

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**

Studijní program: P2901 Chemie a technologie potravin

Studijní obor: 2901V013 Technologie potravin

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

Konzultant: prof. Ing. František Buňka, Ph.D.

Zlín, 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

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, tavené sýrové omáčky a jejich analogy.....	8
1.1.1	Suroviny pro výrobu tavených sýrů.....	9
1.1.2	Tavicí soli, princip jejich působení a možná náhrada.....	11
1.1.3	Technologie výroby tavených sýrů.....	17
1.2	Smetanové krémy	22
1.3	Hydrokoloidy.....	23
1.3.1	Karagenany.....	24
1.3.2	Furcellaran.....	26
1.3.3	Interakce karagenanů s mléčnými bílkovinami	27
2	CÍL PRÁCE	29
3	ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ.....	30
3.1	Popis jednotlivých experimentů a výroba modelových vzorků.....	30
3.1.1	Experiment I.....	30
3.1.2	Experiment II.....	31
3.1.3	Experiment III.....	33
3.2	Základní chemická analýza	34
3.3	Dynamická oscilační reologie	34
3.4	Instrumentální stanovení barvy	35
3.5	Stanovení stability emulze.....	36
3.6	Stanovení vodní aktivity.....	36
3.7	Statistické vyhodnocení dat.....	37
4	VÝSLEDKY A DISKUZE	38
4.1	Výsledky a diskuze k experimentu I.....	38
4.1.1	Základní chemická analýza	38
4.1.2	Reologická analýza.....	38
4.2	Výsledky a diskuze k experimentu II	47
4.2.1	Základní chemická analýza	47
4.2.2	Reologická analýza.....	50
4.3	Výsledky a diskuze k experimentu III.....	59
4.3.1	Základní chemická analýza	59
4.3.2	Reologická analýza.....	59
4.3.3	Stanovení barvy	65
4.3.4	Stanovení stability emulze.....	70
4.3.5	Stanovení aktivity vody	71

5	PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI.....	72
6	ZÁVĚR.....	74
7	SEZNAM REFERENCÍ	76
8	SEZNAM ZKRATEK	88
9	SEZNAM OBRÁZKŮ	89
10	SEZNAM TABULEK	92
11	SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA	94
12	ŽIVOTOPIS AUTORA	96
13	SEZNAM PŘÍLOH	97

1 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

1.1 Tavené sýry, tavené sýrové omáčky a jejich analogy

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 tavicí 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., 2022a).

Další skupinou výrobků podobných taveným sýrům, jejichž předností jsou zejména nižší náklady na surovinovou skladbu, jsou tzv. analogy (tavených) sýrů. *Codex Alimentarius* definuje analogy sýrů jako produkty připomínající sýr, ve kterých však došlo k náhradě mléčného tuku za tuky jiného (zejména rostlinného) původu (Anonym, 1978). Dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1308/2013, v platném znění, tak nemohou být tyto výrobky označovány jako sýry (Evropa, 2013). Kromě ekonomického hlediska mohou mít analogy sýrů přínos i z hlediska výživy člověka, například díky nižšímu obsah nasycených mastných kyselin a cholesterolu (Bachmann, 2001, Guinee, 2017). Dle dostupné literatury je společně s náhradou mléčného tuku možná náhrada i mléčné proteinové složky (tzv. „*nemléčné analogy*“), nebo je možné analogy sýrů vyrábět ze složek mléčných (tzv. „*mléčné analogy*“). Posledně uvedené produkty však mají na trhu oproti tzv. částečně mléčným analogům (kde je nahrazena složka tuková a proteiny jsou původu mléčného) relativně malý význam (Guinee et al., 2004).

1.1.1 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

Hlavní složkou používanou pro výrobu tavených sýrů jsou sýry přírodní, přičemž je možné využívat směsi sýrů v různém stupni zralosti, případně i směsi různých druhů sýrů, čímž je dosaženo požadovaných chemických a funkčních charakteristik výsledných produktů. Druhy sýrů používaných pro výrobu tavených sýrů se liší v závislosti na jednotlivých státech a jejich

zvyklostech, například ve Spojeném království a Austrálii je pro výrobu využíván zejména Čedar, ve Spojených státech amerických a Kanadě je kromě Čedaru používána i Mozzarella, ve Francii, Německu a Holandsku se tavené sýry vyrábí zejména z Ementálu a Goudy. Na Balkáně, Blízkém a Středním východě jsou naopak jako vstupní surovina využívány bílé sýry zrající v solném nálevu. V České republice je pro výrobu tavených sýrů využívána zejména Eidamská cihla (Kapoor et al., 2007, Buňka et al., 2009, Guinee, 2017, Salek et al., 2020). Během sestavování surovinové skladby je třeba brát ohled na stupeň zralosti přírodního sýra (respektive obsah intaktního kazeinu, tzn. nehydrolyzovaného kazeinu) vybraného ke zpracování. Obecně lze říci, že použití mladé, méně zralé základní suroviny (s relativně vyšším obsahem intaktního kazeinu) má za následek tužší a konzistenci tavených sýrů, zatímco se zvyšujícím se stupněm zralosti se jejich tuhost snižuje. Produkty vyrobené zpracováním zralého přírodního sýra (obsah intaktního kazeinu přibližně 70 %) jsou spíše krémovité, jemné a dobře roztíratelné (Piska & Štětina, 2004, Brickley et al., 2007, 2008, Buňka et al., 2013, Guinee, 2017). V případě použití suroviny ve vysokém stupni zralosti (obsah intaktního kazeinu < 65 %) však hrozí, že výsledný produkt bude nestabilní, jelikož během zrání přírodních sýrů dochází k rozsáhlé hydrolyze proteinů, které následně nemusí mít dostatečnou emulgační kapacitu (Guinee et al., 2004, Piska & Štětina, 2004). Méně vyzrálé mladé přírodní sýry (s obsahem intaktního kazeinu v rozmezí 70–95 %) jsou levnější alternativou ve srovnání se sýry ve střední nebo vysoké zralosti a vzhledem k vyšší tuhosti výsledného produktu jsou používány zejména při výrobě blokového či krájitelného taveného sýra (Guinee et al., 2004, Brickley et al., 2007, Salek et al., 2016).

Snižující se tuhost tavených sýrů byla také pozorována se snižujícím se obsahem vápenatých iontů v matici přírodního sýra (Kapoor & Metzger, 2008, Guinee & O’Kennedy, 2009). Naopak vzrůstající trend tuhosti pozorovali Kapoor et al. (2007) se zvyšujícím se pH (v rozmezí 5,05–5,35) přírodního sýra. Nicméně, problematika vlivu dvou výše jmenovaných faktorů je poměrně komplikovaná, jednotlivé studie si často odporují, jelikož využívají různých matic i výrobních parametrů, a jejich výsledky jsou tak ovlivněny „výraznějšími“ činiteli jako je rozdílný obsah intaktního kazeinu (Guinee, 2011).

Dále je možné do surovinové skladby tavených sýrů a jim podobných výrobků přidávat (s ohledem na platnou legislativu) další suroviny, které lze, dle jejich původu, rozdělit na mléčné a nemléčné. Z mléčných surovin lze vyjmenovat například tvaroh, sušené mléko či syrovátku nebo máslo či smetanu. Tyto komponenty se využívají zejména ke standardizaci obsahu sušiny či tuku v sušině, nebo k náhradě přírodního sýra ekonomicky výhodnější surovinou. Ze surovin nemléčných pak lze jmenovat tavicí soli (kapitola 1.1.2), emulgátory,

stabilizátory, barviva, aromatizující a ochucující látky nebo zeleninu a maso (Buňka et al., 2009, Guinee, 2017). Příkladem může být využití sladkého kazeinu, který je nejčastěji používanou surovinou pro výrobu analogů sýrů a jeho výhodou je vysoký obsah intaktního kazeinu (~99 %; O’Riordan et al., 2011). Sodné (případně vápenaté) kazeináty se pak vyznačují dobrou emulgační kapacitou a vysokou vazností vody a využívají se často pro roztíratelné analogy tavených sýrů. Syrovátková bílkovina může být přidávána ve formě sušené syrovátky (obsah proteinů přibližně ~13 % w/w), koncentrátu syrovátkové bílkoviny (WPC35 a WPC75 z anglického „*whey protein concentrate*“ s obsahem bílkovin ~35 % w/w, respektive ≥ 75 % w/w) nebo izolátu syrovátkové bílkoviny (WPI90 z anglického „*whey protein isolate*“ s obsahem bílkovin ~90 % w/w). Přídavek sušené syrovátky dodává výrobku jemnou a nasládlou chuť a hladkou konzistenci, která je žádoucí například u tavených sýrových omáček. Přídavek koncentrátu či izolátu syrovátkových bílkovin se využívá pro zvýšení tuhosti a zajištění nízké roztékavosti blokových tavených produktů (například v plátcích určených do produktů řetězců rychlého občerstvení). Dále může být využit přídavek micelárního kazeinu, mléčných proteinových koncentrátů a izolátů či koprecipitátů. Relativně často je také do surovinové skladby přidáváno sušené odstředěné mléko, které způsobí vznik měkčí a dobře roztíratelné konzistence (Kapoor & Metzger, 2008, Guinee, 2017).

1.1.2 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 (uvolnění). Neuvolněné a nedispergované kazeinové frakce vázané v matici přírodního sýra nejsou schopny působit jako přirozené emulgátory (Buňka et al., 2022). Pokud by tedy tavicí soli nebyly při výrobě tavených sýrů použity, docházelo by vlivem záhřevu a mechanického namáhání k narušování lipoproteinových membrán tukových kuliček, uvolňování jejich obsahu a následnému shlukování a koalescenci, čímž by docházelo k méně homogenní distribuci

tukové a kazeinové fáze. Dále by, vlivem podmínek výroby (relativně vysoká teplota 80–105 °C a relativně nízké pH prostředí < 5,7), docházelo k agregaci parakazeinové sítě paralelně s uvolňováním vody. Výsledný produkt by tedy měl heterogenní, gumovitou strukturu s viditelným oddělováním tukové a vodné fáze (Guinee et al., 2004, Guinee, 2017). 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). Příklad konkrétních chemických sloučenin, které jsou aplikovány jako tavicí soli, společně s jejich vybranými vlastnostmi je uveden v Tab. 1. 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).

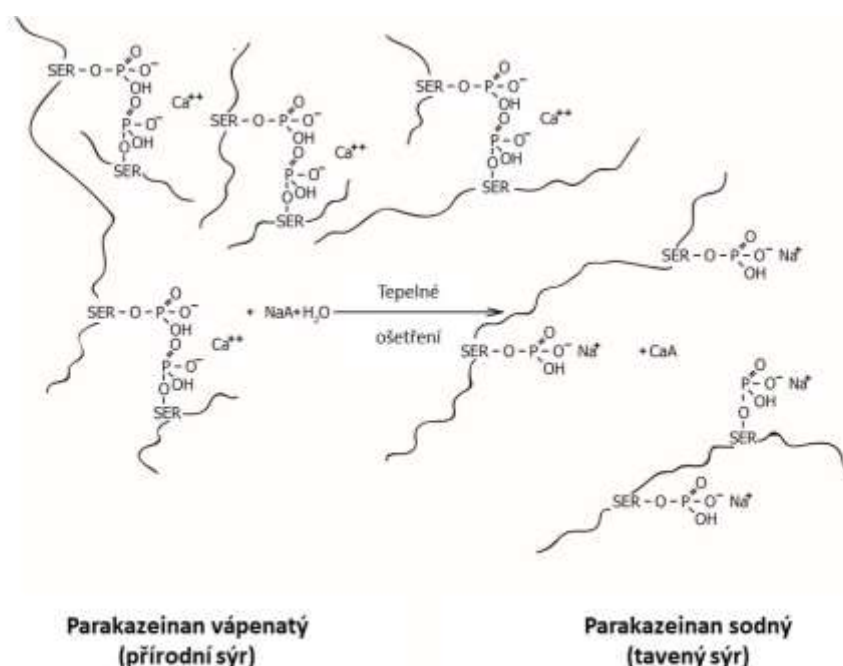
Tab. 1 Vybrané vlastnosti fosforečnanových tavicích solí (upraveno dle Guinee, 2017).

Název	Vzorec sloučeniny	E-kód	Hodnota pH ¹	Schopnost sekvestrace Ca ²⁺	Pufrační schopnost
Dihydrogenfosforečnan sodný	NaH ₂ PO ₄	339	4,5	nízká	vysoká
Hydrogenfosforečnan sodný	Na ₂ HPO ₄	339	9,1	nízká	vysoká
Fosforečnan sodný	Na ₃ PO ₄	339	11,9	nízká	vysoká
Dihydrogendifosforečnan sodný	Na ₂ H ₂ P ₂ O ₇	450	4,1	střední	střední
Difosforečnan sodný	Na ₄ P ₂ O ₇	450	10,2	střední	střední
Trifosforečnan sodný	Na ₅ P ₃ O ₁₀	451	9,7	vysoká až velmi vysoká	velmi nízká až nízká
Polyfosforečnan sodný	(NaPO ₃) _n	452	6,6	vysoká až velmi vysoká	velmi nízká až nízká

¹ hodnota pH 1% w/v vodného roztoku

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 „rozpustnější“ 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 trvajících výroby, tzn. za současného působení tavicí teploty a nepřetržitého míchání v přítomnosti vody, dochází

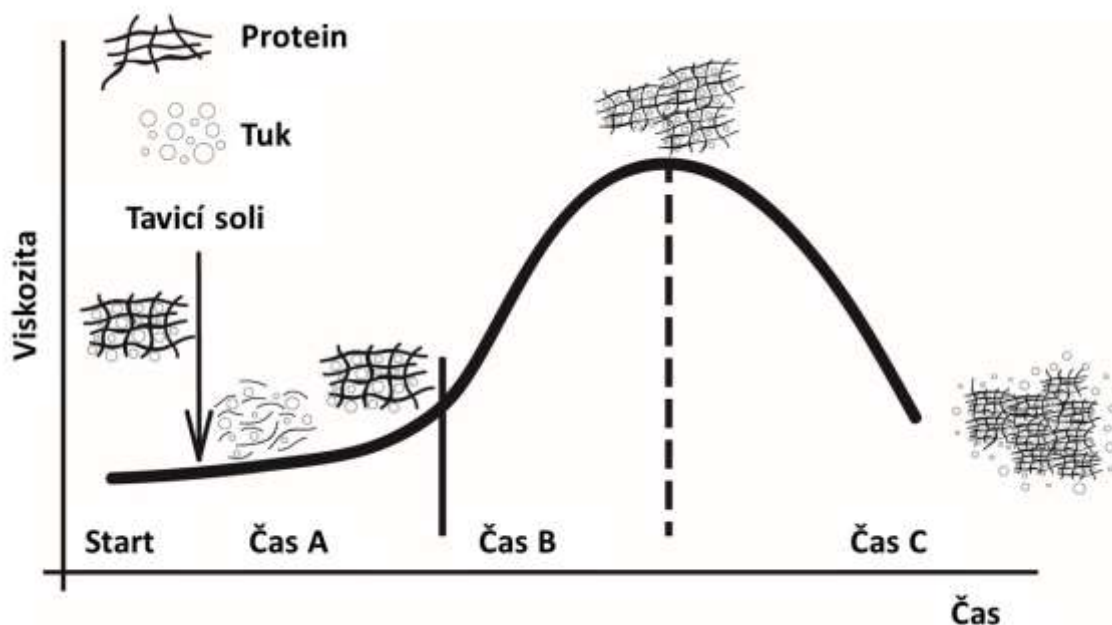
k navazování polyvalentních aniontů na kazeiny pomocí vápenatých iontů, čímž je dále navýšen hydrofilní charakter kazeinů a dochází k vazbě dalšího podílu vody. Hydratace proteinů vede společně s emulgací tuku ke zvýšení viskozity taveniny, které je označováno jako „krémování“. Strukturní změny matrice tavených sýrů během počátku výroby a fáze krémování jsou znázorněny na Obr. 2. Z tohoto obrázku je dále patrné, že prodloužení výrobního času má jistá omezení. Při překročení určité doby výroby dochází k tzv. překrémování tavených sýrů, což se projeví snížením viskozity taveniny (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).



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).

Schopnost sekvence vápenatých iontů bývá v literatuře označována jako primární funkce tavicích solí. Jejich neméně technologicky významnou funkcí je však i úprava a stabilizace hodnoty pH v tavené hmotě. Přidáním 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. 2 Změna struktury proteinové matrice během procesu tavení a následného krémování. Na obrázku je znázorněna iontová výměna a dispergace kazeinů (čas A), hydratace kazeinů, emulgace tuku a tvorba nové bílkovinné sítě (čas B) a fáze překrémování, kde dochází k uvolňování tuku a vody z kazeinové matrice (čas C). Upraveno dle Buňka et al. (2022).

Vzhledem k funkcím tavicích solí, které byly popsány výše, je koncentrace tavicích solí v tavených sýrech a jim podobných produktech taktéž významným faktorem ovlivňujícím jejich konzistenci. Buňka et al. (2014) a Ahmad et al. (2016) popsali snižující se tvrdost vzorků tavených sýrů se snižujícím se obsahem tavicích solí v intervalu od 3 do 1 % w/w. El-Bakry et al. (2010) sledovali stejný trend u analogů taveného sýru vyrobeného ze sladkého kazeinu, hydrogenovaného palmového a řepkového oleje. Z pohledu použití různých druhů tavicích solí obecně lze sledovat trend snížení tuhosti tavených sýrů v následujícím pořadí: polyfosforečnany > trifosforečnany > difosforečnany (pyrofosforečnany) > monofosforečnany (orthofosforečnany), pokud jsou soli aplikovány jednotlivě (Dimitreli & Thomareis, 2009, Sádliková et al., 2010), což koresponduje s rozdílnou schopností jednotlivých sloučenin sekvestrovat vápenaté ionty a tím umožnit dispergaci kazeinových frakcí, jejich následnou hydrataci a lepší emulgaci přítomného tuku, čímž dochází ke vzniku pevnější struktury

(Guinee, 2017). Na druhou stranu, v praxi se pro výrobu tavených sýrů používají (právě pro jejich různé vlastnosti) směsi tavicích solí. Weiserová et al. (2011) se zabývali vlivem binárních směsí tavicích solí složených z mono-, di-, tri- a polyfosforečnanů sodných. Tvrdost vzorků rostla se zvyšujícím se podílem polyfosforečnanů, v případě binárních směsí monofosforečnanů s difosforečnanem nebo trifosforečnanem vykazovaly nejvyšší tvrdost vzorky s poměrem 1:1, respektive 2:3 (Weiserová et al., 2011). Buňka et al. (2013) studovali ternární směsi tavicích solí, konkrétně hydrogenfosforečnanu, difosforečnanu a polyfosforečnanu sodného. V případě nízké koncentrace polyfosforečnanu rostla tuhost tavených sýrů, pokud byly monofosforečnan a difosforečnan v poměru 1:1–3:4. S narůstající relativní koncentrací (nad 60 %) polyfosforečnanu v ternární směsi efekt toho specifického poměru však zaniká (Buňka et al., 2013). Stejně jako tavicí soli na bázi fosforečnanů se i citronany (citronan trisodný) aplikují do tavených sýrů ve směsích, při samostatném použití vzniká tavený sýr s konzistencí srovnatelnou s tavenými sýry vyrobenými s ekvivalentním přídatkem difosforečnanu sodného (Salek et al., 2015, 2016, Guinee, 2017). Vliv binární směsi citronanu sodného a hydrogenfosforečnanu sodného v analogích taveného sýra studovali El-Bakry et al. (2011), přičemž zaznamenali zvyšující se tvrdost tavených sýrů se zvyšujícím se obsahem citronanu sodného (při zachování celkového množství tavicích solí). Při použití binární směsi citronanu trisodného s difosforečnanem sodným byla pozorována nejvyšší tvrdost vzorků v případě, kdy byly tyto tavicí soli aplikovány v poměru 1:1 (Salek et al., 2015, 2016). Ternární směsi tavicích solí s použitím fosforečnanů a citronanů popsali Salek et al. 2015. Autoři uvádí, že se zvyšující se koncentrací citronanu trisodného, difosforečnanu sodného a/nebo polyfosforečnanu sodného a s klesající koncentrací hydrogenfosforečnanu sodného vzrůstá tvrdost vyrobených tavených sýrů (Salek et al. 2015). Vliv složení směsí fosforečnanových a citronanových tavicích solí byl popsán i u tavených sýrových omáček (Salek et al., 2019).

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 (vstřebatelnosti) a fyziologické aktivity 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. Konzumace vysokého množství těchto prvků je považováno za rizikový faktor řady onemocnění. Například vysoký

příjem sodíku (> 4000 mg/den; zejména u starších osob) je spojován s hypertenzí či kardiovaskulárními onemocněními (Mente et al., 2021). Nadměrná konzumace fosforu (> 4000 mg/den) u osob s chronickým onemocněním ledvin je spojována s hyperfosfatemii (výskyt zvýšené koncentrace fosforečnanů v krvi), která ústí v komplikace kostního minerálního metabolismu (Uribarri & Calvo, 2013, Kheadr et al., 2021). V posledních letech se tedy objevilo několik studií popisující 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 (částečným či úplným) při produkci tavených sýrů (případně jejich analogů) 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 kontrolním 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 sensoricky 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 odchýlkám ve sledovaných parametrech výrobků (tavitelnost, uvolňování tuku), 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 rozdíratelnost 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 koncentrátu (který byl připraven pomocí kyselého srážení přidavkem termofilních straterových kultur) a micelárního kazeinového koncentrátu.

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 koncentráty a micelárního kazeinového koncentráty 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).

1.1.3 Technologie výroby tavených sýrů

Obecně lze proces výroby tavených sýrů definovat jako mělnění, míchání a dispergaci proteinů přírodního sýru s dalšími složkami za zvýšených teplot (viz dále), obvykle v přítomnosti tavicích solí do dosažení homogenní konzistence výrobku (Kapoor & Metzger, 2008).

Formulace surovinové skladby je závislá na zamýšleném složení, texturních a funkčních vlastnostech výsledných produktů a vyžaduje znalosti a zkušenosti s možným vlivem jednotlivých složek a jejich kombinací na finální produkty. Na základě surovinové skladby jsou naváženy jednotlivé komponenty. Pevné suroviny (jako například sýr a máslo) jsou rozřezány na menší celky a rozmělněny, čímž dojde k maximalizaci jejich povrchu a během následné výroby je tak usnadněn přenos tepla a stejně tak interakce mezi jednotlivými složkami. V některých případech je možné jednotlivé suroviny předmíchat v míchacím zařízení. Zařazení tohoto kroku zajistí rovnoměrnou distribuci přítomných složek a jednotnou kvalitu produktů. Následně je zahájen proces vlastní výroby. Při diskontinuálním způsobu výroby jsou suroviny dávkovány do tavicího kotle a následně zahřívány za nepřetržitého míchání. Aplikované teploty a časy výdrže se mohou lišit s ohledem na použité zařízení a vlastnosti výsledného produktu, obecně se však udávají v rozmezích 70–95 °C po dobu 4–15 minut, tento údaj je však napříč literaturou uváděn různými autory s mírnými odchylkami. Výrobci jsou pak nejčastěji využívány teploty v rozmezí 90–100 °C. Tavenina je zahřívána nepřímo ohřevem přes meziplášť výrobního zařízení nebo přímým vstřikem páry do produktu, běžně je pak používána kombinace obojího. V průběhu výroby je také vhodné vytvořit v prostoru tavicího kotle mírné vakuum pro odstranění vzduchu, čímž lze předejít vzniku vzduchových otvorů, případně průběhu oxidačních změn produktů během skladování. Diskontinuální ošetření je vzhledem

k obvykle aplikovaným teplotám do 100 °C dostatečné pro inaktivaci vegetativních mikroorganismů, nikoliv však k inaktivaci bakteriálních spor. Obecné schéma výroby taveného sýra pomocí diskontinuálního procesu je uvedeno na Obr. 3. Tavené sýry lze také vyrábět kontinuálním procesem, kdy je předeřtá směs (70–90 °C) určená k tavení zahřívána vstříkem páry na teploty v rozmezí 140–150 °C po dobu až 10 s. Po záhřevu je tavenina vakuově ochlazena na teplotu přibližně 90 °C a přečerpána do vyrovnávacího tanku, tzv. krémovací nádrže, kde je produkt míchán po dobu nezbytnou k vytvoření požadované husté konzistence. Tímto záhřevem jsou vzhledem k použité teplotě inaktivovány mikrobiální spory a za předpokladu aseptického plnění je dosaženo obchodní sterility produktů. Aseptické plnění však nebývá v praxi příliš používáno (Guinee, 2017, Buňka et al., 2022).

Následně je tavenina dopravována z výrobniku či krémovacího tanku do plnicího stroje. Balení tavených sýrů probíhá za horka. Tavené sýry lze balit jako jednotlivé porce (například trojúhelníčky zabalené ve fólii nebo jako jednotlivé plátky) nebo jako bloky, plnit do střívek ve tvaru klobás, konzerv a tub. Po balení jsou takto upravené výrobky chlazeny, skladovány a distribuovány (Guinee, 2017).

Kromě výše popsaných kroků 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). Konvenční homogenizace, obecně v rozmezí 5 až 50 MPa, je široce používána v potravinářském průmyslu (i) ke stabilizaci emulzí (zabránění krémování a koalescenci), (ii) ke snížení velikosti částic (disperze), a (iii) k míchání jednotlivých přísad (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. Vysokotlaká homogenizace je také běžně zařazována při výrobě konzumního mléka, kde dochází ke zmenšení tukových kuliček na jemné kapénky, čímž je na základě Stokesova zákona značně zpomalena rychlost jejich vyvstávání. Aplikací vysokotlaké homogenizace je tak zabráněno oddělení smetany a dochází ke zvýšení stability a trvanlivosti mléčné emulze. Při produkci konzumního mléka se využívá zejména dvoustupňového procesu, kde je v primárním stupni zmenšena velikost tukových kuliček, a v sekundárním stupni jsou rozrušeny případné shluky, které se mohou vytvořit. Vysokotlaká homogenizace má však nepříznivý vliv na syřitelnost mléka a synerezi sýřeniny, proto není běžně zařazena při procesu výroby přírodních sýrů (Zamora et al., 2007). Při výrobě tavených

sýrů může však 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.

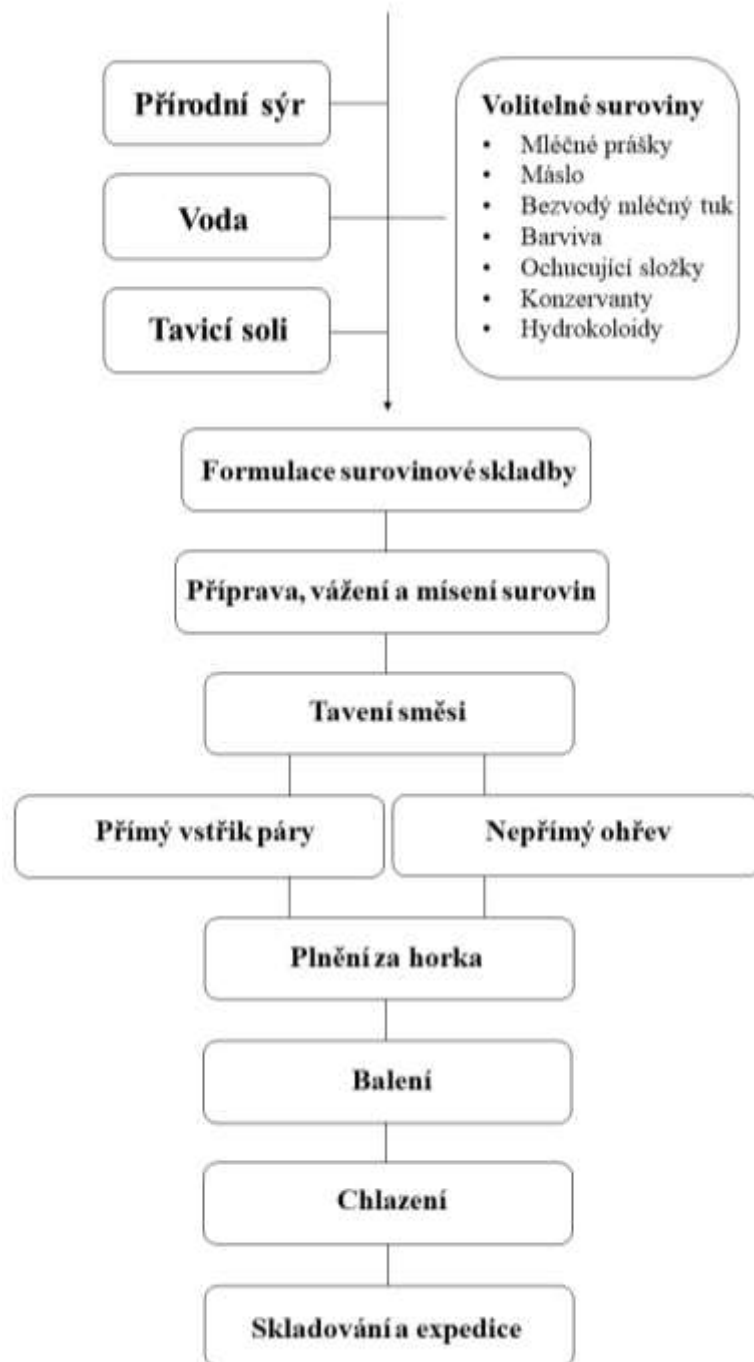
Aplikace homogenizace však může být limitována zejména nákladností samotného výrobního procesu, ale i počátečními investičními náklady souvisejícími s pořízením homogenizátoru. Moderní výrobní zařízení po produkci tavených sýrů navíc povětšinou plně dostačují pro zajištění odpovídajícího promíchání, 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. Při výrobě blokových tavených sýrů pak není homogenizaci z důvodu relativně vysoké viskozity horké taveniny, která způsobí ucpání homogenizační hlavy, možné aplikovat vůbec (Meyer, 1973, Guinee, 2004, 2017).

Procesní parametry ovlivňující konzistenci tavených sýrů

Změna výrobních podmínek, jako je doba výrobního procesu, rychlost ohřevu, rychlost míchání/stírání taveniny a rychlost chlazení, může být využita k úpravě vlastností tavených sýrů, přičemž největší změny jsou pozorovány u roztíratelných výrobků s obsahem sušiny přibližně 40 % w/w (Guinee, 2011). Ve studiích Bowland & Foegeding (1999), Shirashoji et al. (2010), Přikryl et al., 2018 a Černíková et al. (2018) byl popsán nárůst tvrdosti vzorků tavených sýrů s prodlužující se dobou výroby (od ~3–30 min). Na druhou stranu, studie Swenson et al. (2000) uvádí, že prodloužení doby zpracování (od 1–15 min) snížilo tuhost roztíratelných tavených sýrů bez obsahu tuku. Sutheerawattananonda et al. (1997) pozorovali zmenšení tukových kuliček a s tím spojený nárůst tvrdosti blokového taveného sýru v prvních 5 minutách výroby. Při dalším prodloužení doby výdrže (do 15 min) již nedocházelo ke změnám velikosti tukových kuliček. Prodloužení výrobního času má však určitá omezení, při příliš dlouhém působení (~25 min a více) dochází k tzv. překrémování tavených sýrů, což má za následek zhroucení jejich proteinové struktury. Tento defekt se projeví snížením

viskozity taveniny a tvorbou tuhé, pudinkovité konzistence, která však může být patrná až po zchlazení výrobků (Lee et al., 2003, Guinee, 2011). Efekt zvýšení tuhosti tavených sýrů byl pozorován ve studiích Guinee (2011), Purna et al. (2006) a Noronha et al. (2008) také se zvyšující se rychlostí míchání nožové soustavy výrobního zařízení (od 100–2700 rpm). Černíková et al. (2018) naopak uvádí, že k nárůstu tuhosti tavených sýrů vlivem zvýšení počtu otáček (z 1000 na 3000 rpm) dochází až při relativně delší době výroby (> 9 min). Stejně tak postupné zvyšování tavicí teploty ze 70 na 95 °C při stejné délce tavicího procesu (4 min) vedlo ke zvýšení tuhosti roztíratelného taveného sýra a zároveň ke zhoršení jeho tavitelnosti (Guinee, 2011). Z procesních parametrů má dle Piska & Štětina (2004) na konzistenci tavených výrobků vliv i rychlost chlazení taveniny. Se zrychlujícím se chlazením bylo dosaženo snížení tuhosti taveného sýra, který byl tak lépe roztíratelný, ale vykazoval vyšší lepivost (Piska & Štětina, 2004).

Kromě výše uvedeného můžeme mezi procesní parametry zařadit i aplikaci homogenizace, kterou lze, jak bylo již zmíněno, aplikovat na horkou taveninu po vlastní výrobě tavených sýrů. Aplikaci dvoustupňové homogenizace při třech režimech (první režim při tlacích 7 a 3 MPa, druhý režim při 11 a 4 MPa, třetí režim při tlacích 15 a 5 MPa) na tavené sýry se sníženým obsahem sušiny ve své práci popisují Mohammadi & Fadaei (2018). Při senzorickém hodnocení modelových vzorků se sníženým obsahem sušiny vyrobených s použitím homogenizace autoři nezaznamenali zhoršení celkové přijatelnosti. Nejvhodnější textury výrobků bylo dosaženo s aplikací třetího homogenizačního režimu, tedy při tlacích 15 a 5 MPa (Mohammadi & Fadaei, 2018). Vlivem homogenizace dochází ke zmenšení velikosti tukových kuliček a proteinových částic přítomných v taveném sýru, důsledkem čehož je maximalizována plocha jejich povrchu. Dále dochází k integraci proteinů (tvořící základní „kostru“ taveného sýru) do membrán nově vytvořených tukových kuliček. Následkem těchto reakcí pravděpodobně dochází ke zvýšení počtu vazebných interakcí v systému, čímž je podpořeno vytvoření pevnější matrice finálního produktu. Tyto procesy taktéž zlepšují fyzikální stabilitu uváděných matric (Lopez et al., 2015, Mohammadi & Fadaei, 2018, Kůrová et al., 2022b). V publikacích autorů Noronha et al. (2008) a Pluta-Kubica et al. (2021) je dále uvedeno, že menší tukové kuličky umožňují vytvoření kompaktnější proteinové matrice. V práci Lenze et al. (2019) byla aplikace homogenizace (jednostupňový režim při tlaku 5 MPa a dvoustupňový režim při tlacích: 11 a 2 MPa, 15 a 3 MPa, 20 a 4 MPa, 25 a 5 MPa) na smetanu, která byla dále využita k výrobě tavených sýrů.



Obr. 3 Obecné schéma technologického postupu výroby tavených sýrů diskontinuálním postupem (upraveno dle Guinee, 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 přídavku 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 přídavkem 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 Hydrokoloidy

Hydrokoloidy jsou biopolymery na bázi polysacharidů nebo bílkovin schopné vázat relativně velké množství vody. Tyto látky jsou široce využívány v mlékárenském průmyslu díky jejich schopnosti zahušťovat daný systém (resp. zvyšovat jeho viskozitu), případně tvořit gel, stabilizovat pěny, emulze a disperze. Přídavek hydrokoloidů do surovinové skladby může také prodloužit trvanlivost mléčných výrobků zabráněním uvolnění syrovátky nebo usazování částic. Do mléčných systémů jsou hydrokoloidy přidávány v relativně malých množstvích (většinou do 1 % w/w), i přes to však mohou mít významný vliv na jejich vlastnosti. Nejen v mléčných výrobcích, ale i v ostatních potravinách, mohou být tyto látky aplikovány jednotlivě nebo ve směsích (Syrbe et al., 1998, Gao et al., 2017, Qin, 2018, Yousefi & Jafari, 2019). Dle nařízení Evropského parlamentu a Rady č. (ES) č. 1333/2008, v platném znění, patří některé hydrokoloidy (například alginát sodný, agar, karagenan, rostlinné gummy a další) k potravinářským přídatným látkám, do potravin tak mohou být aplikovány v souladu s tímto nařízením (Evropa, 2008).

Do tavených sýrů jsou hydrokoloidy přidávány zejména z důvodů stabilizace a modifikace jejich struktury a fyzikálních vlastností. Příkladem může být přídavek ke zvýšení viskozity taveniny v případě vysokého obsahu vody nebo nedostatečného krémování způsobeného použitím velmi zralé suroviny. Hydrokoloidy jsou také využívány ke zlepšení vlastností tavených výrobků s nízkým obsahem tuku, zejména jejich roztíratelnosti. Přídavek těchto látek (zejména pak karagenanů) je taky používán ke snížení adhezních sil ve smyslu ulpívání výrobku na obalový materiál. Vybrané hydrokoloidy lze, jak již bylo detailněji popsáno v kapitole 1.1.2, využít jako náhradu běžně používaných tavicích solí (na bázi fosforečnanů nebo citronanů). V doposud publikovaných pracích (Syrbe et al., 1998, Swenson et al., 2000, Mounsey & O'Riordan, 2001, Ribeiro et al., 2004, Gustaw & Mleko, 2007, Macků et al., 2008, Trivedi et al., 2008a, 2008b, Černíková et al., 2008, 2010, Hanáková et al., 2013, Hosseini-Parvar et al., 2015, Sołowiej et al., 2015, Ahmand et al., 2016, da Silva et al., 2016, Giri et al., 2017, Fu & Nakamura, 2018, Chatziantoniou et al., 2019, Ghods Rohani & Rashidi, 2019, Nastaj et al., 2020, Szafránska & Sołowiej, 2020, Kratochvílová et al., 2022) byl popsán vliv přísad různých frakcí karagenanů, lokustové gummy, konjakové gummy, xantanové gummy, arabské gummy, pektinu, alginátu, agaru, škrobu (nativního i modifikovaného), glukomannanu, inulinu, želatiny a syrovátkových bílkovin na vlastnosti tavených sýrů, tavených sýrových omáček i jejich analogů. Další studie pak popisují aplikaci méně tradičních hydrokoloidů do tavených sýrů, jako je guma z akácie (*Acacia mearnsii*) nebo vláknina získaná z dýně a kapusty

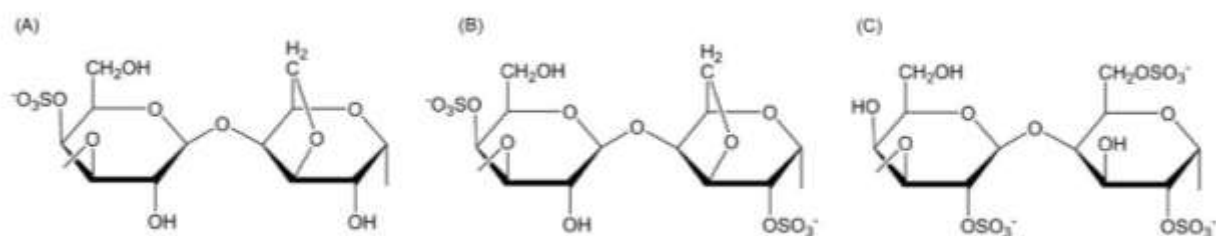
(Szafránska et al., 2022, Anjo et al., 2023). Ve spojených státech amerických je dle *Code of Fedral Regulation* přídavek hydrokoloidů (lokustová guma, guarová guma, xanthanová guma, karaja guma, tragant, karagenan, karboxymethylcelulóza, alginát sodný, propylenglykolalginát, želatina) povolen pouze pro roztíratelné tavené sýry (resp. *pasteurized processed cheese spread*) v koncentraci do 0,8 % w/w díky jejich specifické interakci s kazeinovými proteiny (Anonym, 2021).

Hydrokoloidy jsou také široce využívány jako surovina pro výrobu mléčných dezertů. Složení mléčných dezertů se však napříč literaturou velmi liší, studie jsou nejčastěji prováděny na dezertech pudinkového typu, k jejichž výrobě je použito sušené mléko o různé tučnosti, škroby (nativní či modifikované), sacharóza, karagenany, guarová či xanthanová guma, želatina, voda, případně aromata či barviva. Autoři ve studiích shodně uvádí, že navýšení koncentrace většiny hydrokoloidů vede ke zvýšení viskozity či tuhosti těchto výrobků (Verbeken, 2004, Tarrega & Costell, 2006, 2007, Toker et al., 2013). Tarrega & Costell (2006) navíc uvádí, že koncentrace karagenanu do 0,06 % w/w zvyšovala krémovitost pudinkových dezertů. Nepovinnykh et al. (2019) studovali možnost náhrady různých složek mléčných dezertů na bázi gelu (tradičně obsahujících vysokotučnou smetanu, želatinu a cukr) s cílem vyrobit nízkokalorickou alternativu těchto výrobků. Jako náhradu želatiny přitom testovali alginát sodný, pektin, konjakový glukomanan, xanthanovou a guarovou gumu, přičemž uvedené polysacharidy byly aplikovány jednotlivě nebo v binárních směsích (Nepovinnykh et al., 2019).

1.3.1 Karagenany

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 \rightarrow 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 dispozíci 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). Chemická struktura výše jmenovaných frakcí karagenanu je schematicky znázorněna na Obr. 4. 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).



Obr. 4 Chemická struktura κ -karagenanu (část A), ι -karagenanu (část B) a λ -karagenanu (část C). Upraveno dle Dul et al., 2015.

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). Dle Bourriot et al. (1999) existuje také minimální koncentrace karagenanu, při které dochází k tvorbě stabilního gelu. Autoři určili tuto minimální koncentraci na 0,018 % w/w, hodnota je však závislá na mnoha faktorech, jako je síla proteinové matrice, stupeň hydrolyzy proteinů, pH nebo iontové prostředí (Bourriot et al., 1999). Naopak, informaci o možné destabilizaci a rozdělení systému se zvyšováním koncentrace karagenanu publikovali Syrbe et al. (1998).

1.3.2 Furcellaran

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 přídatná látka 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).

1.3.3 Interakce karagenanů s mléčnými bílkovinami

Interakce karagenanů a mléčných proteinů jsou studovány zejména na systému karagenan – kazeinová micela (Lynch & Mulvihill, 1996, Langendorff et al., 2000, Garnier et al., 2003, Matignon et al., 2014). Pouze několik studií se zabývalo interakcemi κ -karagenanu a ι -karagenanu s nemichelárními kazeinovými systémy (Ribeiro et al., 2004, Vega et al., 2005) nebo jednotlivými kazeinovými frakcemi (s výjimkou κ -kazeinu). Lynch & Mulvihill (1996) uvádí, že za určitých podmínek dochází také k interakcím mezi karagenanem a β -kaseinem a α_S -kaseiny. Kazeinové micely jsou v mléce přítomny jako koloidní částice, které ve své vnitřní struktuře obsahují α_{S1} - a α_{S2} - a β -kazein a na svém povrchu jsou pak stabilizovány před agregací v přítomnosti vápenatých iontů κ -kaseinem (Dalgleish, 1998). V rámci interakcí karagenan – kazeinová micela je tedy předpokládáno, že probíhají zejména prostřednictvím záporně nabitého karagenanu a kladně nabitě oblasti κ -kazeinu mezi 97. až 112. aminokyselinou (Langendorff et al., 1999, 2000).

Interakce mezi karagenany a mléčnými proteiny je závislá na typu karagenanu a na teplotě systému. Lambda-karagenan se na kazeinové micely váže při nízkých teplotách i při teplotách relativně vyšších (nad 60 °C). V případě κ -karagenanu a ι -karagenanu však nedochází k měřitelné adsorpci na kazeinové micely, pokud je teplota systému vyšší než teplota přechodu, jelikož uvedené frakce karagenanů se na kazeiny váží pouze při teplotách, při kterých existují v helikální formě. Tento jev lze vysvětlit pomocí hustoty elektrostatického náboje v molekule karagenanu, která je dána vzdáleností mezi sulfátovými skupinami a u jednotlivých karagenových frakcí se tak liší. Pokud je vzdálenost mezi sulfátovými skupinami vázanými na polysacharidové kostře větší než 0,5 nm (neuspořádaná forma κ -karagenanu a ι -karagenanu), nedochází k žádné přitažlivosti mezi molekulami karagenanu a kaseinem. Jestliže je však vzdálenost menší než 0,4 nm (k čemuž dojde během přechodu

do helikální uspořádané formy κ -karagenanu a ι -karagenanu), dochází ke zvýšení hustoty náboje podél řetězce karagenanu a elektrostatické interakce jsou dostatečně silné pro adsorpci, k interakci v tomto případě tedy dochází. Adsorpce κ -karagenanu na kazeinové micely je tepelně reverzibilní, pokud tedy dojde k opětovnému zahřátí systému (na přibližně 60 °C), dojde k oddělení jednotlivých fází. Naopak adsorpce ι -karagenanu na kazeinové micely tepelně reverzibilní není, tento systém je stabilní bez separace jednotlivých složek i při opětovném zahřátí na teploty nad 60 °C. Lambda-karagenan je schopný se na kazeinovou micelu navázat i ve stavu neuspořádaném, vzhledem vysokému obsahu a rozložení negativně nabitých sulfátových skupin, které jsou od sebe stabilně vzdáleny přibližně 0,3 nm (Langendorff et al., 1999, 2000, de Kruif & Tuinier, 2001, Imeson, 2009).

Během interakce kazeinové micely s gelotvornými karagenany (které musí být přítomny v helikální struktuře) mohou vznikat v závislosti na koncentraci karagenanu dva typy trojrozměrných struktur. V prvním případě dochází k adsorpci karagenanu na povrch kazeinových micel a tvorbě „můstků“ mezi jednotlivými micelami (popsáno výše). Tento děj však nastává, je-li karagenan v daném systému přítomný v koncentraci 0,2 % w/w a nižší. V případě, že je koncentrace nad uvedeným limitem (tedy je obsah karagenanu vyšší než 0,2 % w/w) kromě prvně pospaných „můstků“ dochází také k tvorbě trojrozměrné sítě tvořené molekulami karagenanu, tedy slabého gelu (Langendorff et al., 1999, 2000, Bourriot et al. 1999, Arltoft et al., 2007).

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:

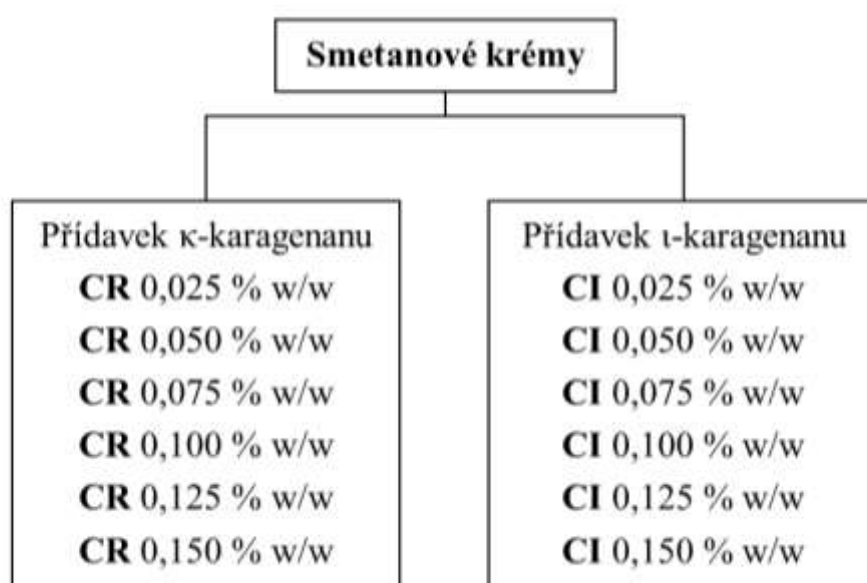
1. Vyrobit modelové vzorky smetanových krémů, tavených sýrů a tavených sýrových omáček.
2. Provést vybrané analýzy s důrazem na analýzu reologických vlastností modelových systémů. Dále posoudit základní chemické vlastnosti modelových systémů, jejich stabilitu a instrumentálně popsat jejich barvu.
3. Na základě získaných dat:
 - srovnat vliv koncentrace dvou typů běžně využívaných karagenanů (κ -karagenanu a ι -karagenanu) na vlastnosti vybraných mléčných matric;
 - posoudit vliv přídatku furcellaranu do vybraných mléčných matric a porovnat jeho aplikovatelnost ve vybraném systému s κ -karagenanem;
 - srovnat vlastnosti tavených sýrů vyráběných bez přídatku 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 přídatkem a bez přídatku 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 přídavku 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). Vlastnosti modelových systémů byly přitom sledovány v průběhu 28denní skladovací doby při teplotě 6 ± 2 °C.



Obr. 5 Schematický přehled modelových vzorků smetanových krémů vyrobených v experimentu I s přídavkem κ -karagenanu (CR) a ι -karagenanu (CI)

Pro daný experiment bylo celkem vyrobeno 36 šarží (2 typy karagenanu \times 6 koncentrací karagenanu \times 3 opakování; $n = 36$) smetanových krémů. Pro jejich výrobu 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 (SigmaAldrich, s.r.o., Praha, ČR) nebo ι -karagenan (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 (Obr. 5). Modelové vzorky byly vyráběny pomocí zařízení UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Hameln, Německo) s nepřímým ohřevem. Jednotlivé složky byly dávkovány do tavicího kotle v uváděném pořadí.

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 přídavkem či bez přídavku tavicích solí. V rámci experimentu bylo vyrobeno celkem 60 šarží (2 skupiny vzorků – s přídavkem a bez přídavku tavicích solí \times 2 typy furcellaranu \times 6 koncentrací furcellaranu \times 3 opakování; $n = 60$) roztíratelných tavených sýrů.

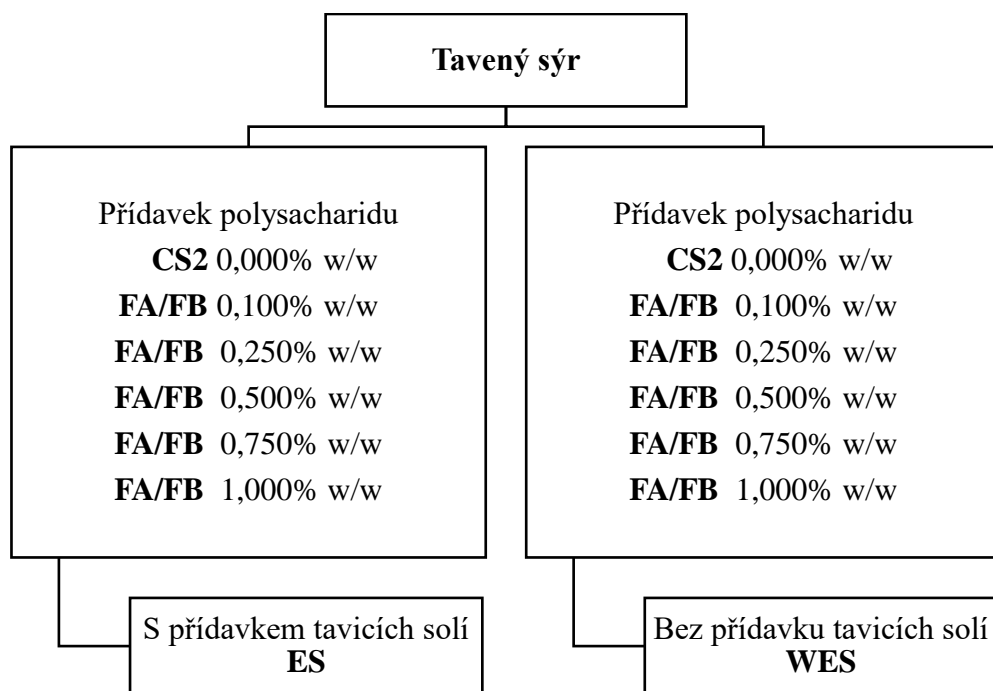
Tab. 2 Vybrané vlastnosti furcellaranu A (Estgel 8500) a furcellaranu B (Estgel 1000)^a

	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

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**), hydrogenfosforečnan 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., Kärila village, Estonsko). Specifikace aplikovaných furcellaranů jsou uvedeny v Tab. 2.



Obr. 6 Schematický přehled modelových vzorků roztíratelných tavených sýrů vyrobených v experimentu II s přidavkem (ES) a bez přidavku tavicích solí (WES) v závislosti na přidaném typu polysacharidu (FA – furcellaran A, FB – furcellaran B, CS2 – kontrolní vzorek).

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. Schéma shrnující vyrobené modelové vzorky je pro lepší přehlednost uvedeno na Obr. 6. 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,

příčemž 1., 7., 14., 30. a 60. den skladování byly analyzovány jejich základní chemické a viskoelastické vlastnosti.

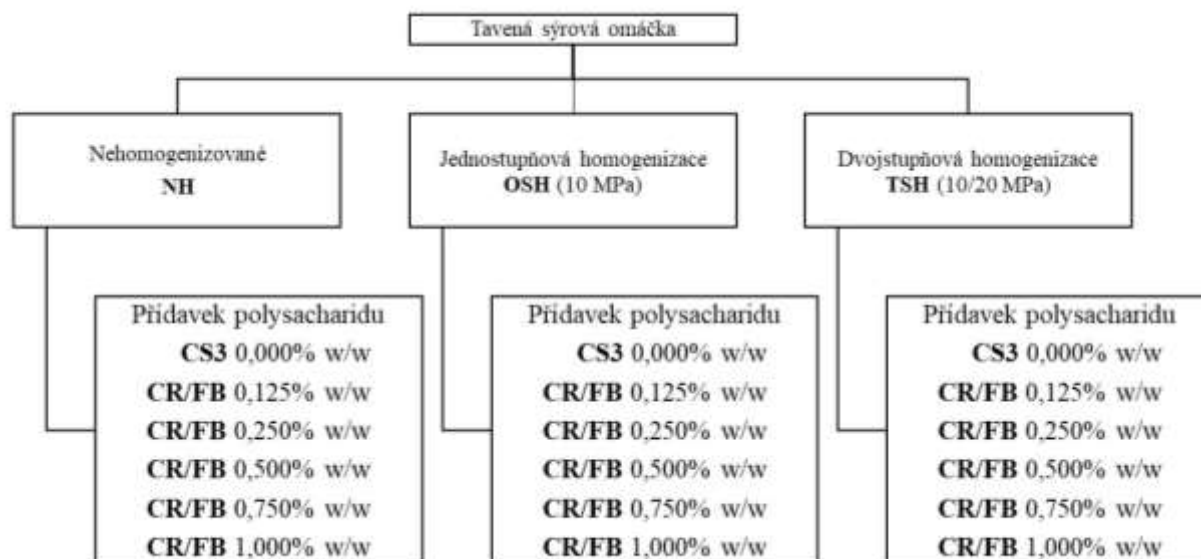
3.1.3 Experiment III

Během třetího experimentu byl sledován vliv jednostupňové a dvoustupňové vysokotlaké homogenizace a přídavku 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 a obsah tuku v sušině 66 % w/w) po 30denním skladování (6 ± 2 °C). Pro účely experimentu bylo celkem vyrobeno 99 šarží (11 variant typů a koncentrací polysacharidů \times 3 režimy homogenizace \times 3 opakování; $n = 99$) tavených sýrových omáček.

K přípravě modelových vzorků tavených sýrových omáček byly použity uvedené suroviny: Eidamská cihla (parametry viz Experiment II; Agricol, s.r.o., Polička, ČR), 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. Pro lepší emulgaci směsi během procesu tavení byla přidána směs mono- a diacylglycerolů (MAG/DAG; Brenntag CR s.r.o., Praha, ČR). CR a FB byly dávkovány jednotlivě vždy 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. Schéma experimentu je pro přehlednost zobrazeno na Obr. 7.



Obr. 7 Schematický přehled modelových vzorků tavených sýrových omáček vyrobených v experimentu III s použitím jednostupňové homogenizace (OSH), dvojestupňové homogenizace (TSH) a bez aplikace homogenizace (NH) v závislosti na přidaném typu polysacharidu (CR – κ -karagenan, FB – furcellaran B, CS3 – kontrolní vzorek).

3.2 Základní chemická analýza

Obsah sušiny modelových vzorků a obsah tuku byl stanoven gravimetricky dle normy ISO 5534:2004, respektive ISO 1735:2004. Hodnota pH modelových vzorků byla stanovena pomocí skleněné vpichové elektrody kalibrovaného potravinářského pH-metru (Edge™, Hanna instruments Czech s.r.o., Praha, ČR) přímo do vzorků (při teplotě 22 ± 1 °C). Zaznamenané hodnoty byly průměrem nejméně 9 opakování.

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 o průměru 35 mm. Štěrbina mezi deskami byla přitom nastavena na výšku 1 mm. Měření probíhalo v oscilačním režimu v oblasti lineární viskoelastivity s hodnotou amplitudy smykového napětí 2,0 Pa pro smetanové krémy a tavené sýrové omáčky (vyrobené v experimentu I a III) nebo 20 Pa pro tavené sýry (vyrobené v experimentu II). Modelové vzorky byly před měřením temperovány na 20 °C. Měření viskoelastických vlastností modelových vzorků probíhalo při stejné teplotě.

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 tabulkovou 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 na základě jejich barvy 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 prostoru $CIE L^*a^*b^*$ byly dále dle rovnic (3), respektive (4) vypočteny veličiny, které jsou intuitivní, protože odpovídají lidskému pojetí tvorby barev: 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°. Červený odstín přitom odpovídá úhlům 0° a 360°, žlutý pak 90°, zelený 180° a modrý 270°.

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

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

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 květi. 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 poté 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 analyzována pomocí neparametrické analýzy rozptylu Kruskal-Wallisovým a Wilcoxonovým testem (Minitab®16 software, Minitab, Ltd., UK), kde byla zvolena hladina významnosti $P = 0,05$. Výše uvedený statistický přístup je v souladu s Granato et al. (2014), kteří se zabývali se statistickými metodami v potravinářství.

4 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 přidavkem 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 (Příloha A, Příloha B). 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 přídatku 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

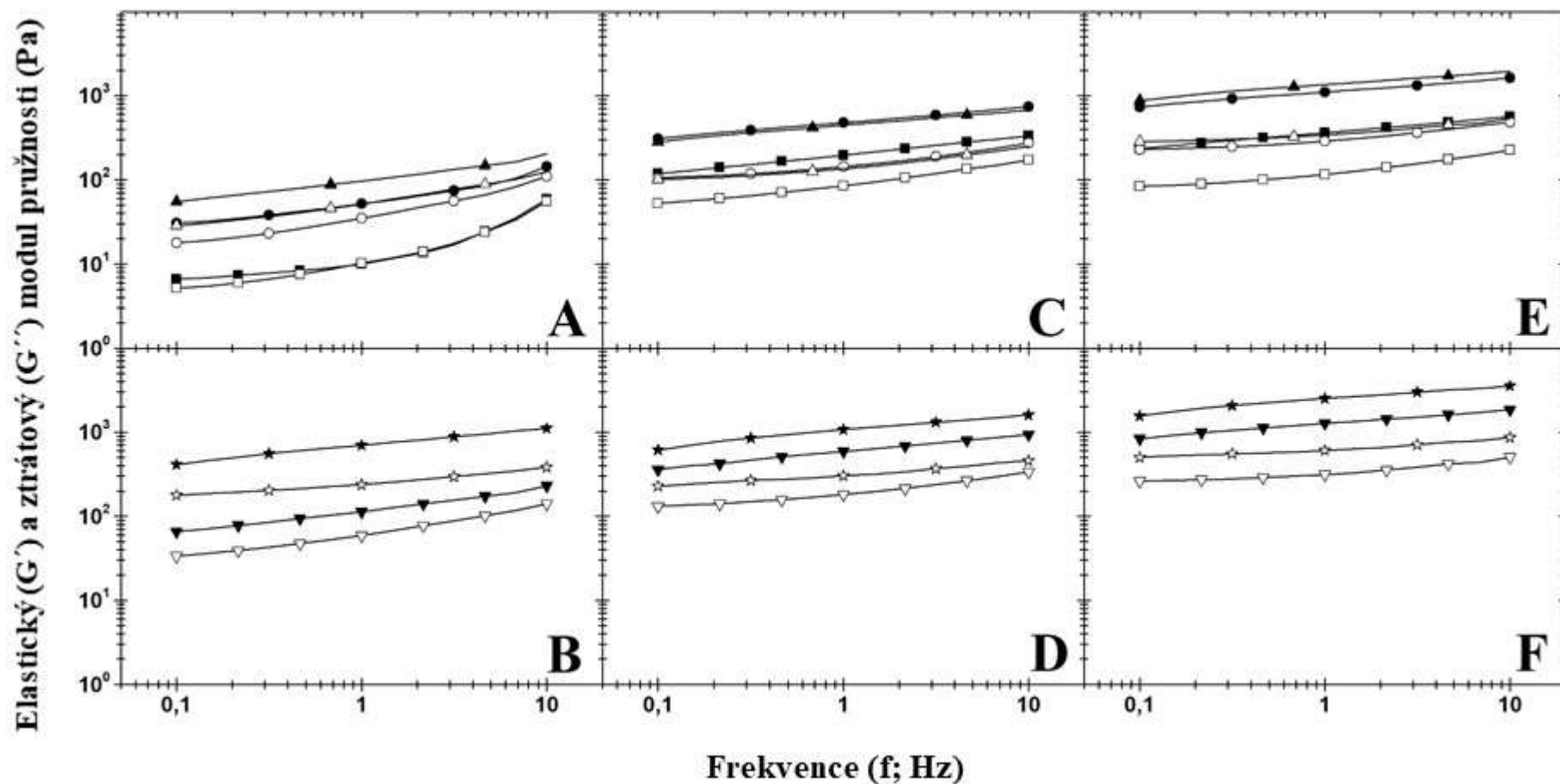
Během reologické analýzy smetanových krémů vyrobených s přidavkem κ -karagenanu nebo ι -karagenanu v koncentracích 0,025 až 0,150 % w/w byly sledovány hodnoty elastického G' a ztrátového G'' modulu pružnosti modelových vzorků. Tyto veličiny jsou znázorněny na Obr. 8–Obr. 11 jako frekvenční závislosti (v rozmezí 0,1–10,0 Hz). Hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* a úhlu fázového posunu δ (vyjádřené pro referenční frekvenci 1 Hz) smetanových krémů jsou dále uvedeny v Tab. 3 a Tab. 4. Z uvedených výsledků vyplývá, že s narůstající koncentrací κ -karagenanu i ι -karagenanu docházelo k navýšení hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* , což svědčí o nárůstu tuhosti výsledného produktu. Klesající hodnoty úhlu fázového posunu 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. Tento trend je patrný i z průběhu frekvenčních závislostí elastického G' a ztrátového G'' modulu pružnosti zobrazených na Obr. 8–Obr. 11. Nicméně, s přidavkem 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), kdy autoři pozorovali efektivní navýšení tuhosti modelových produktů s přidavkem 0,15 a 0,25 % w/w κ -karagenanu nebo ι -karagenanu, zatímco koncentrace 0,05 % w/w těchto látek se jevila jako příliš nízká. 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).

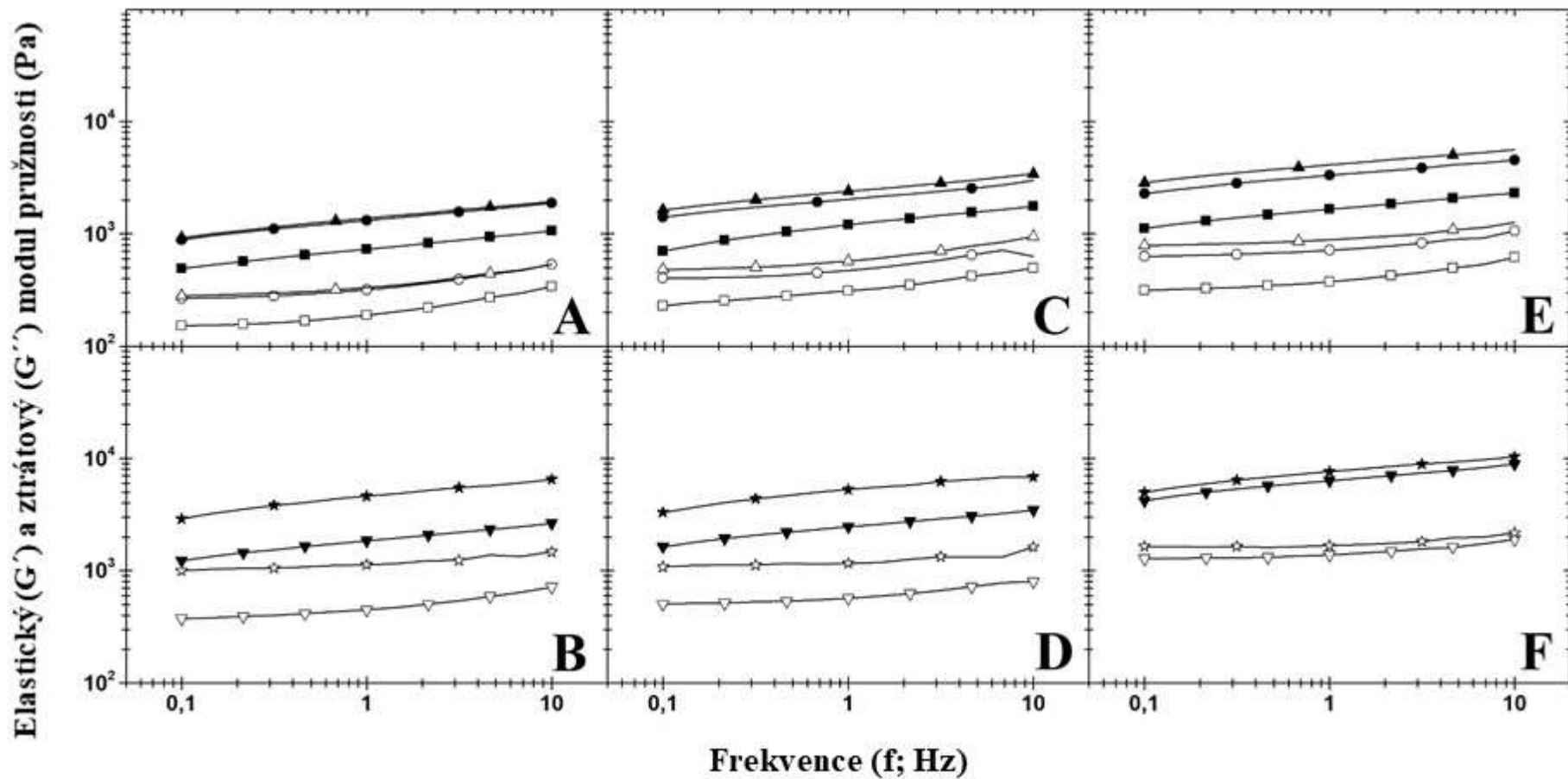
Z výsledků reologické analýzy smetanových krémů dále vyplývá, že vyšších hodnot ($P < 0,05$) komplexního modulu pružnosti G^* a tedy vyšší tuhosti dosahovaly výrobky s přidavkem κ -karagenanu ve srovnání s modelovými vzorky, do nichž byl přidán ι -karagenan (při srovnání stejných koncentrací karagenanu; Tab. 3 a Tab. 4). 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). Aplikace obdobných polysacharidů, avšak do matrice tavených sýrů, byla popsána v práci Černíkové et al. (2008), kde však byl pozorován opačný efekt nárůstu tuhosti vzorků, tedy tužší vzorky byly získány s přidavkem ι -karagenanu. Vysvětlení lze v tomto případě hledat zejména v rozdílném zastoupení iontů ve zmíněných maticích, jelikož pevnost vzniklých gelů obou karagenanů je silně závislá na přítomnosti kationtů neutralizujících záporně nabitě sulfátové skupiny. Kappa-karagenan je obzvláště citlivý na draselné ionty, přičemž iota-karagenan je obzvláště citlivý na ionty vápenaté (Nickerson et al., 2004, Ribeiro et al., 2004, Vega et al., 2005). S ohledem na obsah draselných a vápenatých iontů podle prací Lučan et al. (2020)

a Reykdal et al. (2011) v surovinách použitých na výrobu smetanových krémů (smetana a mléčný proteinový koncentrát; viz kapitola 3.1.1) a tavených sýrů (Eidamská cihla, máslo, deonizovaná voda a komerční směs sodných fosforečnanů a polyfosforečnanů; viz Černíková et al., 2008) lze předpokládat, že poměr draselných a vápenatých iontů je přibližně 1 : 0,8 – 1,2 u smetanových krémů a 1 : 6 – 8 u tavených sýrů. Na základě zmíněných poměrů lze předpokládat, že ι-karagenan bude působit jako účinnější zahušťovadlo v tavených sýrech díky vysoké koncentraci vápenatých iontů. Naopak ve smetanových krémech, kde je relativní množství draselných iontů srovnatelné s vápníkem, může být κ-karagenan účinnější.

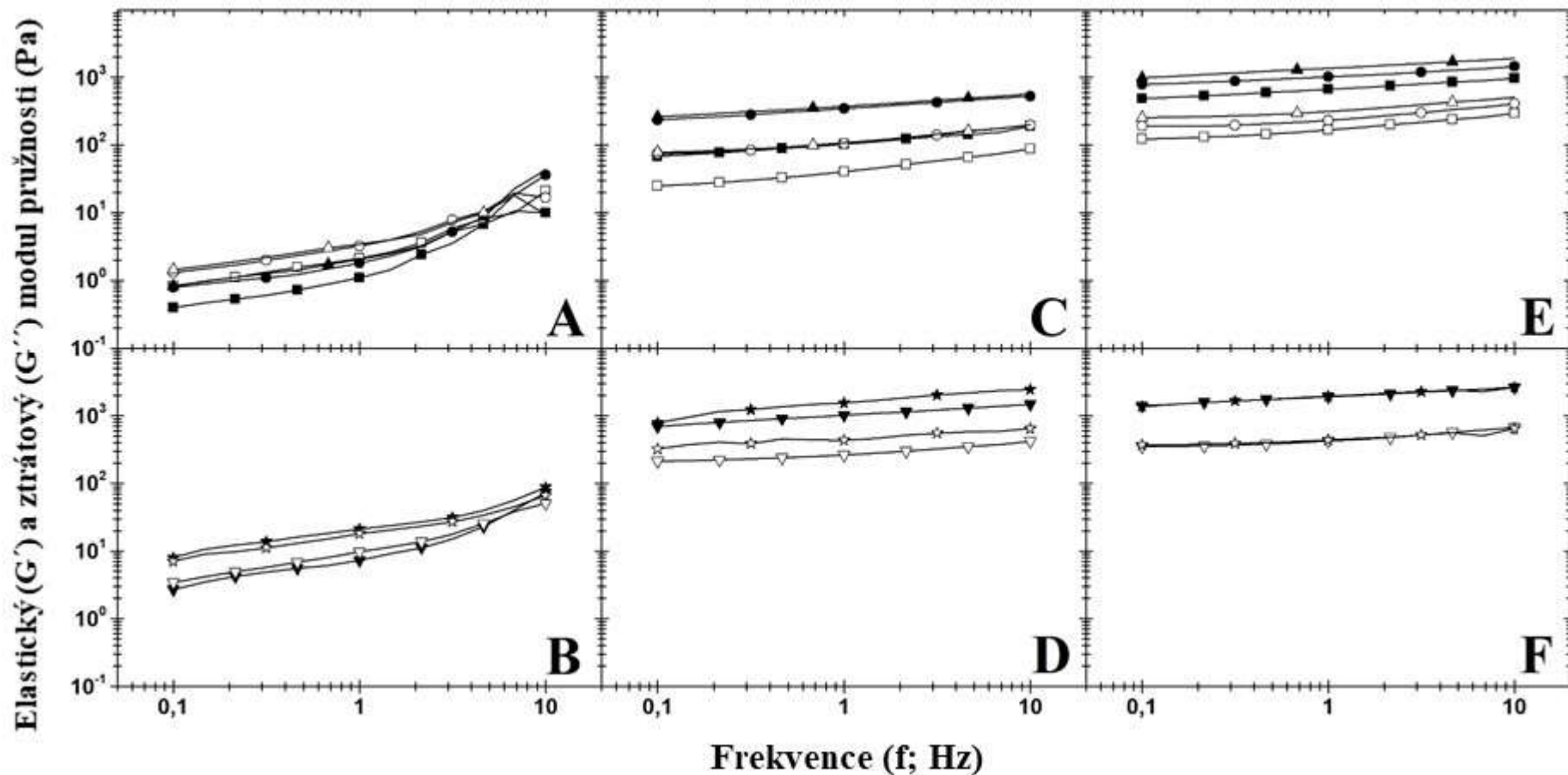
U všech modelových vzorků bylo dále na základě zvýšení hodnot komplexního modulu pružnosti G^* pozorováno významné ($P < 0,05$) zvýšení tuhosti smetanových krémů s navyšující se dobou skladování v průběhu 28denní skladovací doby (nezávisle na typu aplikovaného karagenanu a jeho koncentraci). Příčinu 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).



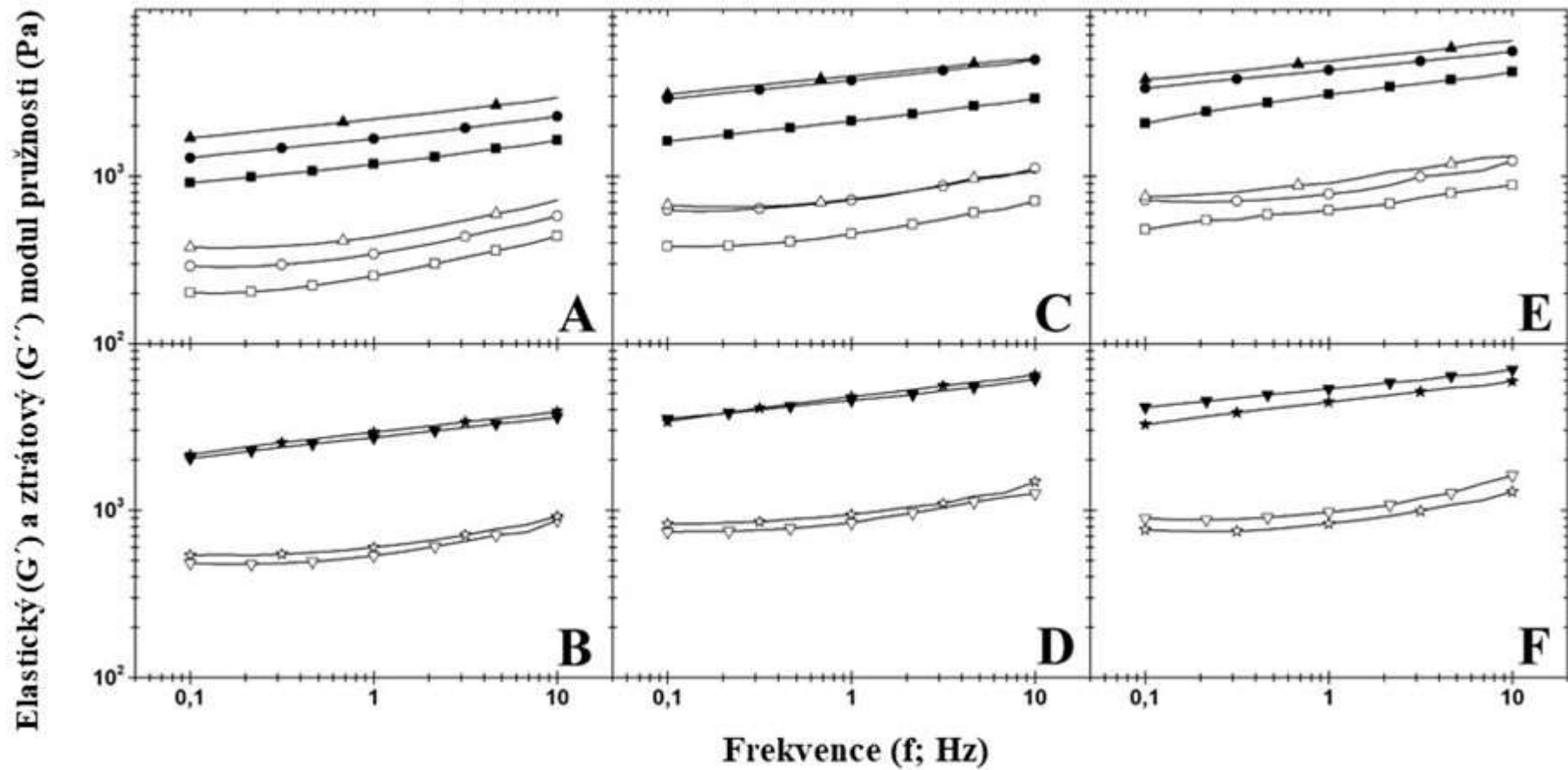
Obr. 8 Závislost elastického (G' ; plné symboly; Pa) a ztrátového (G'' ; prázdné symboly; Pa) modulu pružnosti smetanových krémů vyrobených s použitím κ -karagenanu v koncentracích 0,025 (část A a B), 0,050 (část C a D) a 0,075 % w/w (část E a F) na frekvenci (f ; v rozsahu 0,1–10,0 Hz) během 28denního skladování při 6 ± 2 °C; den 1 (část A, C a E; \blacksquare \square), den 7 (část A, C a E; \bullet \circ), den 14 (část A, C a E; \blacktriangle \triangle), den 21 (část B, D a F; \blacktriangledown \triangledown) a den 28 (část B, D a F; \star \star) ($n = 27$).



Obr. 9 Závislost elastického (G' ; plné symboly; Pa) a ztrátového (G'' ; prázdné symboly; Pa) modulu pružnosti smetanových krémů vyrobených s použitím κ -karagenanu v koncentracích 0,100 (část A a B), 0,125 (část C a D) a 0,150 % w/w (část E a F) na frekvenci (f ; v rozsahu 0,1–10,0 Hz) během 28denního skladování při 6 ± 2 °C; den 1 (část A, C a E; \blacksquare \square), den 7 (část A, C a E; \bullet \circ), den 14 (část A, C a E; \blacktriangle \triangle), den 21 (část B, D a F; \blacktriangledown \triangledown) a den 28 (část B, D a F; \star \star) ($n = 27$).



Obr. 10 Závislost elastického (G' ; plné symboly; Pa) a ztrátového (G'' ; prázdné symboly; Pa) modulu pružnosti smetanových krémů vyrobených s použitím κ -karagenanu v koncentracích 0,025 (část A a B), 0,050 (část C a D) a 0,075 % w/w (část E a F) na frekvenci (f ; v rozsahu 0,1–10,0 Hz) během 28denního skladování při 6 ± 2 °C; den 1 (část A, C a E; ■□), den 7 (část A, C a E; ●○), den 14 (část A, C a E; ▲△), den 21 (část B, D a F; ▼▽) a den 28 (část B, D a F; ★☆) ($n = 27$).



Obr. 11 Závislost elastického (G' ; plné symboly; Pa) a ztrátového (G'' ; prázdné symboly; Pa) modulu pružnosti smetanových krémů vyrobených s použitím κ -karagenanu v koncentracích 0,100 (část A a B), 0,125 (část C a D) a 0,150 % w/w (část E a F) na frekvenci (f ; v rozsahu 0,1–10,0 Hz) během 28denního skladování při 6 ± 2 °C; den 1 (část A, C a E; ■□), den 7 (část A, C a E; ●○), den 14 (část A, C a E; ▲△), den 21 (část B, D a F; ▼▽) a den 28 (část B, D a F; ★☆) ($n = 27$).

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

* Hodnoty jsou uvedeny jako průměrná hodnota \pm 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 dvou typů furcellaranu (FA a FB), které byly vyrobeny s přidavkem ternární směsi tavicích solí nebo zcela bez přidavku tavicích solí, bylo provedeno stanovení obsahu sušiny, obsahu tuku a hodnoty pH během 60denní skladovací doby (6 ± 2 °C). Výsledky stanovení obsahu sušiny a obsahu tuku tavených sýrů vyrobených s přidavkem tavicích solí a furcellaranem A nebo B jsou uvedeny v Příloze C a D, zatím co základní chemické parametry tavených sýrů vyrobených bez přidavku tavicích solí a s přidavkem furcellaranu A nebo B jsou vedeny v Příloze E a F. Obsah sušiny a obsah tuku se po celou dobu skladování u všech vyrobených šarží modelových vzorků (nezávisle na přidavku furcellaranu a/nebo tavicích solí) pohyboval v rozmezí 41,00 až 41,75 % w/w, respektive 22,50 až 22,90 % w/w. Lze tedy konstatovat, že se výše zmíněné parametry modelových vzorků tavených sýrů významně nelišily ($P > 0,05$). Na základě srovnatelného obsahu sušiny a obsahu tuku v sušině je možné porovnat vlastnosti tavených sýrů z hlediska přidavku furcellaranu a/nebo přítomnosti tavicích solí.

Výsledky stanovení pH tavených sýrů jsou uvedeny v Tab. 5. Na základě uvedených výsledků lze konstatovat, že hodnoty pH modelových vzorků nebyly významně ovlivněny přidavkem furcellaranu A nebo B (při porovnání hodnot ve stejných dnech skladování). Naopak, hodnoty pH byly ovlivněny přidavkem tavicích solí. 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. Vysvětlení tohoto jevu pravděpodobně spočívá v samotné absenci těchto látek, jelikož přídavek vhodné směsi fosforečnanových tavicích solí vede při výrobě tavených sýrů ke zvýšení pH tavené směsi z pH původního, tedy pH převažující suroviny (přírodního sýra), které se pohybuje v rozmezí 5,0–5,5, na hodnoty v přibližně 5,6–6,1 (Marchesseau et al., 1997, Lee & Klostermeyer 2001, Guinee, 2017). 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 hydrolýzou fosforečnanových tavicích solí se dvěma a více atomy fosforu (Gupta et al., 1984, Dimitreli & Thomareis 2009, Weiserová et al., 2011, Salek et al., 2015). Hydrolýza polyfosforečnanů je dána zejména podmínkami výroby tavených sýrů (teplota a pH) a probíhá nukleofilním atakem vody na terminální fosforečnanovou jednotku, což vede k přerušení vazby P-O-P (fosfor-kyslík-fosfor) a vzniku monofosforečnanů.

Výše popisovaný jev nadále pokračuje i během skladování tavených sýrů. Při nižším pH ($\approx 5,2$) tavených sýrů dochází navíc k podpoře hydrolýzy tavicích solí (Barth et al., 2017). Nicméně, hodnoty pH tavených sýrů vyrobených bez přídavku 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). Podle autorů Marchesseau et al. (1997) a Lee & Klostermeyer (2001) vede snížení hodnot pH (z optimálního rozsahu pH, tj. 5,6–6,1 blíže k izoelektrickému bodu kazeinu) vést k intenzivním interakcím v proteinové matici produktu. Z tohoto důvodu lze u takových tavených sýrů očekávat pevnou až drolivou konzistenci.

Tab. 5 Hodnoty pH tavených sýrů vyrobených s přidavkem (ES) a bez přidavku (WES) tavicích solí v průběhu 60denního skladování (6 ± 2 °C). Modelové vzorky obsahovaly furcellaran A (Estgel 8500) nebo furcellaran B (Estgel 1000) v koncentracích 0,10; 0,25; 0,50; 1,00, 0,75 a 1,00 % w/w. Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS2) bez obsahu polysacharidu. ^{*z}

Tavicí soli	Polysacharid	Koncentrace (w/w)	pH (-)				
			1. den	7. den	14. den	30. den	60. den
ES	CS2	-	$5,81 \pm 0,02^a A_a$	$5,79 \pm 0,01^a A_a$	$5,72 \pm 0,02^a A_a$	$5,59 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,35 \pm 0,02^a A_b$
	Furcellaran A	0,10	$6,05 \pm 0,01^a A_a$	$5,73 \pm 0,01^a A_b$	$5,71 \pm 0,01^a A_b$	$5,53 \pm 0,01^a A_b$	$5,37 \pm 0,01^a A_b$
		0,25	$6,02 \pm 0,01^a A_a$	$5,70 \pm 0,01^a A_b$	$5,70 \pm 0,02^a A_b$	$5,50 \pm 0,01^a A_{b,c}$	$5,38 \pm 0,01^a A_c$
		0,50	$6,03 \pm 0,01^a A_a$	$5,72 \pm 0,00^a A_b$	$5,66 \pm 0,02^a A_b$	$5,52 \pm 0,00^a A_{b,c}$	$5,39 \pm 0,01^a A_c$
		0,75	$6,02 \pm 0,01^a A_a$	$5,72 \pm 0,00^a A_b$	$5,68 \pm 0,03^a A_{bc}$	$5,52 \pm 0,00^a A_{b,c}$	$5,39 \pm 0,01^a A_c$
		1,00	$6,02 \pm 0,01^a A_a$	$5,71 \pm 0,01^a A_b$	$5,68 \pm 0,03^a A_{bc}$	$5,51 \pm 0,01^a A_{b,c}$	$5,38 \pm 0,01^a A_c$
	Furcellaran B	0,10	$5,83 \pm 0,02^a A_a$	$5,76 \pm 0,02^a A_{a,b}$	$5,68 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,53 \pm 0,02^a A_{b,c}$	$5,39 \pm 0,04^a A_c$
		0,25	$5,85 \pm 0,01^a A_a$	$5,74 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,70 \pm 0,02^a A_{ab}$	$5,57 \pm 0,01^a A_{b,c}$	$5,37 \pm 0,02^a A_c$
		0,50	$5,80 \pm 0,01^a A_a$	$5,75 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,62 \pm 0,02^a A_{a,b,c}$	$5,50 \pm 0,01^a A_{b,c}$	$5,35 \pm 0,06^a A_c$
		0,75	$5,81 \pm 0,01^a A_a$	$5,75 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,64 \pm 0,03^a A_{a,b,c}$	$5,51 \pm 0,01^a A_{b,c}$	$5,36 \pm 0,03^a A_c$
		1,00	$5,82 \pm 0,01^a A_a$	$5,77 \pm 0,02^a A_{a,b}$	$5,64 \pm 0,02^a A_{a,b,c}$	$5,54 \pm 0,02^a A_{b,c}$	$5,38 \pm 0,04^a A_c$
WES	Furcellaran A	0,10	$5,84 \pm 0,01^a A_a$	$5,54 \pm 0,01^a A_b$	$5,51 \pm 0,01^a A_b$	$5,51 \pm 0,01^a A_b$	$5,22 \pm 0,01^a A_c$
		0,25	$5,83 \pm 0,01^a A_a$	$5,52 \pm 0,01^a A_b$	$5,50 \pm 0,01^a A_b$	$5,50 \pm 0,01^a A_b$	$5,33 \pm 0,02^a A_b$
		0,50	$5,81 \pm 0,01^a A_a$	$5,51 \pm 0,02^a A_{b,c}$	$5,49 \pm 0,02^a A_{b,c}$	$5,49 \pm 0,02^a A_{b,c}$	$5,32 \pm 0,01^a A_c$
		0,75	$5,79 \pm 0,02^a A_a$	$5,53 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,50 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,50 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,33 \pm 0,01^a A_b$
		1,00	$5,73 \pm 0,01^a A_a$	$5,54 \pm 0,01^a A_a$	$5,50 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,50 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,23 \pm 0,01^a A_b$
	Furcellaran B	0,10	$5,78 \pm 0,02^a A_a$	$5,61 \pm 0,02^a A_{a,b}$	$5,50 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,50 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,27 \pm 0,03^a A_b$
		0,25	$5,68 \pm 0,02^a A_{ab}$	$5,57 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,52 \pm 0,01^a A_{b,c}$	$5,52 \pm 0,01^a A_{b,c}$	$5,27 \pm 0,07^a A_c$
		0,50	$5,64 \pm 0,01^a A_a$	$5,55 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,49 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,49 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,24 \pm 0,07^a A_b$
		0,75	$5,62 \pm 0,01^a A_a$	$5,56 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,51 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,51 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,26 \pm 0,06^a A_b$
		1,00	$5,62 \pm 0,01^a A_a$	$5,56 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,50 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,50 \pm 0,01^a A_{a,b}$	$5,29 \pm 0,05^a A_b$

* Hodnoty jsou uvedeny jako průměrná hodnota \pm směrodatná odchylka.

^z Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi koncentrací aplikovaného furcellaranu; při konstantní době skladování) označené různými malými písmeny v horním indexu se liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi typem furcellaranu; při konstantní době skladování) označené různými velkými písmeny se liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty (rozdíl mezi dobou skladování; při konstantní koncentraci a typu furcellaranu) následované různými malými písmeny v dolním indexu ve stejném sloupci se statisticky liší ($P < 0,05$).

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 ternární směsi tavicích solí nebo zcela bez přidavku tavicích solí, byly sledovány hodnoty elastického modulu pružnosti G' a ztrátového modulu pružnosti G'' , které jsou uvedeny společně s vypočtenými hodnotami úhlu fázového posunu δ pro referenční frekvenci 1 Hz v Tab. 6–Tab. 9. Hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* modelových vzorků pro referenční frekvenci 1 Hz jsou pak prezentovány v závislosti na době skladování (při 6 ± 1 °C) na Obr. 12 a Obr. 13. Podle získaných výsledků lze konstatovat, že zvyšující se přidavek furcellaranu v koncentracích v rozmezí 0,10 až 1,00 % w/w vedl k navýšení hodnot elastického G' a ztrátového G'' modulu pružnosti (bez ohledu na přidavek tavicích solí; $P < 0,05$). S narůstající koncentrací furcellaranu docházelo také k navýšení komplexního modulu pružnosti G^* vzorků ($P < 0,05$). Výše popsané parametry vypovídají 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 matici taveného sýra. Tento jev také mohly podpořit možné interakce furcellaranu a mléčných bílkovin (zejména kazeinů; Imeson, 2009). Tento jev byl dříve popsán při aplikaci κ -karagenanu (polysacharidu strukturně nejvíce podobného furcellaranu) do mléčných výrobků, kdy byly sledovány interakce mezi sulfátovými skupinami κ -karagenanu a kladně nabitou oblastí κ -kazeinu (viz Experiment I). Podobný typ interakce polysacharid-protein lze, vzhledem k obsahu sulfátových skupin ve furcellaranu, očekávat v určité míře i při použití tohoto polysacharidu v systému taveného sýra.

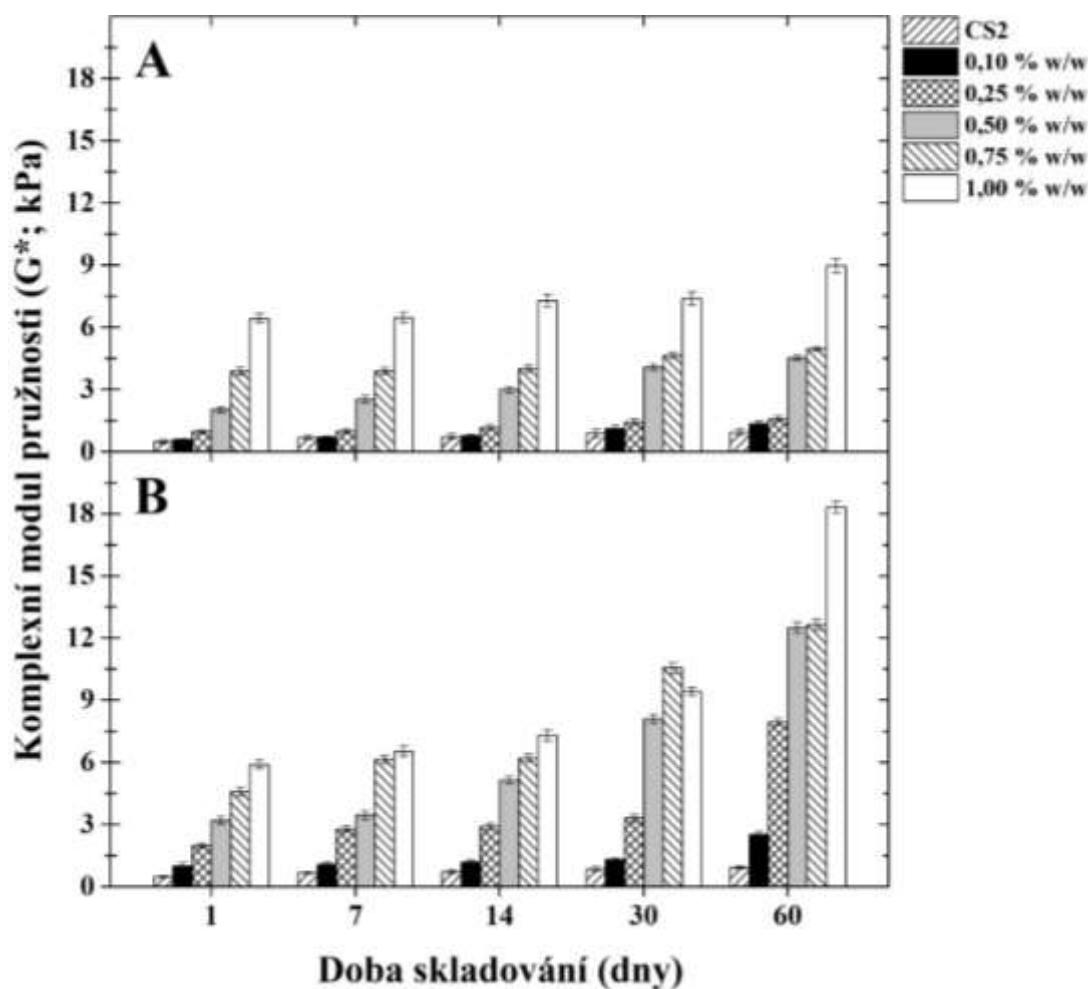
Nicméně, modelové vzorky tavených sýrů s přidavkem tavicích solí a s přidavkem furcellaranu A v koncentraci 0,10 % w/w, stejně jako vzorky kontrolní bez obsahu polysacharidu, vykazovaly zejména v prvních dnech skladování chování bližící se spíše kapalině než elastické látce ($G'' > G'$; $P < 0,05$). Tento jev byl potvrzen i hodnotami úhlu fázového posunu, které u zmíněných vzorků dosahovaly hodnot $\delta > 45^\circ$. Z Obr. 12 je patrné, že vlivem přidavku furcellaranu A v koncentraci 0,10 % w/w nedošlo dále k významnému ($P > 0,05$) zvýšení hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* a tedy tuhosti výrobků. Podobný

efekt byl zaznamenán u tavených sýrů (s obsahem sušiny 40 % w/w, pH 5,88–5,95) vyrobených s využitím 0,05 % w/w κ -karagenanu a komerční směsi tavicích solí (sodné soli fosforečnanů a polyfosforečnanů, které byly aplikovány v množství 2,0 % w/w), kde nebyl jednoznačně prokázán vliv uvedeného přídatku karagenanu na tuhost výrobku (Černíková et al. 2008). Minimální koncentrace polysacharidu, která vede k účinnému zvýšení tuhosti produktu, je však ovlivněna nejen konkrétním typem aplikovaného polysacharidu, ale i 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 (FA nebo FB). Vzorky s obsahem furcellaranu B dosahovaly vyšších hodnot ($P \leq 0,05$) komplexního modulu pružnosti G^* ve srovnání se vzorky, do kterých byl ve stejné koncentraci aplikován furcellaran A. Tento trend byl velmi výrazný zejména u produktů, které byly vyrobeny bez přídatku tavicích solí v prvních 14 dnech skladování (Obr. 12).

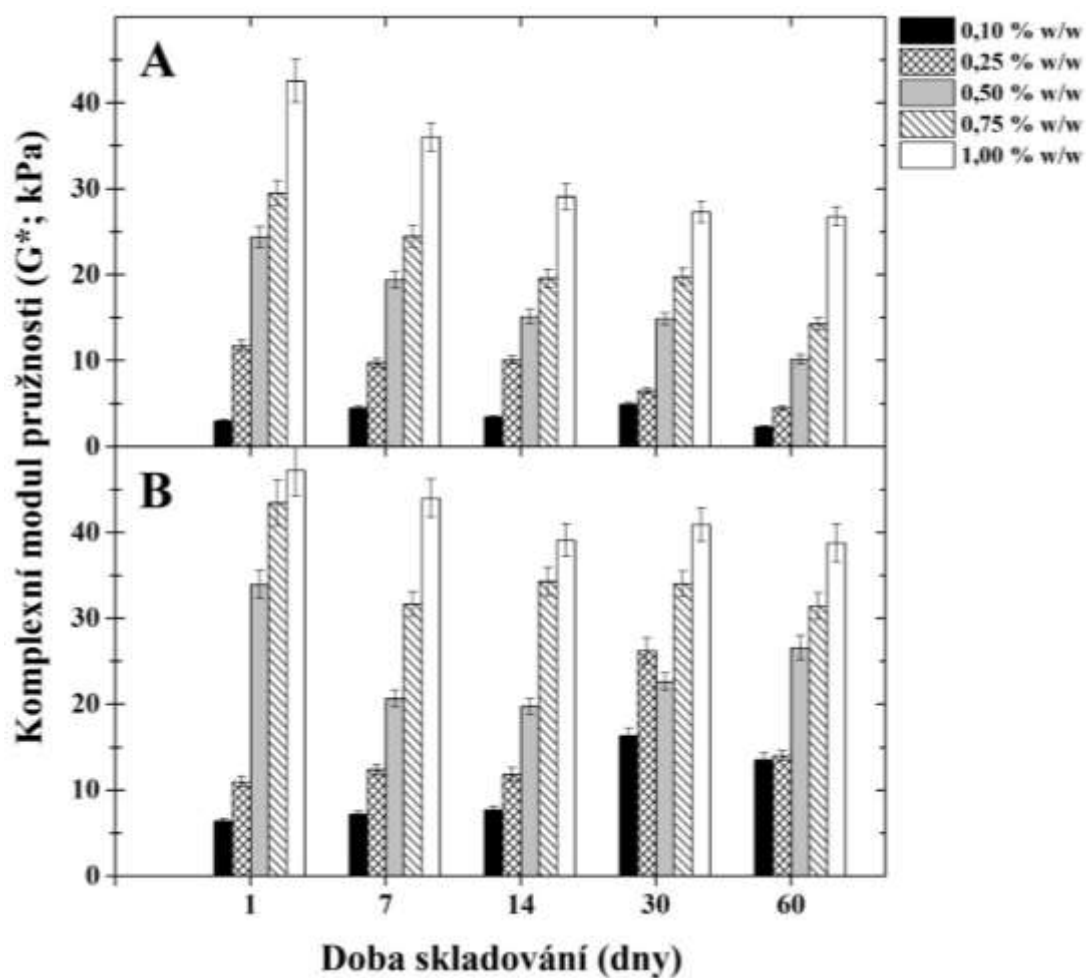
V tomto experimentu byly dále sledovány viskoelastické vlastnosti tavených sýrů, které byly vyrobeny za úplné absence tavicích solí na bázi fosforečnanů nebo citronanů. Tavicí soli v těchto produktech byly nahrazeny furcellaranem A nebo furcellaranem B v koncentracích 0,10 až 1,00 % w/w. Obecně bylo zjištěno, že chování všech modelových vzorků tavených sýrů bez obsahu tavicích solí se blížilo ideálně elastické látce ($G' > G''$; Tab. 8 a Tab. 9). Tyto modelové vzorky dále dosahovaly výrazně vyšších hodnot komplexního modulu pružnosti 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. 12). Stejný trend (tedy zvýšení tuhosti tavených sýrů vyrobených s přídatkem polysacharidu jako náhrady tavicích solí) dříve pozorovali ve své studii Černíková et al. (2010) a Hladká et al. (2014). V uváděných publikacích byl jako náhrada tavicích solí na bázi fosforečnanů a polyfosforečnanů sodných (JOHA HBS, JOHA S9S a JOHA S4SS v poměru 1:4:1; v koncentraci 2,0 % w/w) použit κ -karagenan. Výsledné tavené sýry analyzované v rámci těchto studií byly autory charakterizovány jako „velmi tvrdé“ s konzistencí podobnou spíše blokovým taveným sýrům, nikoliv roztíratelným výrobkům. Navíc bylo popsáno, že tvorba gelu během chlazení tavených sýrů se lišila u vzorků, do kterých byl přidán pouze polysacharid, od vzorků, které byly vyrobeny s přídatkem tavicích solí (Černíková et al., 2010). Dále lze předpokládat, že tuhost modelových tavených sýrů byla pravděpodobně ovlivněna i relativně

nízkými hodnotami pH, které se v průběhu skladování produktů po dobu 60 dní (6 ± 2 °C) dále snižovala (viz kapitola 4.2.1).

Dle autorů Lee a Klostermeyer (2001), Dimitreli a Thomareis (2009), Weiserová et al. (2011), Salek et al. (2015) a Guinee (2017), tuhost „konvenčních“ tavených sýrů závisí na hodnotě pH taveného sýra, struktuře kazeinové sítě, typu a koncentraci aplikovaných tavicích solí a stabilizátorů a délce skladování (v přítomnosti ES). U vzorků tavených sýrů vyrobených s přidavkem tavicích solí a furcellaranu A bylo během doby skladování pozorováno mírné ($P \geq 0,05$) zvýšení hodnot G^* (Obr. 12, 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. 12, část B). Obr. 13 ilustruje snížení ($P < 0,05$) hodnot G^* mezi 7. a 60. dnem doby skladování u vzorků vyrobených bez tavicích solí s přidavkem furcellaranu A (část A) a u vzorků vyrobených s furcellaran B (část B). U modelových vzorků vyrobených s přidavkem furcellaranu B byl však pokles tuhosti zaznamenán zejména během prvních 14 dnů skladování. K poklesu tuhosti taveného sýra vyrobeného s přidavkem furcellaranu A nebo furcellaranu B 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. Hladká et al. (2014), kteří vyrobili tavený sýr s využitím 1 % w/w κ -karagenanu bez přidavku tavicích solí, naopak pozorovali nárůst tuhosti během skladování. Autoři předpokládali, že narůstající tuhost tavených sýrů s prodlužující se dobou skladování (zejména však během prvních 7 dnů) mohla být způsobena dodatečnými interakcemi vyvinutého komplexu karagenan-protein a následného intenzivnějšího vázání vody během vývoje matrice produktu (Hladká et al., 2014).



Obr. 12 Vývoj hodnot komplexního modulu pružnosti G^* (referenční frekvence 1 Hz) tavených sýrů vyrobených 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; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % w/w. Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS2) bez obsahu polysacharidu.



Obr. 13 Vývoj hodnot komplexního modulu pružnosti G^* (referenční frekvence 1 Hz) tavených sýrů vyrobených 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; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % w/w.

Tab. 6 Elastický modul pružnosti (G' ; Pa), ztrátový modul pružnosti (G'' ; Pa) a úhel fázového posunu (δ ; °) tavených sýrů vyrobených s přidavkem furcellaranu A (v koncentracích 0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % w/w) v průběhu 60denního skladování (6 ± 2 °C). Modelové vzorky byly vyrobeny s přidavkem tavicích solí. Uvedené hodnoty byly měřeny při referenční frekvenci 1 Hz.*z

Doba skladování (dny)	Koncentrace (% w/w)	G' (Pa)	G'' (Pa)	δ (°)
1	CS2	432 ± 92 ^a A	452 ± 66 ^a A	46,3 ± 2,1 ^a A
	0,10	686 ± 25 ^b B	646 ± 23 ^b B	45,8 ± 1,8 ^a A
	0,25	1214 ± 33 ^c C	1019 ± 45 ^c D	40,0 ± 1,2 ^b A
	0,50	3452 ± 58 ^d D	2150 ± 52 ^d D	31,9 ± 1,2 ^c A
	0,75	4021 ± 45 ^e B	2309 ± 33 ^d B	29,9 ± 0,5 ^c A
	1,00	8140 ± 65 ^f D	3770 ± 78 ^e B	24,9 ± 0,4 ^d A
7	CS2	487 ± 25 ^a A	503 ± 78 ^a A	45,9 ± 2,4 ^a A
	0,10	490 ± 21 ^a A	476 ± 29 ^a A	44,2 ± 1,1 ^a A
	0,25	739 ± 28 ^b A	639 ± 11 ^b A	40,8 ± 0,8 ^a A
	0,50	1670 ± 76 ^c A	1132 ± 65 ^c A	34,1 ± 0,7 ^b B
	0,75	3400 ± 126 ^d A	1860 ± 108 ^d A	28,7 ± 0,9 ^c A
	1,00	5826 ± 214 ^e A	2699 ± 195 ^e A	24,9 ± 0,5 ^d A
14	CS2	519 ± 18 ^a A	508 ± 20 ^a A	47,6 ± 2,5 ^a A
	0,10	526 ± 17 ^a A	500 ± 65 ^a A	43,5 ± 0,9 ^a A
	0,25	904 ± 38 ^b B	737 ± 25 ^b B	39,2 ± 1,2 ^b A
	0,50	2161 ± 65 ^c B	1314 ± 12 ^c B	31,3 ± 0,8 ^c B
	0,75	3455 ± 185 ^d A	1750 ± 117 ^d A	26,9 ± 0,4 ^d A
	1,00	5917 ± 124 ^e A	2584 ± 85 ^e A	23,6 ± 0,8 ^e B
30	CS2	698 ± 17 ^a B	681 ± 12 ^a B	44,4 ± 1,8 ^a A
	0,10	734 ± 12 ^a C	756 ± 25 ^b C	46,8 ± 1,9 ^a B
	0,25	943 ± 21 ^b B	830 ± 10 ^c C	40,3 ± 1,5 ^b A
	0,50	2563 ± 47 ^c C	1529 ± 65 ^d C	30,8 ± 1,5 ^c B
	0,75	3543 ± 87 ^d A	1855 ± 11 ^e A	27,6 ± 0,9 ^c A
	1,00	6816 ± 102 ^e B	2841 ± 29 ^f A	22,6 ± 0,7 ^d B
60	CS2	804 ± 84 ^a C	726 ± 55 ^a B	42,1 ± 0,5 ^a A
	0,10	863 ± 23 ^a D	766 ± 21 ^a C	40,5 ± 0,8 ^a C
	0,25	1137 ± 53 ^b C	849 ± 23 ^b C	36,7 ± 1,2 ^b B
	0,50	3947 ± 45 ^c E	2197 ± 84 ^c D	29,1 ± 0,9 ^c B
	0,75	4469 ± 57 ^d C	2146 ± 78 ^c B	25,7 ± 0,5 ^d A
	1,00	6723 ± 147 ^e B	2788 ± 89 ^d A	22,5 ± 0,7 ^e B

* Hodnoty jsou uvedeny jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka.

z Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi různými koncentracemi furcellaranu A; 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 furcellaranu A následované různými velkými písmeny se liší ($P < 0,05$).

Tab. 7 Elastický modul pružnosti (G' ; Pa), ztrátový modul pružnosti (G'' ; Pa) a úhel fázového posunu (δ ; °) tavených sýrů vyrobených s přidavkem furcellaranu B (v koncentracích 0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % w/w) v průběhu 60denního skladování (6 ± 2 °C). Modelové vzorky byly vyrobeny s přidavkem tavicích solí. Uvedené hodnoty byly měřeny při referenční frekvenci 1 Hz.*^z

Doba skladování (dny)	Koncentrace (% w/w)	G' (Pa)	G'' (Pa)	δ (°)
1	CS2	432 ± 92 ^a A	452 ± 66 ^a A	46,3 ± 3,1 ^a A
	0,10	760 ± 21 ^b A	692 ± 36 ^b A	42,3 ± 1,8 ^b A
	0,25	1584 ± 35 ^c A	1193 ± 41 ^c A	37,0 ± 1,7 ^c A
	0,50	2718 ± 68 ^d A	1683 ± 25 ^d A	31,8 ± 0,9 ^d A
	0,75	5537 ± 47 ^e A	2821 ± 45 ^e A	27,0 ± 1,2 ^e A
	1,00	6654 ± 54 ^f A	3002 ± 87 ^f A	24,3 ± 1,3 ^e A
7	CS2	487 ± 25 ^a A	503 ± 78 ^a A	45,9 ± 2,8 ^a A
	0,10	813 ± 21 ^b A	724 ± 18 ^b A	41,7 ± 2,1 ^a A
	0,25	2333 ± 148 ^c B	1540 ± 87 ^c B	33,4 ± 0,9 ^b A
	0,50	4578 ± 235 ^d B	2345 ± 145 ^d B	27,1 ± 1,2 ^c A
	0,75	5543 ± 256 ^e A	2644 ± 189 ^e A	25,5 ± 1,6 ^c A
	1,00	6034 ± 356 ^f A	2514 ± 269 ^e A	22,6 ± 1,9 ^c A
14	CS2	519 ± 18 ^a A	508 ± 20 ^a A	47,6 ± 0,5 ^a A
	0,10	1014 ± 85 ^b B	844 ± 29 ^b B	39,8 ± 0,9 ^b A
	0,25	2809 ± 145 ^c B	1750 ± 127 ^c B	31,9 ± 1,3 ^c A
	0,50	4915 ± 169 ^d B	2430 ± 235 ^d B	26,3 ± 2,1 ^c A,B
	0,75	5426 ± 241 ^e A	2315 ± 214 ^e A	23,1 ± 0,6 ^c A
	1,00	8754 ± 347 ^f B	3512 ± 285 ^f B	21,9 ± 1,2 ^c A,B
30	CS2	698 ± 17 ^a B	681 ± 12 ^a B	44,4 ± 0,5 ^a A
	0,10	913 ± 45 ^b A,B	776 ± 56 ^b A,B	40,3 ± 0,7 ^b A
	0,25	2439 ± 78 ^c B	1592 ± 87 ^c B	33,1 ± 0,4 ^c A
	0,50	3008 ± 145 ^d A,B	1472 ± 174 ^c A	26,1 ± 1,8 ^d A,B
	0,75	9766 ± 103 ^e B	4021 ± 205 ^d B	22,4 ± 0,9 ^e A
	1,00	11632 ± 247 ^f C	4570 ± 304 ^d C	21,4 ± 1,3 ^e A,B
60	CS2	804 ± 84 ^a B	726 ± 55 ^a B	42,1 ± 0,3 ^a A
	0,10	2071 ± 52 ^b C	1452 ± 124 ^b C	35,0 ± 0,8 ^b B
	0,25	7150 ± 147 ^c C	3477 ± 214 ^c C	25,9 ± 1,2 ^c B
	0,50	7401 ± 258 ^d C	3270 ± 202 ^c C	23,8 ± 1,5 ^c A
	0,75	11729 ± 324 ^e C	4727 ± 324 ^d C	21,9 ± 1,8 ^c B
	1,00	17342 ± 412 ^f D	5903 ± 174 ^e D	18,8 ± 1,9 ^c B

* Hodnoty jsou uvedeny jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka.

^z Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi různými koncentracemi furcellaranu B; 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 furcellaranu B následované různými velkými písmeny se liší ($P < 0,05$).

Tab. 8 Elastický modul pružnosti (G' ; Pa), ztrátový modul pružnosti (G'' ; Pa) a úhel fázového posunu (δ ; °) tavených sýrů vyrobených s přidavkem furcellaranu A (Estgel 8500, FA; v koncentracích 0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % w/w) v průběhu 60denního skladování (6 ± 2 °C). Modelové vzorky byly vyrobeny bez přidavku tavicích solí. Uvedené hodnoty byly měřeny při referenční frekvenci 1 Hz.*^z

Doba skladování (dny)	Koncentrace (% w/w)	G' (Pa)	G'' (Pa)	δ (°)
1	0,10	2844 ± 130 ^a B	892 ± 53 ^a A	17,4 ± 0,4 ^a A
	0,25	11401 ± 1489 ^b C	2934 ± 121 ^b C	14,4 ± 0,8 ^b A
	0,50	23762 ± 3793 ^c C	5365 ± 861 ^c D	12,7 ± 0,7 ^b A
	0,75	28806 ± 1553 ^c C	6366 ± 258 ^c C	12,5 ± 1,2 ^b A
	1,00	41595 ± 2196 ^d C	8879 ± 492 ^d C	12,1 ± 0,7 ^b A
7	0,10	4285 ± 145 ^a C	1358 ± 54 ^a B	17,6 ± 0,4 ^a A
	0,25	9397 ± 1237 ^b C	2590 ± 224 ^b C	15,4 ± 0,7 ^b A,B
	0,50	18896 ± 4784 ^c C,B	4426 ± 879 ^c C	13,2 ± 0,5 ^b AB
	0,75	23809 ± 1900 ^c C	5583 ± 525 ^c C	13,2 ± 0,2 ^b A
	1,00	35108 ± 383 ^d B	7977 ± 64 ^d B	12,8 ± 0,4 ^b A
14	0,10	3241 ± 250 ^a A	1159 ± 79 ^a B	19,7 ± 1,3 ^a A,B
	0,25	9652 ± 578 ^b C	2851 ± 111 ^b C	16,5 ± 0,5 ^b B
	0,50	14676 ± 379 ^c B	3661 ± 63 ^c B	14,0 ± 0,7 ^b cA
	0,75	18994 ± 435 ^d B	4647 ± 68 ^d B	13,7 ± 0,5 ^b cA
	1,00	28323 ± 124 ^e A	6604 ± 12 ^e A	13,1 ± 0,4 ^c A
30	0,10	4555 ± 595 ^a C	1807 ± 205 ^a C	21,6 ± 0,5 ^a B
	0,25	6172 ± 269 ^b B	2076 ± 36 ^a B	18,6 ± 0,4 ^b C
	0,50	14374 ± 79 ^c B	3839 ± 48 ^b B	15,0 ± 0,5 ^c AB
	0,75	19140 ± 1272 ^d C,B	4960 ± 239 ^c B	14,5 ± 0,3 ^c A
	1,00	26530 ± 228 ^d A	6423 ± 545 ^d A	13,6 ± 0,8 ^c A
60	0,10	2041 ± 62 ^a A	1014 ± 43 ^a B	26,4 ± 0,5 ^a C
	0,25	4137 ± 149 ^b A	1752 ± 33 ^b A	23,0 ± 0,7 ^b D
	0,50	9729 ± 57 ^c A	3017 ± 60 ^c A	17,2 ± 0,9 ^c B
	0,75	13776 ± 814 ^d A	3661 ± 206 ^d A	14,9 ± 0,8 ^{cd} A
	1,00	26082 ± 2366 ^e A	6068 ± 415 ^e A	13,1 ± 1,1 ^d A

* Hodnoty jsou uvedeny jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka.

^z Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi různými koncentracemi furcellaranu A; 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 furcellaranu A následované různými velkými písmeny se liší ($P < 0,05$).

Tab. 9 Elastický modul pružnosti (G' ; Pa), ztrátový modul pružnosti (G'' ; Pa) a úhel fázového posunu (δ ; °) tavených sýrů vyrobených s přidavkem furcellaranu B (Estgel 1000, FB; v koncentracích 0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % w/w) v průběhu 60denního skladování (6 ± 2 °C). Modelové vzorky byly vyrobeny bez přidavku tavicích solí. Uvedené hodnoty byly měřeny při referenční frekvenci 1 Hz.*^z

Doba skladování (dny)	Koncentrace (% w/w)	G' (Pa)	G'' (Pa)	δ (°)
1	0,10	6125 ± 31 ^a A	1985 ± 75 ^a A	18,0 ± 0,3 ^a A
	0,25	10587 ± 57 ^b A	2984 ± 96 ^b A	15,7 ± 0,5 ^b A
	0,50	33148 ± 3160 ^c C	7322 ± 704 ^c B	12,5 ± 0,4 ^c A
	0,75	42504 ± 792 ^d C	9086 ± 129 ^d B	12,1 ± 0,2 ^c A
	1,00	46149 ± 854 ^d C	10108 ± 189 ^e B	12,4 ± 0,5 ^c A
7	0,10	6925 ± 25 ^a B	2058 ± 58 ^a A	16,6 ± 0,6 ^a A
	0,25	11997 ± 842 ^b A	3152 ± 227 ^b A	14,7 ± 0,8 ^{a,b} A
	0,50	20118 ± 1726 ^c A	4768 ± 442 ^c A	13,3 ± 0,7 ^b A
	0,75	30894 ± 199 ^d B	7082 ± 61 ^d A	12,9 ± 0,2 ^b A
	1,00	43290 ± 622 ^e B,C	7974 ± 46 ^e A	13,1 ± 0,8 ^b A
14	0,10	7386 ± 2097 ^a B	2353 ± 793 ^a A	17,7 ± 0,9 ^a A
	0,25	11404 ± 1187 ^a A	3148 ± 276 ^a A	15,4 ± 0,5 ^{a,b} A
	0,50	19176 ± 1764 ^b A	4734 ± 200 ^b A	13,9 ± 0,4 ^b A
	0,75	33456 ± 2323 ^c B	7520 ± 400 ^c A	12,7 ± 0,8 ^b A
	1,00	38170 ± 621 ^d A,B	8535 ± 71 ^d B	12,6 ± 0,5 ^b A
30	0,10	15565 ± 1850 ^a D	4969 ± 3115 ^a B	17,7 ± 0,6 ^a A
	0,25	25191 ± 2428 ^b C	7345 ± 583 ^b B	16,3 ± 0,8 ^{a,b} A
	0,50	21955 ± 1165 ^b A	5543 ± 399 ^a B	14,2 ± 0,5 ^{bc} A
	0,75	33175 ± 1103 ^c B	7676 ± 235 ^b A	13,0 ± 0,6 ^c A
	1,00	39892 ± 748 ^d A,B	9172 ± 535 ^c B	12,9 ± 0,7 ^{b,c} A
60	0,10	12700 ± 710 ^a C	4761 ± 312 ^a B	20,5 ± 0,6 ^a B
	0,25	13370 ± 2832 ^a B	4337 ± 735 ^a A	18,0 ± 0,7 ^a A
	0,50	25676 ± 121 ^b B	6829 ± 318 ^b B	14,9 ± 0,4 ^b A
	0,75	30491 ± 1394 ^c A	7522 ± 287 ^b A	13,9 ± 0,9 ^b A
	1,00	37618 ± 885 ^d A	9438 ± 28 ^c B	14,1 ± 0,2 ^b A

* Hodnoty jsou uvedeny jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka.

^z Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi různými koncentracemi furcellaranu B; 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 furcellaranu B následované různými velkými písmeny se liší ($P < 0,05$).

4.3 Výsledky a diskuze k experimentu III

4.3.1 Základní chemická analýza

Základní chemická analýza tavených sýrových omáček vyrobených s přidavkem κ -karagenanu (Příloha G) nebo furcellaranu B (Příloha H), 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 přidavkem polysacharidů ani zařazením vysokotlaké homogenizace do výrobního procesu produktů ($P \geq 0,05$). Taktéž u hodnot pH tavených sýrových omáček nebyla prokázána závislost na přidavku polysacharidu a aplikaci homogenizace. 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). Na základě srovnatelných výsledků základní chemické analýzy bylo možné posoudit vliv aplikace κ -karagenanu, furcellaranu B a homogenizačního procesu.

4.3.2 Reologická analýza

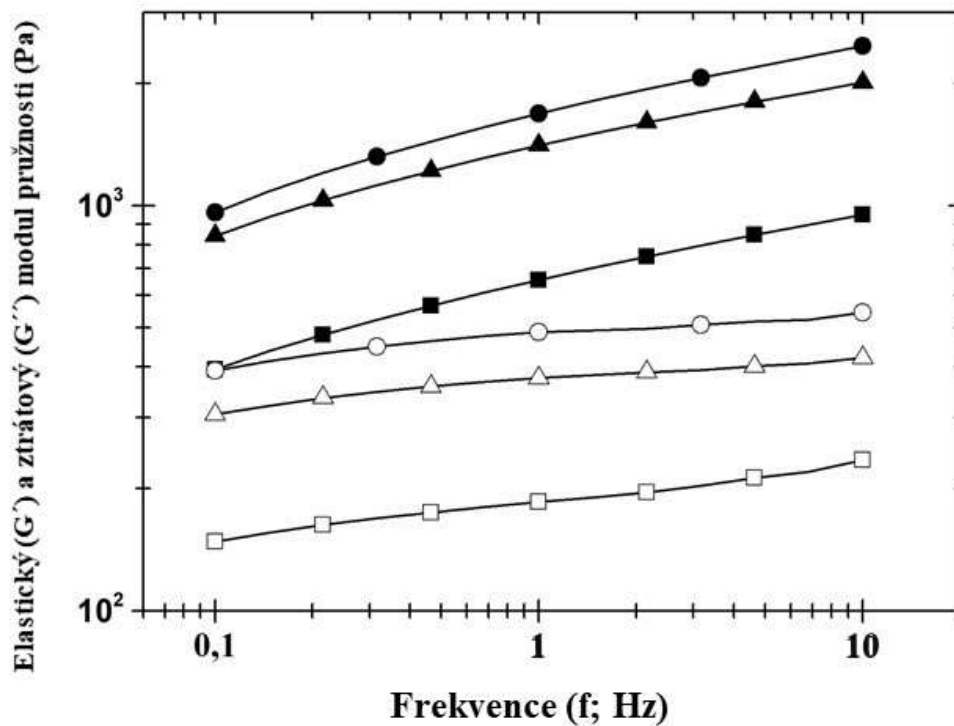
V rámci reologické analýzy nehomogenizovaných, jednostupňově a dvoustupňově homogenizovaných tavených sýrových omáček byla sledována závislost elastického G' a ztrátového G'' modulu pružnosti na frekvenci (v rozsahu 0,10–10,0 Hz). Frekvenční závislosti zmíněných veličin jsou znázorněny na Obr. 14 pro kontrolní vzorky (bez obsahu polysacharidu; CS3), na Obr. 15 a Obr. 16 pro vzorky vyrobené s přidavkem κ -karagenanu, respektive furcellaranu B. Hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* a úhlu fázového posunu δ (vyjádřené pro referenční frekvenci 1 Hz) tavených sýrových omáček jsou prezentovány na Obr. 17. 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, který dosahoval v napříč celým experimentem hodnot $\delta < 45^\circ$. Z Obr. 17 je patrné, že hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* homogenizovaných vzorků (pomocí jednostupňového i dvoustupňového procesu; při srovnání vzorků se stejným přidavkem vybraného polysacharidu) byly významně ($P < 0,05$) vyšší ve srovnání se vzorky nehomogenizovanými, což naznačuje nárůst jejich tuhosti vlivem aplikace homogenizace. Naopak, hodnoty úhlu fázového posunu δ dosahovaly u vzorků

homogenizovaných ve srovnání se vzorky nehomogenizovanými nižších hodnot. 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 se vzorky, které byly podrobeny homogenizaci jednostupňové (Obr. 17, $P < 0,05$). Tento trend je patrný také z průběhu frekvenčních závislostí elastického G' a ztrátového G'' modulu pružnosti modelových vzorků na Obr. 14–Obr. 16. K dalšímu zvýšení tuhosti produktů pravděpodobně nedocházelo v důsledku nadměrného mechanického namáhání taveniny, které mohlo vést k částečnému kolapsu trojrozměrné matrice tavené sýrové omáčky. Podobný jev (pokles zdánlivé viskozity výrobků) avšak způsobený vlivem relativně dlouhé doby výroby (≈ 30 min a více) byl popsán v práci autorů Lee et al. (2003).

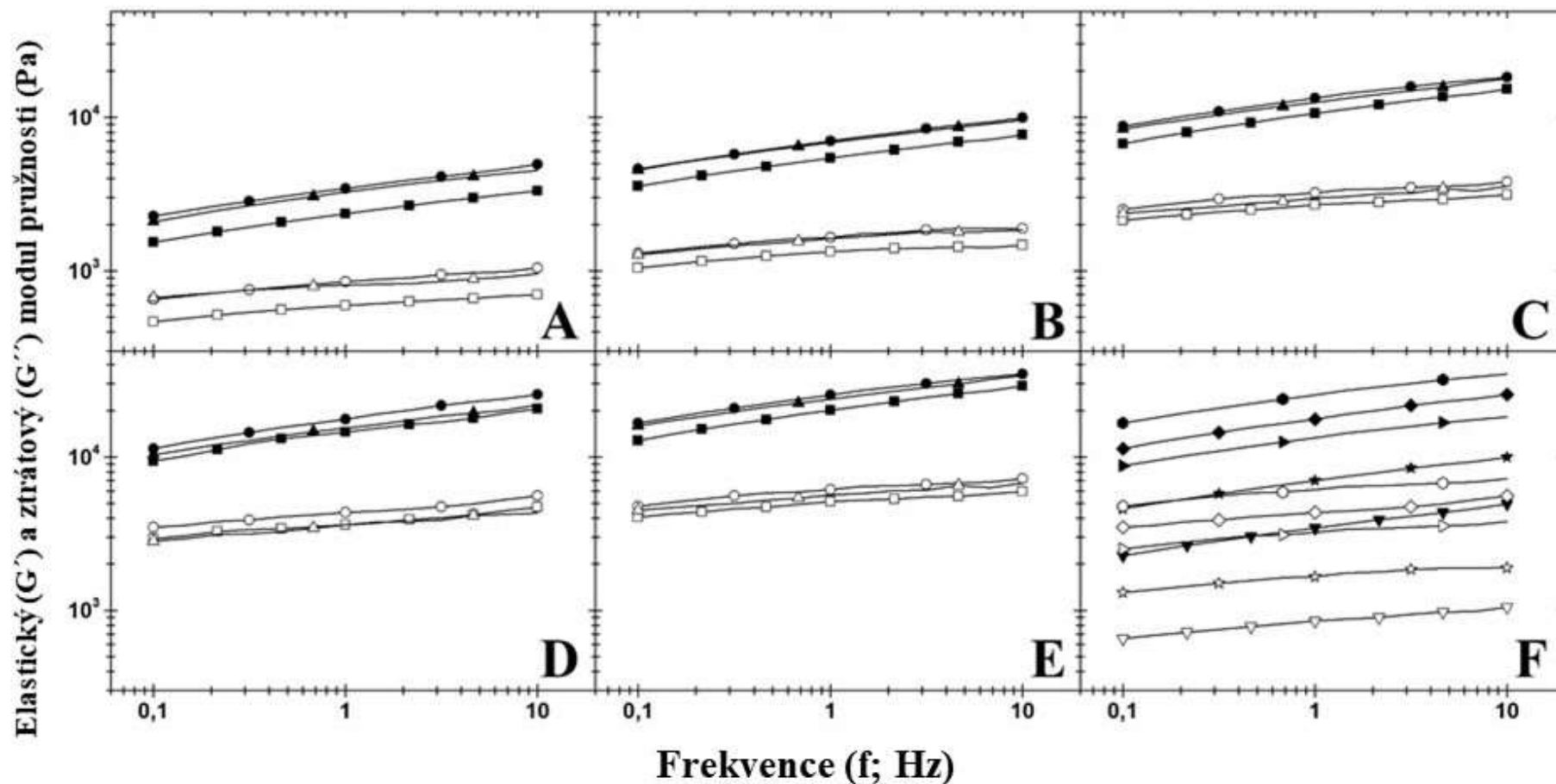
K postupnému navýšení hodnot komplexního modulu pružnosti G^* svědčícím o zvýšení tuhosti tavených sýrových omáček docházelo i s narůstající koncentrací aplikovaných polysacharidů (nezávisle na aplikaci homogenizace a homogenizačním režimu; $P < 0,05$). Zvýšení tuhosti modelových vzorků bylo pravděpodobně důsledkem přechodu z neuspořádaného stavu polysacharidu do stavu uspořádaného (šroubovice) a následnou agregací dvojitych šroubovic za vzniku prostorově orientované sítě (Du et al., 2016). Tento jev byl podrobněji popsán u předchozích experimentů. Výjimku však tvořil modelový vzorek s přídatkem furcellaranu B v koncentraci 0,125 % w/w, který ke zvýšení hodnot komplexního modulu pružnosti G^* nevedl ($P < 0,05$). Toto tvrzení lze podpořit i průběhem křivek frekvenčních závislostí elastického G' a ztrátového G'' modulu pružnosti modelových vzorků

na Obr. 16 v částech F. Podle Černíkové et al. (2008) se s rostoucí koncentrací karagenanů vytváří hustší síť polysacharidových řetězců, což vede ke vzniku pevnějšího gelu. Koncentrace 0,125 % w/w furcellaranu B se však jevila jako nedostatečná pro tvorbu sítě v dané matici (viz. Obr. 16 část F, srovnání uváděné pro vzorky podrobené jednostupňové homogenizaci). Podobný trend byl pozorován i v Experimentu II této práce při výrobě tavených sýrů s přídavkem furcellaranu v koncentraci 0,100 % w/w. Při srovnání aplikovaných polysacharidů bylo zjištěno, že vyšších hodnot komplexního modulu pružnosti G^* bylo dosaženo s aplikací κ -karagenanu (při srovnání modelových vzorků se stejnou koncentrací κ -karagenanu a furcellaranu B). Tento jev byl patrný zejména u modelových vzorků s relativně vyššími přídávky jednotlivých polysacharidů ($< 0,500$ % w/w; $P < 0,05$).

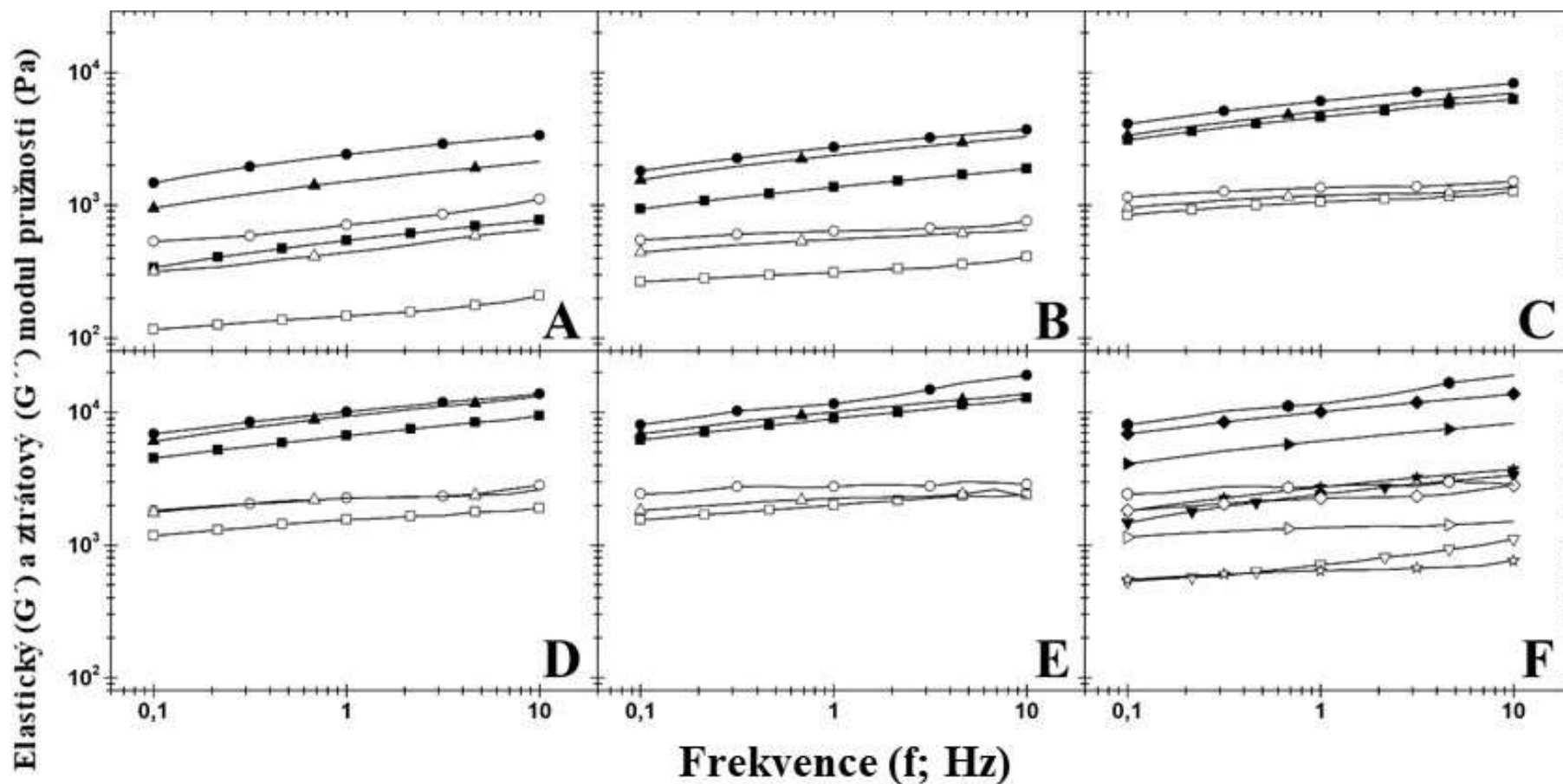
Nutno taktéž podotknout, že hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* (≈ 27 kPa, Obr. 17) modelového vzorku tavené sýrové omáčky (vyrobený v experimentu III) s obsahem κ -karagenanu 1,000 % w/w, který byl podroben jednostupňové homogenizaci při 10 MPa, jsou srovnatelné s hodnotami naměřenými pro roztíratelný 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 přídávkem 1,000 % w/w κ -karagenanu a vysokotlakou homogenizací se svojí konzistencí blíží roztíratelnému produktu.



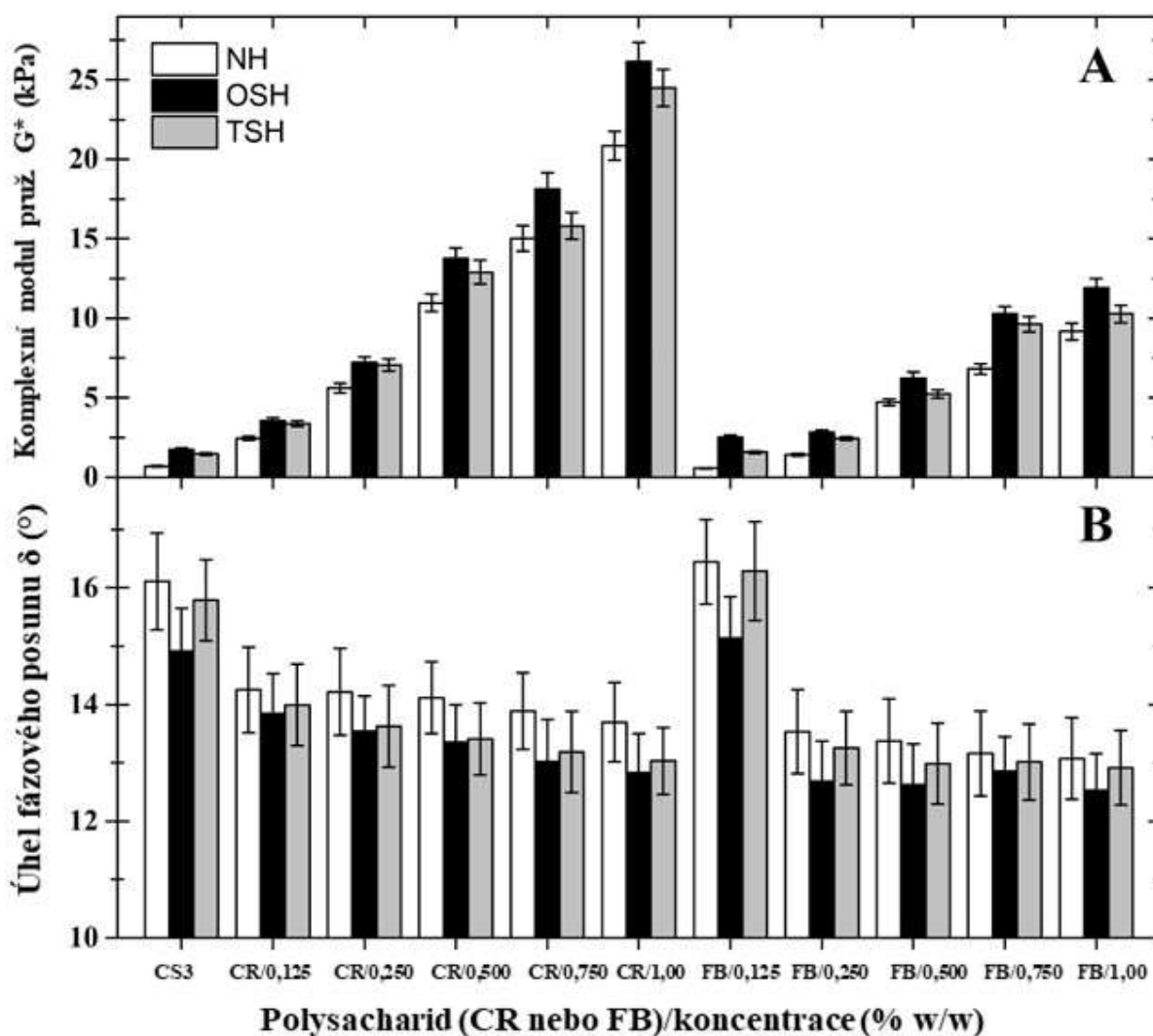
Obr. 14 Závislost elastického (G' ; plné symboly; Pa) a ztrátového (G'' ; prázdné symboly; Pa) modulu pružnosti kontrolního vzorku tavené sýrové omáčky vyrobené bez přídavku polysacharidu na frekvenci (f ; v rozmezí 0,1–10,0 Hz) po 30denním skladování při 6 ± 2 °C. Vzorky byly nehomogenizované (■□) nebo byly homogenizovány jednostupňovým procesem (10 MPa; ●○) nebo dvoustupňovým procesem (10/20 MPa; ▲△).



Obř. 15 Závíslost elastickeho (G' ; plné symboly; Pa) a ztrátového (G'' ; prázdne symboly; Pa) modulu pružnosti tavených sýrových omáček vyrobených s přidávkem κ -karagenanu v koncentracích 0,125 (část A), 0,250 (část B), 0,500 (část C), 0,750 (část D) a 1,000 % w/w (část E) na frekvenci (f ; v rozsahu 0,1–10,0 Hz) po 30denním skladování při 6 ± 2 °C. Vzorky byly nehomogenizované (■□) nebo byly homogenizovány jednostupňovým procesem (10 MPa; ●○) nebo dvoustupňovým procesem (10/20 MPa; ▲△). Pro snadné srovnání je v části F uvedena závislost elastickeho modulu pružnosti (G' ; plné symboly; Pa) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; prázdne symboly; Pa) taveného sýra s κ -karagenanem v koncentracích 0,125 (▼▽), 0,250 (★☆), 0,500 (►▷), 0,750 (◆◇) a 1,000 % w/w (● a prázdna varianta), který byl podroben jednostupňovému homogenizačnímu procesu (10 MPa).



Obr. 16 Závislost elastického (G' ; plné symboly; Pa) a ztrátového (G'' ; prázdné symboly; Pa) modulu pružnosti tavených sýrových omáček vyrobených s přidávkou furcellaranu B (Estegel 1000) v koncentracích 0,125 (část A), 0,250 (část B), 0,500 (část C), 0,750 (část D) a 1,000 % w/w. (část E) na frekvenci (f ; v rozsahu 0,1–10,0 Hz) po 30denním skladování při 6 ± 2 °C. Vzorky byly nehomogenizované (■□) nebo byly homogenizovány jednostupňovým procesem (10 MPa; ●○) nebo dvoustupňovým procesem (10/20 MPa; ▲△). Pro snadné srovnání je v části F uvedena závislost elastického modulu pružnosti (G' ; plné symboly; Pa) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; prázdné symboly; Pa) taveného sýra s furcellaranem v koncentracích 0,125 (▼▽), 0,250 (★☆), 0,500 (►▷), 0,750 (◆◇) a 1,000 % w/w. (● a prázdná varianta), který byl podroben jednostupňovému homogenizačnímu procesu (10 MPa)..



Obr. 17 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).

4.3.3 Stanovení barvy

Výsledky analýzy barvy modelových vzorků nehomogenizovaných a homogenizovaných tavených sýrových omáček vyrobených s přidavkem κ -karagenanu a furcellaranu B jsou uvedeny v Tab. 10 a Tab. 11. Dle získaných výsledků lze všechny modelové vzorky (nezávisle na aplikaci homogenizace a přidavku polysacharidu) 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 je podpořeno také hodnotami měrného úhlu barevného tónu h^* , které se u všech vzorků blížily hodnotě 90° , což odpovídá žlutému odstínu. Zvyšující se přídavek 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. Vzorky podrobené jednostupňové nebo dvoustupňové homogenizaci vykazovaly nižší hodnoty b^* ve srovnání se vzorky nehomogenizovanými (při porovnání vzorků se stejným typem polysacharidu ve stejné koncentraci). Stejný trend byl pozorován pro hodnoty C^* definujícími sytost barvy, které byly u homogenizovaných vzorků také nižší. Vliv homogenizace na barvu modelových vzorků však nebyl statisticky významný ($P > 0,05$).

Barva potraviny je sensorickým 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 přídavek polysacharidu (Tab. 12). Dle objektivních odchylek ΔE^*_{12} lze také určit, zda jsou rozdíly v barvě rozpoznatelné lidským okem. V případě, že je $\Delta E^*_{12} < 1$, nejsou rozdíly lidským okem vnímatelné. Drobné rozdíly mohou být lidským okem zaznamenány, pokud se hodnota pohybuje v rozmezí $1 < \Delta E^*_{12} < 3$. Pokud jsou hodnoty $\Delta E^*_{12} < 3$, barevné rozdíly jsou lidským okem jasně rozeznatelné (Milovanovic et al., 2020). Rozdílná barva tavené sýrové omáčky mohla být zaznamenána s přídavkem polysacharidů. Hodnot $\Delta E^*_{12} < 3$ pak bylo dosaženo s přídavkem furcellaranu B v koncentraci 1 % w/w, kdy je možné předpokládat jasné ovlivnění barvy modelového vzorku. Aplikace homogenizace pak nezpůsobila odchylku v barvě, nebo tato odchylka byla z pohledu spotřebitele spíše zanedbatelná ($\Delta E^*_{12} < 2$).

Tab. 10 Výsledky analýzy barvy nehomogenizovaných (NH), jednostupňově homogenizovaných (H100) a dvoustupňově homogenizovaných (H200) tavených sýrových omáček vyrobených s přidavkem κ -karagenanu v koncentracích 0,125, 0,250, 0,500, 0,750 a 1,000 % w/w po 30denním skladování při 6 ± 2 °C: světlost (L^*), parametr a^* (zelená až červená), parametr b^* (modrá až žlutá), chroma (C^*) a měrný úhel barevného tónu (h^*). Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS3) bez obsahu polysacharidu.

Koncentrace (% w/w)	Homogenizace	L^*	a^*	b^*	C^*	h^*
CS3	NH	$87,85 \pm 0,40^aA$	$0,03 \pm 0,01^aA$	$10,28 \pm 0,03^bA$	$10,28 \pm 0,23^aA$	$89,83 \pm 0,08^aA$
	H100	$87,49 \pm 0,15^aA$	$0,04 \pm 0,03^aA$	$9,28 \pm 0,13^aA$	$9,28 \pm 0,13^aA$	$89,75 \pm 0,18^aA$
	H200	$87,66 \pm 0,16^aA$	$-0,12 \pm 0,01^aA$	$9,14 \pm 0,02^aA$	$9,14 \pm 0,02^aA$	$90,72 \pm 0,04^aA$
0,125	NH	$87,25 \pm 0,11^aA$	$0,12 \pm 0,01^aA$	$10,50 \pm 0,07^aAB$	$10,50 \pm 0,07^aAB$	$89,35 \pm 0,07^aA$
	H100	$87,34 \pm 0,25^aA$	$0,12 \pm 0,02^aA$	$9,61 \pm 0,02^aAB$	$9,61 \pm 0,02^aAB$	$89,31 \pm 0,04^aA$
	H200	$86,73 \pm 0,32^aA$	$0,04 \pm 0,03^aA$	$9,63 \pm 0,05^aAB$	$9,63 \pm 0,05^aAB$	$89,79 \pm 0,13^aA$
0,250	NH	$86,72 \pm 0,42^aA$	$0,11 \pm 0,03^aA$	$10,88 \pm 0,04^aAB$	$10,88 \pm 0,04^aAB$	$89,42 \pm 0,15^aA$
	H100	$86,72 \pm 0,06^aA$	$0,05 \pm 0,02^aA$	$10,28 \pm 0,10^aAB$	$10,28 \pm 0,10^aAB$	$89,69 \pm 0,12^aA$
	H200	$87,00 \pm 0,14^aA$	$-0,03 \pm 0,01^aA$	$10,18 \pm 0,02^aAB$	$10,18 \pm 0,02^aAB$	$90,14 \pm 0,04^aA$
0,500	NH	$86,40 \pm 0,11^aA$	$0,12 \pm 0,01^aA$	$10,84 \pm 0,01^aAB$	$10,84 \pm 0,01^aAB$	$89,39 \pm 0,04^aA$
	H100	$86,86 \pm 0,03^aA$	$0,07 \pm 0,02^aA$	$10,23 \pm 0,03^aAB$	$10,23 \pm 0,03^aAB$	$89,64 \pm 0,12^aA$
	H200	$87,35 \pm 0,11^aA$	$0,06 \pm 0,01^aA$	$10,66 \pm 0,03^aB$	$10,66 \pm 0,03^aB$	$89,70 \pm 0,04^aA$
0,750	NH	$85,97 \pm 0,02^aA$	$0,20 \pm 0,01^aA$	$11,36 \pm 0,01^aB$	$11,36 \pm 0,01^aB$	$89,02 \pm 0,04^aA$
	H100	$86,07 \pm 0,12^aA$	$0,08 \pm 0,01^aA$	$10,71 \pm 0,01^aB$	$10,71 \pm 0,01^aB$	$89,57 \pm 0,08^aA$
	H200	$86,15 \pm 0,02^aA$	$0,04 \pm 0,01^aA$	$10,76 \pm 0,01^aB$	$10,76 \pm 0,01^aB$	$89,81 \pm 0,04^aA$
1,00	NH	$86,60 \pm 0,02^aA$	$0,13 \pm 0,04^aA$	$11,33 \pm 0,09^aB$	$11,33 \pm 0,09^aB$	$89,34 \pm 0,08^aA$
	H100	$85,60 \pm 0,14^aA$	$0,12 \pm 0,01^aA$	$10,97 \pm 0,01^aB$	$10,97 \pm 0,01^aB$	$89,40 \pm 0,04^aA$
	H200	$85,90 \pm 0,07^aA$	$0,03 \pm 0,01^aA$	$10,99 \pm 0,01^aB$	$10,90 \pm 0,01^aB$	$89,87 \pm 0,04^aA$

* Hodnoty jsou uvedeny jako průměrná hodnota \pm směrodatná odchylka.

^z Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi různými typy homogenizačního režimu, při srovnání stejné koncentrace κ -karagenanu) označené různými malými písmeny v horním indexu se liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi koncentrací κ -karagenanu; při srovnání vzorků podrobeným stejnému typu homogenizace) označené různými velkými písmeny se liší ($P < 0,05$).

Tab. 11 Výsledky analýzy barvy nehomogenizovaných (NH), jednostupňově homogenizovaných (H100) a dvoustupňově homogenizovaných (H200) tavených sýrových omáček vyrobených s přidavkem furcellaranu B v koncentracích 0,125, 0,250, 0,500, 0,750 a 1,000 % w/w po 30denním skladování při 6 ± 2 °C: světlost (L^*), parametr a^* (osa zelená až červená), parametr b^* (osa modrá až žlutá), chroma (C^*) a měrný úhel barevného tónu (h^*). Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS3) bez obsahu polysacharidu.

Koncentrace (% w/w)	Homogenizace	L^*	a^*	b^*	C^*	h^*
CS3	NH	$87,85 \pm 0,40^aA$	$0,03 \pm 0,01^aA$	$10,28 \pm 0,23^aA$	$10,28 \pm 0,23^aA$	$89,83 \pm 0,08^aA$
	H100	$87,49 \pm 0,15^aA$	$0,04 \pm 0,03^aA$	$9,28 \pm 0,13^aA$	$9,28 \pm 0,13^aA$	$89,75 \pm 0,18^aA$
	H200	$87,66 \pm 0,16^aA$	$-0,12 \pm 0,01^bA$	$9,14 \pm 0,02^aA$	$9,14 \pm 0,02^aA$	$90,72 \pm 0,04^aA$
0,125	NH	$87,20 \pm 0,04^aA$	$0,08 \pm 0,01^aA$	$11,24 \pm 0,04^aA$	$11,24 \pm 0,04^aA$	$89,59 \pm 0,07^aA$
	H100	$87,38 \pm 0,04^aA$	$0,05 \pm 0,01^aA$	$10,55 \pm 0,65^{a,b}A$	$10,55 \pm 0,65^{a,b}A$	$89,73 \pm 0,09^aA$
	H200	$87,58 \pm 0,01^aA$	$-0,01 \pm 0,01^aA$	$9,92 \pm 0,04^bA$	$9,92 \pm 0,04^bA$	$90,09 \pm 0,04^aA$
0,250	NH	$87,01 \pm 0,03^aA$	$0,12 \pm 0,01^aAB$	$11,26 \pm 0,02^aA$	$11,26 \pm 0,02^aA$	$89,42 \pm 0,04^aA$
	H100	$87,19 \pm 0,02^aA$	$0,11 \pm 0,01^aA$	$10,14 \pm 0,07^{a,b}A$	$10,14 \pm 0,07^{a,b}A$	$89,41 \pm 0,04^aA$
	H200	$86,74 \pm 0,01^aA$	$0,06 \pm 0,06^aA$	$9,78 \pm 0,01^bA$	$9,78 \pm 0,01^bA$	$89,65 \pm 0,33^aA$
0,500	NH	$85,81 \pm 0,02^aA$	$0,19 \pm 0,01^aAB$	$10,96 \pm 0,04^aA$	$10,96 \pm 0,04^aA$	$89,03 \pm 0,03^aA$
	H100	$84,06 \pm 0,01^aA$	$0,19 \pm 0,01^aA$	$10,17 \pm 0,03^aA$	$10,17 \pm 0,03^aA$	$88,96 \pm 0,04^aA$
	H200	$85,92 \pm 0,01^aA$	$0,09 \pm 0,01^aA$	$10,10 \pm 0,02^aA$	$10,10 \pm 0,02^aA$	$89,49 \pm 0,08^aA$
0,750	NH	$85,13 \pm 0,03^aA$	$0,21 \pm 0,01^aB$	$11,17 \pm 0,03^aA$	$11,17 \pm 0,03^aA$	$88,92 \pm 0,08^aA$
	H100	$84,63 \pm 0,02^aA$	$0,09 \pm 0,02^bA$	$9,60 \pm 0,01^bA$	$9,60 \pm 0,01^bA$	$89,49 \pm 0,13^aA$
	H200	$85,54 \pm 0,01^aA$	$0,17 \pm 0,01^aA$	$10,33 \pm 0,0^{a,b}A$	$10,34 \pm 0,02^{a,b}A$	$89,06 \pm 0,08^aA$
1,00	NH	$84,72 \pm 0,01^aA$	$0,29 \pm 0,01^aB$	$11,27 \pm 0,01^aA$	$11,27 \pm 0,01^aA$	$88,53 \pm 0,07^aA$
	H100	$84,46 \pm 0,02^aA$	$0,09 \pm 0,01^bA$	$10,32 \pm 0,02^{a,b}A$	$10,32 \pm 0,02^{a,b}A$	$89,53 \pm 0,04^aA$
	H200	$84,55 \pm 0,08^aA$	$0,04 \pm 0,01^bA$	$10,02 \pm 0,06^bA$	$10,02 \pm 0,06^bA$	$89,78 \pm 0,08^aA$

* Hodnoty jsou uvedeny jako průměrná hodnota \pm směrodatná odchylka.

^z Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi různými typy homogenizačního režimu, při srovnání stejné koncentrace furcellaranu B) označené různými malými písmeny v horním indexu se liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi koncentrací furcellaranu B; při srovnání vzorků podrobeným stejnému typu homogenizace) označené různými velkými písmeny se liší ($P < 0,05$).

Tab. 12 Hodnoty ΔE_{12} nehomogenizovaných (NH), jednostupňově homogenizovaných (H100) a dvoustupňově homogenizovaných (H200) tavených sýrových omáček vyrobených s přidavkem κ -karagenanu nebo furcellaranu B v koncentracích 0,125, 0,250, 0,500, 0,750 a 1,000 % w/w po 30denním skladování při 6 ± 2 °C. Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS3) bez obsahu polysacharidu.*^z

	Koncentrace (% w/w)	Homogenizace	ΔE_{12} **	ΔE_{12} ***	
CS3	-	NH	-	-	
		H100	$1,06 \pm 0,01^a A$	-	
		H200	$1,16 \pm 0,02^b A$	-	
CR	0,125	NH	-	$0,86 \pm 0,01^a A_a$	
		H100	$0,95 \pm 0,02^a A_a$	$0,37 \pm 0,01^b A_a$	
		H200	$0,93 \pm 0,02^a B_a$	$1,07 \pm 0,01^c A_a$	
	0,250	NH	-	$1,28 \pm 0,01^a B_a$	
		H100	$0,60 \pm 0,01^a B_a$	$1,26 \pm 0,01^a B_a$	
		H200	$0,77 \pm 0,01^b C_a$	$1,24 \pm 0,01^a B_a$	
	0,500	NH	-	$1,56 \pm 0,01^a C_a$	
		H100	$0,76 \pm 0,01^a C_a$	$1,14 \pm 0,01^b C_a$	
		H200	$0,97 \pm 0,0^b B_a$	$1,57 \pm 0,01^a C_a$	
	0,750	NH	-	$2,18 \pm 0,01^{a,b} D_a$	
		H100	$0,66 \pm 0,01^a B, C_a$	$2,02 \pm 0,01^a D_a$	
		H200	$0,65 \pm 0,02^a D_a$	$2,22 \pm 0,01^b D_a$	
	1,00	NH	-	$1,64 \pm 0,01^a C_a$	
		H100	$1,06 \pm 0,02^a A_a$	$2,53 \pm 0,01^b E_a$	
		H200	$0,79 \pm 0,01^b C_a$	$2,56 \pm 0,01^b E_a$	
	FR	0,125	NH	-	$1,16 \pm 0,01^{a,b} A_b$
			H100	$0,71 \pm 0,01^a B_b$	$1,27 \pm 0,01^a A_b$
			H200	$1,38 \pm 0,03^b B_b$	$0,79 \pm 0,01^b A_b$
0,250		NH	-	$1,29 \pm 0,01^a B_a$	
		H100	$1,13 \pm 0,02^a C_b$	$0,91 \pm 0,01^b B_b$	
		H200	$1,51 \pm 0,0^b C_b$	$1,13 \pm 0,01^c B_a$	
0,500		NH	-	$2,16 \pm 0,01^a C_b$	
		H100	$1,92 \pm 0,03^a D_b$	$2,55 \pm 0,01^b C_b$	
		H200	$0,87 \pm 0,0^b D_b$	$2,00 \pm 0,01^a C_b$	
0,750		NH	-	$2,87 \pm 0,01^a D_b$	
		H100	$1,65 \pm 0,02^a E_b$	$2,88 \pm 0,01^a D_b$	
		H200	$0,93 \pm 0,01^b D_b$	$2,45 \pm 0,01^b D_b$	
1,00		NH	-	$3,29 \pm 0,01^a E_b$	
		H100	$1,01 \pm 0,01^a A_a$	$3,20 \pm 0,01^a E_b$	
		H200	$1,28 \pm 0,03^b A_b$	$3,24 \pm 0,01^a E_b$	

* Hodnoty jsou uvedeny jako průměrná hodnota \pm směrodatná odchylka.

** Hodnoty reprezentují rozdíl mezi modelovými vzorky v závislosti na aplikaci homogenizace.

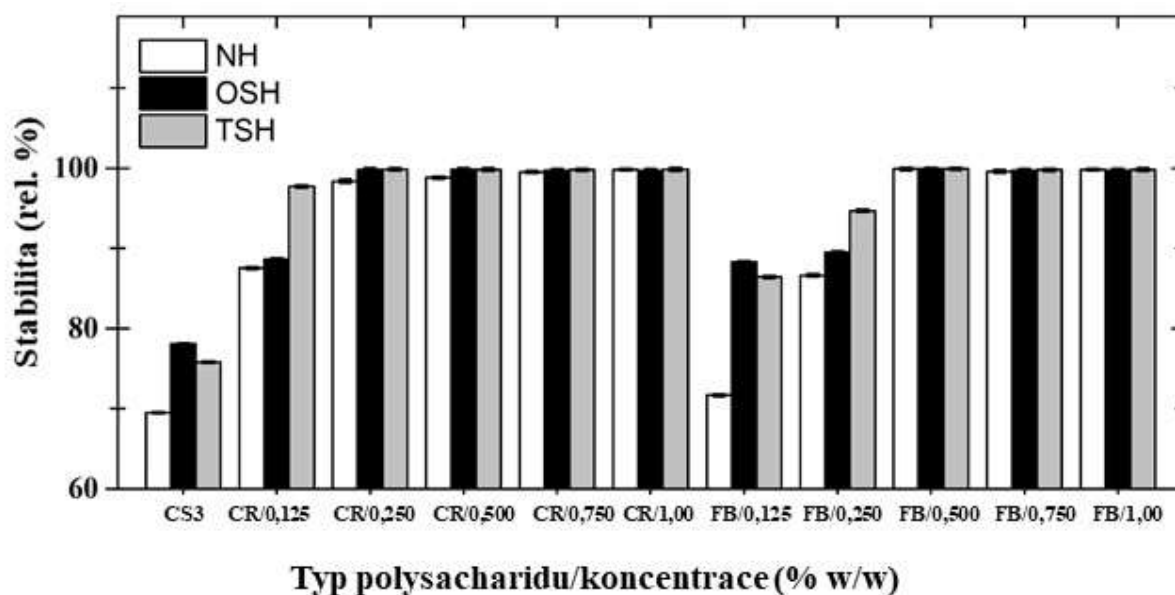
*** Hodnoty reprezentují rozdíl mezi modelovými vzorky v závislosti na přidavku polysacharidů.

^z Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi různými typy homogenizačního režimu, při srovnání stejné koncentrace polysacharidů) označené různými malými písmeny v horním indexu se liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi koncentrací daného polysacharidu; při srovnání vzorků podrobeným stejnému typu homogenizace) označené různými velkými písmeny se liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi κ -karagenanem a furcellaranem B; při srovnání vzorků se stejnou koncentrací polysacharidů a podrobeným stejnému typu homogenizace) označené různými malými písmeny v dolním indexu se liší ($P < 0,05$).

4.3.4 Stanovení stability emulze

Výsledky měření stability emulze nehomogenizovaných, jednostupňově a dvoustupňově homogenizovaných tavených sýrových omáček vyrobených s přídavkem κ -karagenanu nebo furcellaranu B jsou prezentovány na Obr. 18. Aplikace této analýzy vycházela z faktu, že tavená sýrová omáčka je definována jako emulze oleje ve vodě. 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; $P \geq 0,05$). Zvyšující se stabilitu tavených omáček s narůstající koncentrací polysacharidů lze vysvětlit vysokou afinitou těchto přídatných látek k molekulám vody, kterou disponují díky velkému počtu hydroxylových skupin ve své struktuře (Saha & Bhattacharya, 2010). Stabilitu produktů může také podporovat tvorba komplexů bílkovina-polysacharid, kdy dochází k interakci mezi záporně nabitým polysacharidem a kladně nabitými segmenty bílkovin mléka. Tyto reakce však byly v literatuře podrobněji popsány pouze pro micelární kasein (Kováčová et al., 2010) a pro β -kazein a α _S-kazeiny (Lynch & Mulvihill, 1996). Získané výsledky dále ukazují, že při přídavku 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 ve stejných koncentracích. Tento rozdíl lze pravděpodobně vysvětlit rozdílným počtem esterově vázaných sulfátových skupin ve strukturách molekul κ -karagenanu a furcellaranu, kdy furcellaran obsahuje jednu esterově vázanou sulfátovou skupinu na tetramer galaktózové jednotky, přičemž v případě κ -karagenanu je přítomna jedna sulfátová skupina na dimer galaktózy. Výsledkem různého počtu sulfátových skupin vázaných na maticích těchto biopolymerů jsou různé konformace, které ovlivňují jejich aplikační vlastnosti (Wurm et al., 2019).

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. 18). Aplikace vysokotlaké homogenizace vede, jak již bylo zmíněno, ke zvýšení interakcí v matici tavené sýrové omáčky, zejména pak mezi tukem a bílkovinami. Tyto interakce pak podpoří lepší stabilizaci tuku a vody v proteinové matici tavených sýrových omáček.



Obr. 18 Stabilita emulze (rel. %) tavených sýrových omáček s přidavkem κ -karagenanu (CR) a furcellaranu (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).

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, přesto že, jak již bylo uvedeno, κ -karagenan a furcellaran vážou poměrně velké množství vody, takže lze předpokládat, že s jejich zvyšující se koncentrací dojde k odstranění volné vody ve výrobku. Podle Buňková & Buňka (2017) se hodnota a_w v tavených sýrech obvykle pohybuje v rozmezí 0,91 až 0,96. Autoři uvádí, že zmíněné hodnoty a_w mohou inhibovat růst některých druhů mikroorganismů. 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). Hodnoty zjištěné v této práci jsou srovnatelné s hodnotami naměřenými ve studii autorů Sołowiej et al. (2015), kde autoři sledovali vlastnosti analogů tavených sýrů vyrobených s přidavkem inulinu a syrovátkových bílkovin.

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 přidavkem κ -karagenanu bylo dosaženo vyšší tuhosti modelových systémů, nicméně furcellaran se jevil jako slibná alternativa pro výrobu tavených sýrových omáček s žádoucími funkčními a sensorickými 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 přidavkem 1 % w/w κ -karagenanu vykazovaly konzistenci srovnatelnou s roztíratelným taveným sýrem.
- Aplikace vysokotlaké homogenizace a přidavek 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 přídatku vybraných hydrokoloidů (ι -karagenan, κ -karagenan a furcellaran), u tavených sýrů pak byla zkoumána možnost pomocí přídatku 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 přídatkem, tak bez přídatku 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 přídatek 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 přídavek 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 REFERENCÍ

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>

Anjo, F. A., Saraiva, B. R., da Silva, J. B., Ogawa, C. Y. L., Sato, F., Bruschi, M. L., Riegel-Vidotti, I. C., Simas, F. F., & Matumoto-Pintro, P. T. (2023). A new food stabilizer in technological properties of low-fat processed cheese. *European Food Research and Technology*, 249(3), 597-606. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04155-z>

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.

Arltoft, D., Ipsen, R., Madsen, F., & de Vries, J. (2007). Interactions between Carrageenans and Milk Proteins: A Microstructural and Rheological Study. *Biomacromolecules*, 8(2), 729-736. <https://doi.org/10.1021/bm061099q>

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/food.2001.0828>

Bachmann, H. P. (2001). Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal*, 11(4-7), 505-515. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00073-5](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00073-5)

Barth, A. P., Tormena, C. F., & Viotto, W. H. (2017). PH influences hydrolysis of sodium polyphosphate in dairy matrices and the structure of processed cheese. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 8735-8743. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12764>

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)

Bowland, E. L., & Foegeding, E. A. (1999). Factors Determining Large-Strain (Fracture) Rheological Properties of Model Processed Cheese. *Journal of Dairy Science*, 82(9), 1851-1859. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75418-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75418-4)

Brickley, C. A., Auty, M. A. E., Piraino, P., & McSweeney, P. L. H. (2007). The effect of natural cheddar cheese ripening on the functional and textural properties of the processed cheese manufactured therefrom. *Journal of Food Science*, 72(9), C483-C490. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00539.x>

Brickley, C. A., Govindasamy-Lucey, S., Jaeggi, J. J., Johnson, M. E., McSweeney, P. L. H., & Lucey, J. A. (2008). Influence of emulsifying salts on the textural properties of nonfat process cheese made from direct acid cheese bases. *Journal of Dairy Science*, 91(1), 39-48. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0393>

Buňka, F., Buňková, L., & Kráčmar, S. (2009). Základní principy výroby tavených sýrů: monografie. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.

Buňka, F., Doudová, L., Weiserová, E., Kuchař, D., Ponížil, P., Začalová, D., Nagyová, G., Pachlová, V., & Michálek, J. (2013). The effect of ternary emulsifying salt composition and cheese maturity on the textural properties of processed cheese. *International Dairy Journal*, 29(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.09.006>

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>

Černíková, M., Salek, R. N., Kozáčková, D., & Buňka, F. (2018). The effect of different agitations and temperature maintainings on viscoelastic properties of full-fat processed cheese spreads. *LWT*, 89, 244-247. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.054>

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

Dalgleish, D. G. (1998). Casein Micelles as Colloids: Surface Structures and Stabilities. *Journal of Dairy Science*, 81(11), 3013-3018. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75865-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75865-5)

da Silva, D. F., Barbosa de Souza Ferreira, S., Bruschi, M. L., Britten, M., & Matumoto-Pintro, P. T. (2016). Effect of commercial konjac glucomannan and konjac flours on textural, rheological and microstructural properties of low fat processed cheese. *Food Hydrocolloids*, 60, 308-316. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.03.034>

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>

Dul, M., Paluch, K. J., Kelly, H., Healy, A. M., Sasse, A., & Tajber, L. (2015). Self-assembled carrageenan/protamine polyelectrolyte nanoplexes—Investigation of critical parameters governing their formation and characteristics. *Carbohydrate Polymers*, 123, 339-349. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.01.066>

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.

El-Bakry, M., Duggan, E., O’Riordan, E. D., & O’Sullivan, M. (2010). Effects of emulsifying salts reduction on imitation cheese manufacture and functional properties. *Journal of Food Engineering*, 100(4), 596-603. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.05.007>

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.

Evropa (2013). Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1308/2013 ze dne 17. prosince 2013, kterým se stanoví společná organizace trhů se zemědělskými produkty a zrušují nařízení Rady (EHS) č. 922/72, (EHS) č. 234/79, (ES) č. 1037/2001 a (ES) č. 1234/2007. Úřední věstník Evropské Unie.

Fu, W., & Nakamura, T. (2018). Effects of starches on the mechanical properties and microstructure of processed cheeses with different types of casein network structures. *Food Hydrocolloids*, 79, 587-595. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.12.001>

Gao, Z., Fang, Y., Cao, Y., Liao, H., Nishinari, K., & Phillips, G. O. (2017). Hydrocolloid-food component interactions. *Food Hydrocolloids*, 68, 149-156. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.08.042>

Garnier, C., Michon, C., Durand, S., Cuvelier, G., Doublier, J. L., & Launay, B. (2003). Iota-carrageenan/casein micelles interactions: evidence at different scales. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 31(1-4), 177-184. [https://doi.org/10.1016/S0927-7765\(03\)00137-1](https://doi.org/10.1016/S0927-7765(03)00137-1)

Ghods Rohani, M., & Rashidi, H. (2019). Improving the characteristics of spreadable processed cheese using Konjac and Xanthan gums. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(12). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14234>

Giri, A., Kanawjia, S. K., & Singh, M. P. (2017). Effect of inulin on physico-chemical, sensory, fatty acid profile and microstructure of processed cheese spread. *Journal of Food Science and Technology*, 54(8), 2443-2451. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2686-5>

Granato, D., de Araújo Calado, V. M., & Jarvis, B. (2014). Observations on the use of statistical methods in Food Science and Technology. *Food Research International*, 55, 137-149. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.10.024>

- 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., & O'Kennedy, B. T. (2009). The effect of calcium content of Cheddar-style cheese on the biochemical and rheological properties of processed cheese. *Dairy Science and Technology*, 89(3-4), 317-333. <https://doi.org/10.1051/dst/2009009>
- Guinee, T. P. (2011). Effects of Natural Cheese Characteristics and Processing Conditions on Rheology and Texture: The Functionality of Cheese Components in the Manufacture of Processed Cheese. In A. Y. Tamime (Ed.), *Processed Cheese and Analogues* (pp. 81-109). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781444341850.ch3>
- 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)
- Gustaw, W., & Mleko, S. (2007). The effect of polysaccharides and sodium chloride on physical properties of processed cheese analogs containing whey proteins. *Milchwissenschaft*, 62(1), 59.
- 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>
- Hosseini-Parvar, S. H., Matia-Merino, L., & Golding, M. (2015). Effect of basil seed gum (BSG) on textural, rheological and microstructural properties of model processed cheese. *Food Hydrocolloids*, 43, 557-567. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.07.015>
- Chatziantoniou, S. E., Thomareis, A. S., & Kontominas, M. G. (2019). Effect of different stabilizers on rheological properties, fat globule size and sensory attributes of novel spreadable processed whey cheese. *European Food Research and Technology*, 245(11), 2401-2412. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03360-7>
- 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., Biswas, A. C., & Muthukumarappan, K. (2007). Effect of Natural Cheese Characteristics on Process Cheese Properties. *Journal of Dairy Science*, 90(4), 1625-1634. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-746>

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>

Kheadr, E., E, A., El Dakhkhny, E., Dabour, N., I, Y., & K, E. (2021). Low-Phosphate Processed Cheese Diminishes Diclofenac-Induced Hepato-Renal Injury in Male Rats. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, 18(1), 1-15. <https://doi.org/10.21608/ajfs.2021.187123>

Kováčová, R., Štětina, J., & Čurda, L. (2010). Influence of processing and κ -carrageenan on properties of whipping cream. *Journal of Food Engineering*, 99(4), 471-478. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.02.010>

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>

de Kruijff, C. G., & Tuinier, R. (2001). Polysaccharide protein interactions. *Food Hydrocolloids*, 15(4-6), 555-563. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(01\)00076-5](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00076-5)

Kůrová, V., Salek, R. N., Černíková, M., Lorencová, E., Zalešáková, L., & Buňka, F. (2022a). 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>

Kůrová, V., Salek, R. N., Vašina, M., Vinklárková, K., Zálešáková, L., Gál, R., Adámek, R., & Buňka, F. (2022b). 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>

- Kwak, H. S., Choi, S. S., Ahn, J., & Lee, S. W. (2002). Casein Hydrolysate Fractions Act as Emulsifiers in Process Cheese. *Journal of Food Science*, 67(2), 821-825. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb10684.x>
- 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)
- Langendorff, V., Cuvelier, G., Launay, B., Parker, A., & de Kruif, C. G. (2000). Effects of carrageenan type on the behaviour of carrageenan/milk mixtures. *Food Hydrocolloids*, 14(4), 273-280. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(99\)00064-8](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(99)00064-8)
- 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)
- Lenze, S., Wolfschoon-Pombo, A., Schrader, K., & Kulozik, U. (2019). Effect of the Compositional Factors and Processing Conditions on the Creaming Reaction During Process Cheese Manufacturing. *Food and Bioprocess Technology*, 12(4), 575-586. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-2234-6>
- 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>
- Lynch, M. G., & Mulvihill, D. M. (1996). Rheology of ι -carrageenan gels containing caseins. *Food Hydrocolloids*, 10(2), 151-157. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(96\)80029-4](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(96)80029-4)
- Macků, I., Buňka, F., Pavlínek, V., Leciánová, P., & Hrabě, J. (2008). The effect of pectin concentration on viscoelastic and sensory properties of processed cheese. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(9), 1663-1670. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01734.x>
- 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>

Matignon, A., Moulin, G., Barey, P., Desprairies, M., Mauduit, S., Sieffermann, J. M., & Michon, C. (2014). Starch/carrageenan/milk proteins interactions studied using multiple staining and Confocal Laser Scanning Microscopy. *Carbohydrate Polymers*, 99, 345-355. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.09.002>

Mente, A., O'Donnell, M., & Yusuf, S. (2021). Sodium Intake and Health: What Should We Recommend Based on the Current Evidence?. *Nutrients*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/nu13093232>

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>

Mounsey, J. S., & O'Riordan, E. D. (2001). Characteristics of Imitation Cheese Containing Native Starches. *Journal of Food Science*, 66(4), 586-591. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb04606.x>

Nastaj, M., Terpiłowski, K., & Sołowiej, B. G. (2020). The effect of native and polymerised whey protein isolate addition on surface and microstructural properties of processed cheeses and their meltability determined by Turbiscan. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(5), 2179-2187. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14471>

- Nepovinnykh, N. V., Kliukina, O. N., Ptichkina, N. M., & Bostan, A. (2019). Hydrogel based dessert of low calorie content. *Food Hydrocolloids*, 86, 184-192. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.03.036>
- 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>
- O’Riordan, E. D., Duggan, E., O’Sullivan, M., & Noronha, N. (2011). Production of analogue cheeses. In: Tamime, A. Y. (Ed.), *Processed cheese and analogues* (pp. 219-244). Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- 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>
- Přikryl, J., Hájek, T., Švecová, B., Salek, R. N., Černíková, M., Červenka, L., & Buňka, F. (2018). Antioxidant properties and textural characteristics of processed cheese spreads enriched with rutin or quercetin: The effect of processing conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 87, 266-271. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.093>
- Purna, S. K. G., Pollard, A., & Metzger, L. E. (2006). Effect of Formulation and Manufacturing Parameters on Process Cheese Food Functionality—I. Trisodium Citrate. *Journal of Dairy Science*, 89(7), 2386-2396. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72311-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72311-6)
- Qin, Y. (2018). Seaweed Hydrocolloids as Thickening, Gelling, and Emulsifying Agents in Functional Food Products. In *Bioactive Seaweeds for Food Applications* (pp. 135-152). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813312-5.00007-8>
- Ribeiro, K. O., Rodrigues, M. I., Sabadini, E., & Cunha, R. L. (2004). Mechanical properties of acid sodium caseinate- κ -carrageenan gels: effect of co-solute addition. *Food Hydrocolloids*, 18(1), 71-79. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(03\)00043-2](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(03)00043-2)
- 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>
- Sádlíková, I., Buňka, F., Budinský, P., Barbora, V., Pavlínek, V., & Hoza, I. (2010). The effect of selected phosphate emulsifying salts on viscoelastic properties of processed cheese. *LWT - Food Science and Technology*, 43(8), 1220-1225. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.04.012>
- Saha, D., & Bhattacharya, S. (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of Food Science and Technology*, 47(6), 587-597. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0162-6>
- 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., Černíková, M., Maděrová, S., Lapčík, L., & Buňka, F. (2016). The effect of different composition of ternary mixtures of emulsifying salts on the consistency of processed cheese spreads manufactured from Swiss-type cheese with different degrees of maturity. *Journal of Dairy Science*, 99(5), 3274-3287. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10028>
- 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>
- Shirashoji, N., Jaeggi, J. J., & Lucey, J. A. (2010). Effect of sodium hexametaphosphate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese. *Journal of Dairy Science*, 93(7), 2827-2837. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2960>
- Sołowiej, B., Glibowski, P., Muszyński, S., Wydrych, J., Gawron, A., & Jeliński, T. (2015). The effect of fat replacement by inulin on the physicochemical properties and microstructure of acid casein processed cheese analogues with added whey protein polymers. *Food Hydrocolloids*, 44, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.08.022>
- 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>
- Sutheerawattananonda, M., Fulcher, R. G., Martin, F. B., & Bastian, E. D. (1997). Fluorescence Image Analysis of Process Cheese Manufactured with Trisodium Citrate and Sodium Chloride. *Journal of Dairy Science*, 80(4), 620-627. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)75979-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)75979-4)
- Swenson, B. J., Wendorff, W. L., & Lindsay, R. C. (2000). Effects of Ingredients on the Functionality of Fat-free Process Cheese Spreads. *Journal of Food Science*, 65(5), 822-825. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb13594.x>
- 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>
- Szafrńska, J. O., Terpiłowski, K., & Sołowiej, B. G. (2022). Pumpkin and kale fibers - A potential hydrocolloids in processed cheese sauce formulations with different fat source. *LWT - Food Science and Technology*, 167. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113843>
- 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.
- Tamime, A. Y., Muir, D. D., Wszolek, M., Domagala, J., Metzger, L., Kneifel, W., Dürschmid, K., Domig, K. J., Hill, A., Smith, A., Guinee, T. P., & Auty, M. A. E. (2011). Quality Control

in Processed Cheese Manufacture. In A. Y. Tamime (Ed.), *Processed cheese and analogues* (pp. 245-340). Wiley-Blackwell.

Tarrega, A., & Costell, E. (2006). Effect of composition on the rheological behaviour and sensory properties of semisolid dairy dessert. *Food Hydrocolloids*, 20(6), 914-922. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.09.006>

Tarrega, A., & Costell, E. (2007). Colour and consistency of semi-solid dairy desserts: Instrumental and sensory measurements. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 655-661. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.11.003>

Toker, O. S., Dogan, M., Canyılmaz, E., Ersöz, N. B., & Kaya, Y. (2013). The Effects of Different Gums and Their Interactions on the Rheological Properties of a Dairy Dessert: A Mixture Design Approach. *Food and Bioprocess Technology*, 6(4), 896-908. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0787-8>

Trivedi, D., Bennett, R. J., Hemar, Y., Reid, D. C. W., Lee, S. K., & Illingworth, D. (2008a). Effect of different starches on rheological and microstructural properties of (I) model processed cheese. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(12), 2191-2196. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01851.x>

Trivedi, D., Bennett, R. J., Hemar, Y., Reid, D. C. W., Lee, S. K., & Illingworth, D. (2008b). Effect of different starches on rheological and microstructural properties of (II) commercial processed cheese. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(12), 2197-2203. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01850.x>

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>

Uribarri, J., & Calvo, M. S. (2013). Dietary Phosphorus Excess: A Risk Factor in Chronic Bone, Kidney, and Cardiovascular Disease?. *Advances in Nutrition*, 4(5), 542-544. <https://doi.org/10.3945/an.113.004234>

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>

Vega, C., Dalgleish, D. G., & Goff, H. D. (2005). Effect of κ -carrageenan addition to dairy emulsions containing sodium caseinate and locust bean gum. *Food Hydrocolloids*, 19(2), 187-195. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.05.003>

Verbeken, D., Thas, O., & Dewettinck, K. (2004). Textural properties of gelled dairy desserts containing κ -carrageenan and starch. *Food Hydrocolloids*, 18(5), 817-823. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2003.12.007>

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>

Williams, P. A., & Phillips, G. O. (2009). Introduction to food hydrocolloids. In *Handbook of Hydrocolloids* (pp. 1-22). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9781845695873.1>

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>

Yousefi, M., & Jafari, S. M. (2019). Recent advances in application of different hydrocolloids in dairy products to improve their techno-functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 468-483. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.015>

Zamora, A., Ferragut, V., Jaramillo, P. D., Guamis, B., & Trujillo, A. J. (2007). Effects of Ultra-High Pressure Homogenization on the Cheese-Making Properties of Milk. *Journal of Dairy Science*, 90(1), 13-23. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)72604-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)72604-8)

8 SEZNAM 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
ES	tavicí soli
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
WES	bez tavicích solí
WPC	syrovátkový proteinový koncentrát
WPI	syrovátková proteinový izolát

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).
..... 13
- Obr. 2** Změna struktury proteinové matrice během procesu tavení a následného krémování. Na obrázku je znázorněna iontová výměna a dispergace kazeinů (čas A), hydratace kazeinů, emulgace tuku a tvorba nové bílkovinné sítě (čas B) a fáze překrémování, kde dochází k uvolňování tuku a vody z kazeinové matrice (čas C). Upraveno dle Buňka et al. (2022). ... 14
- Obr. 3** Obecné schéma technologického postupu výroby tavených sýrů diskontinuálním postupem (upraveno dle Guinee, 2017)..... 21
- Obr. 4** Chemická struktura κ -karagenanu (část A), ι -karagenanu (část B) a λ -karagenanu (část C). Upraveno dle Dul et al., 2015..... 25
- Obr. 5 Schematický přehled modelových vzorků smetanových krémů vyrobených v experimentu I s přidavkem κ -karagenanu (**CR**) a ι -karagenanu (**CI**) 30
- Obr. 6** Schematický přehled modelových vzorků roztíratelných tavených sýrů vyrobených v experimentu II s přidavkem (**ES**) a bez přidavku tavicích solí (**WES**) v závislosti na přidaném typu polysacharidu (**FA** – furcellaran A, **FB** – furcellaran B, **CS2** – kontrolní vzorek)..... 32
- Obr. 7** Schematický přehled modelových vzorků tavených sýrových omáček vyrobených v experimentu III s použitím jednostupňové homogenizace (**OSH**), dvoustupňové homogenizace (**TSH**) a bez aplikace homogenizace (**NH**) v závislosti na přidaném typu polysacharidu (**CR** – κ -karagenan, **FB** – furcellaran B, **CS3** – kontrolní vzorek). 34
- Obr. 8** Závislost elastického (G' ; plné symboly; Pa) a ztrátového (G'' ; prázdné symboly; Pa) modulu pružnosti smetanových krémů vyrobených s použitím κ -karagenanu v koncentracích 0,025 (část A a B), 0,050 (část C a D) a 0,075 % w/w (část E a F) na frekvenci (f ; v rozsahu 0,1–10,0 Hz) během 28denního skladování při 6 ± 2 °C; den 1 (část A, C a E; ■□), den 7 (část A, C a E; ●○), den 14 (část A, C a E; ▲△), den 21 (část B, D a F; ▼▽) a den 28 (část B, D a F; ★☆) ($n = 27$). 41
- Obr. 9** Závislost elastického (G' ; plné symboly; Pa) a ztrátového (G'' ; prázdné symboly; Pa) modulu pružnosti smetanových krémů vyrobených s použitím κ -karagenanu v koncentracích 0,100 (část A a B), 0,125 (část C a D) a 0,150 % w/w (část E a F) na frekvenci (f ; v rozsahu 0,1–10,0 Hz) během 28denního skladování při 6 ± 2 °C; den 1 (část A, C a E; ■□), den 7 (část

A, C a E; ●○), den 14 (část A, C a E; ▲△), den 21 (část B, D a F; ▼▽) a den 28 (část B, D a F; ★☆) (n = 27). 42

Obr. 10 Závislost elastického (G' ; plné symboly; Pa) a ztrátového (G'' ; prázdné symboly; Pa) modulu pružnosti smetanových krémů vyrobených s použitím ι-karagenanu v koncentracích 0,025 (část A a B), 0,050 (část C a D) a 0,075 % w/w (část E a F) na frekvenci (f; v rozsahu 0,1–10,0 Hz) během 28denního skladování při 6 ± 2 °C; den 1 (část A, C a E; ■□), den 7 (část A, C a E; ●○), den 14 (část A, C a E; ▲△), den 21 (část B, D a F; ▼▽) a den 28 (část B, D a F; ★☆) (n = 27). 43

Obr. 11 Závislost elastického (G' ; plné symboly; Pa) a ztrátového (G'' ; prázdné symboly; Pa) modulu pružnosti smetanových krémů vyrobených s použitím ι-karagenanu v koncentracích 0,100 (část A a B), 0,125 (část C a D) a 0,150 % w/w (část E a F) na frekvenci (f; v rozsahu 0,1–10,0 Hz) během 28denního skladování při 6 ± 2 °C; den 1 (část A, C a E; ■□), den 7 (část A, C a E; ●○), den 14 (část A, C a E; ▲△), den 21 (část B, D a F; ▼▽) a den 28 (část B, D a F; ★☆) (n = 27). 44

Obr. 12 Vývoj hodnot komplexního modulu pružnosti G^* (referenční frekvence 1 Hz) tavených sýrů vyrobených 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; 0,25; 0,50; 1,00, 0,75 a 1,00 % w/w. Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS2) bez obsahu polysacharidu..... 53

Obr. 13 Vývoj hodnot komplexního modulu pružnosti G^* (referenční frekvence 1 Hz) tavených sýrů vyrobených 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; 0,25; 0,50; 1,00, 0,75 a 1,00 % w/w..... 54

Obr. 14 Závislost elastického (G' ; plné symboly; Pa) a ztrátového (G'' ; prázdné symboly; Pa) modulu pružnosti kontrolního vzorku tavené sýrové omáčky vyrobené bez přidavku polysacharidu na frekvenci (f; v rozmezí 0,1–10,0 Hz) po 30denním skladování při 6 ± 2 °C. Vzorky byly nehomogenizované (■□) nebo byly homogenizovány jednostupňovým procesem (10 MPa; ●○) nebo dvoustupňovým procesem (10/20 MPa; ▲△)..... 62

Obr. 15 Závislost elastického (G' ; plné symboly; Pa) a ztrátového (G'' ; prázdné symboly; Pa) modulu pružnosti tavených sýrových omáček vyrobených s přidavkem κ-karagenanu v koncentracích 0,125 (část A), 0,250 (část B), 0,500 (část C), 0,750 (část D) a 1,000 % w/w (část E) na frekvenci (f; v rozsahu 0,1–10,0 Hz) po 30denním skladování při 6 ± 2 °C. Vzorky byly nehomogenizované (■□) nebo byly homogenizovány jednostupňovým procesem (10 MPa; ●○) nebo dvoustupňovým procesem (10/20 MPa; ▲△). Pro snadné srovnání je v části F

uvedena závislost elastického modulu pružnosti (G' ; plné symboly; Pa) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; prázdné symboly; Pa) taveného sýra s κ -karagenanem v koncentracích 0,125 ($\blacktriangledown\triangledown$), 0,250 ($\blackstar\star$), 0,500 ($\blacktriangleright\triangleright$), 0,750 ($\blacklozenge\lozenge$) a 1,000 % w/w (\bullet a prázdná varianta), který byl podroben jednostupňovému homogenizačnímu procesu (10 MPa). 63

Obr. 16 Závislost elastického (G' ; plné symboly; Pa) a ztrátového (G'' ; prázdné symboly; Pa) modulu pružnosti tavených sýrových omáček vyrobených s přidavkem furcellaranu B (Estegel 1000) v koncentracích 0,125 (část A), 0,250 (část B), 0,500 (část C), 0,750 (část D) a 1,000 % w/w. (část E) na frekvenci (f ; v rozsahu 0,1–10,0 Hz) po 30denním skladování při 6 ± 2 °C. Vzorky byly nehomogenizované ($\blacksquare\square$) nebo byly homogenizovány jednostupňovým procesem (10 MPa; $\bullet\circ$) nebo dvoustupňovým procesem (10/20 MPa; $\blacktriangle\triangle$). Pro snadné srovnání je v části F uvedena závislost elastického modulu pružnosti (G' ; plné symboly; Pa) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; prázdné symboly; Pa) taveného sýra s furcellaranem v koncentracích 0,125 ($\blacktriangledown\triangledown$), 0,250 ($\blackstar\star$), 0,500 ($\blacktriangleright\triangleright$), 0,750 ($\blacklozenge\lozenge$) a 1,000 % w/w. (\bullet a prázdná varianta), který byl podroben jednostupňovému homogenizačnímu procesu (10 MPa).. 64

Obr. 17 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). 65

Obr. 18 Stabilita emulze (rel. %) tavených sýrových omáček s přidavkem κ -karagenanu (CR) a furcellaranu (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). 71

10 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Vybrané vlastnosti fosforečnanových tavicích solí (upraveno dle Guinee, 2017).....	12
Tab. 2 Vybrané vlastnosti furcellaranu A (Estgel 8500) a furcellaranu B (Estgel 1000) ^a	31
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}	45
Tab. 4 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}	46
Tab. 5 Hodnoty pH tavených sýrů vyrobených s přidavkem (ES) a bez přidavku (WES) tavicích solí v průběhu 60denního skladování (6 ± 2 °C). Modelové vzorky obsahovaly furcellaran A (Estgel 8500) nebo furcellaran B (Estgel 1000) v koncentracích 0,10; 0,25; 0,50; 1,00, 0,75 a 1,00 % w/w. Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS2) bez obsahu polysacharidu. ^{*z}	49
Tab. 6 Elastický modul pružnosti (G' ; Pa), ztrátový modul pružnosti (G'' ; Pa) a úhel fázového posunu (δ ; °) tavených sýrů vyrobených s přidavkem furcellaranu A (v koncentracích 0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % w/w) v průběhu 60denního skladování (6 ± 2 °C). Modelové vzorky byly vyrobeny s přidavkem tavicích solí. Uvedené hodnoty byly měřeny při referenční frekvenci 1 Hz. ^{*z}	55
Tab. 7 Elastický modul pružnosti (G' ; Pa), ztrátový modul pružnosti (G'' ; Pa) a úhel fázového posunu (δ ; °) tavených sýrů vyrobených s přidavkem furcellaranu B (v koncentracích 0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % w/w) v průběhu 60denního skladování (6 ± 2 °C). Modelové vzorky byly vyrobeny s přidavkem tavicích solí. Uvedené hodnoty byly měřeny při referenční frekvenci 1 Hz. ^{*z}	56
Tab. 8 Elastický modul pružnosti (G' ; Pa), ztrátový modul pružnosti (G'' ; Pa) a úhel fázového posunu (δ ; °) tavených sýrů vyrobených s přidavkem furcellaranu A (Estgel 8500, FA; v koncentracích 0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % w/w) v průběhu 60denního skladování (6 ± 2 °C). Modelové vzorky byly vyrobeny bez přidavku tavicích solí. Uvedené hodnoty byly měřeny při referenční frekvenci 1 Hz. ^{*z}	57
Tab. 9 Elastický modul pružnosti (G' ; Pa), ztrátový modul pružnosti (G'' ; Pa) a úhel fázového posunu (δ ; °) tavených sýrů vyrobených s přidavkem furcellaranu B (Estgel 1000, FB; v	

koncentracích 0,10; 0,25; 0,50; 0,75 a 1,00 % w/w) v průběhu 60denního skladování (6 ± 2 °C). Modelové vzorky byly vyrobeny bez přídavku tavicích solí. Uvedené hodnoty byly měřeny při referenční frekvenci 1 Hz.*^z 58

Tab. 10 Výsledky analýzy barvy nehomogenizovaných (NH), jednostupňově homogenizovaných (H100) a dvoustupňově homogenizovaných (H200) tavených sýrových omáček vyrobených s přídavkem κ -karagenanu v koncentracích 0,125, 0,250, 0,500, 0,750 a 1,000 % w/w po 30denním skladování při 6 ± 2 °C: světlost (L^*), parametr a^* (zelená až červená), parametr b^* (modrá až žlutá), chroma (C^*) a měrný úhel barevného tónu (h^*). Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS3) bez obsahu polysacharidu..... 67

Tab. 11 Výsledky analýzy barvy nehomogenizovaných (NH), jednostupňově homogenizovaných (H100) a dvoustupňově homogenizovaných (H200) tavených sýrových omáček vyrobených s přídavkem furcellaranu B v koncentracích 0,125, 0,250, 0,500, 0,750 a 1,000 % w/w po 30denním skladování při 6 ± 2 °C: světlost (L^*), parametr a^* (osa zelená až červená), parametr b^* (osa modrá až žlutá), chroma (C^*) a měrný úhel barevného tónu (h^*). Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS3) bez obsahu polysacharidu..... 68

Tab. 12 Hodnoty ΔE_{12} nehomogenizovaných (NH), jednostupňově homogenizovaných (H100) a dvoustupňově homogenizovaných (H200) tavených sýrových omáček vyrobených s přídavkem κ -karagenanu nebo furcellaranu B v koncentracích 0,125, 0,250, 0,500, 0,750 a 1,000 % w/w po 30denním skladování při 6 ± 2 °C. Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS3) bez obsahu polysacharidu.*^z 69

11 SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA

Příspěvky v časopisech s IF:

Buňka, F., Sedlačík, M., Foltin., 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 přidáním 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*

13 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A Obsah sušiny (% w/w), obsahu tuku (% w/w) a hodnoty pH (-) smetanových krémů vyrobených s přídavkem κ -karagenanu v koncentracích 0,025; 0,050; 0,075; 0,100; 0,125 a 0,150 % w/w. *z	98
Příloha B Obsah sušiny (% w/w), obsahu tuku (% w/w) a hodnoty pH (-) smetanových krémů vyrobených s přídavkem ι -karagenanu koncentracích 0,025; 0,050; 0,075; 0,100; 0,125 a 0,150 % w/w. *z	99
Příloha C Obsah sušiny (% w/w) a obsah tuku (% w/w) roztíratelných tavených sýrů vyrobených s přídavkem tavicích solí. Modelové vzorky obsahovaly furcellaran A (Estgel 8500) v koncentracích 0,10; 0,25; 0,50; 1,00, 0,75 a 1,00 % w/w. Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS2) bez obsahu polysacharidu. *z	100
Příloha D Obsah sušiny (% w/w) a obsah tuku (% w/w) tavených sýrů vyrobených s přídavkem tavicích solí. Modelové vzorky obsahovaly furcellaran B (Estgel 1000) v koncentracích 0,10; 0,25; 0,50; 1,00, 0,75 a 1,00 % w/w. Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS2) bez obsahu polysacharidu. *z	101
Příloha E Obsah sušiny (% w/w) a obsah tuku (% w/w) tavených sýrů vyrobených bez přídavku tavicích solí. Modelové vzorky obsahovaly furcellaran A (Estgel 8500) v koncentracích 0,10; 0,25; 0,50; 1,00, 0,75 a 1,00 % w/w. *z	102
Příloha F Obsahu sušiny (% w/w) a obsahu tuku (% w/w) tavených sýrů vyrobených bez přídavku tavicích solí. Modelové vzorky obsahovaly furcellaran B (Estgel 1000) v koncentracích 0,10; 0,25; 0,50; 1,00, 0,75 a 1,00 % w/w. *z	103
Příloha G Obsah sušiny (% w/w), obsahu tuku (% w/w) a hodnoty pH (-) tavených syrových omáček vyrobených s přídavkem κ -karagenanu v koncentracích 0,125; 0,250; 0,500; 0,750 a 1,000 % w/w. Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS3) bez obsahu polysacharidu. Vzorky byly nehomogenizované (NH), byly homogenizovány jednostupňovým procesem (10 MPa; OSH) nebo dvoustupňovým procesem (10/20 MPa; TSH). *z	104
Příloha H Obsah sušiny (% w/w), obsahu tuku (% w/w) a hodnoty pH (-) tavených syrových omáček vyrobených s přídavkem furcellaranu B (Estgel 1000) v koncentracích 0,125; 0,250; 0,500; 0,750 a 1,000 % w/w. Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS3) bez obsahu polysacharidu. Vzorky byly nehomogenizované (NH), byly homogenizovány jednostupňovým procesem (10 MPa; OSH) nebo dvoustupňovým procesem (10/20 MPa; TSH). *z	105

Příloha A Obsah sušiny (% w/w), obsahu tuku (% w/w) a hodnoty pH (-) smetanových krémů vyrobených s přídavkem κ -karagenanu v koncentracích 0,025; 0,050; 0,075; 0,100; 0,125 a 0,150 % w/w. ^{*z}

Doba skladování (dny)	Koncentrace (% w/w)	Obsah sušiny (% w/w)	Obsah tuku (% w/w)	pH (-)
1	0,025	43,82 ± 0,23 ^{aA}	38,43 ± 0,09 ^{aA}	6,60 ± 0,03 ^{aA}
	0,050	43,87 ± 0,03 ^{aA}	38,54 ± 0,12 ^{aA}	6,58 ± 0,04 ^{aA}
	0,075	43,91 ± 0,11 ^{aA}	38,46 ± 0,24 ^{aA}	6,56 ± 0,01 ^{aA}
	0,100	43,79 ± 0,04 ^{aA}	38,65 ± 0,27 ^{aA}	6,58 ± 0,02 ^{aA}
	0,125	43,98 ± 0,17 ^{aA}	38,47 ± 0,39 ^{aA}	6,61 ± 0,02 ^{aA}
	0,150	43,85 ± 0,29 ^{aA}	38,28 ± 0,14 ^{aA}	6,61 ± 0,02 ^{aA}
7	0,025	43,52 ± 0,15 ^{aA}	38,47 ± 0,17 ^{aA}	6,61 ± 0,01 ^{aA}
	0,050	43,82 ± 0,17 ^{aA}	38,67 ± 0,12 ^{aA}	6,59 ± 0,01 ^{aA}
	0,075	43,84 ± 0,24 ^{aA}	38,35 ± 0,16 ^{aA}	6,58 ± 0,02 ^{aA}
	0,100	44,12 ± 0,06 ^{aA}	38,57 ± 0,15 ^{aA}	6,59 ± 0,01 ^{aA}
	0,125	44,02 ± 0,28 ^{aA}	38,31 ± 0,10 ^{aA}	6,60 ± 0,01 ^{aA}
	0,150	43,95 ± 0,05 ^{aA}	38,65 ± 0,21 ^{aA}	6,59 ± 0,01 ^{aA}
14	0,025	43,80 ± 0,23 ^{aA}	38,41 ± 0,09 ^{aA}	6,60 ± 0,03 ^{aA}
	0,050	43,91 ± 0,03 ^{aA}	38,51 ± 0,12 ^{aA}	6,58 ± 0,02 ^{aA}
	0,075	44,08 ± 0,16 ^{aA}	38,49 ± 0,17 ^{aA}	6,58 ± 0,04 ^{aA}
	0,100	43,93 ± 0,04 ^{aA}	38,29 ± 0,14 ^{aA}	6,56 ± 0,04 ^{aA}
	0,125	44,15 ± 0,20 ^{aA}	38,51 ± 0,12 ^{aA}	6,57 ± 0,01 ^{aA}
	0,150	43,91 ± 0,49 ^{aA}	38,54 ± 0,20 ^{aA}	6,59 ± 0,01 ^{aA}
21	0,025	44,03 ± 0,09 ^{aA}	38,62 ± 0,14 ^{aA}	6,56 ± 0,05 ^{aA}
	0,050	44,05 ± 0,08 ^{aA}	38,43 ± 0,07 ^{aA}	6,55 ± 0,05 ^{aA}
	0,075	44,12 ± 0,13 ^{aA}	38,47 ± 0,21 ^{aA}	6,55 ± 0,02 ^{aA}
	0,100	44,13 ± 0,09 ^{aA}	38,50 ± 0,19 ^{aA}	6,55 ± 0,04 ^{aA}
	0,125	43,85 ± 0,11 ^{aA}	38,43 ± 0,15 ^{aA}	6,59 ± 0,01 ^{aA}
	0,150	43,92 ± 0,18 ^{aA}	38,49 ± 0,24 ^{aA}	6,57 ± 0,01 ^{aA}
28	0,025	44,07 ± 0,11 ^{aA}	38,62 ± 0,13 ^{aA}	6,61 ± 0,05 ^{aA}
	0,050	43,99 ± 0,09 ^{aA}	38,48 ± 0,14 ^{aA}	6,56 ± 0,04 ^{aA}
	0,075	44,05 ± 0,08 ^{aA}	38,51 ± 0,08 ^{aA}	6,59 ± 0,04 ^{aA}
	0,100	44,11 ± 0,17 ^{aA}	38,54 ± 0,15 ^{aA}	6,55 ± 0,01 ^{aA}
	0,125	44,08 ± 0,20 ^{aA}	38,47 ± 0,17 ^{aA}	6,56 ± 0,01 ^{aA}
	0,150	44,04 ± 0,18 ^{aA}	38,49 ± 0,15 ^{aA}	6,58 ± 0,04 ^{aA}

* Hodnoty jsou uvedeny jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka.

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

Příloha B Obsah sušiny (% w/w), obsahu tuku (% w/w) a hodnoty pH (-) smetanových krémů vyrobených s přidavkem ι-karagenanu koncentracích 0,025; 0,050; 0,075; 0,100; 0,125 a 0,150 % w/w. ^{*z}

Doba skladování (dny)	Koncentrace (% w/w)	Obsah sušiny (% w/w)	Obsah tuku (% w/w)	pH (-)
1	0,025	44,01 ±0,24 ^{aA}	38,28 ±0,12 ^{aA}	6,60± 0,02 ^{aA}
	0,050	43,97 ±0,27 ^{aA}	38,54 ±0,19 ^{aA}	6,59 ±0,01 ^{aA}
	0,075	43,84 ±0,30 ^{aA}	38,22 ±0,22 ^{aA}	6,61 ±0,01 ^{aA}
	0,100	44,04 ±0,03 ^{aA}	38,29 ±0,37 ^{aA}	6,61 ±0,01 ^{aA}
	0,125	43,87 ±0,12 ^{aA}	38,48 ±0,24 ^{aA}	6,61 ±0,01 ^{aA}
	0,150	43,80 ±0,22 ^{aA}	38,53 ±0,17 ^{aA}	6,58 ±0,01 ^{aA}
7	0,025	43,87 ±0,12 ^{aA}	38,29 ±0,12 ^{aA}	6,57 ±0,02 ^{aA}
	0,050	43,89 ±0,23 ^{aA}	38,37 ±0,14 ^{aA}	6,59 ±0,03 ^{aA}
	0,075	44,04 ±0,25 ^{aA}	38,45 ±0,12 ^{aA}	6,58 ±0,01 ^{aA}
	0,100	44,11 ±0,11 ^{aA}	38,49 ±0,13 ^{aA}	6,57 ±0,03 ^{aA}
	0,125	43,87 ±0,20 ^{aA}	38,52 ±0,20 ^{aA}	6,59 ±0,02 ^{aA}
	0,150	43,88 ±0,05 ^{aA}	38,47 ±0,11 ^{aA}	6,56 ±0,03 ^{aA}
14	0,025	44,02 ±0,24 ^{aA}	38,51 ±0,12 ^{aA}	6,59 ±0,04 ^{aA}
	0,050	44,10 ±0,19 ^{aA}	38,53 ±0,15 ^{aA}	6,58 ±0,03 ^{aA}
	0,075	43,99 ±0,20 ^{aA}	38,41 ±0,12 ^{aA}	6,59 ±0,02 ^{aA}
	0,100	44,04 ±0,03 ^{aA}	38,34 ±0,09 ^{aA}	6,56 ±0,02 ^{aA}
	0,125	43,97 ±0,27 ^{aA}	38,38 ±0,17 ^{aA}	6,58 ±0,02 ^{aA}
	0,150	44,75 ±0,22 ^{aA}	38,47 ±0,27 ^{aA}	6,55 ±0,01 ^{aA}
21	0,025	44,06 ±0,16 ^{aA}	38,51 ±0,12 ^{aA}	6,58 ±0,02 ^{aA}
	0,050	44,07 ±0,23 ^{aA}	38,57 ±0,25 ^{aA}	6,59 ±0,05 ^{aA}
	0,075	44,06 ±0,12 ^{aA}	38,60 ±0,30 ^{aA}	6,56 ±0,01 ^{aA}
	0,100	44,08 ±0,23 ^{aA}	38,48 ±0,09 ^{aA}	6,56 ±0,01 ^{aA}
	0,125	44,12 ±0,12 ^{aA}	38,47 ±0,12 ^{aA}	6,55 ±0,02 ^{aA}
	0,150	44,09 ±0,04 ^{aA}	38,48 ±0,18 ^{aA}	6,58 ±0,04 ^{aA}
27	0,025	44,02 ±0,19 ^{aA}	38,56 ±0,19 ^{aA}	6,56 ±0,04 ^{aA}
	0,050	44,97 ±0,24 ^{aA}	38,51 ±0,15 ^{aA}	6,61 ±0,05 ^{aA}
	0,075	43,96 ±0,12 ^{aA}	38,53 ±0,08 ^{aA}	6,43 ±0,04 ^{aA}
	0,100	43,98 ±0,23 ^{aA}	38,54 ±0,21 ^{aA}	6,54 ±0,02 ^{aA}
	0,125	44,03 ±0,12 ^{aA}	38,48 ±0,15 ^{aA}	6,56 ±0,02 ^{aA}
	0,150	44,08 ±0,04 ^{aA}	38,60 ±0,28 ^{aA}	6,56 ±0,04 ^{aA}

* Hodnoty jsou uvedeny jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka.

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

Příloha C Obsah sušiny (% w/w) a obsah tuku (% w/w) roztíratelných tavených sýrů vyrobených s přidávkou tavicích solí. Modelové vzorky obsahovaly furcellaran A (Estgel 8500) v koncentracích 0,10; 0,25; 0,50; 1,00, 0,75 a 1,00 % w/w. Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS2) bez obsahu polysacharidu. ^{*z}

Doba skladování (dny)	Koncentrace (% w/w)	Obsah sušiny (% w/w)	Obsah tuku (% w/w)
1	CS2	41,33 ±0,28 ^{aA}	22,54 ±0,14 ^{aA}
	0,10	41,02 ±0,21 ^{aA}	22,58 ±0,24 ^{aA}
	0,25	41,12 ±0,11 ^{aA}	22,55 ±0,30 ^{aA}
	0,50	41,16 ±0,29 ^{aA}	22,72 ±0,25 ^{aA}
	0,75	41,09 ±0,18 ^{aA}	22,65 ±0,31 ^{aA}
	1,00	41,25 ±0,14 ^{aA}	22,55 ±0,29 ^{aA}
7	CS2	41,51 ±0,18 ^{aA}	22,58 ±0,24 ^{aA}
	0,10	41,00 ±0,43 ^{aA}	22,61 ±0,31 ^{aA}
	0,25	41,21 ±0,32 ^{aA}	22,64 ±0,29 ^{aA}
	0,50	41,45 ±0,25 ^{aA}	22,84 ±0,30 ^{aA}
	0,75	41,35 ±0,31 ^{aA}	22,78 ±0,27 ^{aA}
	1,00	41,41 ±0,28 ^{aA}	22,69 ±0,29 ^{aA}
14	CS2	41,59 ±0,30 ^{aA}	22,54 ±0,14 ^{aA}
	0,10	41,34 ±0,21 ^{aA}	22,71 ±0,31 ^{aA}
	0,25	41,41 ±0,31 ^{aA}	22,68 ±0,24 ^{aA}
	0,50	41,38 ±0,30 ^{aA}	22,78 ±0,21 ^{aA}
	0,75	41,49 ±0,24 ^{aA}	22,74 ±0,24 ^{aA}
	1,00	41,45 ±0,31 ^{aA}	22,72 ±0,27 ^{aA}
30	CS2	41,65 ±0,18 ^{aA}	22,79 ±0,21 ^{aA}
	0,10	41,60 ±0,35 ^{aA}	22,61 ±0,15 ^{aA}
	0,25	41,48 ±0,28 ^{aA}	22,53 ±0,31 ^{aA}
	0,50	41,70 ±0,30 ^{aA}	22,68 ±0,25 ^{aA}
	0,75	41,65 ±0,27 ^{aA}	22,62 ±0,27 ^{aA}
	1,00	41,75 ±0,25 ^{aA}	22,80 ±0,29 ^{aA}
60	CS2	41,74 ±0,24 ^{aA}	22,68 ±0,36 ^{aA}
	0,10	41,42 ±0,20 ^{aA}	22,68 ±0,20 ^{aA}
	0,25	41,74 ±0,29 ^{aA}	22,56 ±0,31 ^{aA}
	0,50	41,54 ±0,29 ^{aA}	22,90 ±0,24 ^{aA}
	0,75	41,39 ±0,38 ^{aA}	22,54 ±0,17 ^{aA}
	1,00	41,75 ±0,24 ^{aA}	22,65 ±0,29 ^{aA}

* Hodnoty jsou uvedeny jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka.

^z Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi různými koncentracemi furcellaranu A; při konstantní době skladování) označené různými malými písmeny v horním indexu se liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi dobou skladování; při konstantní koncentraci furcellaranu A) následované různými velkými písmeny se liší ($P < 0,05$).

Příloha D Obsah sušiny (% w/w) a obsah tuku (% w/w) tavených sýrů vyrobených s přidavkem tavicích solí. Modelové vzorky obsahovaly furcellaran B (Estgel 1000) v koncentracích 0,10; 0,25; 0,50; 1,00, 0,75 a 1,00 % w/w. Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS2) bez obsahu polysacharidu. ^{*z}

Doba skladování (dny)	Koncentrace (% w/w)	Obsah sušiny (% w/w)	Obsah tuku (% w/w)
1	CS2	41,33 ±0,28 ^{aA}	22,54 ±0,14 ^{aA}
	0,10	41,22 ±0,19 ^{aA}	22,68 ±0,32 ^{aA}
	0,25	41,30 ±0,21 ^{aA}	22,55 ±0,27 ^{aA}
	0,50	41,18 ±0,23 ^{aA}	22,72 ±0,35 ^{aA}
	0,75	41,19 ±0,15 ^{aA}	22,59 ±0,34 ^{aA}
	1,00	41,20 ±0,20 ^{aA}	22,60 ±0,28 ^{aA}
	7	CS2	41,51 ±0,18 ^{aA}
0,10		41,24 ±0,23 ^{aA}	22,54 ±0,29 ^{aA}
0,25		41,02 ±0,41 ^{aA}	22,61 ±0,34 ^{aA}
0,50		41,54 ±0,29 ^{aA}	22,74 ±0,19 ^{aA}
0,75		41,49 ±0,28 ^{aA}	22,69 ±0,26 ^{aA}
1,00		41,23 ±0,14 ^{aA}	22,90 ±0,29 ^{aA}
14		CS2	41,59 ±0,30 ^{aA}
	0,10	41,52 ±0,25 ^{aA}	22,69 ±0,27 ^{aA}
	0,25	41,60 ±0,41 ^{aA}	22,68 ±0,29 ^{aA}
	0,50	41,43 ±0,29 ^{aA}	22,69 ±0,29 ^{aA}
	0,75	41,49 ±0,25 ^{aA}	22,51 ±0,35 ^{aA}
	1,00	41,38 ±0,32 ^{aA}	22,76 ±0,28 ^{aA}
	30	CS2	41,65 ±0,18 ^{aA}
0,10		41,52 ±0,19 ^{aA}	22,80 ±0,23 ^{aA}
0,25		41,62 ±0,29 ^{aA}	22,64 ±0,25 ^{aA}
0,50		41,53 ±0,24 ^{aA}	22,69 ±0,18 ^{aA}
0,75		41,49 ±0,30 ^{aA}	22,51 ±0,25 ^{aA}
1,00		41,70 ±0,27 ^{aA}	22,85 ±0,34 ^{aA}
60		CS2	41,74 ±0,24 ^{aA}
	0,10	41,70 ±0,21 ^{aA}	22,62 ±0,28 ^{aA}
	0,25	41,68 ±0,26 ^{aA}	22,74 ±0,29 ^{aA}
	0,50	41,52 ±0,25 ^{aA}	22,75 ±0,35 ^{aA}
	0,75	41,64 ±0,31 ^{aA}	22,81 ±0,19 ^{aA}
	1,00	41,69 ±0,24 ^{aA}	22,64 ±0,37 ^{aA}

* Hodnoty jsou uvedeny jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka.

^z Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi různými koncentracemi furcellaranu B; při konstantní době skladování) označené různými malými písmeny v horním indexu se liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi dobou skladování; při konstantní koncentraci furcellaranu B) následované různými velkými písmeny se liší ($P < 0,05$).

Příloha E Obsah sušiny (% w/w) a obsah tuku (% w/w) tavených sýrů vyrobených bez přidavku tavicích solí. Modelové vzorky obsahovaly furcellaran A (Estgel 8500) v koncentracích 0,10; 0,25; 0,50; 1,00, 0,75 a 1,00 % w/w. ^{*z}

Doba skladování (dny)	Karagenan/koncentrace (% w/w)	Obsah sušiny (% w/w)	Obsah tuku (% w/w)
1	0,10	41,15 ±0,21 ^{aA}	22,51 ±0,24 ^{aA}
	0,25	41,25 ±0,15 ^{aA}	22,58 ±0,28 ^{aA}
	0,50	41,19 ±0,19 ^{aA}	22,62 ±0,25 ^{aA}
	0,75	41,31 ±0,28 ^{aA}	22,57 ±0,19 ^{aA}
	1,00	41,54 ±0,28 ^{aA}	22,59 ±0,30 ^{aA}
7	0,10	41,32 ±0,11 ^{aA}	22,55 ±0,25 ^{aA}
	0,25	41,54 ±0,29 ^{aA}	22,64 ±0,25 ^{aA}
	0,50	41,21 ±0,18 ^{aA}	22,87 ±0,34 ^{aA}
	0,75	41,34 ±0,25 ^{aA}	22,54 ±0,24 ^{aA}
	1,00	41,45 ±0,19 ^{aA}	22,69 ±0,31 ^{aA}
14	0,10	41,75 ±0,11 ^{aA}	22,58 ±0,34 ^{aA}
	0,25	41,61 ±0,29 ^{aA}	22,62 ±0,24 ^{aA}
	0,50	41,54 ±0,18 ^{aA}	22,68 ±0,21 ^{aA}
	0,75	41,65 ±0,14 ^{aA}	22,69 ±0,25 ^{aA}
	1,00	41,68 ±0,21 ^{aA}	22,80 ±0,26 ^{aA}
30	0,10	41,47 ±0,11 ^{aA}	22,90 ±0,21 ^{aA}
	0,25	41,51 ±0,29 ^{aA}	22,54 ±0,30 ^{aA}
	0,50	41,64 ±0,28 ^{aA}	22,68 ±0,28 ^{aA}
	0,75	41,58 ±0,24 ^{aA}	22,71 ±0,25 ^{aA}
	1,00	41,49 ±0,19 ^{aA}	22,81 ±0,41 ^{aA}
60	0,10	41,74 ±0,30 ^{aA}	22,50 ±0,20 ^{aA}
	0,25	41,70 ±0,29 ^{aA}	22,62 ±0,24 ^{aA}
	0,50	41,72 ±0,18 ^{aA}	22,69 ±0,29 ^{aA}
	0,75	41,75 ±0,14 ^{aA}	22,60 ±0,19 ^{aA}
	1,00	41,75 ±0,21 ^{aA}	22,57 ±0,25 ^{aA}

* Hodnoty jsou uvedeny jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka.

^z Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi různými koncentracemi furcellaranu A; při konstantní době skladování) označené různými malými písmeny v horním indexu se liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi dobou skladování; při konstantní koncentraci furcellaranu A) následované různými velkými písmeny se liší ($P < 0,05$).

Příloha F Obsahu sušiny (% w/w) a obsahu tuku (% w/w) tavených sýrů vyrobených bez přídavku tavicích solí. Modelové vzorky obsahovaly furcellaran B (Estgel 1000) v koncentracích 0,10; 0,25; 0,50; 1,00, 0,75 a 1,00 % w/w.^{*z}

Doba skladování (dny)	Karagenan/koncentrace (% w/w)	Obsah sušiny (% w/w)	Obsah tuku (% w/w)
1	0,10	41,45 ±0,31 ^{aA}	22,58 ±0,36 ^{aA}
	0,25	41,61 ±0,18 ^{aA}	22,62 ±0,28 ^{aA}
	0,50	41,45 ±0,24 ^{aA}	22,69 ±0,21 ^{aA}
	0,75	41,35 ±0,14 ^{aA}	22,71 ±0,29 ^{aA}
	1,00	41,09 ±0,21 ^{aA}	22,54 ±0,24 ^{aA}
7	0,10	41,12 ±0,24 ^{aA}	22,74 ±0,28 ^{aA}
	0,25	41,18 ±0,31 ^{aA}	22,65 ±0,29 ^{aA}
	0,50	41,54 ±0,17 ^{aA}	22,61 ±0,30 ^{aA}
	0,75	41,25 ±0,14 ^{aA}	22,58 ±0,19 ^{aA}
	1,00	41,48 ±0,30 ^{aA}	22,89 ±0,25 ^{aA}
14	0,10	41,68 ±0,26 ^{aA}	22,84 ±0,34 ^{aA}
	0,25	41,57 ±0,19 ^{aA}	22,90 ±0,14 ^{aA}
	0,50	41,69 ±0,27 ^{aA}	22,62 ±0,25 ^{aA}
	0,75	41,70 ±0,29 ^{aA}	22,85 ±0,31 ^{aA}
	1,00	41,59 ±0,32 ^{aA}	22,69 ±0,28 ^{aA}
30	0,10	41,12 ±0,25 ^{aA}	22,55 ±0,23 ^{aA}
	0,25	41,16 ±0,31 ^{aA}	22,69 ±0,37 ^{aA}
	0,50	41,09 ±0,30 ^{aA}	22,54 ±0,25 ^{aA}
	0,75	41,25 ±0,19 ^{aA}	22,49 ±0,28 ^{aA}
	1,00	41,74 ±0,40 ^{aA}	22,84 ±0,30 ^{aA}
60	0,10	41,72 ±0,21 ^{aA}	22,80 ±0,31 ^{aA}
	0,25	41,66 ±0,28 ^{aA}	22,55 ±0,25 ^{aA}
	0,50	41,49 ±0,28 ^{aA}	22,60 ±0,27 ^{aA}
	0,75	41,65 ±0,30 ^{aA}	22,59 ±0,30 ^{aA}
	1,00	41,55 ±0,18 ^{aA}	22,68 ±0,24 ^{aA}

* Hodnoty jsou uvedeny jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka.

^z Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi různými koncentracemi furcellaranu B; při konstantní době skladování) označené různými malými písmeny v horním indexu se liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi dobou skladování; při konstantní koncentraci furcellaranu B) následované různými velkými písmeny se liší ($P < 0,05$).

Příloha G Obsah sušiny (% w/w), obsahu tuku (% w/w) a hodnoty pH (-) tavených syrových omáček vyrobených s přidavkem κ -karagenanu v koncentracích 0,125; 0,250; 0,500; 0,750 a 1,000 % w/w. Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS3) bez obsahu polysacharidu. Vzorky byly nehomogenizované (NH), byly homogenizovány jednostupňovým procesem (10 MPa; OSH) nebo dvoustupňovým procesem (10/20 MPa; TSH).^{*z}

Koncentrace (% w/w)	Homogenizace	Obsah sušiny (% w/w)	Obsah tuku (% w/w)	pH (-)
CS3	NH	32,70 ±0,21 ^{aA}	21,43 ±0,32 ^{aA}	5,81 ±0,02 ^{aA}
	OSH	32,96 ±0,24 ^{aA}	22,02 ±0,22 ^{aA}	5,82 ±0,01 ^{aA}
	TSH	33,01 ±0,29 ^{aA}	21,98 ±0,15 ^{aA}	5,79 ±0,02 ^{aA}
0,125	NH	32,49 ±0,20 ^{aA}	21,86 ±0,17 ^{aA}	5,77 ±0,02 ^{aA}
	OSH	32,49 ±0,24 ^{aA}	22,01 ±0,09 ^{aA}	5,80 ±0,02 ^{aA}
	TSH	32,48 ±0,37 ^{aA}	21,81 ±0,34 ^{aA}	5,81 ±0,01 ^{aA}
0,250	NH	32,65 ±0,34 ^{aA}	21,89 ±0,23 ^{aA}	5,80 ±0,02 ^{aA}
	OSH	32,77 ±0,43 ^{aA}	22,04 ±0,19 ^{aA}	5,76 ±0,01 ^{aA}
	TSH	33,11 ±0,35 ^{aA}	21,88 ±0,22 ^{aA}	5,80 ±0,03 ^{aA}
0,500	NH	32,22 ±0,30 ^{aA}	21,54 ±0,27 ^{aA}	5,79 ±0,02 ^{aA}
	OSH	32,93 ±0,36 ^{aA}	21,78 ±0,41 ^{aA}	5,80 ±0,02 ^{aA}
	TSH	32,33 ±0,21 ^{aA}	21,69 ±0,19 ^{aA}	5,81 ±0,03 ^{aA}
0,750	NH	33,00 ±0,31 ^{aA}	21,98 ±0,15 ^{aA}	5,78 ±0,02 ^{aA}
	OSH	32,68 ±0,30 ^{aA}	21,57 ±0,21 ^{aA}	5,78 ±0,02 ^{aA}
	TSH	32,41 ±0,22 ^{aA}	21,64 ±0,24 ^{aA}	5,81 ±0,01 ^{aA}
1,000	NH	32,86 ±0,26 ^{aA}	21,81 ±0,15 ^{aA}	5,80 ±0,02 ^{aA}
	OHS	32,88 ±0,25 ^{aA}	21,93 ±0,18 ^{aA}	5,81 ±0,03 ^{aA}
	TSH	32,95 ±0,39 ^{aA}	22,02 ±0,25 ^{aA}	5,81 ±0,02 ^{aA}

* Hodnoty jsou uvedeny jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka.

^z Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi různými koncentracemi furcellaranu B; při konstantní době skladování) označené různými malými písmeny v horním indexu se liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi dobou skladování; při konstantní koncentraci furcellaranu B) následované různými velkými písmeny se liší ($P < 0,05$).

Příloha H Obsah sušiny (% w/w), obsahu tuku (% w/w) a hodnoty pH (-) tavených syrových omáček vyrobených s přidavkem furcellaranu B (Estgel 1000) v koncentracích 0,125; 0,250; 0,500; 0,750 a 1,000 % w/w. Sada modelových vzorků zahrnovala také kontrolní vzorek (CS3) bez obsahu polysacharidu. Vzorky byly nehomogenizované (NH), byly homogenizovány jednostupňovým procesem (10 MPa; OSH) nebo dvoustupňovým procesem (10/20 MPa; TSH).

^{*z}

Koncentrace (% w/w)	Homogenizace	Obsah sušiny (% w/w)	Obsah tuku (% w/w)	pH (-)
CS3	NH	32,70 ±0,21 ^{aA}	21,43 ±0,32 ^{aA}	5,81 ±0,02 ^{aA}
	OSH	32,96 ±0,24 ^{aA}	22,02 ±0,22 ^{aA}	5,82 ±0,01 ^{aA}
	TSH	33,01 ±0,29 ^{aA}	21,98 ±0,15 ^{aA}	5,79 ±0,02 ^{aA}
0,125	NH	32,89 ±0,32 ^{aA}	22,11 ±0,27 ^{aA}	5,80 ±0,02 ^{aA}
	OSH	32,43 ±0,38 ^{aA}	21,94 ±0,31 ^{aA}	5,81 ±0,02 ^{aA}
	TSH	31,84 ±0,27 ^{aA}	21,46 ±0,22 ^{aA}	5,78 ±0,02 ^{aA}
0,250	NH	32,61 ±0,35 ^{aA}	21,83 ±0,18 ^{aA}	5,80 ±0,02 ^{aA}
	OSH	32,89 ±0,32 ^{aA}	21,75 ±0,31 ^{aA}	5,79 ±0,01 ^{aA}
	TSH	32,05 ±0,34 ^{aA}	21,59 ±0,26 ^{aA}	5,82 ±0,02 ^{aA}
0,500	NH	32,48 ±0,22 ^{aA}	21,80 ±0,30 ^{aA}	5,81 ±0,02 ^{aA}
	OSH	32,37 ±0,33 ^{aA}	21,83 ±0,25 ^{aA}	5,80 ±0,02 ^{aA}
	TSH	31,94 ±0,41 ^{aA}	21,51 ±0,32 ^{aA}	5,79 ±0,02 ^{aA}
0,750	NH	32,21 ±0,36 ^{aA}	21,51 ±0,37 ^{aA}	5,81 ±0,03 ^{aA}
	OSH	32,08 ±0,41 ^{aA}	21,44 ±0,27 ^{aA}	5,81 ±0,02 ^{aA}
	TSH	32,67 ±0,41 ^{aA}	21,71 ±0,34 ^{aA}	5,80 ±0,01 ^{aA}
1,000	NH	32,28 ±0,32 ^{aA}	21,69 ±0,32 ^{aA}	5,81 ±0,02 ^{aA}
	OSH	33,46 ±0,40 ^{aA}	21,86 ±0,22 ^{aA}	5,80 ±0,02 ^{aA}
	TSH	32,62 ±0,27 ^{aA}	21,67 ±0,25 ^{aA}	5,83 ±0,03 ^{aA}

* Hodnoty jsou uvedeny jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka.

^z Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi typem homogenizace; při konstantní koncentraci polysacharidu) označené různými velkými písmeny v horním indexu se liší (P < 0,05). Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi koncentrací polysacharidu; při konstantním typu polysacharidu a typu homogenizace) následované různými velkými písmeny se liší (P < 0,05).