s10811-007-9229-9>

- Tuvikene, R., Truus, K., Robal, M., Volobujeva, O., Mellikov, E., Pehk, T., Kollist, A., Kailas, T., & Vaher, M. (2010). The extraction, structure, and gelling properties of hybrid galactan from the red alga *Furcellaria lumbricalis* (Baltic Sea, Estonia). *Journal of Applied Phycology*, 22(1), 51-63. <https://doi.org/10.1007/s10811-009-9425-x>
- Van de Velde, F. (2008). Structure and function of hybrid carrageenans. *Food Hydrocolloids*, 22(5), 727-734. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.05.013>
- Vincová, A., Šantová, K., Kůrová, V., Kratochvílová, A., Halámková, V., Suchánková, M., Lorencová, E., Sumczynski, D., & Salek, R. N. (2023). The impact of divergent algal hydrocolloids addition on the physicochemical, viscoelastic, textural, and organoleptic properties of cream cheese products. *Foods*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/foods12081602>
- Wadhvani, R., & McMahon, D. J. (2012). Color of low-fat cheese influences flavor perception and consumer liking. *Journal of Dairy Science*, 95(5), 2336-2346. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5142>
- Weiserová, E., Doudová, L., Galiová, L., Žák, L., Michálek, J., Janiš, R., & Buňka, F. (2011). The effect of combinations of sodium phosphates in binary mixtures on selected texture parameters of processed cheese spreads. *International Dairy Journal*, 21(12), 979-986. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.06.006>
- Wurm, F., Nussbaumer, F., Pham, T., & Bechtold, T. (2019). Structural elucidation of mixed carrageenan gels using rheometry. *Food Hydrocolloids*, 95, 533-539. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.005>

8. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CI	ι-karagenan
CFR	<i>Code of Federal Regulation</i>
CS2	kontrolní vzorek experiment II
CS3	kontrolní vzorek experiment III
CR	κ-karagenan
DSP	hydrogenfosforečnan disodný
FA	furcellaran A (Estgel 8500)
FB	furcellaran B (Estgel 1000)
MSP	dihydrogenfosforečnan sodný
NH	nehomogenizovaný
OSH	jednostupňová homogenizace/jednostupňově homogenizovaný
P20	sodná sůl polyfosforečnanu o střední délce řetězce $n \approx 20$
THS	dvoustupňová homogenizace/dvoustupňově homogenizovaný
TSPP	difosforečnan tetrasodný

9. SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1 Modelové schéma iontové výměny během tavení přírodního sýra (Na^+ – monovalentní kationt; Ca^{++} – bivalentní kationt; A – polyvalentní aniont; zejména fosforečnany, polyfosforečnany a/nebo citronany, SER – serinové zbytky). Upraveno dle Buňka et al. (2022). 11
- Obr. 2 Hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* (referenční frekvence 1 Hz) tavených sýrů s přidavkem tavicích solí během 60denního skladování (6 ± 2 °C). Modelové vzorky obsahovaly furcellaran A (Estgel 8500; část A) nebo furcellaran B (Estgel 1000; část B) v koncentracích 0,10 až 1,00 % w/w. Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS2) bez obsahu polysacharidu. 28
- Obr. 3 Hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* (referenční frekvence 1 Hz) tavených sýrů bez přidavku tavicích solí během 60denního skladování (6 ± 2 °C). Modelové vzorky obsahovaly furcellaran A (Estgel 8500; část A) nebo furcellaran B (Estgel 1000; část B) v koncentracích 0,10 až 1,00 % w/w. 28
- Obr. 4 Komplexní modul pružnosti (G^* ; Pa) tavených sýrových omáček s přidavkem κ -karagenanu (CR) a furcellaranu B (FR) v koncentracích 0,125; 0,250; 0,500; 0,750 a 1,000 % w/w a kontrolního vzorku (CS3). Vzorky byly nehomogenizované (bílý sloupec; NH), homogenizované jednostupňovým procesem (10 MPa; černý sloupec; OSH) nebo homogenizované dvoustupňovým procesem (10/20 MPa; šedý sloupec; TSH). 30
- Obr. 5 Stabilita emulze (rel. %) tavených sýrových omáček s přidavkem κ -karagenanu (CR) a furcellaranu (FR) v koncentracích 0,125 až 1,000 % w/w a kontrolního vzorku (CS3). Vzorky byly nehomogenizované (bílý sloupec; NH), homogenizované jednostupňovým procesem (10 MPa; černý sloupec; OSH) nebo homogenizované dvoustupňovým procesem (10/20 MPa; šedý sloupec; TSH). 32

10. SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Vybrané vlastnosti furcellaranu A (Estgel 8500) a furcellaranu B (Estgel 1000)	18
Tab. 2 Komplexní modul pružnosti (G^* ; Pa) a úhel fázového posunu (δ ; °) smetanových krémů vyrobených s κ -karagenanem (v koncentracích 0,025; 0,050; 0,075; 0,100; 0,125 a 0,150 % w/w) během 28denního skladování při 6 ± 2 °C. Uvedené hodnoty byly měřeny při referenční frekvenci 1 Hz. ^{*z}	24
Tab. 3 Komplexní modul pružnosti (G^* ; Pa) a úhel fázového posunu (δ ; °) smetanových krémů vyrobených s ι -karagenanem (v koncentracích 0,025; 0,050; 0,075; 0,100; 0,125 a 0,150 % w/w) během 28denního skladování při 6 ± 2 °C. Uvedené hodnoty byly měřeny při referenční frekvenci 1 Hz. ^{*z}	25

11. SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA

Příspěvky v časopisech s IF:

Buňka, F., Sedlačík, M., Foltin, M., Lazárková, Z., Pětová, M., Buňková, L., Purevdorj, K., Talár, J., **Kůrová, V.**, Novotný, M., Vlkovský, M., Salek, R. S. Evaluation of processed cheese viscoelastic properties during sterilization observed *in situ*. *Journal of Dairy Science*. Přijato k publikaci dne 6. 2. 2023.

Vincová, A., Šantová, K., **Kůrová, V.**, Kratochvílová, A., Halámková, V., Suchánková, M., Lorencová, E., Sumczynski, D., & Salek, R. N. (2023). The impact of divergent algal hydrocolloids addition on the physicochemical, viscoelastic, textural, and organoleptic properties of cream cheese products. *Foods*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/foods12081602>

Kratochvílová, A., Salek, R. N., Vašina, M., Lorencová, E., **Kůrová, V.**, Lazárková, Z., Dostálová, J., & Šenkýřová, J. (2022). The impact of different hydrocolloids on the viscoelastic properties and microstructure of processed cheese manufactured without emulsifying salts in relation to storage time. *Foods*, 11(22). <https://doi.org/10.3390/foods11223605>

Jedouňková, A., Lazárková, Z., Hampelová, L., **Kůrová, V.**, Pospiech, M., Buňková, L., Foltin, P., Salek, R. N., Malíšek, J., Michálek, J., & Buňka, F. (2022). Critical view on sterilisation effect on processed cheese properties designed for feeding support in crisis and emergency situations. *LWT*, 171. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114135>

Salek, R. N., Lorencová, E., Gál, R., **Kůrová, V.**, Opustilová, K., & Buňka, F. (2022). Physicochemical and sensory properties of czech lager beers with increasing original wort extract values during cold storage. *Foods*, 11(21). <https://doi.org/10.3390/foods11213389>

Kůrová, V., Salek, R. N., Vašina, M., Vinklárková, K., Zálešáková, L., Gál, R., Adámek, R., & Buňka, F. (2022). The effect of homogenization and addition of polysaccharides on the viscoelastic properties of processed cheese sauce. *Journal of Dairy Science*, 105(8), 6563-6577. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21520>

Kůrová, V., Salek, R. N., Černíková, M., Lorencová, E., Zálešáková, L., & Buňka, F. (2022). Furcellaran as a substitute for emulsifying salts in processed cheese spread and the resultant storage changes. *International Journal of Dairy Technology*, 75(3), 679-689. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12871>

Míšková, Z., Salek, R. N., Křenková, B., **Kůrová, V.**, Němečková, I., Pachlová, V., & Buňka, F. (2021). The effect of κ - and ι -carrageenan concentrations on the viscoelastic and sensory properties of cream desserts during storage. *LWT*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111539>

Salek, R. N., Černíková, M., Lorencová, E., Pachlová, V., **Kůrová, V.**, Šenkýřová, J., & Buňka, F. (2020). The impact of Cheddar or white brined cheese

with various maturity degrees on the processed cheese consistency: A comparative study. *International Dairy Journal*, 111. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104816>

Příspěvky ve sbornících z konferencí:

Rejdlová, A., Míšková, Z., **Kůrová, V.**, Salek, R. N. (2023). Výroba a hodnocení nového typu nápoje na bázi kefiru vyrobeného z mrkvové šťávy a syrovátky. In: *Konference o jakosti potravin a potravinových surovin*. Brno: Mendelova univerzita.

Kůrová, V., Salek, R. N., Vinklárková, K., Zálešáková, L., Buňka, F. (2022). Vliv homogenizace na viskoelastické vlastnosti tavených sýrových omáček vyrobených s přidavkem kappa-karagenanu a furcellaranu. In: *Konference Mléko a sýry*. Praha: VŠCHT.

Jedouňková, A., Lazárková, Z., **Kůrová, V.**, Salek, R. N., Buňková, L., Buňka, F. (2022) Vliv sterilizačního záhřevu na vybrané jakostní parametry tavených sýrů s rozdílným obsahem sušiny a tuku v sušině. In: *Konference Mléko a sýry*. Praha: VŠCHT.

Buňka, F., Malíšek J., Jedouňková, A., Lazárková, Z., **Kůrová, V.**, Buňková, L., Salek, R. N. (2022). Vliv obsahu sušiny a tuku v sušině na texturní a viskoelastické vlastnosti sterilovaných tavených sýrů. In: *Konference Mléko a sýry*. Praha: VŠCHT.

Kůrová, V., Salek, R. N., Švajdová, N., Gál, R., & Buňka, F. (2020). The effect of the homogenization process on the viscoelastic properties of processed cheese sauce with furcellaran addition. *MendelNet*, 27, Article 335-340.

Kůrová, V., Petreňová, M., Buňka, F., Černíková, M. (2020). Vliv doby a teploty skladování na jakost trvanlivého mléka. In: *Konference Mléko a sýry*. Praha: VŠCHT.

12. ŽIVOTOPIS AUTORA

Jméno a příjmení: Vendula Kůrová
Datum narození: 18. 3. 1995
Adresa: Žešov 42, Prostějov, 796 01
E-mail: v_kurova@utb.cz
Tel.: +420 737 460 875

VZDĚLÁNÍ

2019–dosud Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická – doktorské studium ve studijním oboru Technologie potravin
2017–2019 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická – navazující magisterské studium ve studijní oboru Technologie potravin
2014–2017 Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta – bakalářské studium ve studijním oboru Molekulární a buněčná biologie
2008–2014 Reálné gymnázium a základní škola Otto Wichterleho, Prostějov

PRACOVNÍ ZKUŠENOSTI

2020–dosud Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav technologie potravin, akademický pracovník – asistent

PRACOVNÍ STÁŽE

2021 Erasmus+, Instituto Politecnico de Beja, Portugalsko, 3 měsíce

PROJEKTOVÁ ČINNOST

2019 *Posouzení vlastností a kvality potravin v závislosti na vybraných faktorech*, IGA/FT/2019/006, spoluřešitel
2020 *Vliv vybraných faktorů na vlastnosti a kvalitu potravin*, IGA/FT/2020/006, spoluřešitel
2020–2021 *Nové přístupy a metody analýzy pro zajištění kvality, bezpečnosti a zdravotní nezávadnosti sýrů, optimalizace jejich výroby a zefektivnění procesů hygieny a sanitace při současném snížení zátěže životního prostředí odpadními vodami*, projekt MZE ZEMĚ QK170156, spoluřešitel
2021 *Vliv technologických trendů na kvalitu a vlastnosti vybraných potravin*, IGA/FT/2021/004, spoluřešitel
2022 *Technologické trendy ovlivňující kvalitu a vlastnosti vybraných potravin*, IGA/FT/2022/005, hlavní řešitel
2023 *Souhrnné hodnocení disperzních systémů se zaměřením na fyzikálně-chemické a mechanické vlastnosti potravinářských produktů*, IGA/FT/2023/007, spoluřešitel

Ing. Vendula Kůrová, Ph.D.

**Vliv procesních parametrů a složení surovinové skladby na jakost
vybraných mléčných výrobků**

The impact of processing parameters and raw material composition on the
quality of selected dairy products

Teze disertační práce

Vydala Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,
nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín.

Náklad: vyšlo elektronicky

Sazba: autor

Publikace neprošla jazykovou ani redakční úpravou.

Rok vydání 2023

Pořadí vydání: první

ISBN 978-80-7678-189-4

