

Faktory ovlivňující jakost tavených sýrových omáček

Bc. Lenka Hudečková

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lenka Hudečková**
Osobní číslo: **T11109**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin – specializace Technologie mléka a mléčných výrobků prezenční**
Forma studia: **prezenční**
Téma práce: **Faktory ovlivňující jakost tavených sýrových omáček**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakterizujte tavené sýrové omáčky a jejich analogy jako výrobovou skupinu.
2. Popište suroviny pro výrobu tavených sýrových omáček a technologii jejich výroby.
3. Charakterizujte hydrokoloidy, které budete využívat v experimentální části.

II. Praktická část

1. Optimalizujte laboratorní výrobu tavených sýrových omáček.
2. Vytvořte modelové vzorky tavených sýrových omáček s přísadkou karagenanu a 1-monoacylglycerolů.
3. Stanovte viskozitu modelových vzorků.
4. Výsledky vyhodnoťte a formulujte závěry.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] FOX, P. F., GUINEE, T.P. COGAN, T. M., McSWEENEY, P. L. H. Fundamentals of Cheese Science. Processed cheese and substitute or imitation cheese products. Springer 2000, 638. ISBN 978-0-8342-1260-2, 0-8342-1260-9.

[2] GUINEE, T. P., CARIC, M., KALÁB, M. Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. 3 ed. Elsevier, 2004.

[3] BACHMANN, N.P., Cheese analogues: A review. International Dairy Journal. 2001, vol. 11. 505 - 515.

[4] PHILLIPS, G.O., WILLIAMS, P.A. Handbook of Hydrocolloids. CRC Press, Boca Raton, New York, 2000, 442 s., ISBN 0-8493-0850-X.

[5] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., KRÁČMAR, S. Základní principy výroby tavených sýrů: Edice původních vědeckých prací a monografií. 1.st ed. Brno, 2009, 70. ISBN 978-80-7375-336-8, ISSN 1803-2109.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. František Buňka, Ph.D.

Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

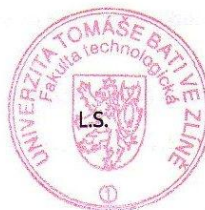
16. ledna 2013

Termín odevzdání diplomové práce:

2. května 2013

Ve Zlíně dne 4. února 2013


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 30. 4. 2013

Lenka Hudečková

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

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

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

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

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

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

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

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

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

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

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce bylo sledovat faktory ovlivňující viskozitu tavených sýrových omáček s obsahem sušiny 24 % (w/w) a 40 % (w/w) tuku v sušině. Testovány byly modelové vzorky tavených omáček s přidavkem 1-monoacylglycerolu (1-MAG kyseliny kaprinové (C10:0), 1-MAG kyseliny laurové (C12:0), 1-MAG kyseliny myristové (C14:0), 1-MAG kyseliny palmitové (16:0), 1-MAG kyseliny stearové (C18:0) a 1-MAG kyseliny olejové (C18:1)). Dále byly testovány modelové vzorky tavených omáček s přidavkem hydrokoloidů, konkrétně κ - nebo ι -karagenanu. Modelové vzorky tavených sýrových omáček byly v obou případech vyrobeny s rostlinným olejem. Sledovaná byla makroskopická homogenita a viskozita daných modelových vzorků. U modelových vzorků bylo v rámci základní chemické analýzy provedeno také stanovení sušiny a hodnoty pH.

Přídavek zmíněných 1-monoacylglycerolů o koncentraci 0,25 a 0,50 % (w/w) způsobil zvýšení viskozity tavených omáček ve srovnání s kontrolními vzorky. Viskozita tavených omáček se zvyšovala také s rostoucí koncentrací κ - i ι -karagenanu. V případě aplikace ι -karagenanu bylo dosaženo vyšších hodnot.

Klíčová slova:

Analog taveného sýra, tavená omáčka, hydrokoloid, 1-monoacylglycerol

ABSTRACT

The aim of this work was to investigate the factors influencing the viscosity of processed cheese sauces with dry matter content of 24 % (w/w) and 40 % (w/w) fat in dry matter. Model samples of processed cheese sauces with addition of 1-monoglycerides (1-monocaprin (C10:0), 1-monolaurin (C12:0), 1-MAG kyseliny monomyristin (C14:0), 1-MAG monopalmitin (16:0), 1-MAG monostearin (C18:0) a 1-MAG monoolein (C18:1) were tested. Model samples of processed cheese sauces with the addition of hydrocolloid, in particular κ - or ι -carrageenan were tested. Model samples of processed cheese sauces in both cases were made with vegetable oil. The macroscopic homogeneity and viscosity of processed cheese sauces were measured. Model samples were measured with basic chemical analysis, dry matter and pH.

Addition of these 1-monoglycerides on the concentration of 0.25 % and 0.50 % (w/w) caused an increase in viscosity of the cheese sauces in comparison with the control samples. The viscosity of the cheese sauces increased with the increasing concentration of added κ - and ι -carrageenan. Higher values were obtained after the addition ι -carrageenan.

Keywords:

Processed cheese analogue, cheese sauce, hydrocolloid, 1-monoglycerides

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Františku Buňkovi, Ph.D. za odborné vedení a trpělivost při zpracovávání této práce, za konzultace a cenné rady, které mi v průběhu práce udělil.

Dále bych ráda poděkovala Ing. Zuzaně Hanákové, Ph.D., za cenné připomínky a trpělivost při realizaci diplomové práce.

Poděkování patří také mému příteli a mé rodině za pomoc, trpělivost a časový prostor, který mi při studiu poskytli.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Františka Buňkovi, Ph.D. a uvedla v seznamu literatury všechny literární a odborné zdroje.

Ve Zlíně 30. 4. 2013

.....

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 HISTORIE A SOUČASNOST TAVENÝCH SÝRŮ A JEJICH ANALOGŮ	13
2 CHARAKTERISTIKA ANALOGŮ TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK	15
2.1 ZÁKLADNÍ SUROVINY ANALOGŮ TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK	17
2.1.1 Mléčné a rostlinné proteiny.....	17
2.1.2 Tuky a oleje rostlinného a živočišného původu	19
2.1.3 Tavicí soli.....	21
2.1.4 Regulátory kyselosti a příchuťové látky.....	22
2.1.5 Další složky vhodné pro výrobu analogů tavených sýrů a tavených sýrových omáček.....	23
3 HYDROKOLOIDY	24
3.1 ŠKROB	24
3.2 KARAGENANY	25
4 EMULGÁTORY	28
4.1 MONOACYLGLYCEROLY	28
5 TECHNOLOGIE VÝROBY ANALOGŮ TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK	31
5.1 VÝROBA ANALOGŮ TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK.....	31
6 TAVENÉ SÝROVÉ OMÁČKY V ČR	35
II PRAKTICKÁ ČÁST	36
7 CÍL PRÁCE	37
8 MATERIÁL A METODY	38
8.1 POPIS EXPERIMENTU	38
8.2 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ	38
8.2.1 Modelové vzorky I	40
8.2.2 Modelové vzorky II	40
8.3 ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA	40
8.3.1 Stanovení obsahu sušiny	40
8.3.2 Stanovení hodnoty pH	41
8.4 MĚŘENÍ VIZKOZITY	41
9 VÝSLEDKY A DISKUZE	43

9.1	MODELOVÉ VZORKY I.....	43
9.2	MODELOVÉ VZORKY II.....	43
9.3	VÝSLEDKY SENZORICKÉ HODNOCENÍ	44
9.3.1	Modelové vzorky řady I	44
9.3.2	Modelové vzorky řady II	44
9.4	VÝSLEDKY STANOVENÍ VIZKOZITY	48
9.4.1	Modelové vzorky I	48
9.4.2	Modelové vzorky II	49
9.5	DISKUZE.....	51
	ZÁVĚR.....	53
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	54
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	61
	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
	SEZNAM TABULEK.....	63
	SEZNAM PŘÍLOH.....	65

ÚVOD

Na trhu se stále častěji objevují levnější varianty tavených sýrů a označovány jako sýrové analogy. Jsou to výrobky, ve kterých jsou tradiční mléčné suroviny nahrazovány levnějšími rostlinnými surovinami. Pro stabilizaci a tvorbu odpovídající konzistence jsou v těchto výrobcích často používány stabilizátory. Ke zvýraznění a přiblížení se chuti klasických tavených sýrů jsou do surovinové skladby zahrnovány i zvýrazňující látky. Analogy tavených sýrů mají uplatnění v kuchyních a provozovnách rychlého občerstvení. Jedná se o sýrové zálivky na mražené pizzy, sýrové plátky v hamburgerech nebo sendvičích a v neposlední řadě i o sýrové omáčky. Sýrové omáčky jsou produkty vyznačující se nízkým obsahem sušiny. Sýrové omáčky jsou vhodné k těstovinám, gratinované zelenině i do hotových pokrmů a to jak mražených tak chlazených.

Teoretická část diplomové práce je rozdělena do šesti kapitol, ve kterých je popsána problematika analogů tavených sýrů a tavených sýrových omáček. Jsou zde popsány základní suroviny používané pro jejich výrobu. Třetí a čtvrtá kapitola popisuje obecnou charakteristiku 1-monoacylglycerolů a karagenanů a jejich vlastnosti. Je zde zmínka i o jejich využití v potravinářském a jiném průmyslu. V následující kapitole je popsána obecná technologie výroby analogů tavených sýrů a tavených sýrových omáček. V závěru teoretické části je zmínka o hotových sýrových omáčkách v ČR.

Praktické část je rozdělena do čtyř kapitol. V první kapitole praktické části jsou popsány cíle diplomové práce. Následující kapitola je zaměřena na metodiku zpracování. Poslední dvě kapitoly jsou věnovány vyhodnocení výsledků a diskuzi.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE A SOUČASNOST TAVENÝCH SÝRŮ A JEJICH ANALOGŮ

V roce 1911 se uskutečnila první výroba tavených sýrů a tak si v roce 2011 mlékaři po celém světě připomněli stoleté výročí od uskutečnění první písemně zaznamenané průmyslové výroby tavených sýrů. První tavený sýr se poprvé podařil vyrobit švýcarské společnosti Gerber a Stettler a to roztavením tvrdých švýcarských sýrů, které se na přelomu 19. a 20. století vyváželi do zámoří, převážně do USA. Během dlouhých plaveb lodí nebyly tvrdé sýry dostatečně chlazeny a docházelo tak ke zhoršování jejich jakosti. Cílem tedy bylo vyrobit sýry, u kterých by se podařilo prodloužit jejich trvanlivost z důvodu skladování a exportu do zámoří a tropických krajin. Mezi další důvody, které se postupem času přidaly, patří i možnost použití tavených sýrů jako pomazánky na pečivo, možnost vyrobit velký počet různých variant chutí, tvarů a fyzikálních vlastností (měkké, tuhé, roztíratelné). Další firmou, které se v roce 1916 podařilo nezávisle na švýcarské firmě, vyrobit tavený sýr byla společnost Kraft ve Spojených státech amerických. Jednalo se o tavený sýr Cheddar, který byl exportován v malých plechovkách vojskům bojujícím v I. světové válce. Postupně se pak přidávaly další země. V bývalém Československu to byla firma Bloch ve Vodňanech v roce 1923 [1, 2, 3]. Výroba se postupně rozšířila po celém světě a v roce 2011 se celosvětově vyrobilo na 2,5 mil. tun tavených sýrů a tavených sýrových pomazánek [1].

Tavené sýry jsou v České republice tradiční mléčnou potravinou mající dlouholetou historii. V roce 2012 výroba tavených sýrů představuje necelých 15 tis. tun a dalších 10 tis. tun se na náš trh dostalo z dovozu, zejména z Polska, Německa, Francie, Slovenska a z dalších zemí [1, 6]. V roce 2012 představovala spotřeba tavených sýrů v České republice 2,2 kg. Tato hodnota řadí spotřebu tavených sýrů na první světovou příčku [6].

Ve Spojených státech se v roce 1970 objevují také tzv. „analogy“, které představují levnější variantu tavených sýrů a jsou zdaleka největší skupinou imitací nebo také náhrad sýrových výrobků [4]. Náhradní potraviny byly vyvinuté jako výsledek nedostatku potravin tohoto typu a také jako příležitost na snížení nákladů [5]. Prodej sýrových analogů je úzce spjatý s vývojem „convencience food“ (k rychlému a snadnému použití). Vyskytují stále častěji z důvodu jejich nákladové efektivity, připadající na jednoduchost jejich výroby. Na nižší náklady má vliv i částečné nebo úplné nahrazování tradičních mléčných surovin

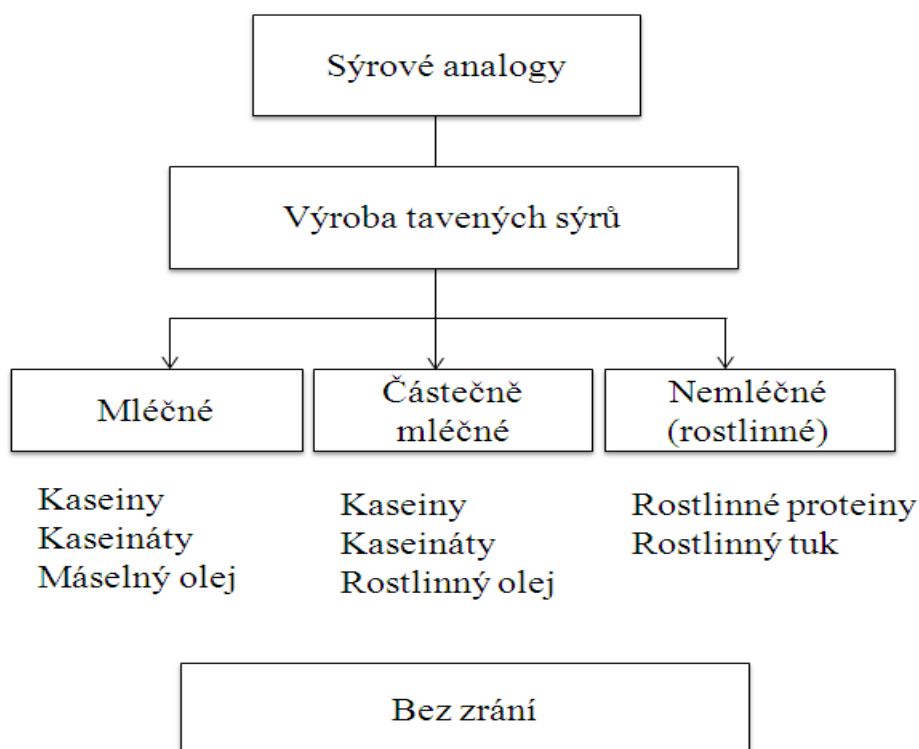
surovinami rostlinnými. Navíc je mezi spotřebiteli stále větší zájem o výrobky, které mají nižší obsah tuku, nasycených mastných kyselin, cholesterolu a energie [7].

Sýrové analogy našly své uplatnění v různých oblastech především v kuchyních a provozovnách rychlého občerstvení. Jsou to například sýrové zálivky na mražené pizzy, sýrové plátky v hamburgerech nebo sendvičích, dále jsou to sýrové omáčky a dipy. Nacházejí se také v již hotových pokrmech [4, 7, 8].

2 CHARAKTERISTIKA ANALOGŮ TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK

Sýrové analogy (imitace nebo také náhražky) jsou produkty, které se podobají přírodním sýrům nebo taveným sýrům a na trhu se objevují stále častěji [5].

V zahraniční literatuře existuje dělení sýrových analogů na mléčné, částečně mléčné nebo nemléčné v závislosti na tom jestli je tuk nebo bílkovina z mléčných nebo rostlinných zdrojů (Obrázek 1). Základními surovinami pro výrobu mléčných analogů jsou bílkoviny a tuky mléčného původu, dále to mohou být kaseiny a kaseináty nebo jejich směsi. U částečně mléčných analogů se část mléčných surovin, především mléčný tuk, nahrazuje rostlinným olejem. Obvykle se jedná například o sojový, palmový, řepkový olej a jejich hydrogenované formy. Proteiny jsou zde původu mléčného, obvykle se jedná o kasein (obvykle rennet kasein, jedná se o kasein získaný sladkým srážením) nebo kaseinát. V nemléčných analogích jsou jak tuk, tak i bílkoviny zcela nahrazeny zdroji rostlinnými [4, 9, 13].



Obrázek 1.: Klasifikace analogů tavených sýrů na základě použitých zdrojů bílkovin a tuků/olejů ve výrobku [upraveno dle 4]

Česká legislativa zatím pojem analog ani jiný pojem pro tyto výrobky nezná. Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb., v platném znění, kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje definuje pouze tavený sýr jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí [10]. Ve vyhlášce Ministerstva zdravotnictví č. 4/2008 Sb., v platném znění, se o analogích tavených sýrů nachází pouze jediná zmínka a to v části kde se řeší nejvyšší povolené množství fosforečnanů do tavených sýrů a jejich analogů [11]. V Nařízení rady (ES) č. 1234/2007 se mléčným výrobkem rozumí výrobek získaný výlučně z mléka, přičemž se však mohou přidávat další látky nezbytné pro jejich výrobu, pokud tyto látky nejsou použity za účelem úplného nebo částečného nahrazení jakékoliv mléčné složky. Výhradně pro mléčné výrobky se pak vyhrazují jednotlivá označení (např. syrovátka, smetana, máslo, podmáslí, máselný olej, kaseiny, bezvodý mléčný tuk, sýr a další). Z toho vyplývá, že výrobek, ve kterém je mléčná surovina (tuk či bílkovina) částečně nebo zcela nahrazena zdrojem rostlinným do této kategorie nespadá. Takový výrobek nesmí být uváděn na trh pod označením „sýr“ a zcela nezaměnitelně musí být označeno také místo jeho uložení v distribuční síti [63, 64].

Sýrové analogy mají své výhody i nevýhody v porovnání s klasickými tavenými sýry. Největším problémem je, že jsou nevýrazné chuti, proto je vhodné zařadit do surovinové skladby zvýrazňující látky, které dodají téměř identickou chuť tavených sýrů. Výhodou je delší trvanlivost, protože hydrogenovaný rostlinný olej je méně náchylný na žluknutí než tuk máselný. Dále mají analogy s rostlinným olejem méně cholesterolu než přírodní sýry a mohou být upraveny tak, aby měly méně nasycených tuků a nižší obsah kalorií. K redukci kalorické hodnoty je možné do surovinové skladby zahrnout modifikované škroby, syrovátkové proteiny, které mohou sloužit jako tukové náhražky. Snahou výrobců je vyhovět spotřebitelům, kteří si uvědomují důležitost zdravé výživy. Další výhodou je i použití levnějších rostlinných surovin, které ovšem nemají čistě mléčnou chuť [5, 7, 17, 18, 27].

V důsledku nových stravovacích návyků spotřebitelů vzrostla v průběhu posledních let spotřeba sýrových omáček, které se obvykle vyznačují nízkým obsahem sušiny 18–24 %. Pro potravinářský průmysl jsou důležité, protože představují produkty s vysokou přidanou hodnotou a poměrně snadno se vyrábí. [16, 40]. Tyto omáčky jsou emulzí oleje ve vodě. Emulze se skládá ze dvou nemísitelných kapalin, v nichž je jedna ve druhé rozptýlena ve formě malých sférických kapek. Emulze jsou termodynamicky nestabilní a prostřednic-

tvím různých fyzikálně-chemických procesů může dojít k narušení jejich stability [19, 20]. Sýrové omáčky jsou vhodné k těstovinám, gratinované zelenině i do hotových pokrmů a to jak mražených tak chlazených. Sýrové omáčky jsou v těchto pokrmech vystavovány různým teplotním podmínkám a musí poskytovat řadu konzistencí a chutí [15]. Konzistence výrobků musí být stejnorodá, kompaktní, hladká, nesmí být krupičkovitá ani písčitá. Vlivů působících na konzistenci je celá řada. Konzistenci lze ovlivnit surovinovou skladbou, technologií výroby, rychlostí chlazení taveniny a délkou a podmínkami skladování. Texturní vlastnosti jsou ovlivněny také vztahem sušiny a tuku v sušině. S klesajícím obsahem sušiny při konstantním obsahu tuku v sušině klesá také tuhost finálních výrobků. [8, 29, 40]. Hodnota pH je dalším faktorem ovlivňujícím texturu finálních výrobků. Se zvýšením hodnoty pH dochází k poklesu viskozity. Abd. El-Salam *et al.* [74] uvádí, že hodnota pH se mírně zvyšuje s rostoucím obsahem emulgátorů při výrobě tavených sýrů. V této diplomové práci byly použity jako emulgátory 1-monoacylglyceroly.

Mezi typicky používané suroviny při výrobě analogů tavených sýrů a tavených sýrových omáček patří přírodní sýr, který bývá často nahrazován zcela nebo částečně nahrazován kaseiny nebo kaseináty, syrovátkové proteiny, sušené odstředěné mléko, rostlinné tuky nebo oleje, nativní nebo modifikované škroby, tavicí soli, konzervační látky a chuťové látky. Neméně důležité jsou i stabilizátory (např. hydrokoloidy, monoacylglyceroly) [15, 21].

2.1 Základní suroviny analogů tavených sýrů a tavených sýrových omáček

2.1.1 Mléčné a rostlinné proteiny

Surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou kvalitní přírodní sýry s odpovídajícím stupněm prozrání, které se technologicky upravují. Technologická úprava přírodních sýrů zahrnuje pečlivé vytřídění podle výrobních partií, kvality a stupně prozrání. Surovinová skladba se v praxi skládá z kombinace mladých i prozrálých přírodních sýrů. Přírodní sýry jsou důkladně očištěny, omyty, oškrábány. Dále se krájí, drtí a melou. Pro úspěšnou výrobu tavených sýrů má jejich správný výběr zvláštní význam. Správný výběr suroviny je závislý na chuti, konzistenci, struktuře, na obsahu tuku a dalších požadovaných vlastnostech finálního výrobku. Lze použít i přírodní sýry s mechanickými vadami vzniklými během mani-

pulace při výrobě. Nelze však využít přírodní sýry s vadami mikrobiologickými, které by mohly ohrozit zdravotní nezávadnost. Lze tedy zahrnout pouze přírodní sýry s vadami vzhledovými. Je možné zahrnout i přírodní sýry s nedodrženým obsahem sušiny či tuku v sušině, které z důvodu nedodržení toleranční meze nemohou být dodány přímo do maloobchodu pro přímý prodej spotřebiteli. Při výrobě tavených sýrů nejsou tyto vady překážkou a vhodnou úpravou surovinové skladby lze tyto nedostatky eliminovat [5, 29, 60, 61]. V České republice se pro výrobu používají především sýry eidamského typu. V menší míře jsou používány také sýry švýcarského typu, popř. Moravský bochník. V některých zemích se tavené sýry vyrábí z jednoho druhu sýra v různém stupni zralosti. Ve Velké Británii, Austrálii a USA je oblíbený sýr Čedar a v západní Evropě jsou to sýry švýcarského typu. Nejčastěji jsou však využívána kombinace více druhů přírodních sýrů [5, 60]. Přírodní sýry jsou zařazovány do surovinové skladby také při výrobě analogů tavených sýrů a tavených omáček. Z nákladových důvodů jsou však přírodní sýr často zcela nebo částečně nahrazen kaseiny, kaseináty, syrovátkovými proteiny.

Kaseiny a kaseináty jsou hlavním zdrojem mléčných proteinů nahrazující základní mléčnou surovinu (přírodní sýr). Jsou široce využívány při výrobě tavených sýrů a analogů tavených sýrů a také sýrových omáček. Hlavním důvodem je nízká cena vzhledem k sýrovým bílkovinám [4, 7, 28].

Sladký kasein (rennet kasein) je preferován před ostatními zdroji proteinů a může být použit jako jejich jediný zdroj, protože je snadno využitelný, poskytuje vhodné funkční vlastnosti a lepší chuť. [21, 22]. Pro výrobu sladkého kaseinu se používá sladké srážení za použití syřidla. Srážení probíhá při teplotě přibližně 30 °C za vzniku gelu. Ze sraženiny sladkého kaseinu se dále odděluje syrovátka. K usnadnění oddělení sraženiny od syrovátky se zvýší teplota přibližně na 60 °C. Následně se oddělená sraženina promývá v protiproudu vody. Praní probíhá v několika fázích při teplotě 75 °C s výdrží až 30 minut, čímž se dosáhne odstranění laktózy a dalších ve vodě rozpustných složek. Nakonec dochází k sušení a mletí na požadovanou velikost. Dalším krokem může být míchání s jinými výrobními šaržemi k dosažení požadovaných vlastností. Přesné výrobní postupy jsou obchodním tajemstvím jednotlivých výrobců [22, 23, 24, 25].

Kyselý kasein se vyrábí kyselým srážení odstředěného mléka fermentací laktózy bakteriemi mléčného kvašení nebo přidávkem kyseliny (chlorovodíkové, mléčné nebo sírové).

Rozpuštěním kyselého kaseinu v různých zásadách (hydroxidu), solích nebo kyselinách za intenzivního míchání a následného sušení vznikají kaseináty (sodný a vápenatý) [23, 26, 27].

Mezi další suroviny mléčného původu řadíme i další mléčné koncentráty jako je například sušená syrovátka, sušené odstředěné mléko aj [8]. Jednou z metod získávání syrovátkové bílkoviny je vysrážením z mléka zvýšením jeho kyselosti při vyšších teplotách. Obvykle při teplotách 90 °C. Dále ultrafiltrací, při které se bílkoviny získávají ve formě koncentrátu, obsahujícího bílkoviny v nedenaturovaném stavu. Vhodnou metodou je i gelová chromatografie. Gelovou chromatografií získáváme velmi čisté bílkovinné koncentráty, které si zachovávají všechny biologické a nutriční vlastnosti. Syrovátkové bílkoviny přidávány většinou ve formě sušené syrovátky dodají mírně nasládlou chuť a hladkou konzistenci [8, 27, 29].

Mléčné proteiny lze z důvodů ekonomických nahradit rostlinnými proteiny. Mohou být používány jako částečná nebo úplná náhrada. Jedná se například o sójové boby, arašídový nebo pšeničný [28]. Obecně však vyplývá, že nahrazení kaseinu má vliv na zhoršení textury produktů [4].

2.1.2 Tuky a oleje rostlinného a živočišného původu

Svým významem patří oleje a tuky mezi základní potraviny. Suroviny pro jejich výrobu jsou původu rostlinného nebo živočišného. Patří mezi významný zdroj energie, esenciálních mastných kyselin, fosfolipidů, lipofilních vitaminů, a proto jsou významné z nutričního hlediska [23]. Vlastnosti mléčného tuku se mění v závislosti na jeho složení. Mění se poměr nasycených (SAFA, z angl. saturated fatty acid), mononenasycených (MUFA, z angl. monounsaturated fatty acid) a polynenasycených (PUFA, z angl. polyunsaturated fatty acid) mastných kyselin ovlivňuje konzistenci, nutriční hodnotu. Vliv na kvalitu mléčných tuků má také kvalita krmné směsi. V másle a mléčném tuku jsou zastoupeny v procentuelním podílu přibližně (60–70):(30–35):(3–5) [29, 30, 72]. Máslo je dle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb., v platném znění, mléčný výrobek obsahující výhradně mléčný tuk ve formě emulze vody a tuku [10]. Minimální obsah tuku v másle je 80 %, 2 % netuků (laktosa, mléčné bílkoviny, minerální látky). Maximální povolený obsah vody je 16–18 %. Vyrábí se z vysoko pasterované sladké smetany při teplotě 90–105 °C kontinuálním způsobem [23, 29]. Dle Nařízení Rady (ES) č. 1234/2007 je máslo vyrobené

přímo a výhradně z pasterizované smetany ve schváleném podniku Společenství, s minimálním obsahem tuku 82 % hmotnostních a maximálním obsahem vody 16 % hmotnostních [63]. Máslo je bohatým zdrojem lipofilních vitaminů A, D, E, K a z hlediska krytí potřeb je bohatým zdrojem karotenoidů. Obsahuje i esenciální mastné kyseliny linolovou, α -linolenovou. Do tavených sýrů a jejich analogů se přidává pro úpravu obsahu tuku [2, 31].

Z důvodu prodloužení trvanlivosti došlo k vývoji výroby bezvodého mléčného tuku (BMT) nebo bezvodého máselného oleje. Vyrábí se odstraněním vody a složek mléčné tukuprosté sušiny z másla či smetany o tučnosti 70-80 % tuku. Oproti máslu je výhodou bezvodé tuky a oleje za použití vhodného obalu skladovat několik měsíců při pokojové teplotě. Je to možné díky jejich nízké vlhkosti. Bezvodý mléčný tuk se získává z čerstvých surovin (másla nebo smetany), do kterých nejsou přidávány žádné neutralizační látky. Jeho minimální obsah mléčného tuku je 99,8 % a neobsahuje více než 0,1 % vlhkosti. [23, 24, 29, 32]. Typické složení koncentrátů mléčného tuku je uvedeno v tabulce 1.

Tabulka 1.: Typické složení koncentrátů mléčného tuku

Produkt	Voda	Tuk	Protein	Laktosa	Popeloviny	Další
	%	%	%	%	%	suroviny
Máslo	16,5	80,5	0,6	0,4	2,5	0-2,3 % NaCl*
Bezvodý mléčný tuk	0,1	99,8	0,1	0	0	0

[upraveno dle 24]

* Dle Nařízení Rady (ES) č. 1234/2007 je solené máslo vyrobené ze smetany nebo mléka ve schváleném podniku Společenství, s minimálním obsahem tuku 80 % hmotnostních, maximálním obsahem vody 16 % hmotnostních a maximálním obsahem soli 2 % hmotnostní [63].

Dle své chemické struktury jsou oleje a tuky složité směsí triacylglycerolů. Mastné kyseliny jsou u většiny tuků a olejů navázány esterovou vazbou na všechny tři alkoholické skupiny glycerolu. Tuky jsou směsí triacylglycerolů s malým množstvím monoacylglycerolů, diacylglycerolů a doprovodných látek kolem 1 % (steroly, terpenoidy, lipofilní vitaminy).

ny, uhlovodíky, stopy fosfolipidů aj.). Nejsou rozpustné ve vodě a velmi málo rozpustné v alkoholu. Složením mastných kyselin jsou určovány jejich vlastnosti. Nasycené mastné kyseliny mají vyšší bod tání a tuhnutí a dodávají tuků tužší konzistence. V rostlinných olejích jsou téměř výhradně zastoupeny nenasycené mastné kyseliny, které mohou ve svém řetězci obsahovat jednu nebo více dvojných vazeb. Mají nízký bod tání a udělují olejům tekutou konzistenci [30, 44, 66, 72].

Rostlinné tuky a oleje obsahují vyšší podíl nenasycených a polynenasycených mastných kyselin, které jsou pro lidský organismus důležité. Dále pak neobsahují prakticky žádný cholesterol, což je při výrobě sýrových omáček a analogů tavených sýrů žádoucí [7, 29, 30, 31]. Rostlinné oleje a tuky se získávají z dužnin plodů (olivový olej, palmový tuk). Olej z dužnin plodů se zpracovává ihned na místě (plantáži) po sklizni, protože není vhodné tyto plody dlouhodobě skladovat. Dále se rostlinné tuky a oleje získávají ze semen a bobů. Z těchto zdrojů je většina olejů. Výhodou je dlouhodobé skladování semen a jednoduchá přeprava. Výroba spočívá ve dvou základních technologických krocích. Jedná se o lisování, které se provádí pomocí vysokého tlaku, čímž dojde k mechanickému oddělení oleje z rostlinných pletiv. Další z možností je extrakce pomocí organických rozpouštědel, převážně hexanem. Tyto dva technologické kroky lze kombinovat. Kritériem pro výběr technologického postupu je závislý na olejnatosti suroviny. Surovina s podílem oleje v rozmezí pod 25–30 % není vhodná k lisování [23, 30].

Při zachování všech ostatních konstantních podmínek obsahu sušiny je obecně známo, že náhradou mléčného tuku rostlinným olejem získáme analogy tavených sýrů s měkčí konzistencí. Zatímco nahrazením mléčného tuku tukem rostlinným (s bodem tání při teplotě 35–38 °C) získáme analogy s tužší konzistencí podobné analogům s přídavkem másla [33].

2.1.3 Tavicí soli

Sladký kasein (tzv. rennet kasein, získaný sladkým srážením) má omezenou hydratační kapacitu a rozpustnost ve vodě v důsledku přítomnosti vápníku, proto je nutné, aby surovinová skladba zahrnovala také přídavek tavicích solí, které jsou nedílnou součástí výroby nejen klasických tavených sýrů, ale i jejich analogů a tavených sýrových omáček [34]. Tavicí soli jsou sloučeniny tvořené monovalentními kationty a polyvalentními anionty. Soli tvořené monovalentními kationty a polyvalentními anionty mají nejlepší emulgační

vlastnosti. Dle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 4/2008 Sb., v platném znění, kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních činidel jsou tavicí soli látky měnící vlastnosti bílkovin při výrobě tavených sýrů za účelem zamezení oddělování tuku [10, 35, 69]. Hlavní úlohou tavicích solí při výrobě je upravit prostředí v tavené směsi, tak aby bílkoviny mohly uplatnit přirozenou emulgační schopnost, která je potlačena vazbou Ca^{2+} na kasein (kaseinové frakce). Úlohou tavicích solí je tedy odštěpit Ca^{2+} , tak aby přítomné kaseiny (kaseinové frakce) mohly uplatnit vlastnosti přirozených emulgátorů. Další úlohou tavicích solí je peptizace, hydratace, bobtnání, zvýšení rozpustnosti a dispergace proteinů. Mají schopnost stabilizovat emulzi, pH a ovlivňují vznik požadované struktury po chlazení. [35, 36, 69]. Určení směsi a dávky tavicích solí závisí na použitých surovinách a jejich pH. V případě zařazení přírodních sýrů do surovinové skladby závisí přísadavek tavicích solí na druhu a stupni prozrálosti. Dále pak výběr závisí na požadovaných vlastnostech, zejména na konzistenci výsledného výrobku. Tavicí soli jsou považovány za velmi důležitý faktor ovlivňující konzistenci tavených sýrů, ale také jejich analogů a tavených sýrových omáček. Obvyklá dávka tavicích solí je 2-3 % hmotnosti surovinové skladby Komerčně dodávané tavicí soli jsou obvykle směsí několika chemických látek. Tyto soli vyrábí, připravují a dodávají specializované výrobní mající vlastní chráněné receptury, které jsou předmětem obchodního tajemství [8, 29, 60, 68].

Nejčastěji využívané tavicí soli pro výrobu jsou především monomery a lineární polymery kyseliny fosforečnané, jedná se o monofosforečnany, difosforečnany (pyrofosforečnany), trifosforečnany a polyfosforečnany. Kromě fosforečnanů lze využít také soli odvozené od trikarboxylové kyseliny citronové neboli citronany. Citronany se aplikují především do blokových a plátkových tavených sýrů. A ve velmi omezeném množství se Citronany využívají při výrobě bio tavených sýrů. Přísná pravidla pro výrobu bio výrobků použití fosforečnanových tavicích solí zakazují. [2, 8, 35, 65].

2.1.4 Regulátory kyselosti a příchuťové látky

Pro dosažení požadovaného pH v konečném produktu analogů tavených sýrů a tavených sýrových omáček jsou přidávány organické kyseliny (např. mléčná, octová, citronová, fosforečná). Ty jsou přidávány až ke konci výrobního procesu, to znamená po hydrataci bílkovin a po rozptýlení oleje (emulgaci). [4, 14, 37].

Chuť je jedním z nejdůležitějších kritérií, které ovlivní spotřebitele při výběru produktu [38]. Proto je nevýrazná chuť analogů tavených sýrů a tavených sýrových omáček upravována a to například enzymově modifikovanými sýry (EMCs), NaCl, kvasnicovými extrakty nebo extrakty z kouře. Enzymově modifikované sýry (EMCs) jsou koncentrované aromatické látky, které jsou enzymaticky vyrobeny z přírodních sýrů o různé zralosti. Nabízí se v celé řadě příchutí, které se liší intenzitou aroma. Dále je možné zvláště v produktech určených pro děti přidávat sladící činidla (např. dextróza, kukuřičný sirup, hydrolyzované škroby nebo hydrolyzované laktózy) [14, 37, 39]. Přídavek příchutíových látek se také provádí až na konci výrobního procesu, aby nedošlo ke ztrátě aroma a chuti [4].

2.1.5 Další složky vhodné pro výrobu analogů tavených sýrů a tavených sýrových omáček

Mezi další suroviny, které mají vliv na finální vlastnosti, patří škroby, které jsou přidávány jako částečná nebo úplná náhrada za kasein a z důvodu snížení nákladů. Škrob je typická složka některých potravin, např. polévek, tavených sýrů a jejich analogů, omáček. Škroby se využívají pro své schopnosti upravit konzistenci výrobku, protože mají velmi dobré želírující a zahušťující vlastnosti. Více je o škrobech pojednáno v kapitole 3.1. Karagenany, které zvyšují stabilitu produktu, ovlivňují texturu a funkční vlastnosti. Více jsou popsány v kapitole 3.2. Během výroby tavených sýrových omáček je vhodné také použití monoacylglycerolů. Jsou vhodné pro zvýšení rozpustnosti škrobu, soli a ostatních pevných surovin. Více jsou popsány v kapitole 4.1.

Do surovinové skladby je možné zahrnout i umělá nebo přírodní barviva (annato, paprika). Konzervační látky omezující růst plísní a prodlužující trvanlivost (nisin, sorban draselný, propionan vápenatý/sodný). Pro zlepšení výživových vlastností, také vitaminy (vitamin A, vitamin B₂, vitamin B₁, kyselina listová) a minerální látky (oxid hořečnatý, zinečnatý, železo) [8, 37, 40, 45].

3 HYDROKOLOIDY

Hydrokoloidy jsou vysokomolekulární látky, které jsou extrahovány z rostlin, mořských řas, ze zvířecího kolagenu a některé z nich jsou navíc produkovány mikrobiální syntézou (př. gellan). Chemicky spadají hydrokoloidy do dvou odlišných skupin, sacharidické a bílkovinné [67]. Mezi nejpoužívanější hydrokoloidy na bázi polysacharidů patří například přírodní i modifikované škroby, mořské řasy (např. karagenany). A mezi některé hydrokoloidy na bílkovinné bázi patří želatina, kasein a jeho soli, sérové bílkovin. [8, 41].

Úkolem hydrokoloidů je potravinu zahustit - zvýšit její viskozitu a podpořit vznik žádoucí textury. V potravinářském průmyslu se přidávají do mléčných výrobků, předpřipravených omáček, polévek, zálivek, majonéz, instantních polévek aj. Velmi často jsou hydrokoloidy používány pro stabilizaci a tvorbu odpovídající konzistence ve výrobcích, ve kterých dochází k náhradě základních surovin. Hydrokoloidy mají vliv na texturní a organoleptické vlastnosti již při nízkých koncentracích. Obvykle jsou přidávány v koncentracích menších než 1,0 %. Hydrokoloidy jsou velmi často používány ve směsích [8, 41, 48].

3.1 Škrob

Škrob je hlavní složkou rostlinných potravin a patří mezi fyziologicky a technologicky nejdůležitější přírodní polysacharidy. Je to polymer glukózy, který se hromadí jako produkt asimilace v kořenech, semenech, hlízách ve formě škrobových zrn. Hlavními složkami škrobu jsou z chemického pohledu dva α -D-glukany. Lineární amylosa s α -(1→4) glykosidickými vazbami a amylopektin, který je větvený a obsahuje vazby α -(1→4) a α -(1→6). Lze ho získat z nadzemních (kukuřice, pšenice, rýže, čirok) i podzemních částí rostlin (brambor) [23, 31, 42, 43]. Na obsah amylosy a amylopektinu v nativních škrobech mají vliv pěstební podmínky a odrůdy jednotlivých plodin. U amylosy se obsah pohybuje od 20–30 % a u amylopektinu 70–80 %. Nativní škroby jsou omezeny svými fyzikálními a chemickými vlastnostmi, a proto jsou speciálně šlechtěné geneticky modifikované odrůdy se změněným obsahem amylosy a amylopektinu, a tím dochází k rozšíření jejich použitelnosti [23, 30]. Modifikované škroby lze získat různými způsoby. Například chemickou cestou získáme degradované (odbourané) škroby nebo škroby oxidované, pomocí enzymů za vzniku tzv. maltodextrinů. Nebo cestou fyzikální, kdy získáme termicky upravené

a extrudované škroby. Patří sem i deriváty modifikovaných škrobů, které jsou v samostatné skupině [23]. Modifikované škroby získané tepelnou úpravou se používají všude tam, kde se vyžaduje rozpustnost zahušřovadla nebo vazného prostředku za studena (zahušřování zmrzliny, krému, majonéz, hotových pokrmů) [44].

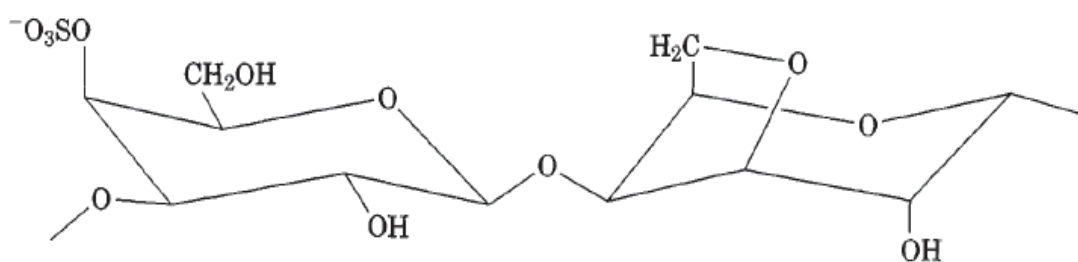
Škrob patří mezi důležité složky pro potravinářský průmysl. Má velmi dobré želírující a zahušřující vlastnosti, čímž ovlivňuje výslednou texturu a funkční vlastnosti produktů. [45] Je typickou složkou např. omáček a dalších zpracovávaných potravin. [43]. Při výrobě analogů tavených sýrů a tavených sýrových omáček má také ekonomický efekt, protože ho lze využít k nahrazení části mléčných proteinů [8]

3.2 Karagenany

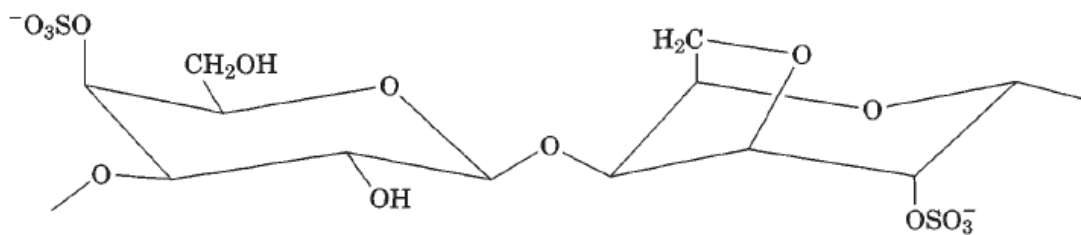
Karagenan je obecný název pro skupinu vysokomolekulárních lineárních polysacharidů získaných extrakcí vodou a srážením ethanolem z určitých druhů červených mořských řas z čeledi *Rhodophyceae*. Mezi nejrozšířenější obchodní druhy patří *Euchema spinosum*, *Euchema cottinii*, *Gigartina stellata* a *Chondrus crispus*. Jsou používány jako přídatné látky v mnoha průmyslových oborech zejména v potravinářském. V potravinářském průmyslu jsou karagenany široce využívány díky jejich zahušřovacím, želírovacím a stabilizačním schopnostem. Jedná se o přídatné látky označované kódem E407 [44, 46, 47, 48].

Základní strukturu karagenanů tvoří disacharid karabióza složený ze stavebních jednotek β -D-galaktopyranózy a 3,6-anhydro- α -D-galaktopyranózy spojený glykosidickou vazbou α -(1-3) a β -(1-4) [49, 48]. Jsou označovány řeckou předponou a mezi tři komerčně nejdůležitější patří kappa (κ -), iota (ι -) a lambda (λ -) karagenany (vzorce karagenanů znázorněny na obrázku 2, 3, 4). Jednotlivé frakce se liší počtem a polohou sulfátových skupin. K-karagenan má navázanou jednu sulfátovou skupinu, ι -karagenan má skupiny dvě a λ - karagenan skupiny tři [46, 47, 48]. Počet a poloha sulfátových skupin a druh navázaného kationtu má vliv na rozpustnost ve vodě, na schopnost tvořit viskózní roztoky nebo pevný gel. Mezi nejčastější kationty patří sodík, draslík, vápník a hořčík. Navázané mohou být i jiné kationty, avšak v menším zastoupení. Vlastnosti karagenanů závisí také na koncentraci, teplotě a přítomnosti dalších rozpuštěných látek. Všechny tři frakce karagenanů jsou rozpustné ve vodě, nerozpustné v organických rozpouštědlech, olejích a tucích [46, 50]. K- i ι -karagenany jsou schopny tvořit gel. Síla těchto gelů je ovlivněna přítomností

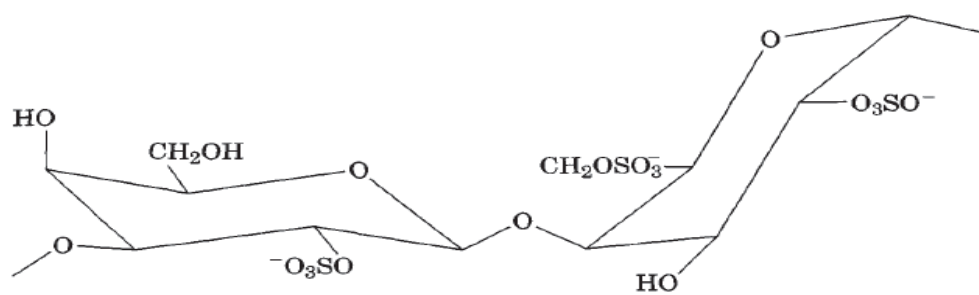
kationtů neutralizujících záporně nabitě sulfátové skupiny. K-karagen je citlivý zejména k iontům draselným a je obvykle schopný tvořit pevné a křehké gely. I-karagenan je citlivý k iontům vápenatým a tvoří gely měkké a elastické. [50, 51]. K- a ι-karagenan jsou ve studené vodě rozpustné pouze částečně a vyžadují zahřev na teplotu 82 °C. Lambda karagenan není schopen tvořit stabilní gel a je využíván jako stabilizátor emulzí například ve šlehačkách, instantních snídaňových nápojích, mléčných koktejlech, také v bez laktóзовé smetaně do kávy a sušených omáčkách [5]. Ve studené vodě je zcela rozpustný [49, 50].



Obrázek 2.: Vzorec κ- karagenanu [5]



Obrázek 3.: Vzorec ι- karagenanu [5]



Obrázek 4.: Vzorec λ - karagenanu [5]

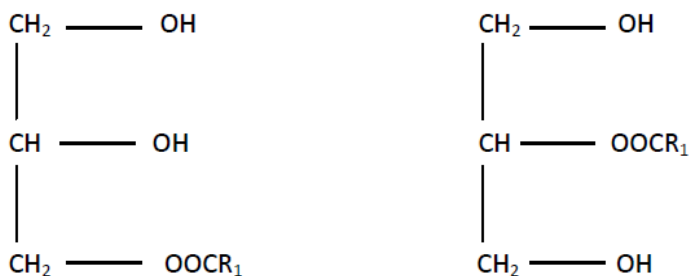
4 EMULGÁTORY

Jedná se o povrchově aktivní látky umožňující vznik emulzí. Emulgátor je díky svým vlastnostem schopen vázat se jak na hydrofobní, tak na hydrofilní látky a díky tomu vzniká trvalá emulze dvou za normálních okolností neslučitelných látek. Jedna část emulgátoru je rozpustná v tucích (lipofilní) a druhá je schopna disociace ve vodě (hydrofilní). Snížení povrchového napětí je způsobeno tím, že na fázovém rozhraní mezi tukem a vodou dochází ke koncentraci molekul. Hydrofilní a lipofilní emulgátory se podle vlastností části molekuly rozeznávají tzv. hodnotou HLB (hydrofilně-lipofilní rovnováha, *angl. hydrophile-lipophile balance*) [41]. O HLB je více pojednáno v kapitole 3.1.

V potravinářském průmyslu patří emulgátory do skupiny tzv. přídatných látek a do kategorie emulgátorů. V této práci byly použity monoacylglyceroly, které patří mezi nej-používanější emulgátory. Dle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 4/2008 Sb., v platném znění, kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin jde o mono- a diglyceroly mastných kyselin z jedlých tuků, které jsou označovány číslem E 471 [44, 52].

4.1 Monoacylglyceroly

Monoacylglyceroly jsou široce využívány v potravinářském průmyslu, ale také plastikařském průmyslu, medicíně, farmacii a kosmetickém průmyslu jsou pro své emulgační schopnosti [53]. Během výroby tavených sýrových omáček bylo použití monoacylglycerolů doporučeno pro zvýšení rozpustnosti škrobu, soli a ostatních pevných ingrediencí [40]. Jedná se o parciální estery trojsytného alkoholu glycerolu s vyššími mastnými kyselinami. 1-monoacylglyceroly a 2-monoacylglyceroly popřípadě jejich směsi patří mezi hojně využívané emulgátory. Je-li mastná kyselina vázána na první molekulu uhlíku glycerolu vznikají 1-monoacylglyceroly. 2-monoacylglyceroly vznikají, naváže-li se mastná kyselina na druhou molekulu uhlíku glycerolu [30, 54].



Obrázek 5.: 1-monoacylglycerol a 2-monoacylglycerol

Hydrofilně-lipofilní rovnováha neboli zkráceně HLB je semiempirická metoda pro výběr vhodného emulgátoru nebo kombinace emulgátorů ke stabilizaci emulze. Jednotlivé emulgátory mají hodnotu HLB přiřazenou podle jejich chemické struktury. Mají-li molekuly tuto hodnotu vysokou, mají vysoký podíl hydrofilních skupin ke skupinám lipofilním a naopak. Podle znalostí počtu a druhu hydrofilních a lipofilních skupin lze hodnotu HLB emulgátoru vypočítat podle níže uvedené rovnice nebo ji lze odhadnout z experimentálních měření.

$$\text{HLB} = 7 + \sum (\text{počet hydrofilních skupin}) - (\text{počet lipofilních skupin})$$

Pohybují-li se hodnoty HLB od 3 do 6 jedná se převážně o hydrofobní emulgátor, který se rozpouští v oleji a stabilizuje emulze typu v/o (voda v oleji). Naopak emulzi typu olej ve vodě stabilizuje emulgátor s vysokou hodnotou HLB. Vysoká hodnota se pohybuje v rozmezí od 10 do 18, přednostně se rozpouští ve vodě a je tedy převážně hydrofilní. Za všeobecně dobrý emulgátor je považován emulgátor se střední hodnotou HLB od 7 do 9, který nemá žádnou zvláštní přednost v rozpustnosti pro olej ani vodu. [41, 55, 56].

Tabulka 2.: Přehled vybraných HLB hodnot

Typ MAG	Hodnota HLB
Sojový lecitin	8,0
MAG kyseliny kaprinové	5,8
MAG kyseliny laurové	5,2
MAG kyseliny myristové	4,9
MAG kyseliny palmitové	4,7
MAG kyseliny stearové	3,8
MAG kyseliny olejové	3,8
Kyselina olejová	1,0

[40]

Monoacylglyceroly se vyrábí reesterifikací (acidolýza, alkoholýza, transesterifikací esterů), esterifikací MK s glycerolem, hydrolýzou a adicí MK na glycidol nukleofilním otevřením epoxidového kruhu [53].

5 TECHNOLOGIE VÝROBY ANALOGŮ TAVENÝCH SÝRŮ A TAVENÝCH SÝROVÝCH OMÁČEK

Technologické procesy výroby analogů tavených sýrů a tavených sýrových omáček jsou velmi podobné těm, které jsou používané u klasických tavených sýrů. Celý proces zahrnuje výběr ingrediencí, jejich homogenizaci, tavení, přidání regulátorů kyselosti a aditiv [12, 13, 32].

Tavení je nejdůležitější fází výroby. Důležitou roli hraje teplota, doba působení teploty, rychlost míchání a přítomnost tavicích solí (koncentrace a složení směsi). Výroba probíhá v tavicím zařízení (tavicích kotlích). Ty jsou vybaveny míchadlem, zařízením pro sledování teploty, zařízením pro přímý a nepřímý ohřev parou [27]. Rozlišujeme způsob diskontinuální pracující za nižších teplot, ve kterém je směs zahřívána přímým vstříkem páry nebo nepřímým ohřevem mezipláště na teplotu 85–95 °C a za stálého míchání a nižšího tlaku 0,04–0,05 MPa se směs taví 10–15 minut do dosažení homogenní hmoty. Tavené sýrové omáčky mohou být vyráběny zpravidla při teplotách 95 °C.

Pro výrobu lze využít také způsob kontinuální, jež zajišťuje při teplotě 130–145 °C sterilizační efekt. V tomto případě probíhá tavení v nerezových trubkách v tenké vrstvě po dobu 2–3 sekund [8, 29, 40].

5.1 Výroba analogů tavených sýrů a tavených sýrových omáček

Suroviny a výrobní podmínky jsou sestavovány tak, aby bylo dosaženo požadované struktury, barvy, vzhledu a chuti [57]. Nejsou-li při výrobě do surovinové skladby zařazeny přírodní sýry neměly by sýrové analogy bez přídavku příchutí a jejich zvýrazňovačů (byly popsány v kapitole 1.5) téměř žádnou sýrovou chuť [5, 12].

Zpravidla první krok výroby analogů tavených sýrů a tavených sýrových omáček zahrnuje smíchání kaseinu a dalších suchých surovin (např. škrob, tavicí soli) s požadovaným množstvím pitné vody a částí oleje. Takto připravená směs je přímým vstříkem páry zahřívá na 85–95 °C po dobu 5–8 minut. Následuje přidání příchutíových látek, regulátorů pH (např. kyselina citronová, mléčná, octová, citronová, fosforečná) a zbývajícího oleje. Jsou-li vyžadovány analogy s dobrou tekutostí, tak se část oleje přidává až po hydrataci bílkovin, to znamená v pokročilém stupni tavení. Tavenina se promíchává po další 1–2 minuty [4, 32, 37]. V první fázi tavení působením tavicích solí za zvýšené teploty

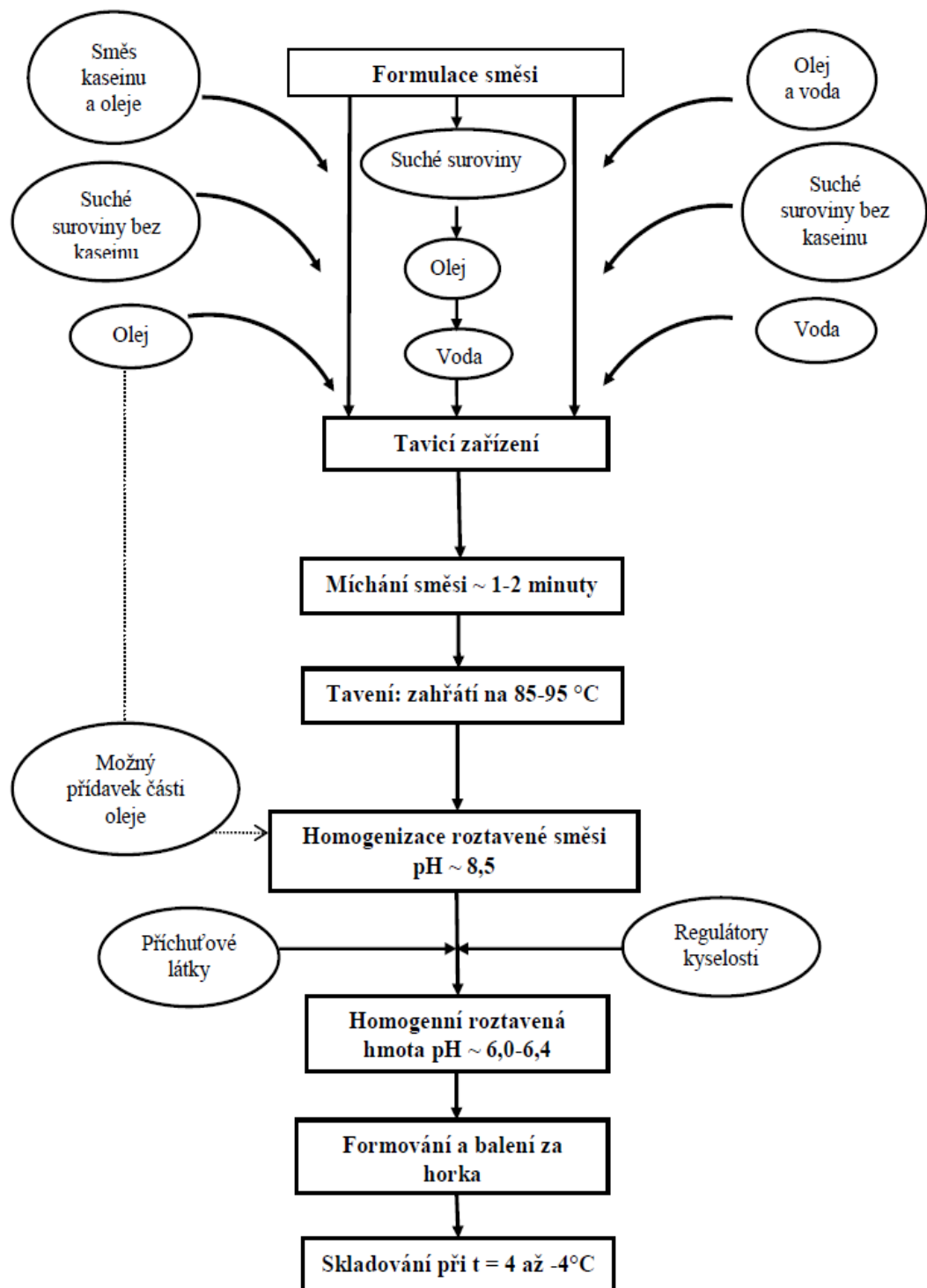
a mechanického namáhání dochází k rozložení surovinové skladby a vytvoření homogenní hmoty. Interakcí tavicích solí se sladkým kaseinem dochází k odštěpení vápníku a k následné přeměně parakaseinátu vápenatého na parakaseinát sodný, který lépe váže vodu a emulguje rostlinný olej a vytváří se stabilní emulze olej ve vodě [27, 40]. K lepší oddělitelnosti vápníku přispívá také funkce tavicích solí zvýšit hodnotu pH, což je při výrobě analogů tavených sýrů a sýrových omáček žádoucí, tam kde je sladký (rennet) kasein hlavní přísadou [27, 34, 40].

Do výrobního procesu lze zařadit také homogenizaci, která pomáhá při míchání a degradaci nerozpuštěných částic. Vede k mělnění směsi a interakci složek směsi. Podporuje jemnější disperzi kapek tuku a zahušťování. Získáme lepší stabilitu tukové emulze. Zlepší se konzistence, struktura, vzhled a chuť tavených sýrových produktů [27, 59].

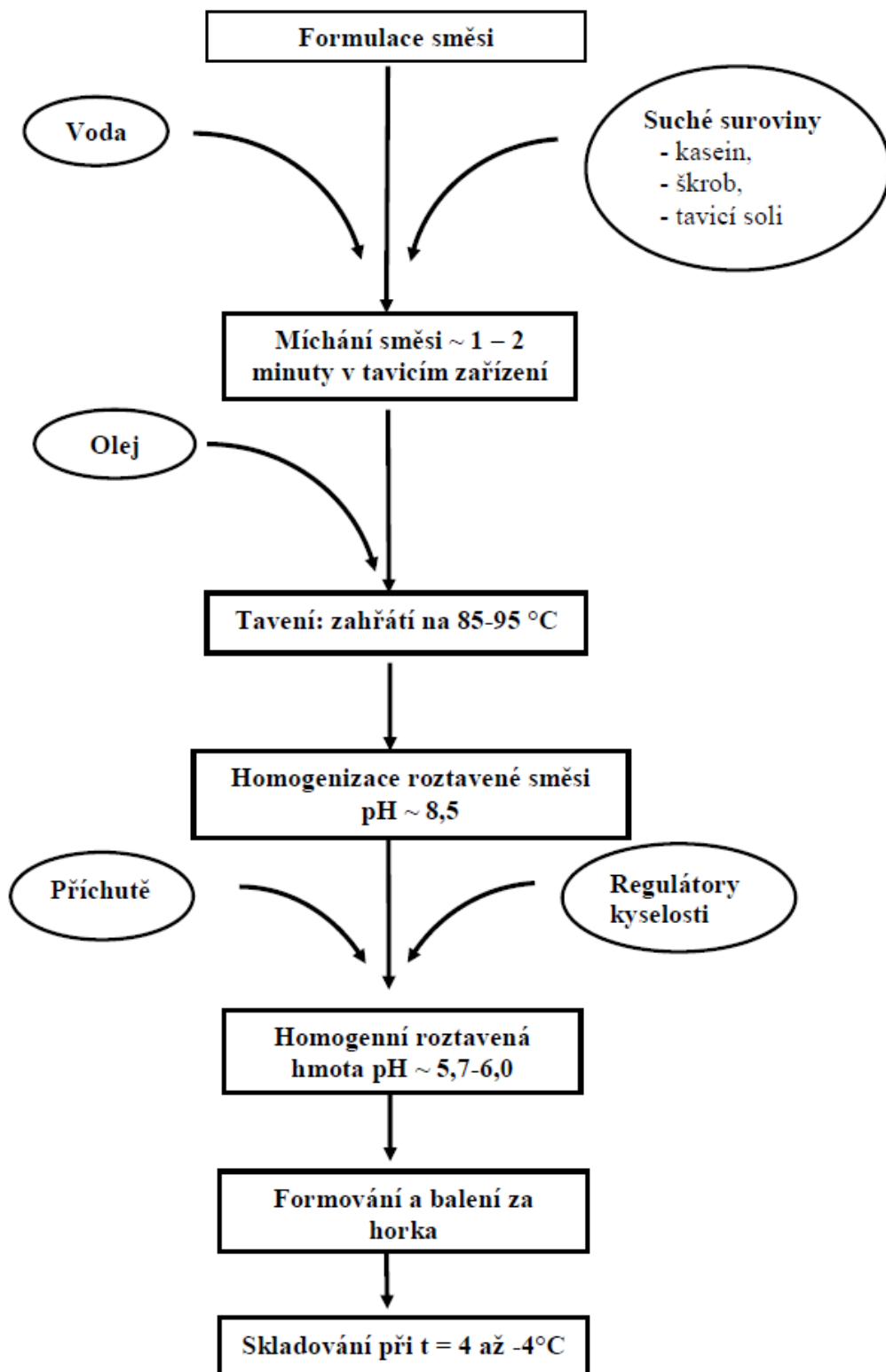
Ihned po utavení se homogenní hmota ještě za horka balí. Aby nedošlo k poškození konzistence, neměla by teplota během balení, klesnout pod hranici 65–70 °C. Sníží se tím také pravděpodobnost kontaminace mikroorganismy. Vhodnými obaly jsou impregnované hliníkové fólie vybavené tzv. trhací páskou. Trojúhelníky či hranoly jsou vkládány po několika kusech do kulatých nebo hranatých kartonových krabiček. Dalším vhodným obalem jsou plastové kelímky a vaničky, tuby. Pro tavené sýrové omáčky jsou vhodné především plastové sáčky nebo tuby, z důvodu snadného a rychlého použití [29].

Po zabalení následuje chlazení, které se liší podle požadované konzistence sýra. Při pomalém chlazení mohou kaseinové částice lépe zaujmout stabilní polohu a dochází tak ke zvýšení tvrdosti a zhoršení roztíratelnosti tavených sýrů a jejich analogů. Podpoří se tak i průběh a intenzita Maillardových reakcí a růst sporotvorných bakterií což je nežádoucí. Naopak při rychlém chlazení dojde k poklesu tvrdosti, čímž se zlepší roztíratelnost a zvýší se lepivost. Skladování probíhá při teplotách 4–8 °C [8, 9, 58].

V závislosti na hydratačních vlastnostech kaseinu, na typu a množství přidávaného škrobu, době tavení a na konečných vlastnostech finálního produktu se může přidávání jednotlivých surovin lišit (typické schéma výroby sýrových analogů obrázek 6 a 7) [27].



Obrázek 6.: Typické schéma výroby pro sýrový analog Mozzareilly s vyšším obsahem sušiny. Jednotlivé postupy se liší v závislosti na surovinové skladbě [upraveno dle 28].



Obrázek 7.: Schéma typické výroby analogového sýra na pizzu [upraveno dle 4]

6 TAVENÉ SÝROVÉ OMÁČKY V ČR

Pod značkou *Apetito* je možné najít mnoho různých produktů. Jedná se o tavené sýry v porcích, tavené plátky, sýrové omáčky. Sýrové omáčky byly uvedeny na trh v roce 2005. Sýrové omáčky jsou speciálně vyvinuté pro použití v teplé kuchyni. Snadno a rychle se připravují a jsou vhodným doplněním pokrmů z masa, ryb, či těstovin. Je možné je připravit na pánvi nebo je ohřát v mikrovlnné troubě. K dostání jsou v mnoha příchutích (s ementálem, parmezánem, se smetanou,...). Některé nabízené tavené omáčky jsou na obrázku 8. Tyto sýrové omáčky mají obsah sušiny 25 % a 48 % tuku v sušině [73].



Obrázek 8: Tavené sýrové omáčky [73].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem této práce bylo sledovat změnu viskozity tavených sýrových omáček v závislosti na druhu a koncentraci přidaného 1-monoacylglycerolu nebo karagenanu. Práce byla rozdělena na dvě základní části.

I. Teoretická část

- charakterizovat analogy tavených sýrů a tavené sýrové omáčky
- popsat jednotlivé suroviny a technologii jejich výroby
- charakterizovat používané 1-monoacylglyceroly (1-MAG) a hydrokolydy

II. Praktická část

- vyrobit modelové vzorky tavených sýrových omáček s nízkým obsahem sušiny a přídatkem 1-monoacylglycerolu (1-MAG) nebo karagenanu
- stanovit obsah sušiny a hodnoty pH
- sledovat makroskopickou homogenitu modelových vzorků

8 MATERIÁL A METODY

8.1 Popis experimentu

V rámci praktické části byly vyrobeny dvě řady modelových vzorků tavených sýrových omáček s obsahem sušiny 24 % (w/w) a 40 % (w/w) tuku v sušině. Modelové vzorky řady I byly vyrobeny s přidavkem 1-monoacylglycerolu o koncentraci 0,25 % a 0,50 % (w/w), konkrétně se jednalo o 1-MAG kyseliny kaprinové (C10:0), 1-MAG kyseliny laurové (C12:0), 1-MAG kyseliny myristové (C14:0), 1-MAG kyseliny palmitové (16:0), 1-MAG kyseliny stearová (C18:0) a 1-MAG kyseliny olejové (C18:1). Modelové vzorky řady II byly vyrobeny s přidavkem hydrokoloidů (κ - nebo ι -karagenan). Hydrokoloidy byly aplikovány od koncentrace 0,30 % až do koncentrace 1,20 % (w/w) s krokem po 0,10 % (w/w). K výrobě bylo použito tavicí zařízení Vorwerk Thermomix TM 31 viz obrázek 9 (Vorwerk & Co., GmbH, Wuppertal, Německo).

U jednotlivých modelových vzorků byla provedena základní chemická analýza, tedy stanovení sušiny a hodnoty pH. Měření bylo provedeno 7. den po výrobě. Dále byly vzorky podrobeny senzoričkému hodnocení se zaměřením na homogenitu vzorku. Aby bylo možné zjistit případnou destabilizaci jednotlivých fází, byly homogenní vzorky podrobeny měření viskozity až 7. den po výrobě.

8.2 Výroba modelových vzorků

Surovinová skladba pro výrobu tavených sýrových omáček zahrnovala:

- kaseinát sodný (Natura, a.s., Havlíčkův Brod, Česká republika),
- pitná voda
- rostlinný polotuhý olej s profilem mastných kyselin v poměru nasycené:mononenasycené:polynenasycené 21:25:54 (komerčně získaný; Hobum, Oele und fette, Hamburg, Germany),
- bramborový škrob 2,0 % (w/w) (Natura a. s., Havlíčkův Brod, Česká republika),
- chlorid sodný 0,50 % (w/w),

- tavicí soli 2,50 % (w/w) (DSP a citran trisodný; v poměru 80:20)
- 1-monoacylglyceroly 0,25 a 0,50 % (w/w)
- nebo hydrokoloidy 0,30-1,20 % (w/w) s krokem po 0,10 % (w/w)
- lecitin (K; Alchimica, Praha, Česká republika) pouze v případě kontrolního vzorku namísto 1-monoacylglycerolu

Suroviny byly odváženy a připraveny k dalšímu zpracování. Kaseinát sodný byl smíchán s polovičním množstvím pitné vody a hydratován po dobu 2 minut při teplotě 40 °C. Poté byly přidány ostatní suroviny a zbytek pitné vody. V případě modelových vzorků řady I byly přidány monoacylglyceroly a v případě modelových vzorků řady II byl použit karagenan. Následně bylo tavicí zařízení uzavřeno a postupně se za stálého míchání zvyšovala teplota až na teplotu tavení 90 ± 1 °C. Tato teplota byla udržována po dobu 1 minuty. Utavené modelové vzorky byly za horka plněny do válcových polypropylenových obalů o výšce 50 mm, průměru 52 mm a uzavřeny přivařitelným hliníkovým víčkem. Poté byl ochlazený produkt chladírensky skladován při teplotě 6 ± 2 °C do doby provedení analýz.



Obrázek 9.: Tavicí zařízení Vorwerk Thermomix TM 31

8.2.1 Modelové vzorky I

Pro výrobu modelových vzorků řady I tavených sýrových omáček byla použita ucelená řada 1-monoacylglycerolů, konkrétně se jednalo o 1-MAG C10:0, 1-MAG C12:0, 1-MAG C14:0, 1-MAG C16:0, 1-MAG C18:0 a 1-MAG C18:1 jako zástupce nenasyčené mastné kyseliny. 1-monoacylglycerol byl aplikován o koncentraci 0,25 % a 0,50 % (w/w). Kromě modelových vzorků byly vyrobeny také vzorky kontrolní, ve kterých byl aplikován lecitin namísto 1-monoacylglycerolů. Lecitin byl aplikován také o koncentraci 0,25 % a 0,50 % (w/w).

8.2.2 Modelové vzorky II

Modelové vzorky řady II tavených sýrových omáček byly vyrobeny s přidavkem κ -karagenanu (Sigma Aldrich, Inc., St. Louis, USA). Karagenan byl postupně aplikován do jednotlivých modelových vzorků od koncentrace 0,30 % (w/w), s postupným zvyšováním koncentrace po 0,10 % (w/w), až po hodnotu 1,20 % (w/w).

Stejně bylo postupováno u modelových vzorků s přidavkem ι -karagenanu (Sigma Aldrich, Inc., St. Louis, USA), který byl aplikován do jednotlivých modelových vzorků od koncentrace 0,30–1,20 % (w/w), taktéž byla koncentrace zvyšována po 0,10 % (w/w).

I v případě modelových vzorků řady II byl vyroben kontrolní vzorek. Namísto zmíněných karagenanů byl použit bramborový škrob o koncentraci 2,0 % (w/w).

8.3 Základní chemická analýza

Každý modelový vzorek řady I a řady II byl podroben základní chemické analýze (stanovení sušiny a hodnoty pH). Pro účely stanovení sušiny a hodnoty pH byl každý vzorek analyzován dvakrát.

8.3.1 Stanovení obsahu sušiny

Sušinu tvoří zbytek látky po vysušení vody a plynů při určité teplotě do konstantní hmotnosti. Konstantní hmotnost je hodnota, která se od výsledku posledního vážení neliší o více než 1 mg. Stanovení obsahu sušiny probíhalo v hliníkových vysoušecích miskách s vysušeným mořským pískem. 3–5 g modelového vzorku tavené sýrové omáčky byl dů-

kladně rozmíchán skleněnou tyčinkou s mořským pískem a sušen při teplotě $105\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ do konstantního úbytku hmotnosti. [44, 62].

Obsah vody ve vzorku byl vypočítán podle vzorce:

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

kde: W...obsah vody [%]

m_1 ...hmotnost vysoušecí misky s pískem [g]

m_2 ...hmotnost vysoušecí misky s pískem a sýrem [g]

m_3 ...hmotnost po vysušení [g]

Obsah sušiny ve vzorku byl poté přepočten podle vzorce:

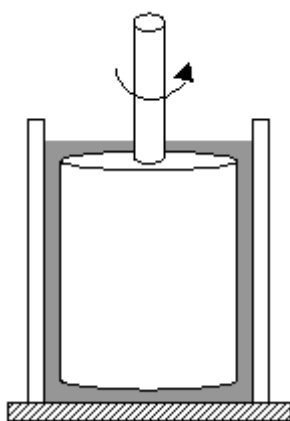
$$S = 100 - W$$

8.3.2 Stanovení hodnoty pH

Hodnota pH u jednotlivých modelových vzorků byla při teplotě skladování měřena za pomoci vpichového pH metru (pH Spear, Eutech Instruments, Oakton, Malajsie).

8.4 Měření viskozity

Viskozita byla měřena rotačním viskozimetrem Brookfield DV-III Ultra (Brookfield Engineering Lab., Inc., Stoughton, MA, USA) se softwarem Rheocalc V3 (Brookfield Engineering Lab., Inc., Stoughton, MA, USA). Před měřením byly vzorky temperovány při teplotě $40\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ po dobu 1 hodiny. Poté bylo do vytemperované geometrie (válec-válec znázorněn na obrázku 10) nalito přibližně 15 g vzorku. Samotné měření probíhalo taktéž při teplotě $40 \pm 1\text{ °C}$. Rychlost otáčejícího se vřetene (SC4-18) byla $5 \cdot 10^{-2}\text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$. Z každé tavby byly odebrány dva kelímky s odpovídající homogenitou. Vybrané homogenní vzorky byly následně třikrát podrobeny měření viskozity. To znamená, že vzorek z každé tavby byl analyzován šestkrát.



Obrázek 10.: Rotační viskozimetr s geometrií válec ve válci

9 VÝSLEDKY A DISKUZE

Cílem této diplomové práce bylo sledovat změnu viskozity tavených sýrových omáček o obsahu sušiny 24 % (w/w) a 40 % (w/w) tuku v sušině v závislosti na druhu a koncentraci přidaného 1-monoacylglycerolu (1-MAG) (modelové vzorky I). Dále byla sledována změna viskozity vzorků tavených sýrových omáček v závislosti na druhu a koncentraci přidaného hydrokoloidu (modelové vzorky II).

Kontrolní vzorky tavených sýrových omáček byly vyráběny bez přídavku 1-monoacylglycerolu, ten byl nahrazen lecitinem. Lecitin je potravinářský emulgátor běžně využívaný v potravinářství. U modelových kontrolních vzorků II byly použité karagenany nahrazeny bramborovým škrobem.

9.1 Modelové vzorky I

Sedmí den po výrobě modelových vzorků řady I bylo v rámci základní chemické analýzy provedeno stanovení sušiny. Při stanovení obsahu sušiny tavených sýrových omáček vzorků s přídavkem 1-monoacylglycerolu bylo dosaženo požadované sušiny. Hodnota sušiny se pohybovala v rozmezí 23,95–24,24 % (w/w).

Dále bylo v rámci základní chemické analýzy provedeno stanovení hodnoty pH pomocí pH metru. Hodnoty pH se pohybovaly v rozmezí 7,05–7,08. Těchto hodnot dosahovaly také kontrolní vzorky, ve kterých byl 1-monoacylglycerol nahrazen lecitinem. Ze získaných hodnot měření lze usoudit, že hodnoty pH nebyly ovlivněny druhem ani koncentrací použitého 1-monoacylglycerolu.

9.2 Modelové vzorky II

Taktéž u modelových vzorků II (s přídavkem κ -nebo ι - karagenanu) bylo dosaženo požadované sušiny. Sušina u těchto modelových vzorků byla v rozmezí 23,84–24,60 % (w/w). Hodnota pH nebyla ani v případě těchto modelových vzorků tavených sýrových omáček ovlivněna druhem ani koncentrací použitého hydrokoloidu. I v případě kontrolního vzorku, ve kterém došlo k nahrazení zmíněných karagenanů bramborovým škrobem se průměrné hodnoty pH pohybovaly $7,05 \pm 0,02$.

9.3 Výsledky senzorické hodnocení

Jednotlivé modelové vzorky tavených omáček řady I a řady II byly podrobeny senzorickému hodnocení se zaměřením na makroskopickou homogenitu vzorku.

9.3.1 Modelové vzorky řady I

Všechny modelové vzorky tavených omáček řady I byly označeny za makroskopicky homogenní a to bez ohledu na druh a koncentraci použitého 1-monoacylglycerolu. Vzorky vykazovaly hladký, lesklý vzhled a mírně smetanovou barvu.

9.3.2 Modelové vzorky řady II

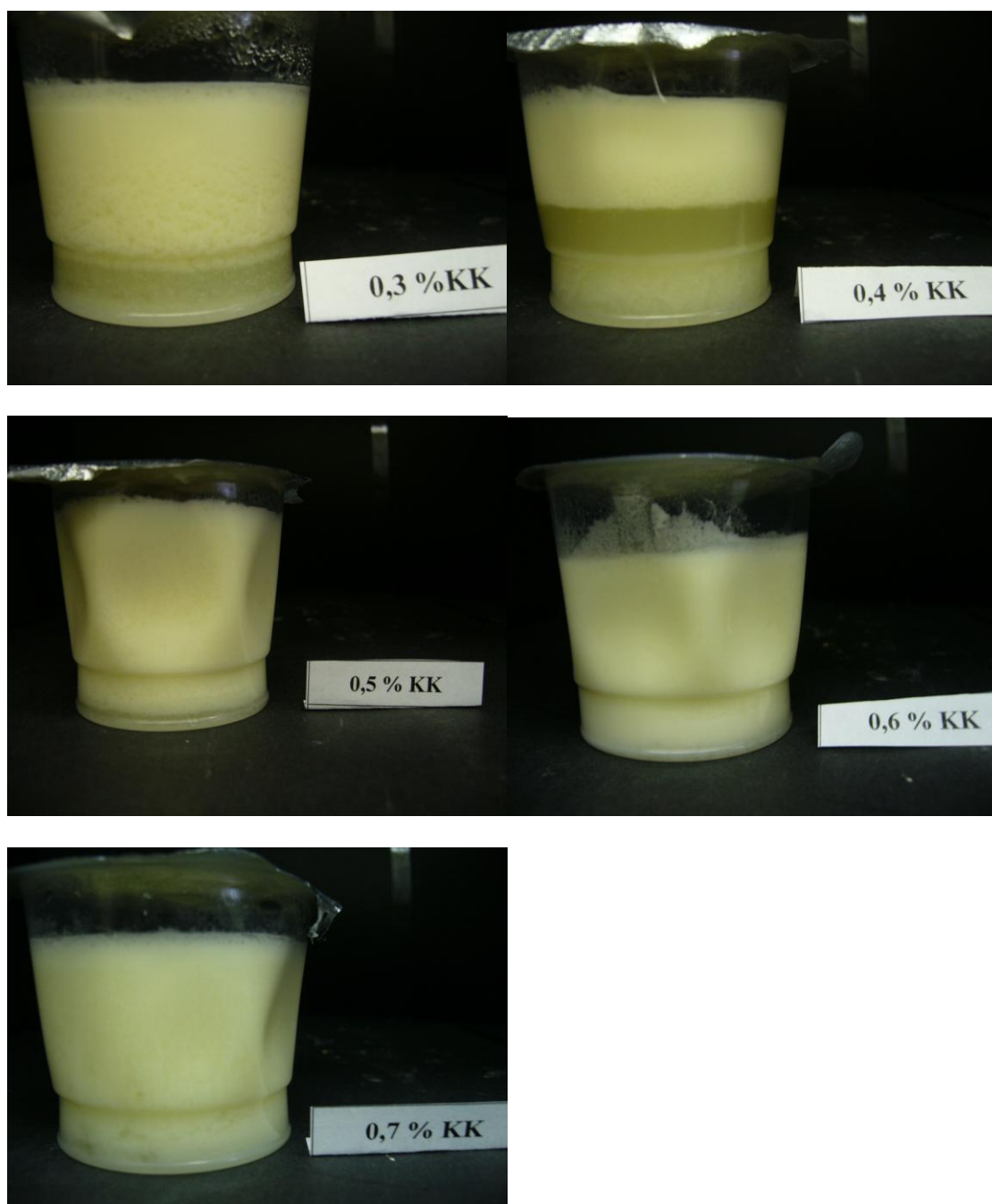
Také modelové vzorky tavených omáček s přidavkem kappa nebo iota karagenanu byly podrobeny senzorickému hodnocení se zaměřením na homogenitu. V případě kontrolního vzorků s obsahem 2,0 % (w/w) škrobu byl získán zcela homogenní vzorek (Obrázek 11).



Obrázek 11.: Makroskopicky homogenní kontrolní vzorek s obsahem škrobu 2,0 % (w/w)

K-karagenan byl do modelových vzorků tavených omáček aplikován od koncentrace 0,30–1,20 % (w/w). K postupnému zvyšování koncentrace přidávaného κ -karagenanu docházelo po 0,10 % (w/w). Aplikací κ -karagenanu o koncentraci 0,30–0,70 % (w/w) byly

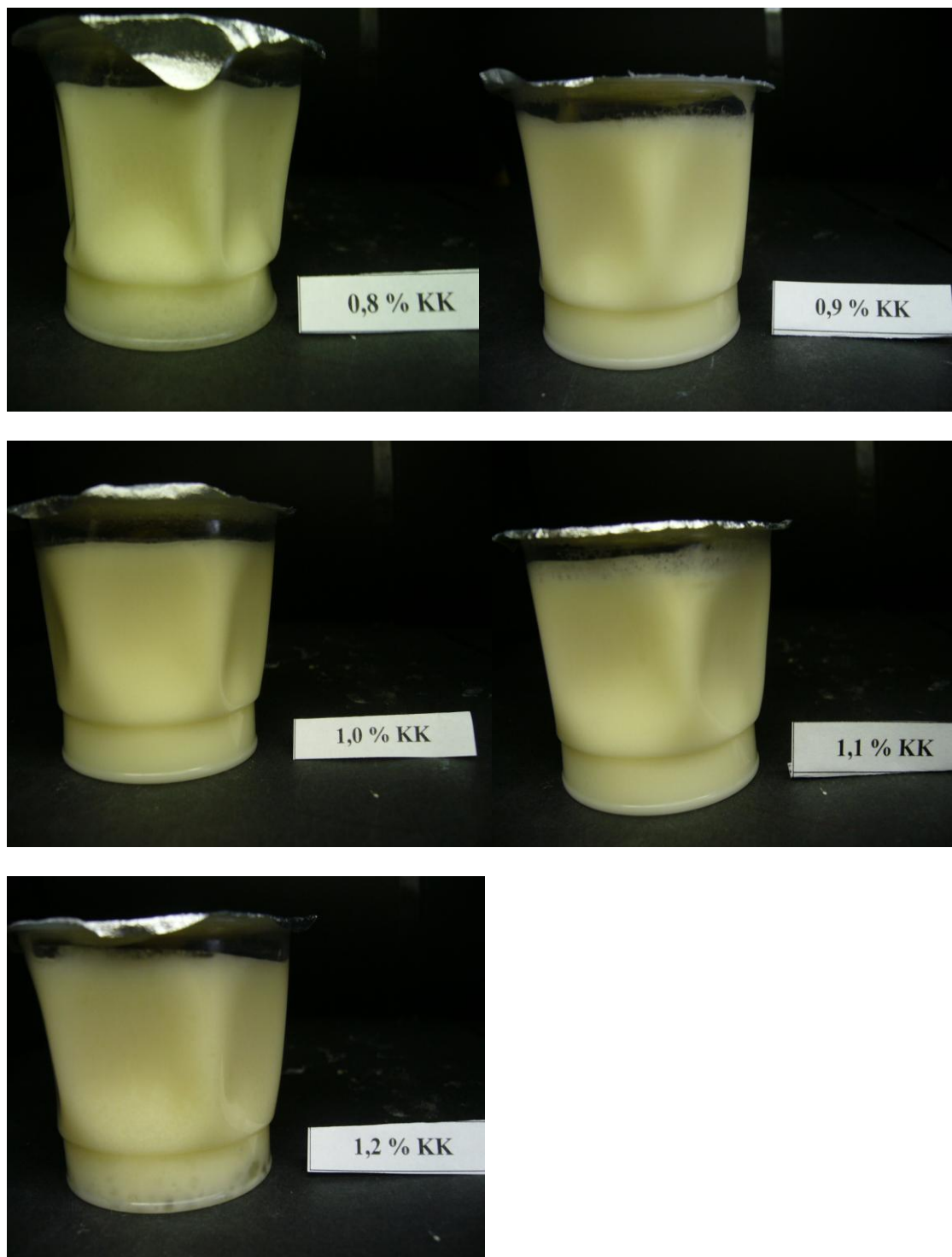
získány vzorky nehomogenní. U těchto vzorků docházelo k oddělení vodné a tukové fáze (Obrázek 12).



Obrázek 12.: Makroskopicky nehomogenní modelové vzorky tavených omáček s přidavkem κ -karagenanu od koncentrace 0,30–0,70 % (w/w)

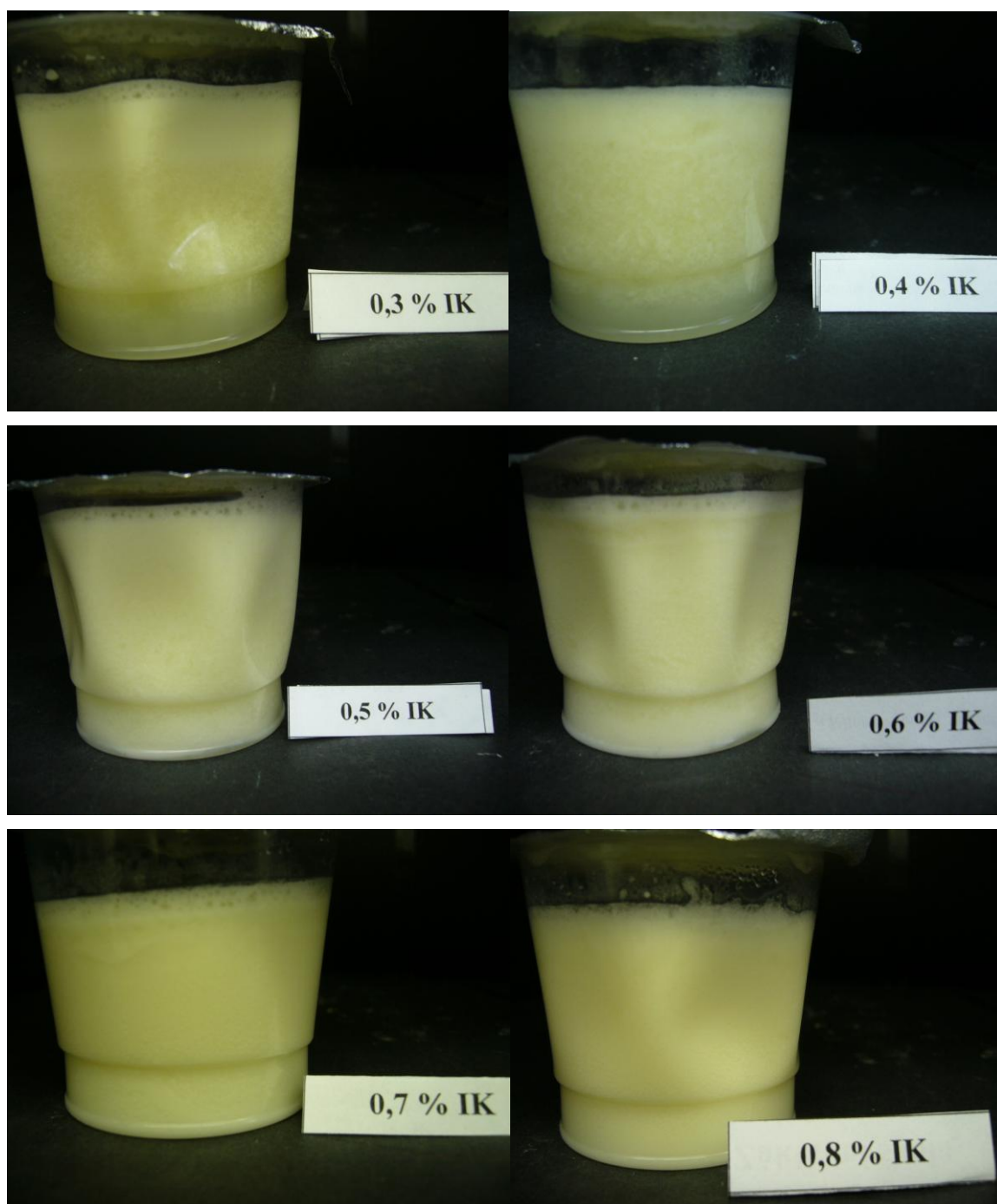
Za makroskopicky homogenní modelové vzorky tavených omáček byly označeny až vzorky s přidavkem κ -karagenanu o koncentraci 0,80–1,20 % (w/w). U těchto vzorků

nebylo pozorováno oddělování vodné a tukové fáze. Tyto vzorky tavených omáček vykazovaly hladký, lesklý vzhled a smetanovou barvu (Obrázek 13).

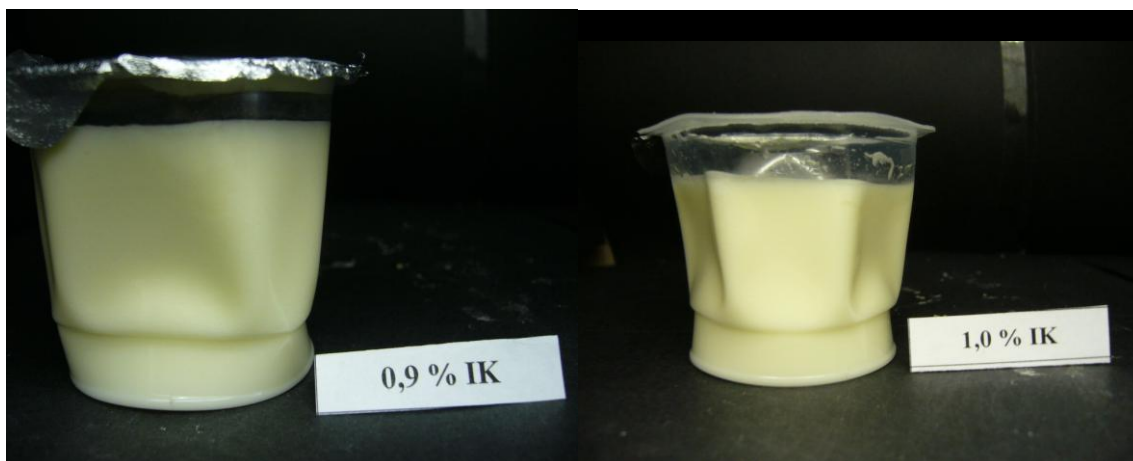


Obrázek 13.: Makroskopicky homogenní modelové vzorky tavených omáček s přidávkem κ -karagenanu od koncentrace 0,90–1,10 % (w/w)

Taktéž u modelových vzorků s přidavkem ι -karagenanu byly pozorovány makroskopicky homogenní vzorky až od koncentrace 0,90–1,0 % (w/w). Vzorky tavených omáček s hladkým, lesklým vzhledem a smetanovou barvu (Obrázek 15). Vzorky s přidavkem ι -karagenanu 0,30–0,80 % (w/w) byly označeny za makroskopicky nehomogenní. Docházelo zde k oddělování vodné a tukové fáze (Obrázek 14).



Obrázek 14.: Makroskopicky nehomogenní modelové vzorky tavených omáček s přidavkem ι -karagenanu od koncentrace 0,30–0,80 % (w/w)



*Obrázek 15.: Makroskopicky homogenní modelové vzorky tavených omáček s přidavkem *i*-karagenanu od koncentrace 0,90–1,0 % (w/w)*

9.4 Výsledky stanovení viskozity

Jednotlivé modelové vzorky tavených omáček řady I a řady II, které byly označeny za makroskopicky homogenní, byly dále podrobeny měření viskozity v závislosti na druhu a koncentraci 1-monoacylglycerolu nebo hydrokoloidu. K měření viskozity byl použit rotační viskozimetr s geometrií válec-válec.

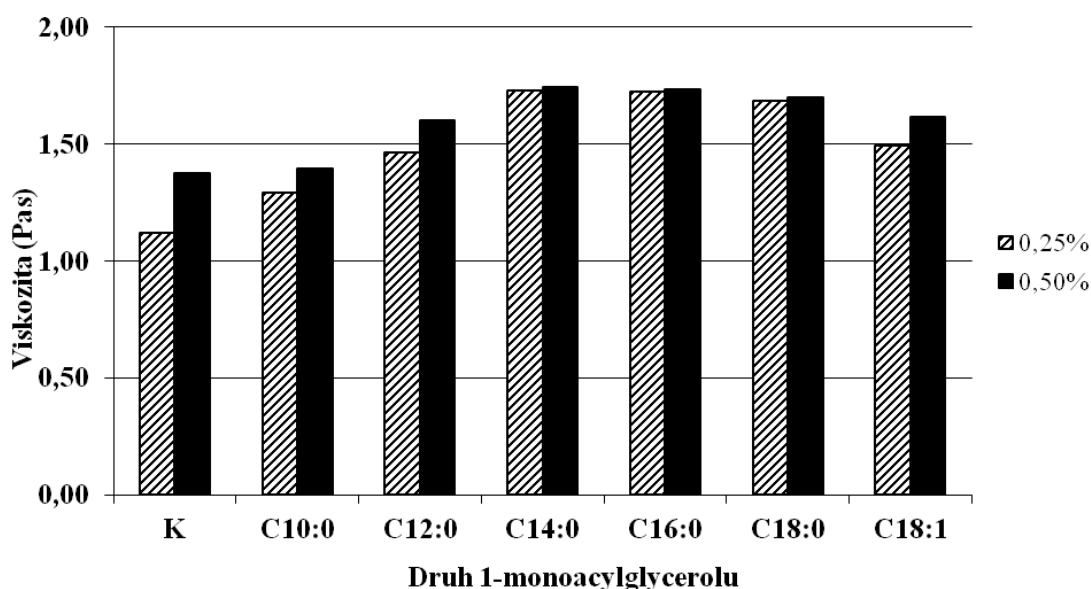
9.4.1 Modelové vzorky I

U makroskopicky homogenních vzorků byl sledován vliv druhu a koncentrace vybraných 1-monoacylglycerolů na viskozitu tavených omáček. Do modelových vzorků řady I byl aplikován konkrétně 1-MAG kyseliny kaprinové (C10:0), 1-MAG kyseliny laurové (C12:0), 1-MAG kyseliny myristové (C14:0), 1-MAG kyseliny palmitové (C16:0), 1-MAG kyseliny stearová (C18:0) a 1-MAG kyseliny olejové (C18:1) jako zástupce nenasycené mastné kyseliny. V případě kontrolních vzorků byl 1-monoacylglycerol nahrazen lecitinem.

V grafu 1 je znázorněna závislost koncentrace a druhu 1-monoacylglycerolu na viskozitu tavených sýrových omáček. Z výsledků lze usoudit, že byla viskozita ovlivněna druhem i koncentrací přidávaného 1-monoacylglycerolu. V případě přidavku 0,25 % koncentrace 1-monoacylglycerolu byl pozorován růst viskozity. Nejprve se hodnota viskozity s prodlužujícím se řetězcem mastné kyseliny zvyšovala a nejvyšších hodnot viskozity dosáhla v případě 1-MAG kyseliny myristové (C14:0). Dále u vzorků s 1-MAG kyseliny pal-

mitové (C16:0) a 1-MAG kyseliny stearové (C18:0) došlo k mírnému snížení hodnot viskozity. U 1-MAG kyseliny olejové byl pozorován mírně větší pokles než u předchozích dvou.

Při přidavku dvojnásobné koncentrace (0,50 %) lecitinu v kontrolních vzorcích byl pozorován další nárůst viskozity vzorků tavených omáček v porovnání se vzorky, ve kterých byla koncentrace lecitinu pouze 0,25 % (w/w). Nárůstu viskozity v porovnání se vzorky o nižší koncentraci byl pozorován u modelových vzorků s 1-MAG kyseliny kaprinové (C10:0), 1-MAG kyseliny laurové (C12:0) a 1-MAG kyseliny olejové (C18:1). U vzorků s 1-MAG kyseliny myristové (C14:0), 1-MAG kyseliny palmitové (C16:0) a 1-MAG kyseliny stearové (C18:0) byl pozorován minimální nárůst.



Graf 1.: Závislost přidavku 1-monoacylglycerolu o koncentraci 0,25 a 0,50 % (w/w) na viskozitu tavených omáček (7. den skladování při teplotě 6 ± 2 °C)

Použité zkratky: K – kontrolní vzorek s lecitinem bez aplikace 1-monoacylglycerolu, C10:0 - 1-MAG kyseliny kaprinové, C12:0 - 1-MAG kyseliny laurové, C14:0 - 1-MAG kyseliny myristové, C16:01 - MAG kyseliny palmitové, C18:0 - 1-MAG kyseliny stearová, C18:1 - 1-MAG kyseliny olejové

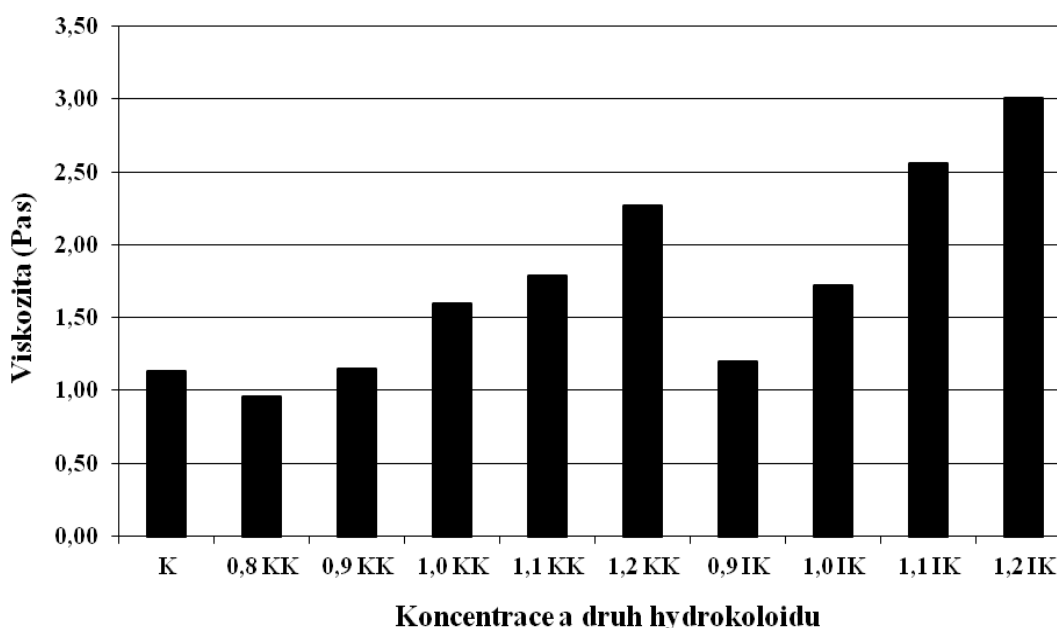
9.4.2 Modelové vzorky II

Pomocí rotačního viskozimetru s geometrií válec-válec byla sledována viskozita modelových vzorků řady II. V grafu 2. je znázorněna závislost koncentrace a druhu hydroko-

loidu na viskozitě. Z výsledků lze konstatovat, že aplikace κ - nebo ι -karagenanu má tedy vliv na zvýšení viskozity.

K-karagenan byl aplikován do modelových vzorků od koncentrace 0,30 % až 1,20 % (w/w) s krokem po 0,10 % (w/w). Kontrole viskozity byly podrobeny pouze homogenní vzorky, konkrétně se jednalo o vzorky s koncentrací κ -karagenanu od 0,80 % do 1,20 % (w/w). Viskozita modelových vzorků rostla přímo úměrně s rostoucí koncentrací κ -karagenanu. Nejvyšších hodnot viskozity bylo dosaženo při koncentraci 1,20 % (w/w).

Stejným způsobem bylo postupováno u vzorků s ι -karagenanem. Za homogenní byly označeny vzorky s přídavkem ι -karagenanu od koncentrace 0,90 % do 1,2 % (w/w). Taktéž v případě přídavku ι -karagenanu rostla viskozita modelových vzorků přímo úměrně. V případě koncentrací 0,90 % a 1,0 % (w/w) byly hodnoty viskozity téměř srovnatelné s modelovými vzorky s κ -karagenanem. ι -karagenan dosahoval významně vyšších hodnot viskozity v případě koncentrace 1,1 % a 1,2 % (w/w) ve srovnání s modelovými vzorky vyrobenými s přídavkem κ -karagenanu.



Graf 2.: Závislost přídavku κ -karagenanu a ι -karagenanu o různé koncentraci na viskozitu tavených omáček (7. den skladování při teplotě 6 ± 2 °C)

Použité zkratky: K – kontrolní vzorek se škrobem bez aplikace karagenanu, KK – kappa karagenan, IK – iota karagenan

9.5 Diskuze

Praktická část této diplomové práce se zabývala výrobou modelových vzorků tavených sýrových omáček s přidavkem 1-monoacylglycerolů nebo karagenanů. Hlavním cílem bylo sledovat faktory ovlivňující jakost tavených sýrových omáček. Sledována byla zejména homogenita a viskozita modelových vzorků, které byly rozděleny do řady I (s přidavkem 1-monoacylglycerolu o koncentraci 0,25 % a 0,50 % (w/w)) a modelové vzorky řady II (s κ - nebo ι -karagenanem aplikovaným od koncentrace 0,30–1,20 % (w/w)).

Po sedmidenním skladování (6 ± 2 °C) byla v rámci základní chemické analýzy provedena kontrola obsahu sušiny a také hodnoty pH. Sýrové omáčky se vyznačují nízkým obsahem sušiny, obvykle 18–24 % Guinee *et al.* [15]. U modelových vzorků řady I (s přidavkem 1-monoacylglycerolů) i modelových vzorků řady II (s přidavkem κ -nebo ι -karagenanu) bylo dosaženo požadovaného obsahu sušiny. Hodnoty sušiny se pohybovaly v rozmezí 23,84–24,60 % (w/w). Na celkovém obsahu sušiny se neprojevil druh ani koncentrace použitých 1-monoacylglycerolů nebo karagenanů. Podobných hodnot bylo dosaženo také v případě kontrolních vzorků.

Hodnota pH se u modelových vzorků tavených sýrových omáček řady I a řady II pohybovala v rozmezí 7,05–7,08. Na hodnotě pH se podílí obsah sušiny modelových vzorků. Hodnota pH roste s klesajícím obsahem sušiny [74]. Z výsledků lze konstatovat, že hodnota pH nebyla ovlivněna druhem ani koncentrací použitých 1-monoacylglycerolů u modelových vzorků řady I. Stejných výsledků bylo dosaženo také u modelových vzorků řady II s přidavkem κ - nebo ι -karagenanu.

Dále byly homogenní modelové vzorky podrobeny senzoričkému hodnocení se zaměřením na homogenitu vzorku. Homogenní vzorky byly po sedmidenním skladování (6 ± 2 °C) podrobeny měření viskozity pomocí rotačního viskozimetru s geometrií váleč-válec. Aplikace 1-monoacylglycerolů o koncentraci 0,25 % (w/w) způsobila zvýšení hodnot viskozity tavených sýrových omáček ve srovnání s kontrolním vzorkem, ve kterém byl na místo 1-monoacylglycerolu použit lecitin. Může to být způsobeno vyšší hodnotou HLB lecitinu. Hodnota HLB lecitinu je 8 a hodnota HLB monoacylglycerolů se pohybuje od 3–6. Hodnoty HLB jsou uvedeny v tabulce 2 v kapitole 3.1 teoretické části [40]. Ke zvyšování viskozity omáček docházelo s prodlužující se délkou řetězce mastné kyseliny a nejvyšších hodnot bylo dosaženo v případě 1-MAG kyseliny myristové (C14:0). Dalším

přídavkem 1-monoacylglycerolů (1-MAG kyseliny palmitové (C16:0), 1-MAG kyseliny stearové (C18:0)) došlo k nepatrnému snížení hodnot viskozity. U modelového vzorku s přídavkem 1-MAG kyseliny olejové (C18:1) došlo k viditelnému snížení hodnoty viskozity ve srovnání se vzorkem s 1-MAG kyseliny myristové (C14:0), který dosahoval nejvyšších hodnot viskozity. Nižší hodnoty viskozity byly pravděpodobně způsobeny přítomností nenasycené vazby v molekule 1-MAG kyseliny olejové (C18:1) [54]. V případě kontrolního vzorků došlo při aplikaci lecitinu o koncentraci 0,50 % (w/w) k dalšímu nárůstu viskozity sýrové omáčky. Vliv zvýšení koncentrace se projevil také u vzorků 1-MAG kyseliny kaprinové (C10:0) a 1-MAG kyseliny laurové (C12:0) a 1-MAG kyseliny olejové (C18:1). V případě 1-MAG kyseliny myristové (C14:0), 1-MAG kyseliny palmitové (C16:0) a kyseliny stearové (C18:0) ve srovnání se vzorky o koncentraci 0,25 % (w/w) už k významným změnám nedošlo. Buňka *et al.* [68] aplikovali 1-monoacylglyceroly do tavených sýrů. Autoři zjistili, že s prodlužující se délkou řetězce mastných kyselin se zvyšuje tuhost vzorků tavených sýrů.

Childs *et al.* [70] uvádí, že textura sýrových omáček lze upravit aplikací xantanové gumy nebo dalšími hydrokoloidy. Hydrokoloidy upravují viskozitu výrobků, zabraňují oddělování vodné a tukové fáze a při použití vhodné koncentrace poskytují homogenní výrobky [70]. Bylo zjištěno, že s rostoucí koncentrací karagenanů roste také hodnota viskozity. Přídavek κ -karagenanu do modelových vzorků tavených sýrových omáček řady II měl za následek zvýšení viskozity ve srovnání s kontrolními vzorky. Se zvyšující se koncentrací přidávaného κ -karagenanu docházelo ke zvyšování viskozity. V případě použití ι -karagenanu došlo také ke zvýšení viskozity ve srovnání s kontrolními vzorky. Z grafu 2 je patrné, že ι -karagenan dosahuje vyšších hodnot viskozity ve srovnání se vzorky s κ -karagenanem o stejných koncentracích, hlavně v případě koncentrací 1,1 % a 1,2 % karagenanu. Z výsledků je zřejmé že druh i koncentrace použitých karagenanů měl zvyšující se vliv na viskozitu. Černíková *et al.* [51] uvádí, že aplikace κ - a ι -karagenanu do tavených sýrů má vliv na viskoelastické vlastnosti, přičemž s rostoucí koncentrací dochází ke zvýšení tuhosti modelových vzorků. Potvrzuje, také že ι -karagenan má na viskoelastické vlastnosti výraznější vliv. Mandala *et al.* [16] potvrzují, zvýšení viskozity tavených sýrových omáček s rostoucí koncentrací hydrokoloidu.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo sledovat faktory ovlivňující jakost tavených sýrových omáček. Pro tuto práci byly vyrobeny dvě řady tavených sýrových omáček o stejném obsahu sušiny 24 % (w/w) a 40 % (w/w) tuku v sušině. V první řadě modelových vzorků byly aplikovány 1- monoacylglyceroly s rostoucí délkou řetězce o koncentracích 0,25 % a 0,50 % (w/w). Druhá řada byla vyrobena s κ -karagenanem a ι -karagenanem o koncentracích 0,30–1,20 % (w/w) s postupným zvyšováním po 0,1 % (w/w). Vyrobené vzorky byly podrobeny základní chemické analýze. Dále byla sledována makroskopická homogenita vzorků. U tavených sýrových omáček, které byly označeny za homogenní, byla sledována viskozita.

U modelových vzorků bylo dosaženo požadovaného obsahu sušiny. Obsah sušiny byl konstantní bez ohledu na koncentraci a délku řetězce mastné kyseliny přidávaného 1-monoacylglycerolu. I v případě modelových vzorků tavených omáček s přídavkem κ - nebo ι -karagenanu byla hodnota sušiny konstantní bez ohledu na jejich druh a koncentraci.

Aplikace 1-monoacylglycerolů do tavených sýrových omáček měla za následek zvýšení hodnot viskozity. Nejvyšší hodnota viskozity byla naměřena u 1-MAG kyseliny myristové (C14:0). Viskozita tavených sýrových omáček se zvyšovala i s rostoucí koncentrací κ - nebo ι -karagenanu. V případě aplikace ι -karagenanu dosahovala viskozita modelových vzorků vyšších hodnot než v případě aplikace κ -karagenanu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KOPÁČEK, J. 100 let od zahájení výroby tavených sýrů. *Potravinářský zpravodaj*, 25. října 2011, č. 6, s. 19.
- [2] KOPÁČEK, J., LIKLER, L. Tavené sýry – švýcarský vynález, ale také trochu český fenomén. *Potravinářská revue*, 2010, č. 6, s. 33 – 35. ISSN 1801-9102
- [3] DOSTÁLOVÁ, J., ČURDA, L. Význam tavených sýrů ve výživě. *Fórum zdravé výživy*. [cit. 2012-10-26] Dostupné z: <http://www.fzv.cz/pro-media/tiskove-materialy/starsi-tiskove-materialy/vyznam-tavenych-syru-ve-vyzive/154-vyznam-tavenych-syru-ve-vyzive.aspx>
- [4] FOX, P. F., GUINEE, T. P., COGAN, T. M., McSWEENEY, P. L. H. Fundamentals of Cheese Science. *Processed cheese and substitute or imitation cheese products*. Springer 2000, 638. ISBN 978-0-8342-1260-2, 0-8342-1260-9.
- [5] FRANCIS, F. J. *Encyclopedia of Food Science and Technology*, 2 ed. New York: John W. S., 2000.
- [6] KOPÁČEK, J. Současný stav ve výrobě, spotřebě a obchodu sýrů ve světě, v Evropské unii a v České republice. *Mezinárodní konference Sýry*, Zlín, 2012. ISBN 978-80-7454-231-2
- [7] BACHMANN, N.P. Cheese analogues: A review. *International Dairy Journal*, 11, 2001, 505 – 515. ISSN 0958-6946
- [8] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., KRÁČMAR, S. *Základní principy výroby tavených sýrů: Edice původních vědeckých prací a monografií*. 1.st ed. Brno, 2009, 70. ISBN 978-80-7375-336-8, ISSN 1803-2109.
- [9] MULSOW, B. B., JAROS, D., ROHM, H. Processed cheese and cheese analogues. In Tamime, A.Y. (Ed.) *Structure of Dairy Products*, 1sted. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, 2007, 210-235. ISBN 978-1-4051-2975-6
- [10] VYHLÁŠKA č. 77/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění. [cit. 2012-11-13].

- [11] VYHLÁŠKA č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin, v platném znění. [cit. 2013-01-17].
- [12] VÍTOVÁ, E., HÝSKOVÁ, E., MOKÁŇOVÁ, R., ZEMANOVÁ, J. Složení mastných kyselin tavených sýrových analogů. *Chemické listy* 104, 572 – 581, 2010.
- [13] VARNAM, A. H., SUTHERLAND, J. P., Milk and Milk Products: Technology, Chemistry, and Microbiology. Chapman & Hall, 1994. ISBN 9780412457302.
- [14] GUINEE, T. P., CARIĆ, M., KALÁB, M. Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Third edition – Volume 2: Major Cheese Groups. 2004. ISBN 0-1226-3653-8
- [15] GUINEE, T. P., O'BRIEN, N. B., RAWLE, D. F. The viscosity of cheese sauce with different starch systems and cheese powders. *Journal of the Society of Dairy Technology*, 47, 1994, 132–138. ISSN 0037-9840.
- [16] MANDALA, I. G., SAVVAS, T. P., KOSTAROPOULOS, A. E. Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce. *Journal of Food Engineering*, 64, 2004, 335–342. ISSN 0260-8774.
- [17] NORONHA, N., O'RIORDAN, E. D., O'SULLIVAN, M. Influence of processing parameters on the texture and microstructure of imitation cheese. *European Food Research and Technology*, 226, 2008, 385–396. ISSN 1438-2385.
- [18] CUNHA, C. R., DIAS, A. I., VIOTO, W. H. Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. *Food Research International*, 43, 2010, 723–729. ISSN 0963-9969.
- [19] HERNANDEZ-CARRION, M., GUARDENO, L. M., CAROT, J. M., PERÉZ-MUNUERA, QUILES, A., HERNANDO, I. Structural stability of white sauces prepared with different types of fats and thawed in microwave oven. *Journal of Food Engineering*, 104, 2011, 557–564. ISSN 0260-8774.
- [20] THANASUKARN, P., PONGSAWATMANIT, R., MCCLEMENTS, D. J. Influence of emulsifier type on freeze-thaw stability of hydrogenated palm oil-in-water emulsion. *Food Hydrocolloids*, 18, 2004, 1033–1043. ISSN 0265-005X.

- [21] KIZILOZ, M. B., CUMHUR, O., KILIC, M. Development of the structure of an imitation cheese with low protein content. *Food Hydrocolloids*. 23, 2009, 1596-1601.
- [22] ENNIS, M. P., MULVIHILL, D. M. Compositional characteristics of rennet caseins and hydration characteristics of the caseins in a model system as indicators of performance in Mozzarella cheese analogue manufacture. 1999, 325-337.
- [23] KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M. a kol. Co byste měli vědět o výrobě potravin? Technologie potravin. 1. vyd. Ostrava: Key Publishing, 2009. 536 s. ISBN 978-80-7418-051-4.
- [24] CHANDAN, R.C., KILLAR, A. SHAH, N. P. Dairy Processing and Quality Assurance. John Wiley & Sons, 2008. p. 613. ISBN 978-0-8138-2756-8
- [25] HORÁKOVÁ, K. Texturní vlastnosti analogů tavených sýrů vyrobených s použitím tuků s různým zastoupením mastných kyselin. Zlín: UTB, 2011. [diplomová práce]
- [26] KERESTEŠ, J., SELECKÝ, H., a kolektiv. Mliekarstvo a syrárstvo na strednom Slovensku. Prvé vydanie. Považská Bystrica, 2003, 384 s.
- [27] BRABCOVÁ, L. Analogy tavených sýrů. Brno: VUT, 2008. [bakalářská práce]
- [28] FOX, P.F., McSWEENEY, P.L.H., COGAN, T. M., GUINEE, T.P. Cheese – Chemistry, Physics and Microbiology, 3rd Edition, Elsevier 2004, 446 p. ISBN 978-0-12-263651-6
- [29] PAVELKA, A. Mléčné výrobky pro vaše zdraví. 1.st ed. Brno: Littera, 1996. 105 s. ISBN80-85763-09-5.
- [30] VELÍŠEK, J. Chemie potravin. 1. Díl. Tábor: nakladatelství OSSIS, 2002. ISBN 80-86659-00-3.
- [31] DRDÁK, M., STUDNICKÝ, E., MÓROVÁ, E., KAROVIČOVÁ, J. Základy potravinářských technologií. Vydavateľstvo MALÉ CENTRUM, Bratislava 1996. 512 s. ISBN 80-96-7064-1-1
- [32] RANKEN, M. D., BAKER, Ch. G. J., KILL, R.C. Food Industries Manual. Springer 1997. 650 p. ISBN 978-0-751404043

- [33] CUNHA, R. C., GRIMALDI, R., ALCANTARA, M. R., VIOTTO, W. H. Effect of type of fat on rheology, functional properties and sensory acceptance of spreadable cheese analogue. *International Journal of Dairy Technology*. Vol 66, No 1 February 2013.
- [34] EL-BAKRY, M., DUGAN, E., O'RIORDAN, E. D., O'SULLIVAN, M. Casein hydration and fat emulsification during manufacture of imitation cheese and effect of emulsifying salts reduction. *Journal of Food Engineering* 103, 2011, 179-187.
- [35] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L. Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Potravinářská revue*, 2009, č. 6, s. 13-16.
- [36] ABDEL-HAMID, L. B., EL-SHABRAWY, S. A., AWAD, R. A., SINGH, R. K. Chemical properties of processed Rass cheese spreads as affected by emulsifying salts mixturess. *Journal of Food Processing Preservation*, 24, 2000, 191 – 208.
- [37] GUINEE, T. P. Cheese Analogues. Dairy Products Researche Centre, Fermoy, Co. Cork, Elsevier Science. p. 428. Ireland 2002.
- [38] MALLIA, S., FERNANDEZ-GARCIA, E., BOSSET, J. O. Comparison of purge and trap and solid phase microextraction techniques for studying the volatile aroma compounds of three European PDO hard cheeses. *International Dairy Journal*. 2005, vol. 15, p. 741-758. ISSN 0958-6946.
- [39] NORONHA, N., et al. Flavouring reduced fat high fibre cheese products with enzyme modified cheeses (EMCs). *Food Chemistry*. 2008, vol. 110, no. 4, p. 973-978. ISSN 0308-8146.
- [40] HANÁKOVÁ, Z. Vybrané faktory ovlivňující texturní vlastnosti analogů tavených sýrů. Zlín: UTB, 2012. [dizertační práce]
- [41] BABIČKA, L. Přidatné látky v potravinách. *Potravinářská komora České republiky. Česká technologická platforma pro potraviny*. 1. vydání. Praha, 2012. ISBN 978-80-905096-3-4
- [42] MOUNSEY, J. S., O'RIORDAN, E. D. Characteristics of imitation cheese containing native or modified rice starches. *Food Hydrocolloids*, 2008, vol. 22, no. 6, p. 1160-1169.

- [43] AROCAS, A., SANZ, T., FISZMAN, S.M. Improving effect of xanthan and locust bean gums on the freeze-thaw stability of white sauces made with different native starches. *Food Hydrocolloids*, 23, 2009, 2478-2484.
- [44] ROP, O., VALÁŠEK, P., HOZA, I. Teoretické principy konzervace potravin I. Hlavní konzervářské suroviny. Zlín: UTB 2008. ISBN 978-80-7318-339-4.
- [45] AROCAS, A., SANZ, T., FISZMAN, S. M. Clean label starches as thickeners in white sauces. Shearing, heating and freeze-thaw stability. *Food Hydrocolloids*, 23, 2009, 2031–2037. ISSN 0265-005X.
- [46] CAMPO, V. L., KAWANO, D.F., da SILVA, D.B. Jr., CARVALHO, I. Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis – A review. *Carbohydrate Polymers*, 77, 2009, 167-180.
- [47] PRADO-FERNANDÉZ, J, RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ, J. A., TOJO, E., ANDRADE, J. M. Quantitation of κ -, ι - and λ -carrageenans by mid-infrared spectroscopy and PLS regression. *Analytica Chimica Acta*, p. 23-37. 2002.
- [48] PHILLIPS, G.O., WILLIAMS, P.A. Handbook of Hydrocolloids. CRC Press, Boca Raton, New York, 2000, 442 s., ISBN 0-8493-0850-X.
- [49] NIETO, M. B., AKINS, M. Hydrocolloids in Bakery Fillings. *Hydrocolloids in Food Processing*, LAAMAN, T. R. John Wiley & Sons, 2011. 68-107. ISBN 978-0-8138-2076-7
- [50] SMITH, J., HONG-SHUM, L. Polysaccharides. *Food Additives Data Book*. Blackwell Publishing, 2003. 672-686. ISBN 978-0-632-06395-6
- [51] ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., PAVLÍNEK, V., BŘEZINA, P., HRABĚ, J., VALÁŠEK, P. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. *Food hydrocolloids*, 22, 2008, 1054-1061.
- [52] GALÁŘOVÁ, B. Vliv přísady 1-monoacylglycerolů na jakost tavených sýrů. Zlín: UTB, 2006. [diplomová práce]
- [53] SKALKA, V. Využití iontoměníčů při přípravě 1-monoacylglycerolů. Zlín: UTB, 2007. [diplomová práce]

- [54] HANÁKOVÁ, Z., BUŇKA, F., WEISEROVÁ, E., JANIŠ, R. The viscosity of processed cheese sauces depending on addition type and concentration of 1-monoglycerides. *Potravinarstvo*, vol. 6, 2012, no. 2, 23-25 p.
- [55] ŠEVČÍKOVÁ, P. Příprava emulzí. Zlín: UTB, 2010. [diplomová práce]
- [56] SZELAG, H., ZWIEZYKOWSKI, W. The behaviour of modified monoacylglycerol emulsifiers in emulsion systems. *Colloids and Surfaces, A: Physicochemical and Engineering Aspect* 155, 1999, 349-357.
- [57] SCHÄR, W., BOSSET, J. O. Chemical and Physico-chemical Changes in Processed Cheese and Ready-made Fondue During Storage - a Review. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technology*, 35, 2002, 15-20. ISSN 0023-6438.
- [58] HERIAN, K. Problematika zabezpečenia kvality syrov a ich kontrola (čerstvých, zrejúcich bez obalu, parených, tavených). Zborník prednášok ze školenia. Žilina, apríl 2001. 33-40 p.
- [59] STUDÝNKOVÁ, H. Charakterizace analogů tavených sýrů. Brno: VUT, 2012. [diplomová práce]
- [60] BUŇKA, F., ČERNÍKOVÁ, M., HLADKÁ, K., BUŇKOVÁ, L. Základní charakteristika tavených sýrů a jejich analogů. *Potravinářská revue*, 2010, č. 6, s. 29-32.
- [61] BUŇKA, F., KOPÁČEK, J. Mýty o tavených sýrech a jak proti nim argumentovat. *Potravinářská revue*, 2012, č. 1, s. 28-31.
- [62] INDRA, Z., MIZERA, J. *Chemické kontrolní metody pro obor zpracování mléka*. 1992. Učebnice pro střední průmyslové školy potravinářské.
- [63] NAŘÍZENÍ RADY (ES) č. 1234/2007 ze dne 22. října 2007, kterým se stanoví společná organizace zemědělských trhů a zvláštní ustanovení pro některé zemědělské produkty ("jednotné nařízení o společné organizaci trhů") [cit. 2013-03-30].
- [64] HASOŇOVÁ, L., SAMKOVÁ, E., JOKLOVÁ, V., JŮZL, M. Sýry a analogové výrobky: dotazníkový průzkum. *Mlékařské listy* č. 134, s. 6-10, 2012.
- [65] <http://www.biotavak.cz/index.php?id=tanybio> [cit. 2013-04-02]
- [66] HRAVĚ, J., ROP, O., HOZA, I. Technologie výroby potravin rostlinného původu. [skripta pro bakalářský stupeň]. Zlín: UTB, 2008. ISBN 978-80-7318-372-1

- [67] Hydrocolloids. Francie: Systems bio-industries. p. 63. [příručka]
- [68] BUŇKA, F., PAVLÍNEK, V., HRABĚ, J., ROP, O., JANIŠ, R., KREJČÍ, J. Effect of 1-monoglycerides on viscoelastic properties of processed cheese. *International Journal of Food Properties*, 10, 2007, 819-828. ISSN 1094-2912.
- [69] AWAD, R. A., ABDEL-HAMID, L. B., EL-SHABRAWY, S. A., SINGH, R. K. Physical and sensory properties of Blocked Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salts Mixtures. *International of Journal of Food Properties*. 7, 2004, 429-448. ISSN 1094-2912
- [70] CHILDS, J. L., YATES, M. D., DRAKE, M. Sensory Properties ad Consumer Perception of Wet and Dry Cheese Sauces. *Journal of Food Science*. 74, 2009, 205-208. ISSN 1097-0010
- [71] HAMERSKÁ, J. Rostlinné oleje – spotřebitelská sonda. BRNO: Masarykova univerzita, lékařská fakulta, 2011. [bakalářská práce]
- [72] STUDÝNKOVÁ, H. Charakterizace analogů tavených sýrů. Brno: Masarykova univerzita, Lékařská fakulta, 2011. [bakalářská práce]
- [73] <http://www.pribina-tpk.cz/> [online], [cit. 2013-04-16].
- [74] ŠINDLEROVÁ, J. V důsledku aplikace vybraných hydrokoloidů. Zlín: UTB, 2011. [diplomová práce]

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SAFA	Nasyčené mastné kyseliny
MUFA	Monoenové nenasycené mastné kyseliny
PUFA	Polyenové nenasycené mastné kyseliny
BMT	Bezvodý mléčný tuk
EMC	Enzymaticky modifikované sýry
HLB	Hydrofilně lipofilní rovnováha

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1.: <i>Klasifikace analogů tavených sýrů na základě použitých zdrojů bílkovin a tuků/olejů ve výrobku [upraveno dle 4]</i>	15
Obrázek 2.: <i>Vzorec κ- karagenanu [5]</i>	26
Obrázek 3.: <i>Vzorec ι- karagenanu [5]</i>	26
Obrázek 4.: <i>Vzorec λ - karagenanu [5]</i>	27
Obrázek 5.: <i>1-monoacylglycerol a 2-monoacylglycerol</i>	29
Obrázek 6.: <i>Typické schéma výroby pro sýrový analog Mozzareilly s vyšším obsahem sušiny. Jednotlivé postupy se liší v závislosti na surovinové skladby [upraveno dle 28].</i>	33
Obrázek 7.: <i>Schéma typické výroby analogového sýra na pizzu [upraveno dle 4]</i>	34
Obrázek 8.: <i>Tavené sýrové omáčky [73].</i>	35
Obrázek 9.: <i>Tavicí zařízení Vorwerk Thermomix TM 31</i>	39
Obrázek 10.: <i>Rotační viskozimetr s geometrií válec ve válci</i>	42
Obrázek 11.: <i>Makroskopicky homogenní kontrolní vzorek s obsahem škrobu 2,0 % (w/w)</i>	44
Obrázek 12.: <i>Makroskopicky nehomogenní modelové vzorky tavených omáček s přídavkem κ-karagenanu od koncentrace 0,30–0,70 % (w/w)</i>	45
Obrázek 13.: <i>Makroskopicky homogenní modelové vzorky tavených omáček s přídavkem κ-karagenanu od koncentrace 0,90–1,10 % (w/w)</i>	46
Obrázek 14.: <i>Makroskopicky nehomogenní modelové vzorky tavených omáček s přídavkem ι-karagenanu od koncentrace 0,30–0,80 % (w/w)</i>	47
Obrázek 15.: <i>Makroskopicky homogenní modelové vzorky tavených omáček s přídavkem ι-karagenanu od koncentrace 0,90–1,0 % (w/w)</i>	48

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1.: Typické složení koncentrátů mléčného tuku</i>	20
<i>Tabulka 2.: Přehled vybraných HLB hodnot</i>	30

SEZNAM GRAFŮ

- Graf 1.:** *Závislost přídavku 1-monoacylglycerolu o koncentraci 0,25 a 0,50 % (w/w) na viskozitu tavených omáček (7. den skladování při teplotě 6 ± 2 °C)* 49
- Graf 2.:** *Závislost přídavku κ -karagenanu a ι -karagenanu o různé koncentraci na viskozitu tavených omáček (7. den skladování při teplotě 6 ± 2 °C) 50*

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P1.: Vliv vybraných hydrokoloidů na reologické vlastnosti tavených sýrových analogů vyrobených z rostlinných tuků během chlazení

PŘÍLOHA P I: ČLÁNEK

The effect of selected hydrocolloids on the rheological properties of processed cheese analogues made with vegetable fats during the cooling phase

ZUZANA HANÁKOVÁ,¹ FRANTIŠEK BUŇKA,^{2*} VLADIMÍR PAVLÍNEK,³ LENKA HUDEČKOVÁ² and RAHULA JANÍŠ¹

¹Department of Fat, Faculty of Technology, Tenside and Cosmetics Technology, Tomas Bata University in Zlín, nam. T.G. Masaryka 5555, 760 01, Zlín, Czech Republic, ²Department of Food Technology, Faculty of Technology, Tomas Bata University in Zlín, nam. T.G. Masaryka 5555, 760 01, Zlín, Czech Republic, and ³Polymer Centre, Faculty of Technology, Tomas Bata University in Zlín, nam. T.G. Masaryka 5555, 760 01, Zlín, Czech Republic

The aim of this work was to observe the influence of different hydrocolloids on changes in the rheological properties of processed cheese analogues and their analogues within the process of cooling depending on the type of the fat used (butter, coconut fat and palm oil). κ -carrageenan, ι -carrageenan, λ -carrageenan, arabic gum and locust bean gum were used at a concentration of 1.0% w/w. With the decreasing temperature during the cooling period, an increase in the complex modulus (G^) was observed in all samples tested. Within the cooling period, the sample with the addition of κ -carrageenan showed both the most significant increase in G^* in comparison with the control and the highest values of hardness after a 7-day storage period regardless of the type of the fat used. The samples with coconut fat were assessed as the hardest. On the other hand, the samples with palm oil showed the lowest hardness (with the same hydrocolloid used). In the gelling hydrocolloids (κ - and ι -carrageenan), only small changes in temperature of coil-to-helix transition were observed (in range of 2–7 °C) as a result of the addition of different types of fat.*

Keywords Processed cheese analogue, Hydrocolloid, Rheology, Texture analysis.

INTRODUCTION

Traditional processed cheeses are dairy products made by heating a mixture of cheeses, dairy fat, emulsifying salts and water. Processed cheese analogues can be obtained by means of partial replacement of dairy fat with fats of vegetable origin (Guinee *et al.* 2004). One of the reasons for the production of processed cheese analogues is cost-cutting regarding the basic composition of ingredients and the effort to expand the range of processed products (Kapoor and Metzger 2004). These products are typically used as ingredients in pizza, hamburgers, sauces and other fast-food products (Guinee *et al.* 2004).

Viscoelastic properties of processed cheeses and their analogues can be influenced by a wide range of factors, such as the dry matter content or fat in dry matter content, pH value, type and amount of emulsifying salts, conditions during the production (melting time, melting

temperature, etc.) or the type and concentration of hydrocolloids. Hydrocolloids are very frequently used in processed cheeses and their analogues and could play an important role in forming their final structure. Hydrocolloids are polysaccharide-based biopolymers (e.g. natural and modified starches, carrageenan, arabic gum, locust bean gum and pectin) or protein-based biopolymers (e.g. casein, caseinates, whey protein, gelatine), which are usually added at low concentrations ($\leq 1.0\%$ w/w). Some hydrocolloids are able to form three-dimensional structures – gels (e.g. κ - and ι -carrageenan, agar, starch, etc.; Phillips and Williams 2000). On the other hand, there are also hydrocolloids that significantly increase the viscosity of the systems without an actual gel forming, including λ -carrageenan, locust bean gum, etc (Phillips and Williams 2000).

During the melting period, hydration and swelling of the dispersed caseins occur, and

subsequently, formation of the network structure takes place. It is caused by the formation of hydrogen bonds, hydrophobic interaction, calcium, disulphide and phosphate bonds and results in increasing viscosity also called 'creaming' (Kapoor and Metzger 2004; Kawasaki 2008). After the production, the hot melt is transported to the packaging machine by means of pipeline system or trolleys. However, an unsuitable hydrocolloid (e.g. gelling at a very high temperature) can make the process of drawing the melt much harder (Guinee *et al.* 2004).

Nowadays, vegetable fats are often used for processed cheese analogue production. The possibility of substituting animal fats by vegetable fats and oils, which are cholesterol free and contain low saturated fatty acids levels, has not been described extensively, and textural contribution of different fat types is not completely known (Lobato-Calleros and Veer-non-Carter 1998; Guinee *et al.* 2004; Cunha *et al.* 2010).

The aims of the work were as follows: (i) to observe the influence of different hydrocolloids on changes in the rheological properties of processed cheese analogues within the cooling period depending on the type of the fat used (butter, coconut fat and palm oil); and (ii) to compare the consistency of model processed cheeses and their analogues on the basis of both large deformation (texture analysis) and small deformation (dynamic oscillatory rheometry) techniques. Vegetable fats used in this work were selected on the basis of different fatty acid profiles.

MATERIALS AND METHODS

Production of processed cheese analogues

Processed cheese analogues (30% w/w dry matter; 50% w/w fat in dry matter) were manufactured by Vorwerk Thermomix blender cooker TM 31-1 (Vorwerk & Co., GmbH, Wuppertal, Germany). Similar equipment for production of processed cheese was used by Macků *et al.* (2008) Rennet casein (Natura, Havlíčkův Brod, Czech Republic), emulsifying salts (Fosfa, Břeclav, Czech Republic) and a mixture of disodium monophosphates (DSP), tetrasodium pyrophosphate (TSPP), sodium salt of polyphosphate (POLY) and deionised water were used. The ratio of emulsifying salts

(DSP:TSPP:POLY) was 20:15:65 and total concentration of emulsifying salts: 2.5% (w/w). The composition of model processed cheese manufactured is shown in Table 1. Rennet casein was also used by El-Bakry *et al.* (2010) for standardisation of experiment conditions. Butter (~82% w/w dry matter; ~80% w/w fat; bought in retail), coconut fat or palm oil (~99% w/w fat; Hobum, Oele und fette, Hamburg, Germany) were used. The dry matter content and fat in dry matter content were kept constant: the appropriate amount of deionised water and fat was changed for balancing the latter mentioned parameters. The casein amount used was also constant, 60 g per batch, as shown in Table 1 in individual types of model samples. The total amount of one batch was approximately 453–487 g. The percentage of saturated/monounsaturated/polyunsaturated fatty acid in individual fats (w/w) tested were as follows: butter – 63:34:3; coconut fat – 91:8:1; and palm oil – 54:35:11 [mean values obtained using routinely applied gas chromatography methods (determined as methyl esters of fatty acids); unpublished data, personal communication, 2012].

Rennet casein was mixed with two-thirds of the deionised water and was hydrated for 2 min at 40 °C. Subsequently, fat, emulsifying salts, hydrocolloids (κ -carrageenan, ι -carrageenan, λ -carrageenan, arabic gum and locust bean gum, addition of 1.0% w/w; Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) and the remaining amount of deionised water were added. The samples were processed at a melting temperature of 90 °C for 1 min (the total processing time ranged between 10 and 12 min at 4000 rpm). Finally, the samples were immediately poured into measuring geometry (cup and bob) and examined using dynamic oscillatory rheometry (see below). The rest of melt was dosed into polypropylene cups (diameter 52 mm, height 50 mm) with sealable lids. The samples in cups were cooled down and stored at a temperature of 6 ± 2 °C. All types of samples were produced twice using the same protocol.

Chemical analysis

Each batch of model samples were analysed for dry matter content, fat content, fat in dry matter content (calculated from values of dry matter content and fat content), ash con-

Table 1 Raw materials used for manufacturing of model processed cheese samples with different type of fat

Fat	Hydrocolloid	Raw materials (g)				
		Rennet casein	Fat	Deionised water	Emulsifying salts	Hydrocolloids
Butter	None	60	83	304	12	0.0
	1.0 % (w/w) ^a	60	88	323	12	4.5
Coconut oil	None	60	69	313	12	0.0
	1.0 % (w/w) ^a	60	74	335	12	4.5
Palm oil	None	60	69	313	12	0.0
	1.0 % (w/w) ^a	60	74	335	12	4.5

^aThe raw materials were the same for all hydrocolloids used (κ -, ι - and λ -carrageenan, arabic gum, locust bean gum).

tent and pH values. Dry matter content was determined by drying at 102 ± 2 °C to a constant weight; pH was measured by pH meter with a spear electrode (Eutech Instruments, Oakton, Malaysia) at 6 ± 2 °C; ash content was analysed by burning of 1 g of sample in muffle furnace at 550 ± 5 °C for 5 h; and fat content was determined by the acidobutyric method of van Gulik (Macků *et al.* 2008). All chemical analyses were carried out after 7 days of storage at 6 ± 2 °C.

Dynamic oscillatory rheometry

During the cooling process of processed cheese analogues, dynamic oscillatory rheometry was carried out using Bohlin Gemini equipment (Malvern Instruments Ltd., Malvern, UK) according to Černíková *et al.* (2010). The sample was cooled from 85 °C to 10 °C at a cooling rate of 2 °C per min. The storage (G') and loss (G'') moduli were measured, and the complex modulus (G^*) was calculated as a complex sum (Černíková *et al.* 2010). All samples were measured at least twice.

Texture analysis

Penetration (depth of 10 mm, probe speed of 2 mm/s, trigger force of 5 g) of samples was performed on TA.XTplus Texture Analyser (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK) by cylinder stainless steel probe P20 (20 mm diameter), and the force–deformation curve was recorded. Hardness (maximum force during the penetration; N) after 7-day storage at 6 ± 2 °C was measured (Piska and Štětina 2004). The samples were analysed six times (each batch three times).

Data analysis

The results of chemical analysis and hardness values were statistically evaluated by Kruskal–Wallis and Wilcoxon tests (Unistat 5.5 statistical software; Unistat Ltd., London, UK). The results of dynamic oscillatory rheometry were processed by Microcal Origin 5.0 software version (Microcal, Inc., Northampton, MA, USA).

RESULTS AND DISCUSSION

The chemical composition of model samples with different type of fats and with or without hydrocolloids is shown in

Table 2. The differences of dry matter content, fat content, ash content and values of pH were not significant ($P \geq 0.05$) within all type of model samples tested (including control samples).

Dependence of the complex modulus (G^*) on the decreasing temperature (85–10 °C) in both control and model samples is illustrated in Figure 1. All samples, regardless of the fat or hydrocolloid used, showed a slight increase in G^* values during cooling. Regardless of the hydrocolloids applied, the highest values of G^* were found in the products with coconut fat, followed by the products with butter. The lowest values of G^* were observed in the samples with the application of palm oil ($P < 0.05$). Similar conclusions were drawn in the hardness analysis of the samples after 7-day storage at 6 °C (Figure 2). Methods using small and also large deformation reached the same results concerning rigidity and hardness. The influence of the fat used on the texture parameters of dairy products, including processed cheeses and their analogues, can probably be based on the proportion of the individual fatty acids. According to Lobato-Calleros and Veernon-Carter (1998) with the rising proportion of saturated fatty acids in the fat phase, hardness of the processed cheese analogues increases. Lower values of both hardness and G^* observed in the samples of palm oil could be caused by the presence of fatty acids with a lower melting point, mainly oleic acid in the given fat (Cunha *et al.* 2010).

Application of all the hydrocolloids tested (at concentrations of 1.0% w/w led to an increase in both G^* and hardness of the model samples ($P < 0.05$; Figures 1 and 2). The highest values of G^* and hardness in the products with the given fat tested ($P < 0.05$) were observed when κ -carrageenan was applied. The values of G^* and hardness were successively decreasing with the application of ι -carrageenan, λ -carrageenan, locust bean gum and arabic gum. A possible explanation for different hardness in the individual samples could lie in the interactions of the individual hydrocolloids with the rest of the matrix and in the ability of the given hydrocolloid to form specific gels (especially in case of κ - and ι -carrageenan). In the samples with the application of κ - or ι -carrageenan, a multiple increase in G^* was observed while the temperature of the

Table 2 Chemical composition of model processed cheese with different type of fat (mean \pm SD; $n = 8$)

Fat	Hydrocolloid	Dry matter content (g/kg)	Fat content (g/kg)	Ash (g/kg)	pH
Butter	None	30.09 ± 0.16	15.0 ± 0.1	3.1 ± 0.1	5.88 ± 0.02
	1.0 % (w/w) ^a	29.98 ± 0.11	15.2 ± 0.2	3.4 ± 0.2	5.93 ± 0.02
Coconut oil	None	30.01 ± 0.09	15.3 ± 0.1	3.0 ± 0.1	5.85 ± 0.03
	1.0 % (w/w) ^a	30.11 ± 0.12	14.9 ± 0.1	3.1 ± 0.1	5.91 ± 0.02
Palm oil	None	30.14 ± 0.10	15.1 ± 0.1	3.2 ± 0.2	5.93 ± 0.04
	1.0 % (w/w) ^a	30.08 ± 0.07	15.1 ± 0.2	3.1 ± 0.2	5.93 ± 0.02

^aFollowing hydrocolloids were used: κ -, ι - and λ -carrageenan, arabic gum, locust bean gum.

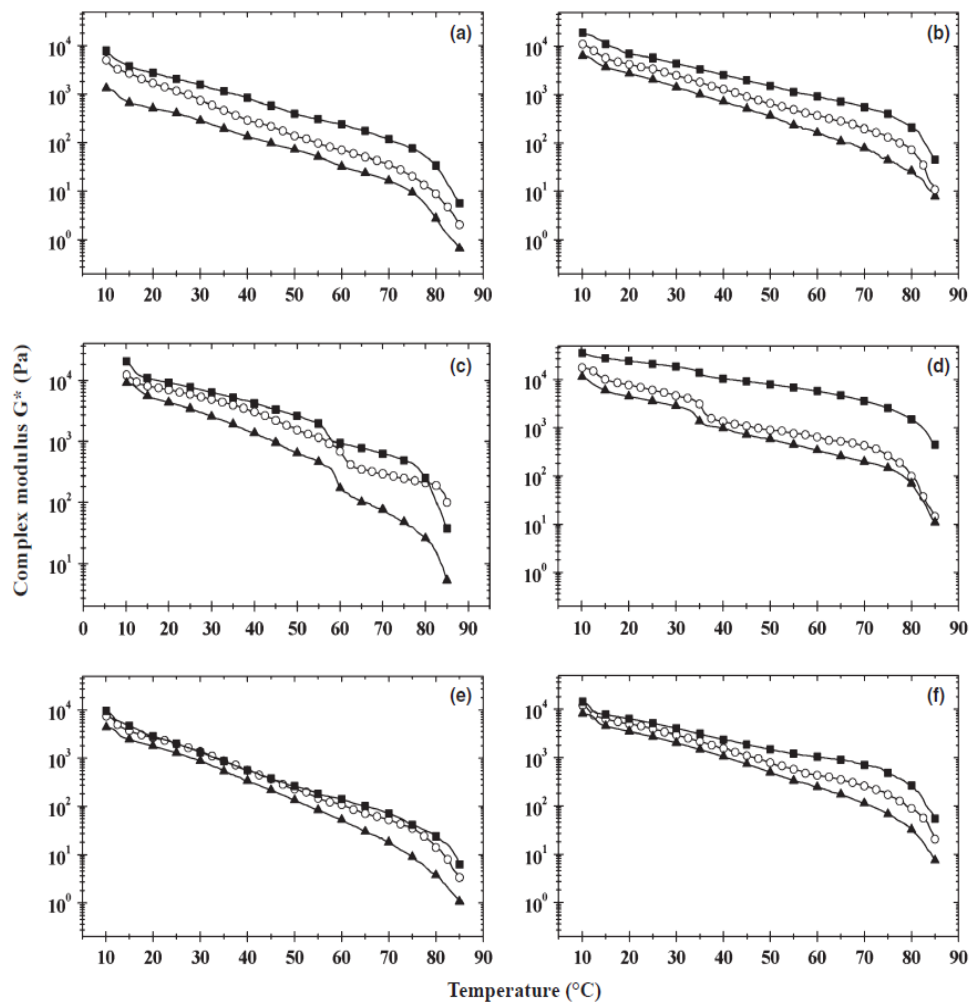


Figure 1 Dependence of the complex modulus G^* (Pa) on the melting temperature ($^{\circ}\text{C}$) for samples with butter (\circ), coconut fat (\square) and palm oil (\triangle) and the addition of hydrocolloids (a) control sample without a hydrocolloid; (b) λ -carrageenan; (c) ι -carrageenan; (d) κ -carrageenan; (e) arabic gum; (f) locust bean gum.

melt was decreasing at intervals of 30–40 $^{\circ}\text{C}$ and 50–60 $^{\circ}\text{C}$, respectively (Figure 1c,d). According to Langendorff *et al.* (2000) at an appropriate concentration, κ - and ι -carrageenan are able to form helical structures which subsequently aggregate into a three-dimensional structure. A crucial condition for gel production is the transition from coil to helix state. Temperature of the transition is characteristic of the given carrageenan and is dependent on the other conditions within the system (e.g. the presence of ions, ionic strength, type and concentration of the carrageenan or the ratio of carrageenan to casein particles; Spanguolo *et al.* 2005). Furthermore, Lynch and Mulvihill (1996) state that carrageenans are able to interact with caseins or their hydrolytic splits in the presence of calcium ions and thus enhance gel formation. Unlike κ - and ι -carrageenan, λ -carrageenan lacks the ability to form gel. In

the case of κ - and ι -carrageenan, the ability to form gel is given by charge density determined by the distance between sulphate groups (Langendorff *et al.* 2000). In the case of vegetable gums (arabic and locust bean gums), an increase in viscosity occurs due to water absorption and their subsequent swelling. However, gel formation of arabic and locust bean gums (on its own) does not occur during their cooling, which is according to available literature (Phillips and Williams 2000).

Transition temperature for κ - and ι -carrageenan in the individual samples ranged between the intervals of 30–40 $^{\circ}\text{C}$ and 50–60 $^{\circ}\text{C}$, respectively, which corresponds to the data published by Langendorff *et al.* (2000). When applying different fats tested, the differences in transition temperature for κ - and ι -carrageenan in the samples were relatively small and ranged within the interval of 2–7 $^{\circ}\text{C}$. In the case

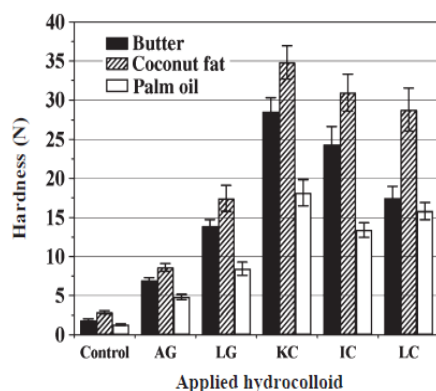


Figure 2 Hardness of processed cheese and its analogues for samples with butter, coconut fat and palm oil and the addition of hydrocolloids (control – sample without a hydrocolloid; LC – λ -carrageenan; IC – ι -carrageenan; KC – κ -carrageenan; AG – arabic gum; LG – locust bean gum).

of ι -carrageenan samples, the difference in transition temperature was very small (in range of 2 °C) when using butter or palm oil (Figure 1c). On the other hand, when using coconut oil, transition temperature of the samples with ι -carrageenan was about 7 °C lower in comparison with the other fats. As for the application of κ -carrageenan, the differences in transition temperature between the samples with coconut fat and butter were insignificant. Transition temperature of κ -carrageenan in the samples with palm oil was about 4 °C lower compared with the other fats applied (Figure 1d). Transition temperature of carrageenans is affected by a range of factors, for example the presence of ions of ionic strength, which could be influenced by the composition of the fats applied.

From the point of view of using κ - and ι -carrageenan in the production of processed cheeses and their analogues, κ -carrageenan is to be preferred. Its main advantage lies in a lower gelling temperature, which is crucial for transporting the melt and enables suitable conditions for packing the product. Also, κ -carrageenan seems to be a suitable hydrocolloid because of its ability to ensure a desirable consistency of the product as well as lower its adhesiveness, which is confirmed in the works by Gustaw and Mleko (2007).

In the other hydrocolloids applied (λ -carrageenan, locust bean gum, arabic gum; Figure 1b,e,f), changes in G^* were observed during the cooling period, but no transition temperature causing to form specific hard gel and subsequently to increase in G^* was detected.

CONCLUSIONS

The influence of different hydrocolloids on changes in the rheological properties of processed cheese analogues within the process of cooling and in the texture of the final prod-

ucts depending on the type of the fat used (butter, coconut fat and palm oil) was observed by means of dynamic oscillatory rheometry and texture analysis, respectively. With a decreasing temperature during cooling, an increase in G^* was observed in all samples tested. The addition of all 1.0 hydrocolloids increased hardness of the analogue samples of processed cheeses regardless of the type of the fat used. The highest values of hardness and G^* were observed in the sample with the addition of κ - and ι -carrageenan, followed by λ -carrageenan. The lowest values were found in the sample with the addition of locust bean gum and arabic gum. The samples formed three-dimensional network during cooling regardless of type of fat or hydrocolloid. In the samples with the addition of κ - and ι -carrageenan, a dramatic increase in G^* was observed, probably caused by the formation of the specific own a three-dimensional network. The samples with the addition of coconut fat reached higher values of hardness, followed by the samples with butter and palm oil. The application of different fats resulted in a small change in transition temperature ranging up to 7 °C.

ACKNOWLEDGEMENT

This study was supported by projects of the internal grant of Tomas Bata University in Zlín No. IGA/FT/2013/010 funded from the resources for specific university research.

REFERENCES

- Čermíková M, Buňka F, Pospiech M, Tremlová B, Hladká K, Pavlínek V and Březina P (2010) Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal* **20** 336–343.
- Cunha C R, Dias A I and Vioto W H (2010) Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. *Food Research International* **43** 723–729.
- El-Bakry M, Duggan E, O'Riordan E D and O'Sullivan M (2010) Effects of emulsifying salts reduction on imitation cheese manufacture and functional properties. *Journal of Food Engineering* **100** 596–606.
- Guinee T P, Carić M and Kaláb M (2004) Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 3rd edn. Fox P F, McSweeney P L H, Cogan T P, Guinee T P and Major Cheese Groups, eds, pp. 349–394. London, UK: Elsevier Applied Science.
- Gustaw W and Mleko S (2007) The effect of polysaccharides and sodium chloride on physical properties of processed cheese analogs containing whey proteins. *Milchwissenschaft* **62** 59–62.
- Kapoor R and Metzger L E (2004) Evaluation of salt whey as an ingredient in processed cheese. *Journal of Dairy Science* **87** 1143–1150.
- Kawasaki Y (2008) Influence of 'creaming' on the properties of processed cheese and changes in the structure of casein during cheese making. *Milchwissenschaft* **63** 149–153.
- Langendorff V, Cuvelier G, Michon C, Launay B, Parker A and De Kruif C G (2000) Effect of carrageenan type on the behaviour of carrageenan/milk mixtures. *Food Hydrocolloids* **14** 273–280.

- Lobato-Calleros C and Veemon-Carter E J (1998) Microstructure and texture of cheese analogs containing different types of fat. *Journal of Texture Studies* **29** 569–586.
- Lynch M G and Mulvihill D M (1996) Rheology of ι -carrageenan gels containing caseins. *Food Hydrocolloids* **10** 151–157.
- Macků I, Buňka F, Pavlínek V, Leciánová P and Hrabě J (2008) The effect of pectin concentration on viscoelastic and sensory properties of processed cheese. *International Journal of Food Science and Technology* **43** 1663–1670.
- Phillips G O and Williams P A (2000) *Handbook of Hydrocolloids*, p 442. Boston, MA, USA: CRC Press.
- Piska I and 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** 252–268.
- Spanguolo P A, Dalgleish D G, Goff H D and Morfia E R (2005) Kappa-carrageenan interaction in systems containing casein micelles and polysaccharide stabilizers. *Food Hydrocolloids* **19** 371–377.