

Faktory ovlivňující viskozitu analogů tavených sýrů během chladnutí

Lenka Hudečková

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav biochemie a analýzy potravin
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Lenka HUDEČKOVÁ
Osobní číslo: T08924
Studijní program: B 2901 Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Chemie a technologie potravin

Téma práce: Faktory ovlivňující viskozitu analogů tavených sýrů
během chladnutí

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakterizujte analogy tavených sýrů, jejich suroviny a hlavní princip výroby.
2. Zpracujte lineární rešerži na téma hydrokolidy se zaměřením na karagenany.
3. Popište použití hydrokoloidů v potravinářství.

II. Praktická část

1. Realizujte laboratorní výrobu modelových vzorků analogů tavených sýrů s 40% hmot. sušiny a 50% hmot. tuku v sušině.
2. U vzorků proveďte stanovení obsahu sušiny a pH.
3. Vyrobené vzorky zhodnoťte pomocí dynamické oscilační reometrie.
4. Výsledky zpracujte a formulujte závěry.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] BUŇKA, František; BUŇKOVÁ, Leona; KRÁČMAR, Stanislav . Základní principy výroby tavených sýrů : monografie. In . . Brno : [s.n.], 2009. s. 70. ISBN 978-80-7375-336-8, ISSN 1803-2109.

[2] BACHMANN, Hans Peter. Cheese analogues: a review. International dairy journal. 2001, 11, s. 505-515. Dostupný také z WWW: <http://www.knihovna.utb.cz>.

[3] CAMPO, Vanessa Leiria; KAWANO, Daniel Fabio; BRAZ DA SILVA JR., Dílson .

[4] Carbohydrate polymers. [s.l.] : [s.n.], 2009. Carrageenans: Biological properties, s. 167. Dostupné z WWW: <http://www.knihovna.utb.cz>.

[5] KADLEC, DRSC. A KOLEKTIV, Prof. Ing. Pavel. Technologie potravin II. první. Praha : [s.n.], 2002. 236 s. ISBN 80-7080-510-2.

[6] PTÁČKOVÁ, Alena. Hydrokoloidy a jejich použití v potravinářství. [s.l.], 2008. 48 s. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Zuzana Ciprysová

Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání bakalářské práce:

25. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

30. května 2011

Ve Zlíně dne 21. března 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
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 27. 5. 2011



.....

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). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

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

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

ABSTRAKT

Cílem práce bylo sledovat vliv přísady κ -karagenanu na reologické vlastnosti analogů tavených sýrů během chlazení. Modelové vzorky byly rozděleny do dvou řad. U první řady vzorků byl obsah sušiny 40 % w/w a 50 % w/w tuku v sušině a u druhé řady vzorků byl obsah sušiny 30 % w/w a 50 % w/w tuku v sušině. Sledována byla závislost komplexního modulu pružnosti na klesající teplotě pomocí dynamické oscilační reometrie. Výsledky ukázaly, že komplexní modul pružnosti roste s klesající teplotou v závislosti na koncentraci κ -karagenanu.

Klíčová slova: analog taveného sýru, karagenan, dynamická oscilační reometrie

ABSTRACT

The aim of this thesis was to observe the effect of the addition of κ -carrageenan on rheological properties of processed cheese analogues during cooling. Model samples were divided in two series. The first series of samples consisted 40 % w/w dry matter and 50 % w/w fat in dry matter and second series of samples consisted 30 % w/w dry matter and 50 % w/w fat in dry matter. The complex modulus of elasticity to decreasing temperature by dynamic oscillatory rheometry was studied. The results showed that the complex modulus of elasticity increased with decreasing temperature in depend on the concentration of κ -carrageenan.

Keywords: processed cheese analogue, carrageenan, dynamic oscillatory rheometry

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucí bakalářské práce Ing. Zuzaně Ciprysové za systémové a odborné vedení, trpělivost při zpracovávání této práce a za doporučení, konzultace a cenné rady, které mi v průběhu práce udělila.

Také bych ráda poděkovala Doc. Ing. Františku Buňkovi PhD. za pomoc v laboratoři a cenné připomínky.

Dále bych ráda poděkovala svému příteli za pomoc a trpělivost při studiu.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Zuzany Ciprysové, a uvedla v seznamu literatury všechny literární a odborné zdroje.

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta

OBSAH

OBSAH	4
ÚVOD	6
I.	7
TEORETICKÁ ČÁST	7
1 ANALOGY TAVENÝCH SÝRŮ	8
1.1 CHARAKTERISTIKA	8
1.2 SUROVINY.....	8
1.3 TAVICÍ SOLI.....	10
1.4 VÝROBA	11
1.4.1 Diskontinuální způsob tavení.....	12
1.4.2 Kontinuální způsob tavení	12
1.4.3 Balení a chlazení	12
1.5 KONZISTENCE TAVENÝCH SÝRŮ A JEJICH ANALOGŮ.....	13
2 HYDROKOLOIDY	14
2.1 POUŽITÍ HYDROKOLOIDŮ V POTRAVINÁŘSTVÍ	14
2.2 KARAGENANY.....	15
2.2.1 Kappa – karagenan.....	15
2.2.2 Iota – karagenan	16
2.2.3 Lambda – karagenan	17
II. PRAKTICKÁ ČÁST	18
3 CÍL PRÁCE	19
4 METODIKA	20
4.1 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ	20
4.2 STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY	20
4.3 STANOVENÍ HODNOTY PH	21
4.4 DYNAMICKÁ OSCILAČNÍ REOMETRIE	21
4.5 TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA.....	22
5 VÝSLEDKY A DISKUZE	23
5.1 VÝSLEDKY STANOVENÍ SUŠINY A PH	23

5.1.1	Vzorky řady I	23
5.1.2	Vzorky řady II	24
5.2	VÝSLEDKY DYNAMICKÉ OSCILAČNÍ REOMETRIE.....	25
5.2.1	Vzorky řady I	25
5.2.2	Vzorky řady II	27
5.3	VÝSLEDKY TEXTURNÍ PROFILOVÉ ANALÝZY	28
5.3.1	Vzorky řady I	28
5.3.2	Vzorky řady II	29
5.4	SOUHRNÁ DISKUZE	30
ZÁVĚR		32
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		33
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		37
SEZNAM OBRÁZKŮ		38
SEZNAM GRAFŮ		39

ÚVOD

V poslední době se na trhu objevují výrobky označované jako imitace tavených sýrů nebo také analogy tavených sýrů. Jsou to výrobky vyráběné náhradou tradičních mléčných surovin převážně rostlinnými bílkovinami či tuky. Hlavním cílem výroby těchto produktů je snaha snížit náklady na prvotní suroviny. Přídavek rostlinných tuků je také žádoucí z hlediska výživového, protože obsahují nižší obsah cholesterolu a mají vyšší obsah poly-
nenasycených mastných kyselin.

Snahou výrobců je zdokonalit výrobu analogů tavených sýrů a chuťově je přiblížit spotřebitelům s možností zlepšit jejich nutriční složky. Tyto výrobky mají pak využití například při výrobě pizzy, různých sýrových omáček, ale jsou také vhodné do sendvičů, polotovarů či hotových pokrmů.

V teoretické části práce je popsána charakteristika, jednotlivé suroviny a technologie výroby analogů tavených sýrů. Dále jsou zde charakterizovány hydrokoloidy, zejména kagenany, které jsou v dnešní době často využívány. V praktické části jsou charakterizovány používané analýzy, zvláště pak dynamická oscilační reometrie.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ANALOGY TAVENÝCH SÝRŮ

1.1 Charakteristika

Termínem analogy tavených sýrů mohou být označovány náhražky nebo také imitace sýrů. Jsou to produkty vyráběné smísením jednotlivých složek zahrnujících použití mléčných či nemléčných surovin, tavicích soli, látek dotvářejících chuť finálního výrobku aj. Mléčná složka bývá nahrazena zcela nebo jen částečně rostlinnými bílkovinami, tuky nebo oleji. Hlavní výhodou jejich použití je především díky vyššímu obsahu polynenasycených mastných kyselin a nižší obsah cholesterolu [1, 2, 3].

Cílem výroby analogů tavených sýrů je rozšířit nabídku těchto výrobků a snížit celkové náklady na jejich výrobu. Tyto výrobky jsou výsledkem vývoje technologie výroby a poptávky na trhu avšak mohou se prodávat pouze za podmínek, které jsou stanoveny jak zákony České Republiky, tak i evropskými předpisy. Jakmile tato potravina obsahuje rostlinné tuky neměla by obsahovat samostatný název „sýr“. Na obale musí být vyznačen název a všechny přítomné rostlinné tuky. Nejčastěji bývají analogy označovány názvem „tavený výrobek“ nebo „tavený ...“ [2, 3]. Pojem „analog“ tavených sýrů Česká legislativa prozatím nezná. Pouze ve vyhlášce Ministerstva zdravotnictví ČR č. 4/2008 Sb., v platném znění, je uvedeno nejvyšší povolené množství fosforečnanů do tavených sýrů a jejich analogů [20]. Jejich obliba roste zejména v zahraničí. Své uplatnění nachází především v kuchyních a provozovnách fast – food [1, 2, 3].

Technologie výroby analogů tavených sýrů je obdobná technologii výroby tavených sýrů [2]. Tavené sýry se vyrábí přepracováním přírodních sýrů v různém stupni zralosti. Tavení je proces, při kterém se přírodní sýry rozemelou a smíchají se s dalšími surovinami jako jsou tuky, pitná voda, tavicí soli, jejichž množství je definováno vyhláškou 77/2003 Sb. v platném znění, kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje [2, 33]. Přírodní sýr však nesmí být při drcení příliš namáhán tlakem, aby nedocházelo k oddělování tuku [26].

1.2 Suroviny

K výrobě tavených sýrů se používají kromě kvalitních přírodních sýrů také sýry s možným mechanickým poškozením a konzistenční nestabilitou, vadami tvaru a vzhledu.

Neměly by se používat sýry s jinými vadami jako jsou například vady mikrobiologické. Pokud surovina obsahuje sporulující bakterie nebo plísně může následně dojít k narušení zdravotní nezávadnosti finálního výrobku. Teploty při tavení nejsou dostačující ke zničení spor a mohou přežít některé enzymy způsobující následný rozklad. Jsou to bakteriální enzymy pocházející většinou s kontaminující mikroflóry, především termorezistentní proteázy a lipázy psychrotrofních mikroorganismů [5]. Pokud ale využíváme vyšších teplot mohou být inaktivovány téměř všechny spóry a prakticky veškeré enzymy [2, 4].

Základní suroviny se často nahrazují různými mléčnými koncentráty, mezi které se řadí sušená syrovátka, sušené odstředěné mléko, sušené podmásli. Dále pak ze surovin nemlékárenského původu jsou to nativní a modifikované škroby a další polysacharidy [2, 7]. Z mléčných bílkovin jsou používány především kazeiny a kazeináty. Ty jsou hojně používány v potravinářství díky svým specifickým vlastnostem jako jsou například rozpustnost, tepelná stabilita, povrchové aktivní vlastnosti, želírovací, koagulační aj. V široké míře se přidává jako přísada k obohacení bílkovinami a ke zlepšení sensorických vlastností mléčných výrobků a řady imitací mléčných výrobků jako jsou námi jmenované analogy sýrů [19]. Z rostlinných surovin pak mohou být používány např. sojové mléko a sojové bílkoviny, které se přidávají především s cílem snížit náklady na mléčné bílkoviny [1].

Dále se je možné přidávat tvaroh, který se do tavených sýrů přidává pro zvýšení obsahu tukuprosté sušiny. Přidává se také do směsí velmi zralých přírodních sýrů za účelem zvýšení obsahu kaseinu, u kterého ještě nenastaly hydrolyzační procesy např. proteolýza [2]. Obsah kaseinu během zrání klesá, což má vliv například na konzistenci vysokotučných sýrů. Na výrobu roztíratelného taveného sýra by měla surovina obsahovat asi 60–80 % kaseinu a na výrobu tužšího elastického taveného sýra asi 70–90 % kaseinu [25]. To má vliv na stabilitu struktury taveného sýra a na jeho konzistenci [2]. Legislativa definuje tvaroh jako nezrající sýr získaný kyselým srážením, které převládá nad srážením pomocí syřidla. Vyrábí se z pasterovaného plnotučného, částečně odstředěného nebo odstředěného mléka klasickým nebo odstředivkovým způsobem. Mléko se sráží zaočkováním 0,5 – 1 % mezofilního zákysu s malým přídatkem syřidla. Při klasickém způsobu se tvarohovina napouští do pytlů (tvarožníků), které se překládají až do požadované sušiny. Při odstředivkovém způsobu se používá nižší pasterační teplota a sraženina se odděluje na odstředivce [5, 7].

Máslo nebo smetana se přidává do tavených sýrů pro úpravu obsahu tuku, smetana také zajišťuje plnější chuť [2]. Máslo je emulze mléčné plazmy v mléčném tuku. Označení

máslo může nést výrobek, který obsahuje 82 % tuku. Maximální povolený obsah vody je 16-18 %. [10]. Z rostlinných tuků je to např. tuk palmový nebo kokosový, které mají z výživového hlediska vyšší obsah polynenasycených mastných kyselin. Z olejů může být použit slunečnicový nebo lněný [1].

Přídavkem pitné vody se reguluje obsah sušiny. Při výpočtu přidávaného množství vody je nutné zohlednit i množství vody v podobě páry, která se používá při tavení a následně zkondenzuje ve vodu. Používaná pitná voda musí být zdravotně nezávadná [2].

Dále je možné použít přísady ovlivňující chuť a barvu jako například výrobky masného průmyslu (šunka, klobása), zelenina (kapie, česnek, cibule, pažitka), houby (hlíva ústříčná, žampiony), koření. Zpracovávají se současně s taveným sýrem, nebo samostatně a kombinují se až s hotovým taveným sýrem [2, 4, 7].

1.3 Tavicí soli

Tavicí soli jsou obvykle slabě alkalické s jednomocným kationtem a vícemocným aniontem. Jako tavicí soli jsou obvykle používány soli sodné či draselné, kyseliny citronové, fosforečné, difosforečné nebo polyfosforečné. Nejčastěji jsou to soli fosforečné. Citrátové soli jsou soli odvozené od trikarboxylové kyseliny citronové. Využívány jsou především citrátové soli trojsodné. Monosodné a disodné citrátové soli zapříčiní silné okyselení směsi a vzniká tak nestabilní emulze snadno uvolňující vodu. Používají se především ve směsích s jinými tavicími solemi pro výrobu tavených sýrů s tužší lomivou konzistencí, protože mají menší schopnost výměny Ca^{2+} iontů, posouvají pH a ovlivňují chuť. Fosforečnany se používají pro výrobu tavených sýrů roztíratelných. Váží větší množství vápníku, podporují tvorbu gelu. Jsou to soli odvozené od kyseliny trihydrogenfosforečné. Používají se sodné soli fosforečnanů schopné na sebe vázat monovalentní i polyvalentní kationty kovů, ovlivňují tvorbu gelu a zvyšují vaznost vody. Největší schopnost tvorby gelu mají difosforečnany a trifosforečnany. Je možné využívat i draselné soli fosforečnanů, ale ne při výrobě tavených sýrů, protože mohou způsobit hořkou příchut'. Tavicí soli používáme ve směsi v maximální dávce 3,5 %. U polyfosfátů jsou to jen 3 %, což je ovlivněno požadovanou texturou finálního výrobku. Dodávané tavicí soli jsou obvykle ve směsích několika chemických látek, jejichž přesné složení a mísicí poměry jsou předmětem obchodního tajemství. Obvykle jsou udávány pouze informace o účinnosti v oblasti výměny vápenatých iontů za sodné, krémování a úpravy pH [2, 4, 5, 7, 8]. Je důležité, aby byla při výrobě

k dispozici široká škála solí s různým pH, které je možné si operativně upravovat podle surovin a požadovaných vlastností finálního výrobku [25].

V literatuře se objevují pokusy vyrobit tavený sýr bez použití tavicích solí, ale uspokojivá byla pouze jejich částečná náhrada. V práci Černíková *et al.* byla zkoumána náhrada tavicích solí aplikací pektinu a želírujících karagenanů (κ - a ι - karagenany). V případě pektinu nedochází k tvorbě homogenního výrobku, ale v případě karagenanů lze získat makroskopicky i mikroskopicky homogenní produkt. [2, 22, 27].

1.4 Výroba

Tavení sýrů zahrnuje několik technologických etap. Některé z těchto etap zahrnují více úkonů (příprava směsi na tavení, určení a přidavek tavicích solí, tavení připravené směsi) [25]. Prvním krokem je pečlivé vyřídění podle výrobních partií, kvality a stupně prozrání přírodních sýrů. V praxi se obvykle kombinují zralejší přírodní sýry s méně prozralými. Před tavením se musí odstranit obaly, vosky a zrací fólie. Dále je nutné sýry umýt a oškrabat od případných mazů a nečistot. Velké kusy přírodních sýrů jsou rozkrájeny na menší kusy, ty se dále krájí, drtí, melou a putují do tzv. tavicího kotle, který má víko vybavené míchadlem, jehož otáčky lze stupňovitě měnit. Tvar a otáčky mají vliv na účinnost promísení taveniny a též na konzistenci výrobku. Většina tavicích kotlů je vybavená vysokootáčkovými mixovacími noži [2, 9, 26]. Jejich výhodou je, že surovina nemusí být tak dokonale rozemletá [4]. Podle receptury se přidávají i další mlékařenské a ochucující suroviny. Některé používané ochucující suroviny se musí tepelně ošetřit. Součástí vsádky je i pitná voda a tavicí soli [4, 7].

Během tavení dochází k poruchám rovnováhy mezi vysráženými bílkovinami, uvolněným tukem a případnou vodou. Přidávané tavicí soli rychle rozpouštějí bílkoviny a zabraňují jejich srážení. Toho je docíleno výměnou Ca^{2+} iontů za Na^+ nebo K^+ ionty. Nejčastěji dochází k výměně kationtu Ca^{2+} ve formě nerozpustného parakazeinanu vápenatého za ionty sodíku a dochází k přeměně na rozpustnější parakazeinan sodný [22]. Dále emulgují mléčný tuk, aby se jemně rozptýlil do celé hmoty a ze sýra se neuvolňoval, upravují pH. Optimální pH roztíratelného taveného sýra je 5,6 - 5,9 a pro krájitelné 5,4 - 5,6. Mezi pevností taveného sýra a jeho pH je nepřímý vztah. Při vysoké hodnotě pH se při tavení rychleji rozkládá bílkovina a sýr má tak sklon k překrémování. Čím je hodnota pH

vyšší, tím je jeho pevnost nižší. Odchyly od těchto hodnot ovlivňují konzistenci, chuť i trvanlivost finálního výrobku [5, 7, 8, 25].

Analogy tavených sýrů lze vyrábět dvěma způsoby. A to diskontinuálním nebo kontinuálním způsobem. Způsob diskontinuální je všeobecně rozšířenější [2].

1.4.1 Diskontinuální způsob tavení

Diskontinuální způsob probíhá za intenzivního míchání, které je nutné ke správnému zhomogenizování hmoty. Průběh tavení se rozděluje do tří fází. První fáze je fáze ohřevu, kdy přímým vstřikem páry se ohřeje meziplášť během 2–3 minut na teplotu 60-65 °C. Během druhé fáze probíhá v tavicím kotli vlastní tavení za sníženého tlaku a stálého míchání při teplotě 85-95 °C po dobu 3-5 minut. Tavení za vakua umožňuje odstranit s taveniny nepříjemné aromatické látky a vzduchové bubliny [26]. Poslední fází je fáze míchání, kdy se začíná tvořit konzistence. Celková doba tavení je 10-15 minut [4, 7].

1.4.2 Kontinuální způsob tavení

Druhým typem tavení sýrů je typ kontinuální, který je také novější. Tavení probíhá za vyšších teplot okolo 135-145 °C po dobu 2-3 s v tenké vrstvě. Vyšší teploty zajistí usmrcení nežádoucí mikroflóry, jenž může být přítomna v přírodních vyzrálých sýrech. Tím dosáhneme mnohem lepší sterilizace a ještě delší trvanlivosti finálního výrobku [4, 7]. Vzniklá tavenina by měla být hladká, lesklá, neměla by uvolňovat kapénky tuku, musí mít požadovanou viskozitu, nesmí se „trhat“ ani lepit na obal. Potřebné konzistence dosáhneme vhodnou teplotou tavení a potřebným časem při této teplotě [9].

1.4.3 Balení a chlazení

Roztavená směs se čerpá do balicího stroje, kde se provádí vlastní balení do hliníkové fólie, termoplastických impregnovaných fólií, tub a plastových vaniček. Teplota při balení by neměla klesnout pod 65-70 °C z důvodu zachování správné konzistence. U kontinuálního způsobu je nutné zajistit aseptické balení, aby byla zachována správná sterilita výrobku. Po nadávkování do obalu se výrobek zchladí v chladícím tunelu a skladuje při teplotě 4-8 °C [2, 4, 7].

1.5 Konzistence tavených sýrů a jejich analogů

Konzistence tavených sýrů je rozmanitá. Základem je, aby byla stejnorodá, kompaktní a hladká. Nesmí být krupičkovitá nebo písčítá. Tuhost může být rozdílná od pevné až po tekutou přes lomivou, krémovou, roztíratelnou. Podle obsahu tuku a sušiny se udává míra tuhosti. Konzistence je ovlivňována technologií výroby, použitými surovinami, složením tavicích solí, způsobem tavení i délkou a podmínkami při skladování [2, 4, 9].

Aby se dosáhlo požadované konzistence musí být mezi bílkovinou, tukem a tavicími solemi určitý poměr. Přídavek malého množství vody může mít za následek vylučování tuku. Intenzitu tavení však může zlepšit dostatečný přídavek teplé vody a vytvořit tak požadovanou krémovou konzistenci [25].

Délka chlazení má také podstatný vliv na tuhost a roztíratelnost finálního výrobku. Při dlouhodobém chlazení na skladovací teplotu má výrobek tužší konzistenci a je hůře roztíratelný. Při pomalém chlazení mohou kazeinové části lépe zaujmout stabilní polohu. Může se zvýšit i intenzita a průběh Maillardových reakcí a podpořit růst sporotvorných bakterií [2, 21, 25]. Prudké ochlazení vede ke snížení komplexního modulu a meze kluzu a navíc ke snížení tvrdosti, přilnavosti. Rychlé chlazení se doporučuje při výrobě roztíratelných tavených sýrů [21].

2 HYDROKOLOIDY

Hydrokoloidy jsou biopolymery s vysokou molekulovou hmotností v řádech stovek až tisíců jednodušších molekul [12]. Přídavek těchto přídavných látek do surovinové směsi je mnohdy nutné právě při realizaci náhrad tradičních surovin. Jsou obvykle sacharidické nebo proteinové povahy [2, 11]. Hojně využívané hydrokoloidy na bázi polysacharidů jsou škroby, celulóza, karagenany, algináty či rostlinné gummy. Za typický bílkovinný hydrokoloid lze považovat želatinu, kasein a jeho soli, sérové bílkoviny, vaječné bílkoviny apod. [2, 12].

Hydrokoloidy mohou být extrahovány z rostlin, mořských řas nebo ze zvířecího kolagenu. Některé z nich jsou navíc produkovány mikrobiální syntézou. Extrakty rostlinných zdrojů jsou např. lokustová a guarová guma, která se získává z endospermu semen. Pektinové látky získávané z buněčných stěn a vyšších rostlin. Tyto látky mají výrazný vliv na texturu, protože jejich buňky mají schopnost vázat velké množství vody. Podobnými vlastnostmi se vyznačují také karagenany a algináty, jenž jsou získávané z červených a hnědých mořských řas. Z živočišných materiálů může být extrahována také želatina, která podporuje mechanické vlastnosti kostí, kůže a tkání pletiv. Xanthanová guma je metabolizována z bakterií. V přírodě tyto hydrokoloidy zajišťují mikroorganismům hydrataci a připojují je k sobě, aby je použili pro svoji podporu. To znamená, že tyto hydrokoloidy mají hlavní roli ve vázání vody, vytváření prostředí a přilnavosti. Jsou to vlastnosti důležité v moderních procesech výroby [11, 17].

Jejich hlavní využití můžeme nalézt především v potravinářském průmyslu, kde se přidávají do potravin samostatně nebo ve směsích. Mezi hydrokoloidy, které se nachází v potravinách patří např. škrob, lepek, celulóza, bílkoviny a kolagen. Dále pak hydrokoloidy, které se musí do potravin přidávat pro zajištění pevné struktury a stability jsou pektiny, rostlinné gummy, karagenany, modifikované škroby a další [2, 12]. Tyto látky vykazují vysokou vaznost vody a schopnost ovlivnit strukturu a stabilitu potravinářských gelů. Řada z nich je schopna vytvářet trojrozměrné struktury, tzv. gely [2].

2.1 Použití hydrokoloidů v potravinářství

V oblasti mlékárenství patří hydrokoloidy k neodmyslitelným součástem skladeb řady výrobků. Využívají se např. při výrobě jogurtů, kde zamezují uvolnění syrovátky

při skladování, dále pak při výrobě tvarohových krémů, dezertů a pudinků. V neposlední řadě našly hydrokoloidy své uplatnění při výrobě tavených sýrů a analogů tavených sýrů. Jejich přídavkem se upraví konzistence, zlepší se vaznost vody a v neposlední řadě se zabrání lepení výrobku na hliníkové obaly [2].

Součástí mnoha potravinářských výrobků jsou škroby. Používají se jako zahušťovadla k přípravě polévek, omáček, emulgátorů, k přípravě majonéz, pojidla do masných výrobků, nosiče do prášků do pečiva. Mezi významně hydrokoloidy používané v potravinářství patří např. lokustová guma, která slouží jako zahušťovadlo mléčných výrobků, náplní mražených potravin a pekařských výrobků.

2.2 Karagenany

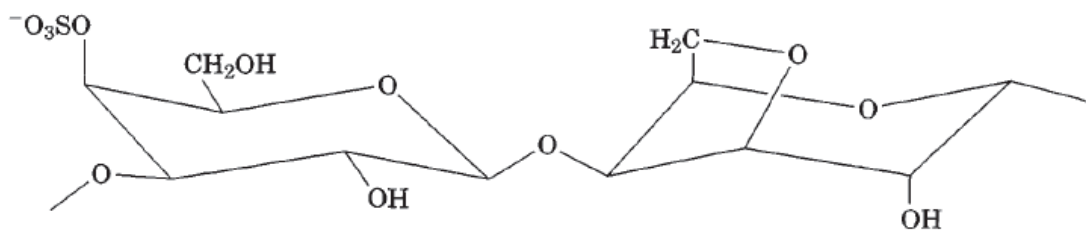
Karagenany jsou přírodní vysokomolekulární polysacharidy získané z červených mořských řas čeledi *Rhodophyceae*, především z rodů *Chondrus crispus* a *Gigartina stellata*. Označují se kódem E-407 [13, 14, 15]. Používají se jako zahušťovadla, stabilizátory a emulgátory v různých potravinách, včetně mléčných nápojů, tavených sýrů, zmrzlin, dezertů a jiných mlékárenských výrobků [14]. V posledních letech našly své uplatnění také jako pomocná látka v některých léčích [15]. Základní strukturu tvoří disacharid karabióza složený ze stavebních jednotek β -D-galaktopyranózy a 3,6-anhydro- α -D-galaktopyranózy spojených vazbou β -(1-4). V karagenanu jsou karabiózy spojeny především vazbou α -(1-3). Jednotlivé frakce se liší stavební jednotkou, počtem a polohou sulfátových skupin [2, 16]. Za nejvýznamnější jsou v potravinářství považovány κ -, ι -, a λ -karagenany. Kromě své struktury se mohou rozdělovat podle typu rozpustnosti a schopnosti tvořit gel [14]. Schopnost vytvářet gely podmiňuje u karagenanů tvorba helixů. Tvorba gelu probíhá ve dvou fázích. V první fázi vzniká šroubovice. Ty následně ve druhé fázi agregují a vytvářejí trojrozměrnou síť. To však neplatí u λ -karagenanu [2].

2.2.1 Kappa – karagenan

κ -karagenan má pouze jednu sulfátovou skupinu na dvou galaktózových jednotkách a je schopen produkovat obvykle pevné a křehké gely. Síla gelů závisí na přítomnosti kationtů neutralizujících záporně nabitě sulfátové skupiny. Úplně rozpustný je v horké vodě

nebo v mléce při teplotě 60-70 °C. Při vyšší koncentraci soli vyžaduje vyšší teplotu. Gel se vytváří během chlazení [2, 11].

Draselné ionty κ - karagenanu mají schopnost tvořit gel již při nízkých koncentracích. V důsledku malé hydratace se může adsorbovat na šroubovici a částečně tak neutralizovat sulfátové skupiny. Šroubovice se spojuje a vytváří agregáty, silný a křehký gel. Sílu gelu ovlivňuje přítomnost kationů neutralizujících záporně nabitě sulfátové skupiny [2]. Ion sodíku je větší než iont draslíku což znamená, že nemá schopnost se adsorbovat na šroubovici. To způsobuje zpevňování až při velmi vysokých koncentracích, které však obvykle nejsou v potravinářství využívány. Ionty vápníku působí jako most mezi dvěma sulfátovými skupinami ze dvou různých šroubovic a vytváří tak překřížené spojení. Nízká koncentrace vápníku zvyšuje pevnost gelu. Naopak vyšší koncentrace má opačný účinek [16, 17].

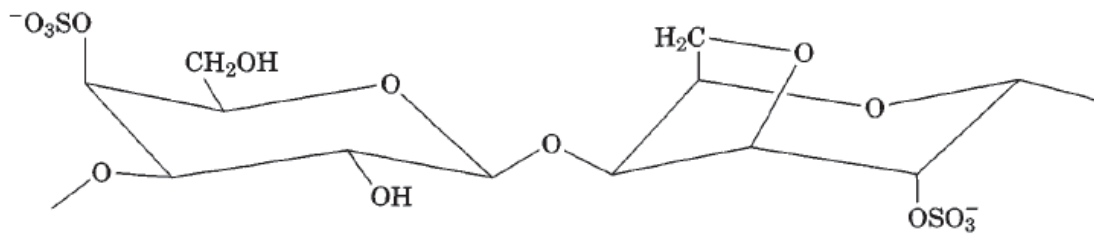


Obrázek 1: κ - karagenan[16]

2.2.2 Iota – karagenan

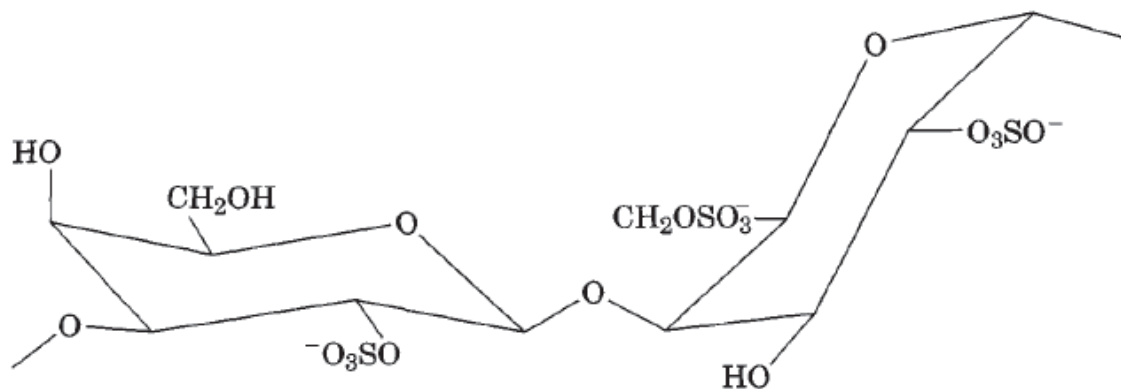
ι - karagenan ukazuje přechod mezi κ a λ - karagenany. ι - karagenan má dvě sulfátové skupiny a produkuje slabší gely než κ - karagenan. Jsou především pružné a soudržné. Jejich síla závisí stejně jako u κ - karagenanu na přítomnosti kationů neutralizujících záporně nabitě sulfátové skupiny. Rozpustný je v horké vodě a v mléčných systémech při teplotě okolo 55 °C. Za studena je jen částečně rozpustný [2, 11].

Síť ι - karagenanu se skládá z posloupnosti dvojité šroubovice a spojených částí volného řetězce, která tvoří transparentní pružný gel. Toto volné propojení sítě se snadno mechanicky rozbíjí, ale tento děj je vratný. To znamená, že může snadno přejít ze stavu „sol“ zpět na „gel“. Tato vlastnost se nazývá tixotropie. Tento způsob se využívá v některých případech jako je plnění mléčných výrobků za studena [17].

Obrázek 2: ι – karagenan [16]

2.2.3 Lambda – karagenan

λ – karagenan je v základní struktuře 3,6-anhydro- α -D-galaktopyranóza, jenž je nahrazena α -D-galaktopyranózou a nese tři sulfátové skupiny. λ – karagenan netvoří šroubovici, ale nachází se díky poloze a počtu sulfátových skupin v tzv. cik-cak konformaci. [2] Nemá schopnost tvořit gel a proto se v praxi obvykle využívá ve směsi s dalšími hydrokoloidy. Nejčastěji je používán ve šlehačkách, instantních snídaňových nápojích, mléčných koktejlech atd. [2, 11, 16].

Obrázek 3: λ – karagenan [16]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem bakalářské práce bylo sledovat vliv přídavku karagenanu na reologické vlastnosti v průběhu chlazení. Práce byla rozdělena na dvě základní části.

I. Teoretická část

- Charakterizujte analogy tavených sýrů, jejich suroviny a hlavní princip výroby.
- Zpracujte literární rešerši na téma hydrokoloidy se zaměřením na karagenany.
- Popište použití hydrokoloidů v potravinářství.

II. Praktická část

- Realizujte laboratorní výrobu modelových vzorků analogů tavených sýrů se 40 % hmot. sušiny a 50 % hmot. tuku v sušině.
- U vzorků proveďte stanovení obsahu sušiny a pH.
- Vyrobené vzorky zhodnoťte pomocí dynamické oscilační reometrie.
- Zpracujte výsledky a zformulujte závěry.

4 METODIKA

4.1 Výroba modelových vzorků

V rámci této práce byly vyrobeny analogy tavených sýrů s obsahem sušiny 30 % w/w (vzorky řady II), 40 % w/w (vzorky řady I) a 50 % w/w tuku v sušině. Modelové vzorky analogů tavených sýrů byly vyrobeny v tavicím zařízení Vorwerk Thermomix TM 21 (Vorwerk & Co. Thermomix; GmbH, Wuppertal, Německo). K výrobě byly použity tyto suroviny: rennet kasein, označovaný také jako sladký kasein, máslo s 82 % w/w tuku, 2,5 % tavicích soli, deionizovaná voda. Rennet kasein byl společně s částí vody vložen do tavicího kotle a po dobu jedné minuty hydratován. Následně bylo přidáno máslo nakrájené na kousky, tavicí soli a zbytek deionizované vody. V případě vzorků řady I (40 % w/w sušiny a 50 % w/w tuku v sušině) byl přidán κ -karagenan v koncentraci 0,25 % w/w a 0,50 % w/w. V druhé řadě vzorků byl přidán κ -karagenan v koncentraci 0,50 % w/w a 1 % w/w. Po přidání všech složek byl zvýšen počet otáček a vzorek zahříván na teplotu tavení 90°C. Doba výdrže tavicí teploty byla 1 minutu. Celková doba tavení je 10 - 12 minut. Část taveniny byla odebrána na dynamickou oscilační reometrii a zbytek taveniny byl za horka nalit do polypropylenových kelímků o výšce 50 mm a průměru 52 mm a následně uzavřena přivařitelným hliníkovým víčkem. Pro obě řady vzorků byla vyrobena také kontrola bez přísad karagenanu. Výrobky byly ochlazeny a skladovány při teplotě $6 \pm 2^\circ\text{C}$.

4.2 Stanovení obsahu sušiny

Obsah sušiny a vody je základní charakteristickou hodnotou. Sušina je zbytek navážky vzorku získaný vysušením v sušárně při přesně určené tzv. konstantní teplotě za podmínek metody. Vzorek po důkladném rozmíchání s mořským pískem byl vložen do sušárny a sušen při teplotě $105^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ do konstantního úbytku hmotnosti, dokud rozdíl mezi dvěma posledními váženími není nižší než 1 mg. Výsledek se uvádí v hmotnostních procentech [23, 24]. Obsah sušiny v % w/w byl vypočítán podle vzorce:

Obsah vody:

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

W... obsah vody v % w/w

m1 ... hmotnost vysoušecí misky s pískem [g]

m2 ... hmotnost vysoušecí misky s pískem a sýrem [g]

m3 ... hmotnost po vysušení [g]

Obsah sušiny:

$$S = 100 - W$$

S ... obsah sušiny v % w/w

Pro stanovení obsahu sušiny byly vybrány reprezentativní vzorky z každé řady a analýzy byly provedeny 7. a 14. den po výrobě.

4.3 Stanovení hodnoty pH

Hodnota pH u jednotlivých vzorků analogů tavených sýrů byla stanovena pomocí vpichového pH-metru (pH sper, Eutech Instruments, Lakton, Malajsie). Hodnota pH všech vzorků byla měřena 7. a 14. den po výrobě. Každý vzorek byl měřen třikrát.

4.4 Dynamická oscilační reometrie

Byla provedena dynamická oscilační reometrie pomocí přístroje Bohlin Gemini (Malvern Instruments, Velká Británie). Dynamická oscilační reometrie je zaměřena na zjišťování síly gelu během chlazení.

Pro experiment byla použita geometrie válec-válec. Hned po utavení byl vzorek nalit do válce vytemperovaného na 85 °C a byly sledovány parametry komplexního modulu pružnosti v závislosti na klesající teplotě. Výsledky byly zaznamenávány do grafu ve frekvenci chlazení 2 °C za minutu a oscilaci 1Hz za sekundu. Amplituda smykového napětí měla výchylku 1 %. Komplexní modul pružnosti (G^*) je vypočten ze sledovaných parametrů elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti podle vztahu [27]:

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

4.5 Texturní profilová analýza

Texturní profilovou analýzou pomocí analyzátoru TA-XTplus (Stable Micro Systems Ltd) byly měřeny texturní vlastnosti modelových vzorků analogů tavených sýrů. Texturní profilová analýza byla provedena dvěma po sobě jdoucími penetracemi. Rychlost měření pomocí cylindrické sondy o průměru 20 mm (P20) byla zvolena 2 mm/s a rychlost návratu sondy do původní pozice byla také 2 mm/s. Test pohybu ramene trval 2 mm/s. Měřicí síla odpovídala 5g. Sledována byla tvrdost, jako maximální síla při vtlačení sondy do hloubky 10 mm. Vzorky byly měřeny při teplotě 6 ± 1 °C. Sledované hodnoty tvrdosti byly vypočteny z profilů získaných pomocí softwaru Texture Exponent Lite (Stable Micro Systems Ltd). [20, 28]. Vzorky obou řad byly měřeny 7. a 14 den po výrobě a každý vzorek byl měřen třikrát.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

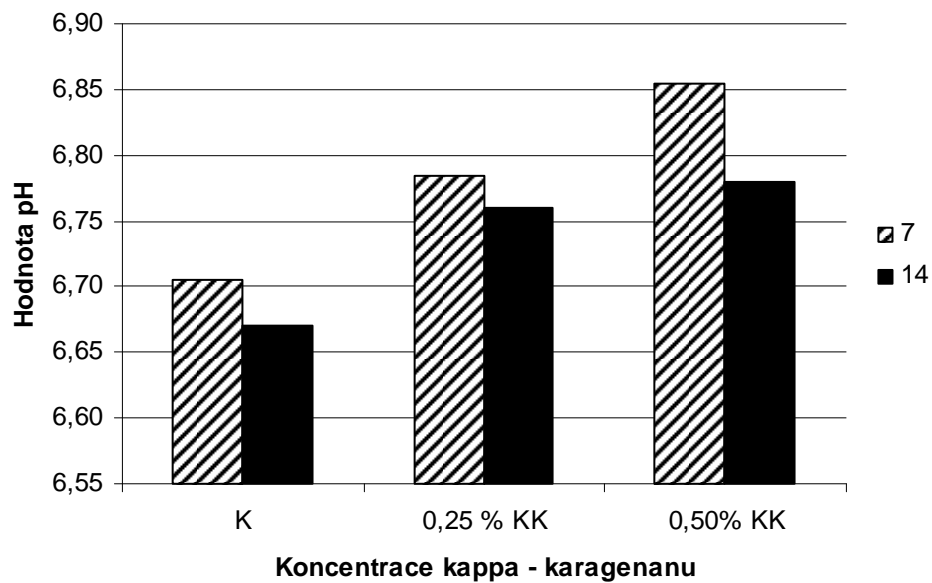
Vyrobené modelové vzorky analogů tavených sýru o obsahu sušiny 30 %, 40 % w/w a 50 % w/w tuku v sušině a přísadkou κ - karagenanu o koncentraci 0,25 %, 0,50 % a 1 % w/w byly podrobeny jednotlivým analýzám. Pro srovnání byl pro každé stanovení vyrobený i kontrolní vzorek bez přísadky karagenanu. Ke stanovení dynamické oscilační reometrie byly vzorky odebrány ihned po utavení při teplotě 85 °C. Stanovení obsahu sušiny a pH a texturní profilové analýzy bylo provedeno po 7 a 14 dnech skladování při teplotě 6 °C.

5.1 Výsledky stanovení sušiny a pH

5.1.1 Vzorky řady I

Stanovení obsahu sušiny potvrdilo požadovanou sušinu s minimálními odchylkami a lze tedy konstatovat, že tento parametr nemohl dále ovlivnit další analýzy. Průměrné hodnoty vzorků po sedmi dnech skladování se pohybovaly v rozmezí 39,80 – 40,73 % w/w sušiny a po čtrnácti dnech 39,78 – 41,06 % w/w sušiny.

V grafu 1 jsou znázorněny průměrné hodnoty pH jednotlivých vzorků řady I po sedmi a čtrnácti dnech skladování. Rostoucí koncentrace κ - karagenanu má na hodnotu pH rostoucí vliv. Kontrolní vzorek vykazuje hodnoty nejnižší a nejvyšší hodnoty vykazuje vzorek s koncentrací κ - karagenanu 0,50 % w/w. Dále pH ovlivňuje doba skladování. S delší dobou skladování se pH snižuje. To znamená, že má doba skladování na pH klesající vliv jak uvádí i Awad et al [33].



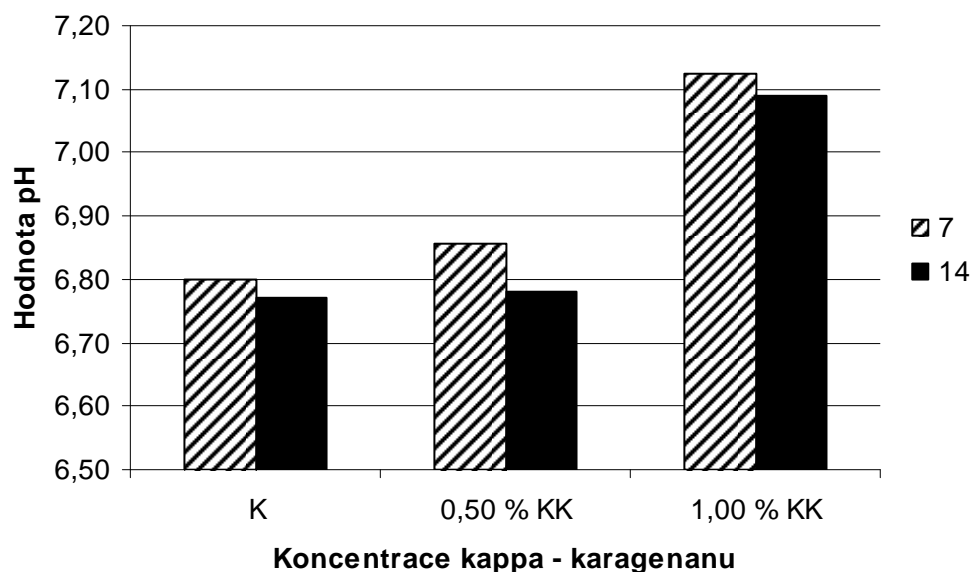
Graf 1: Přehled hodnot pH vzorků řady I v závislosti na koncentraci karagenanu a na době skladování

K – kontrolní vzorek bez aplikace karagenanu

5.1.2 Vzorky řady II

Hodnoty sušiny těchto vzorků také potvrdily požadovanou sušinu a ta byla v rozmezí 30,51 – 30,69 % w/w. Také po 14. dnech skladování se hodnoty významně nelišily od požadované sušiny. Z výsledků lze dále konstatovat, že hodnoty sušiny nebyly významně ovlivněny jak přidavkem karagenanu, tak ani dobou skladování.

Graf 2 potvrzuje, že rostoucí koncentrace κ - karagenanu má na pH rostoucí vliv. Přídavek κ - karagenanu o koncentraci 1,0 % w/w má na hodnotu pH největší vliv, dosahuje hodnoty až 7,13. I zde je viditelná klesající hodnota pH vlivem delší doby skladování. Hodnoty vzorků řady II jsou nepatrně vyšší než vzorky, protože na pH má vliv i sušina. S klesající sušinou roste množství vody a pH se tím zvyšuje Lee et al [35].



Graf 2: Přehled hodnot pH jednotlivých vzorků řady II v závislosti na přídatku karagenanu a na době skladování

K – kontrolní vzorek bez aplikace karagenanu

5.2 Výsledky dynamické oscilační reometrie

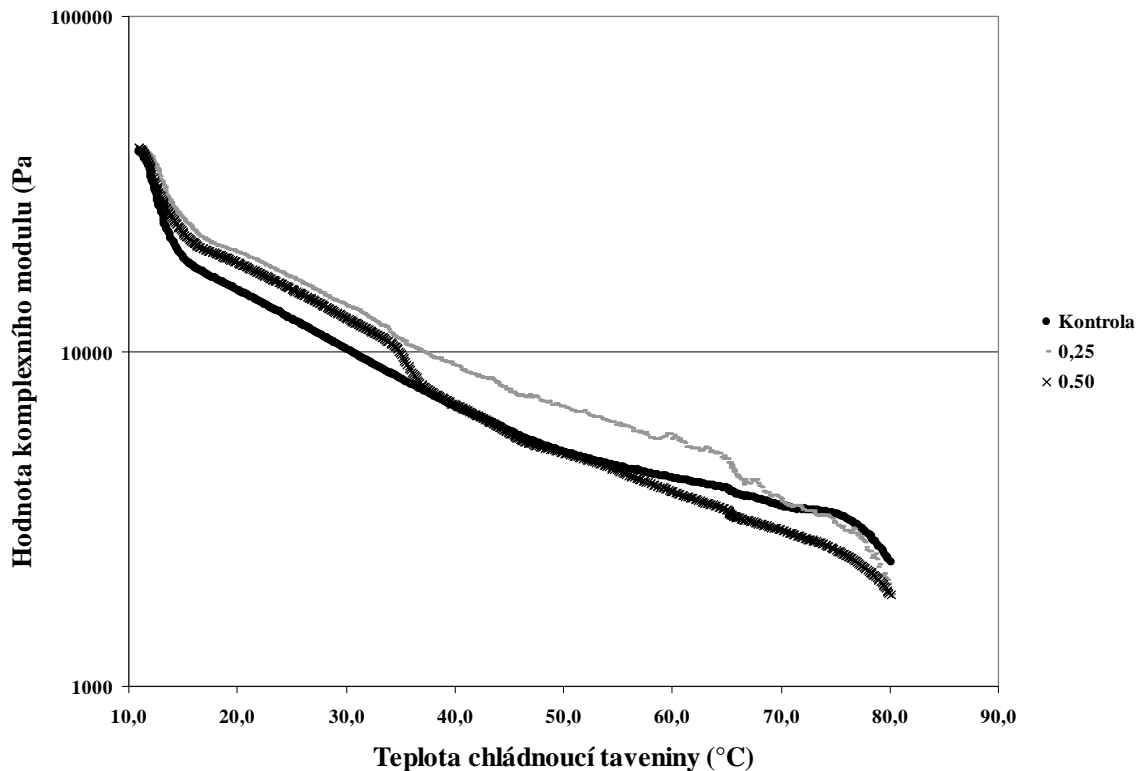
U vzorků řady I a II byla zjišťována síla gelu pomocí dynamické oscilační reometrie. U jednotlivých modelových vzorků odebraných ihned po utavení probíhalo sledování tvorby gelu během chlazení v závislosti na různém obsahu sušiny a různé koncentraci κ -karagenanu.

5.2.1 Vzorky řady I

Graf 1 prezentuje výsledky závislosti komplexního modulu pružnosti na klesající teplotě (85-6 °C) modelového vzorku analogu taveného sýra s obsahem sušiny 40 % w/w a tuku v sušině 50 % w/w. Příklad κ -karagenanu byl v tomto případě přidáván v koncentraci 0,25 a 0,50 % w/w. Pro možnost srovnání byl vyroben také vzorek bez aplikace karagenanu, který je označován jako kontrola.

Komplexní modul pružnosti (G^*) kontrolního vzorku vykazoval v průběhu chlazení velice pozvolný nárůst, který se mírně zvyšoval při teplotě okolo 12 – 10 °C. Vzorek s přídatkem κ -karagenanu 0,25 % w/w byl G^* na počátku sledování pozvolný, téměř shodný s kontrolním vzorkem především na začátku měření a v neposlední řadě, také

při ochlazení na finální teplotu. Lze tedy konstatovat, že s postupným chladnutím vzorku se vytvářel pevný gel. Při přidavku daného množství hydrokoloidu se neprojevil zvýšený nárůst komplexního modulu v průběhu chlazení. Hodnota komplexního modulu se zvyšovala průběžně v závislosti na snižující se teplotě.

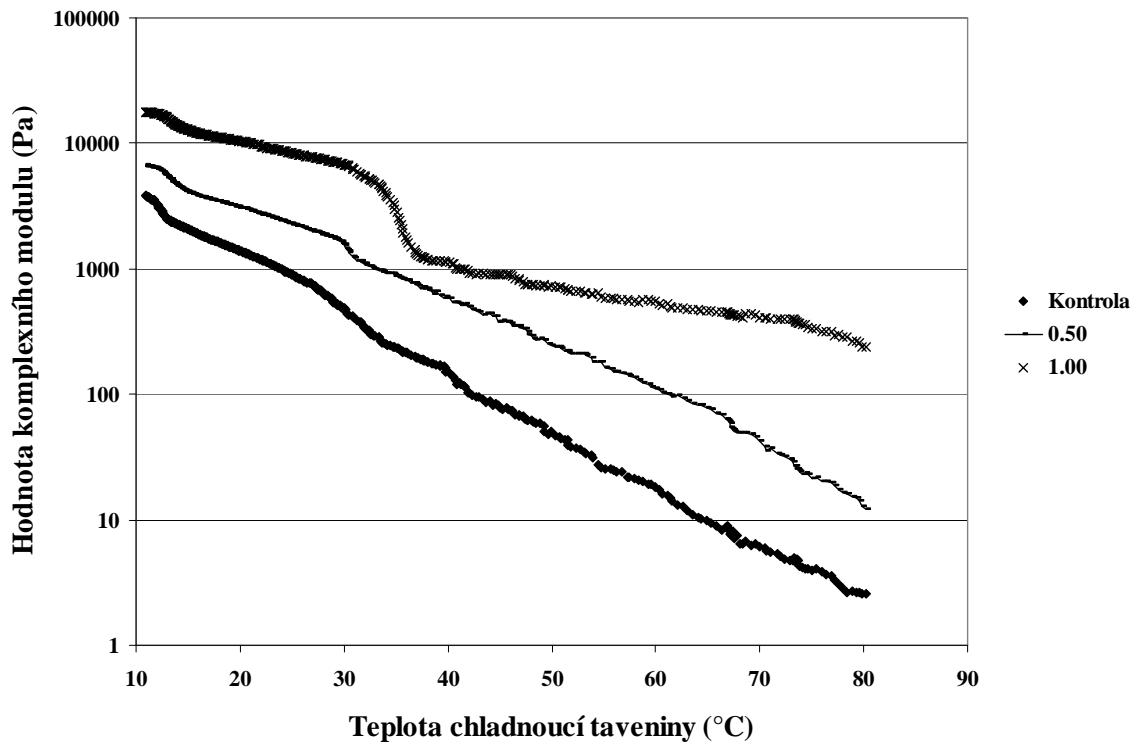


Graf 3: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na teplotě v průběhu chlazení u analogu taveného sýra s přidavkem KK o koncentraci 0,25 % a 0,50% w/w

Také vzorek s přidavkem 0,50 % w/w κ - karagenanu vykazoval zvyšující se G^* v závislosti na klesající teplotě. Komplexní modul se v průběhu chlazení z 85 °C do 55 °C pohyboval níže než u vzorku s přidavkem 0,25 % w/w. Což znamená, že vzorek byl od utavení a nalití do měřící geometrie měkčí než vzorek s nižším přidavkem karagenanu. Při dalším chlazením docházelo opět k pozvolnému nárůstu komplexního modulu a nejvyšší nárůst G^* byl zjištěn při teplotě okolo 35 °C. Můžeme tedy konstatovat, že s vyšší koncentrací karagenanu roste i komplexní modul pružnosti v závislosti na chlazení vzorku.

5.2.2 Vzorky řady II

Vzorky této řady byly vyrobeny s obsahem sušiny 30 % a 50 % w/w tuku v sušině a pří-
davkem κ -karagenanu o koncentraci 0,50 % a 1,0 % w/w.



Graf 3: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na teplotě v průběhu chlazení u analogu taveného sýra s přidavkem KK o koncentraci 0,50 % a 1,0 % w/w

Z uvedených výsledků vyplývá, že u jednotlivých vzorků se síla gelu vzájemně liší. Při počáteční teplotě měření (85 $^{\circ}\text{C}$) u kontrolního vzorku bez aplikace karagenanu byl zjištěn nejnižší komplexní modul pružnosti. Při pokračujícím chlazení tohoto vzorku se zvyšoval komplexní modul pružnosti v závislosti na chlazení postupně až do konečné teploty chlazení 6 $^{\circ}\text{C}$.

Vzorek, který obsahoval přidavek 0,50 % w/w κ -karagenanu vykazoval vyšší hodnoty G^* ve srovnání s kontrolním vzorkem. Komplexní modul pružnosti se zvyšoval pozvolna s postupným chlazením vzorku až do teploty okolo 30 $^{\circ}\text{C}$, kde došlo k mírnému zvýšení G^* . Tyto výsledky ukazují, že vzorek s přidavkem karagenanu byl tužší než kontrolní vzorek po celou dobu měření.

V případě vzorku s aplikací 1,0 % w/w κ -karagenanu byla pozorována nejvyšší hodnota G^* hned na počátku měření od nalití do měřicí geometrie. Hodnoty komplexního modulu pružnosti byly téměř stonásobné hned na počátku měření ve srovnání s kontrolním vzorkem. Dalším postupným chlazením byl nárůst G^* velmi pozvolný, do teploty 37 °C. Poté došlo k výraznému, v podstatě pětinasobnému, nárůstu hodnot G^* , který trval do teploty 30 °C. při pokračujícím chlazení následoval opět pozvolný nárůst komplexního modulu pružnosti. Bez ohledu na počáteční konzistenci, hned po utavení, vzorků lze konstatovat, že po zchlazení na 6 °C vykazoval vzorek s přídatkem 1 % κ -karagenanu nejvyšší hodnotu G^* .

5.3 Výsledky texturní profilové analýzy

Obsah sušiny či obsah tuku v sušině významně ovlivňují texturní a reologické vlastnosti tavených sýrů [29]. Lucey et al. [30] definoval tavený sýr jako viskoelastický materiál, jehož reologické vlastnosti do jisté míry ovlivňuje teplota a doba skladování.

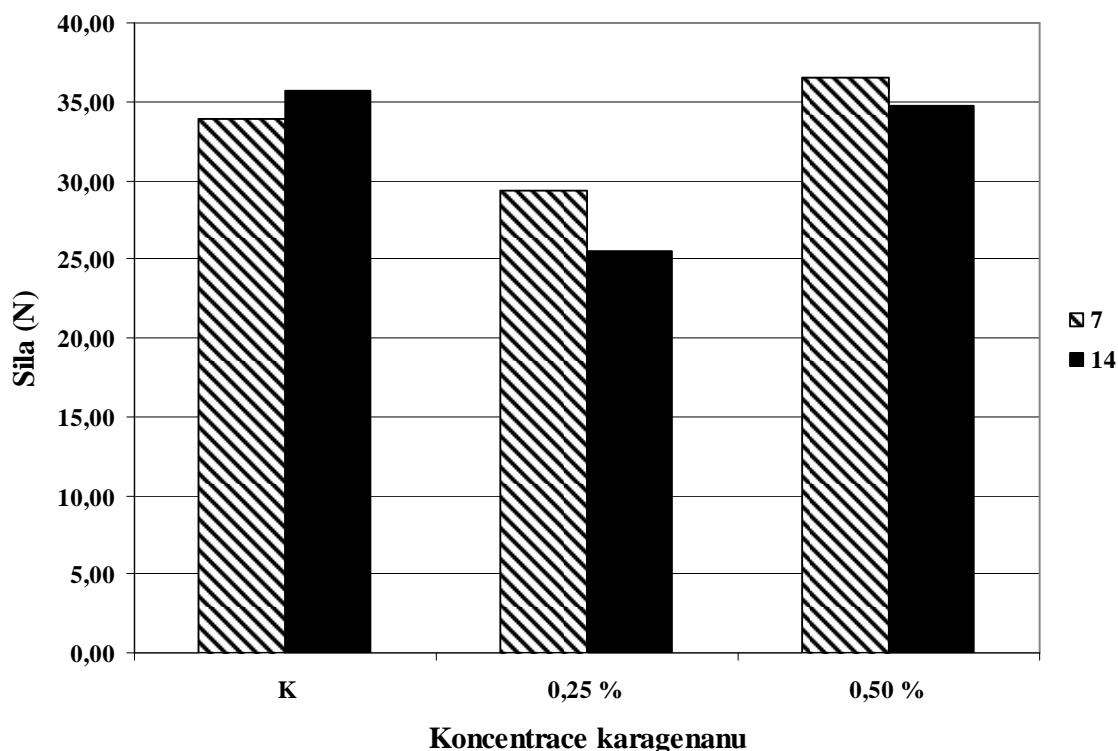
5.3.1 Vzorky řady I

Graf 1 prezentuje hodnoty tvrdosti u vzorků s obsahem sušiny 40 % w/w a 50 % w/w tuku v sušině po sedmi a čtrnácti dnech skladování.

Tvrдость, je definována síla potřebná k dosažení deformace nebo penetrace výrobku. V ústech je tvrdost vnímána stlačením výrobku mezi zuby (tuhé látky) nebo mezi jazykem a patrem (polotuhé látky) [31].

Z výsledků je patrné, že přídatek κ -karagenanu měla na hodnoty tvrdosti významný vliv. Hodnota tvrdosti se zvyšovala přímo úměrně s přídatkem karagenanu. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny u vzorku s přídatkem κ -karagenanu 0,50 % w/w. Přídatek karagenanu ovlivňuje tvrdost tavených sýrů především díky vzniku trojrozměrné sítě a zpevnění celé matrice sýra jak potvrzují i Ribeiro et al. [32].

Hodnoty u kontrolního vzorku vykazovaly hodnoty vyšší. Vzorek se nechoval podle typických studií [32], což bylo pravděpodobně způsobeno tím, že matrice vzorku byla natolik tuhá a ani možný přídatek karagenanu danou maticí již neovlivnil.



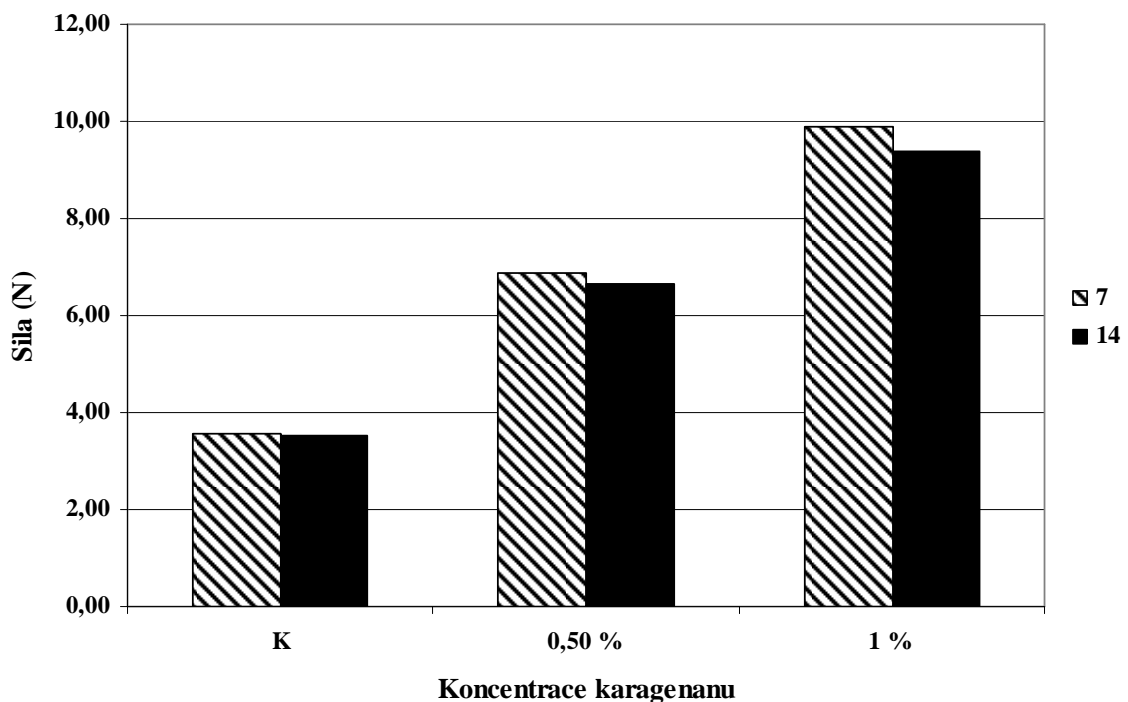
Graf 4: Přehled tvrdosti (N) modelových vzorků v závislosti na přidavku κ -karagenanu o koncentraci 0,25 a 0,50 % w/w (7. a 14. den skladování)

Mimo jiné jsou hodnoty tvrdosti mohou být ovlivněny také dobou skladování. Awad et al [33] uvádí, že tvrdost se s rostoucí délkou skladování zvyšuje. Hodnoty tvrdosti modelových vzorků se však po 14 denním skladování významně nelišily.

5.3.2 Vzorky řady II

Výsledky texturní profilové analýzy vzorků analogů tavených sýrů o obsahu sušiny 30 % w/w a 50 % w/w tuku v sušině po sedmi a čtrnácti dnech skladování jsou uvedeny v grafu číslo 4.

Na první pohled lze z výsledku znázorněných v grafu konstatovat, že větší koncentrace κ -karagenanu má na tvrdost rostoucí vliv. Hodnota tvrdosti se zvyšovala přímo úměrně s přidavkem κ -karagenanu, ale zdaleka nedosahovala takových hodnot jako vzorky I. řady s nižší sušinou ani v případě se stejnou koncentrací κ -karagenanu.



Graf 5: Přehled tvrdosti (N) modelových vzorků v závislosti na přídávku κ -karagenanu o koncentraci 0,50 a 1,0 % w/w (7. a 14. den skladování)

Již přídavek 0,50 % koncentrace κ -karagenanu významně ovlivnil hodnoty tvrdosti. Dosahoval skoro dvojnásobných hodnot kontrolního vzorku. Nejvyšších hodnot je dosaženo při přídávku κ -karagenanu o koncentraci 1 %.

Dále je také pozorovatelný vliv doby skladování. Po čtrnácti dnech skladování byla tvrdost vzorků nižší než u vzorků skladovaných pouze sedm dnů.

5.4 Souhrnná diskuze

V rámci bakalářské práce byl sledován vliv přídávku karagenanu na reologické vlastnosti gelu při chladnutí pomocí dynamické oscilační reometrie. Jako doplňková analýza byla v této práci provedena kontrola obsahu sušiny a pH po sedmi a čtrnácti dnech skladování. Obsah sušiny a hodnota pH významně ovlivňují konzistenci analogu taveného sýra [35]. Hodnoty sušiny se pohybovaly v požadovaných hodnotách s minimálními odchylkami. Hodnota pH je významně ovlivněna obsahem sušiny. Práce Lee et al. [35] potvrzuje,

že při zvyšujícím se obsahu sušiny klesá hodnota pH, což potvrzuje i výsledky v této práci. Na hodnotě pH se významně podílí i doba skladování. Awad et al. [33], uvádí že hodnota pH se s rostoucí dobou skladování postupně snižuje.

Dále byla pomocí dynamické oscilační reometrie zjišťována tvorba gelu během chlazení v závislosti na různé koncentraci κ - karagenanu. Reologie taveného sýra závisí na složení, strukturálním uspořádání jeho složek, ale také na fyzikálně chemickém složení [30]. Ribeiro et al [32] uvádí, že pro cílené zvýšení síly gelu lze zvýšit množství použitého karagenanu [2,]. To je však možné pouze do určité koncentrace, protože při jejím překročení hrozí nebezpečí destabilizace gelu [2, 34]. Dále má na tvorbu gelu vliv i obsah sušiny, což je patrné i z našich výsledků uvedených v grafech 1 a 2. Přídavek κ - karagenanu o koncentraci 0,25 % a 0,50 % w/w ve vzorcích řady I ovlivnil komplexní modul pružnosti jen nepatrně, avšak vzorky řady II s přídavkem κ - karagenanu o koncentraci 0,50 % a 1,0 % w/w vykazovaly v průběhu chlazení významný nárůst komplexního modulu pružnosti, což potvrzuje i studie Ribeiro et al. [32]. Lze tedy konstatovat, že s rostoucí koncentrací κ - karagenanu roste i komplexní modul pružnosti.

Pomocí texturní profilové analýzy byla sledována také tvrdost jednotlivých modelových vzorků. Nejvýznamnější vliv na hodnoty tvrdosti měl především obsah sušiny, přičemž s rostoucím obsahem sušiny se zvyšovala tvrdost daných vzorků. Mimo jiné byla tvrdost ovlivněna přídavkem karagenanu. Bylo zjištěno, že s rostoucí koncentrací karagenanu roste také tvrdost vzorků. Dalším významným parametrem, který ovlivňuje hodnoty tvrdosti je také doba skladování [33]. Výsledky v naší práci však neprokázaly statisticky významný rozdíl hodnot tvrdosti v průběhu skladování ani u jedné ze dvou řad sledovaných vzorků.

ZÁVĚR

Hlavním cílem práce bylo vyrobit dvě řady analogů tavených sýrů. První řadu o obsahu sušiny 40 % w/w a obsahu tuku v sušině 50 % s přídavkem κ -karagenanu 0,25 % a 0,50 % w/w. V případě druhé řady byl obsah sušiny stanoven na 30 % a obsah tuku v sušině 50 % w/w, přídavek κ -karagenanu byl 0,50 a 1,0 % w/w. Použitím dynamické oscilační reometrie byl sledován průběh tvorby gelu při chlazení z 85 °C na 6 °C a vypočten komplexní modul pružnosti (G^*) jednotlivých vzorků v závislosti na přídavku karagenanu. Z výsledků bylo zjištěno, že přídavek 0,25 % koncentrace κ -karagenanu téměř neovlivnil komplexní modul pružnosti ve srovnání s kontrolním vzorkem bez aplikace karagenanu. Viditelný nárůst komplexního modulu pružnosti u první řady vzorků byl zjištěn až při přídavku κ -karagenanu o koncentraci 0,50 % w/w. Celkově lze konstatovat, komplexní modul pružnosti je ovlivněn koncentrací κ -karagenanu.

Nejvyšší komplexní modul pružnosti po celou dobu chlazení u druhé řady vzorků byl zjištěn ve vzorcích s obsahem 1 % w/w κ -karagenanu. Vzorek vykazoval pozvolný nárůst G^* až do teploty okolo 34 °C, kde došlo k dalšímu skokovému nárůstu tohoto parametru. Dále byla sledována texturní profilová analýza, kde bylo zjištěno, že zvyšující se koncentrace karagenanu má přímý na zvýšení hodnot tvrdosti.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BACHMANN, H. P., Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal*, 11, 2001. s. 505-515. ISSN: 0958-6946.
- [2] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., KRÁČMAR, S. Základní principy výroby tavených sýrů: *Edice původních vědeckých prací a monografií*. 1.st ed. Brno, 2009. 70 p. ISBN 978-80-7375-336-8, ISSN 1803-2109.
- [3] ŠMÍDTOVÁ, M. Řetězce stále dělají chyby při prodeji náhražek sýrů. Státní zemědělská a potravinářská inspekce. [online]. [cit. 25. října 2010].
<http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1001907&docType=ART&nid=11435>.
- [4] PAVELKA, A. Mléčné výrobky pro vaše zdraví. 1.st ed. Brno: Littera, 1996. 105 p. ISBN 80-85763-09-5.
- [5] KADLEC, P., a kol. Technologie potravin II. 1.st ed. Praha: Vysoká škola chemicko technologická, 2002. 236 p. ISBN 80-7080-510-2.
- [6] ZIMÁK, E. Technologie pro 4.ročník SPŠ studijního oboru zpracování mléka; SNTL-nakladatelství technické literatury: Praha, 1988.
- [7] Mlékárenská technologie II: *distanční text*. 2007. 75 p. [online]. [25. října 2010].
Dostupné z www: http://utb-files.cepac.cz/moduly/M0029_mlekarenska_technologie/distanzni_text_II/M0029_mlekarenska_technologie_distanzni_text_ii.pdf.
- [8] HRABĚ, J., BUŇKA, F., HOZA, I., BŘEZINA, P. Technologie výroby potravin živočišného původu pro kombinované studium. UTB ve Zlíně-Fakulta technologická, 2007. 51-52 p. ISBN 978-80-7318-521-3.
- [9] GAJDŮŠEK, S. Mlékařství II. MZLU v Brně, 2002. 142 p. ISBN 80-7157-342-6.
- [10] *Mlékárenská technologie I: distanční text*. 2007. 75 p. [online]. [25. října 2010].
Dostupné z www: http://utb-files.cepac.cz/moduly/M0029_mlekarenska_technologie/distanzni_text/M0029_mlekarenska_technologie_distanzni_text.pdf.
- [11] *Hydrocolloids*. Francie : Systems bio-industries. 63 s. [příručka]

- [12] PTÁČKOVÁ, A. Hydrokoloidy a jejich použití v potravinářství. Zlín: UTB, 2008. 48 p. [bakalářská práce]
- [13] FERNANDÉZ, J. P., et al. *Quantitation of κ -, ι - and λ -carrageenans by mid-infrared spectroscopy and PLS regression*. Spain : Analytica Chimica Acta, 2002. 23-37 s.
- [14] Dictionary of Food Science and Technology (2nd Edition). Wiley-Blackwell, 2009. s. 488. ISBN: 1405187409
- [15] CAMPO, V. L., Kawang, D. F. Carbohydrate Polymers : *Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis – A review*. Brazil, 2009. 167-180 s.
- [16] FRANCIS, Frederick J. Wiley Encyclopedia of Food Science and Technology (2nd Edition) *Volumes 1-4*. [s.l.] : John Wiley & Sons, 1999. 2816 s.
- [17] *From nature to texture*. Germany. 65 s. [příručka]
- [18] KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M., et al. Technologie potravin: Co byste měli vědět o výrobě potravin?. 1.st ed. Ostrava: Key Publishing s. r. o., 2009. ISBN 978-80-7418-051-4.
- [19] BENEŠOVÁ, L., a kol. Potravinářství 92. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1993. ISBN 80-85120-38-0.
- [20] CIPRYSOVÁ, Z., BUŇKA, F., WEISEROVÁ, E., HORÁKOVÁ, K., JANIŠ, R. Závislost vybraných texturních parametrů na obsahu a druhu tuku v tavených sýrech. In. *Zborník prací z mezinárodní vědecké konference Bezpečnost a kontrola potravin 24. -25. 3. 2010*, SPU Nitra, SR, s. 139 – 145. ISBN 978-80-552-0193-1.
- [21] MULSOW, B. B., JAROS, D., ROHM, H. Processed cheese and cheese analogues. John Wiley & Sons, 2007. 210-235 p. ISBN 978-1-4051-2975-6.
- [22] ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., POSPIECH, M., TREMLOVÁ, B., HLADKÁ, K., PAVLÍNEK, V., BŘEZINA, P. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal*: n. 2009. 336-343 p.

- [23] INDRA, Z., MIZERA, J. Chemické kontrolní metody pro obor zpracování mléka. 1992. [Učebnice pro střední průmyslové školy potravinářské].
- [24] HELIOVÁ, V. Možnosti výroby sterilovaných tavených sýrů s příchutí. Zlín: UTB ve Zlíně, 2009. [bakalářská práce]
- [25] HERIAN, K., Problematika zabezpečenia kvality syrov a ich kontrola (čerstvých, zrejúcich bez obalu, parených, tavených). *Zborník prednášok ze školenia*. Žilina, apríl 2001., s. 33-40.
- [26] VRANÍK, E. Strojnictví pro 4. ročník SPŠ mlékárenské. 1.st ed. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1984. 147 p.
- [27] ČERNÍKOVÁ, M. Studium možností snížení obsahu tavicích solí v tavených sýrech. [Dizertační práce]. Zlín: UTB. 2009. s 101.
- [28] CIPRYSOVÁ, Z., WEISEROVÁ, E., ŠINDLEROVÁ, J., JANIŠ, R., BUŇKA, F. 2010. Vliv přísadky lokustové a arabské gummy na tvrdost analogů tavených sýrů. *In Sborník: hygiena a technologie potravin, XL. Lenfeldovy a Hokleho dny*, VFU v Brně 14. – 15. 10. 2010, ISBN 978-80-7305-121-1.
- [29] PISKA, I., ŠTĚTINA, J. Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering*, 61, 2004, 551-555. ISSN 0260-8774.
- [30] LUCEY, J. A., JOHNSON, M. E., HORNE, D. S. Perspective on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *Journal of Dairy Science*, 86, 2003. 2725 – 2743 s. ISSN 0022-0302.
- [31] TAMIME, A. Y., SHENANA, M. E., MUIR, M. E., DAWOOD, A. H. Processed Cheese Analogues Incorporating Fat-Substitutes 1. Composition, Microbiological Quality and Flavour Changes During Storage at 5°C. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. Vol. 32, No. 1, 1999. p. 50 – 59. ISSN 0023-6438.
- [32] RIBEIRO, K. O., RODRIGUES, M. I., SABADINI, E., CUNHA, R. L. Mechanical properties of acid sodium caseinate- κ -carrageenan gels: Effect of co-solute addition. *Food Hydrocolloids*, 2004. Vol. 18. 71 – 79.

- [33] Vyhláška 307/2003 Sb. [online]. [cit. 10. listopadu 2010]. http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_vyhlaska-2003-77-potraviny.html
- [34] SYRBE, A., BAUER, W. J., KLOSTER-MEYER, H., Polymer science concepts in dairy systems – an overview of milk protein and food hydrocolloid interaction. *International Dairy Journal*. 1998. ISSN 0958-6946.
- [35] LEE, S. K., ANEMA, S., KLOSTERMEYER, H. The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science and Technology*, 39, 2004. 763 – 771.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

κ – karagenan	Kappa karagenan
ι – karagenan	Iota karagenan
λ – karagenany	Lambda karagenan
G^*	Komplexní modul pružnosti
KK	Kappa karagenan
K	Kontrolní vzorky bez aplikace karagenanu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: κ - karagenan[16].....	16
Obrázek 2: ι – karagenan [16]	17
Obrázek 3: λ – karagenan [16]	17

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Přehled hodnot pH vzorků řady I v závislosti na koncentraci karagenanu a na době skladování.....	24
Graf 2: Přehled hodnot pH jednotlivých vzorků řady II v závislosti na přídatku karagenanu a na době skladování.....	25
Graf 3: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na teplotě v průběhu chlazení u analogu taveného sýra s přídatkem KK o koncentraci 0,25 % a 0,50% w/w	26
Graf 4: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na teplotě v průběhu chlazení u analogu taveného sýra s přídatkem KK o koncentraci 0,50 % a 1,0 % w/w	27
Graf 5: Přehled tvrdosti (N) modelových vzorků v závislosti na přídatku κ -karagenanu o koncentraci 0,25 a 0,50 % w/w (7. a 14. den skladování).....	29
Graf 6: Přehled tvrdosti (N) modelových vzorků v závislosti na přídatku κ -karagenanu o koncentraci 0,50 a 1,0 % w/w (7. a 14. den skladování).....	30