

Využití vybraných hydrokoloidů z řas při výrobě tavených sýrů bez tavicích solí

Jolana Dostálová

Bakalářská práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jolana Dostálová**
Osobní číslo: **T15544**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Využití vybraných hydrokoloidů z řas při výrobě tavených sýrů bez tavicích solí**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Stručně charakterizujte legislativní vymezení tavených sýrů a technologii jejich výroby.
2. Popište vybrané hydrokoloidy z hlediska fyzikálně chemických vlastností a možných interakcí.

II. Praktická část

1. Vytvořte modelové vzorky tavených sýrů s vybranými hydrokoloidy a proveďte u nich základní chemickou analýzu a dynamickou oscilační reometrii.
2. Výsledky vhodně prezentujte a diskutujte s odbornou literaturou.
3. Stručně shrňte závěry práce.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] PHILLIPS, G.O., WILLIAMS, P.A. Handbook of hydrocolloids, Second edition, Edited by G. O. Phillips and P. A. Williams. Woodhead Publishing Limited, CRC Press, Boca Raton. 2009. 982 pp. ISBN 978-1-84569-587-3 (e-book).

[2] 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, 20, 2010, 336 - 343.

[3] GUINEE, T. P., Cheese: Pasteurized Processed Cheese Products in Encyclopedia of Dairy Science, 2nd. ed., 2011, 805 - 813.

[4] LI, J-M., NIE, S-P. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. Food Hydrocolloids. 53, 2016, 46 - 61.

Vedoucí bakalářské práce:

MVDr. Michaela Černíková, Ph.D.

Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

2. února 2018

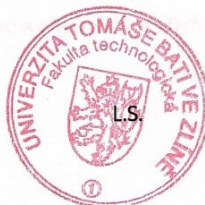
Termín odevzdání bakalářské práce:

3. května 2018

Ve Zlíně dne 2. února 2018



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



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

Příjmení a jméno: ...DOSTALOVÁ JOLANA.....

Obor: ...CHTP.....

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 25. 4. 2018


.....

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). Odprá-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 přihlíží k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce bylo vyrobit tavené sýry bez tavicích solí za přídavku vybraných hydrokoloidů z řas. Použity byly hydrokoloidy: κ -karagenan, ι -karagenan, agar a alginát sodný. Hydrokoloidy byly přidávány v koncentracích 0,10 %, 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 % (w/w). U modelových vzorků byla provedena základní chemická a senzorická analýza a dynamická oscilační reometrie. Vzorky byly skladovány při teplotě 6 ± 2 °C. Měření byla prováděna 1., 7., 14., 30. a 60. den od data výroby vzorků. Bylo zjištěno, že s rostoucí koncentrací hydrokoloidu se zvyšuje tuhost tavených sýrů. V průběhu skladování se tuhost vzorků u jednotlivých koncentrací snižovala. Vzorky s přídavkem karagenanů byly shledány jako homogenní ve všech koncentracích, vzorky s agarem byly také homogenní kromě koncentrace 0,10 % (w/w). Vzorky s alginátem sodným byly homogenní pouze při koncentraci 1,00 % (w/w). Jako nejtuzší tavený sýr byl vyhodnocen vzorek s přídavkem κ -karagenanu o koncentraci 1,00 % (w/w).

Klíčová slova: tavený sýr, karagenan, agar, alginát sodný, dynamická oscilační reometrie

ABSTRACT

The aim of this work was to produce processed cheeses without emulsifying salts with the addition of selected hydrocolloids from algae. Various hydrocolloids such as kappa- and iota- carrageenan, agar and sodium alginate have been used in this study. Hydrocolloids were added at concentrations of 0,10 %, 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % and 1,00 % (w/w). In the test samples, basic chemical and sensory analysis and dynamic oscillatory rheometry were performed. Samples were stored at 6 ± 2 °C. Measurements were tested after 1, 7, 14, 30 and 60 days after the manufacture. It was found that increasing the concentration of hydrocolloid increases the hardness of the processed cheese. During storage, the firmness of samples were decreased. Samples with carrageenans were homogeneous at all concentrations. Samples with agar were also homogeneous except the concentration of 0.10 % (w/w). Samples with sodium alginate were homogeneous only at a concentration of 1.00 % (w/w). The most firmness processed cheese was a sample with the addition of 1.00 % (w/w) kappa-carrageenan.

Keywords: processed cheese, carrageenans, agar, sodium alginate, dynamic oscillatory rheometry

Touto cestou bych ráda poděkovala své vedoucí bakalářské práce MVDr. Michaele Černíkové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a trpělivost při psaní bakalářské práce a také za pomoc při vyhodnocování praktické části.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TAVENÉ SÝRY	12
1.1 LEGISLATIVNÍ VYMEZENÍ TAVENÝCH SÝRŮ	12
1.2 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ	12
2 HYDROKOLOIDY	15
2.1 KARAGENANY	16
2.1.1 Obecná charakteristika	16
2.1.2 Fyzikální a chemické vlastnosti	16
2.1.3 Možné interakce	18
2.1.4 Využití v potravinářství.....	20
2.2 AGAR	20
2.2.1 Obecná charakteristika	20
2.2.2 Fyzikální a chemické vlastnosti	21
2.2.3 Možné interakce	22
2.2.4 Využití v potravinářství.....	23
2.3 ALGINÁT SODNÝ.....	23
2.3.1 Obecná charakteristika	23
2.3.2 Fyzikální a chemické vlastnosti	24
2.3.3 Možné interakce	25
2.3.4 Využití v potravinářství.....	26
II PRAKTICKÁ ČÁST	27
3 CÍL PRÁCE	28
4 METODIKA PRÁCE	29
4.1 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ.....	29
4.2 ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA	29
4.3 SENZORICKÁ ANALÝZA	30
4.4 DYNAMICKÁ OSCILAČNÍ REOMETRIE	30
4.5 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH DAT.....	31
5 VÝSLEDKY A DISKUZE	32
5.1 VÝSLEDKY ZÁKLADNÍ CHEMICKÉ ANALÝZY	32
5.2 VÝSLEDKY SENZORICKÉ ANALÝZY.....	33
5.3 VÝSLEDKY DYNAMICKÉ OSCILAČNÍ REOMETRIE	33
ZÁVĚR	41
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	42
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	48
SEZNAM OBRÁZKŮ	49
SEZNAM TABULEK	50
SEZNAM PŘÍLOH	51

ÚVOD

Tavené sýry jsou u většiny českých spotřebitelů oblíbenou skupinou mléčných výrobků a už mnoho let hrají důležitou roli v naší každodenní stravě. Jsou zdrojem mléčných bílkovin, tuků, minerálních látek a vitamínů. V současné době je široká škála výběru u tavených sýrů, a to zejména v příchutích, velikosti balení a tvarů. Hlavním důvodem vysoké poptávky po tavených sýrech je jejich příznivá cenová dostupnost a poměrně dlouhá trvanlivost oproti jiným mléčným výrobkům. Tavené sýry jsou vyráběny zahřátím různých druhů přírodního sýra, tavicích solí a dalších složek za částečného podtlaku a stálého míchání do vytvoření homogenní hmoty.

Smyslem bakalářské práce bylo popsat vliv přídavku vybraných hydrokoloidů z řas (κ -karagenanu, ι -karagenanu, agaru a alginátu sodného) o koncentraci 0,10 %, 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 % (w/w) na pH, obsah sušiny a dynamickou oscilační reometrii tavených sýrů vyráběných bez tavicích solí.

V dnešní době jsou hydrokoloidy (karagenany, agar, xantanová guma, modifikované škroby, pektiny, atd.) hojně využívány při výrobě potravin, a to zejména kvůli ovlivnění finálních vlastností výrobku a také z ekonomických důvodů. Jsou používány jako stabilizátory, emulgátory a zahušťovadla. Své uplatnění nachází nejen v potravinářství, ale i v dalších oborech (v kosmetice, ve farmacii, v biotechnologiích).

Práce je rozdělena do pěti kapitol. První dvě kapitoly v teoretické části se zabývají legislativním vymezením a technologií výroby tavených sýrů. Kapitola o hydrokoloidech pojednává o vybraných hydrokoloidech z řas a popisuje jejich strukturu, fyzikální a chemické vlastnosti a jejich vzájemné interakce. Praktická část se skládá ze tří kapitol. V první kapitole jsou vymezeny cíle práce. V další kapitole je charakterizována výroba vzorků a metody použitých analýz. Poslední kapitola je věnována výsledkům základní chemické, senzorní a reologické analýzy a z toho vyplývajících závěrů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TAVENÉ SÝRY

1.1 Legislativní vymezení tavených sýrů

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb. definuje tavený sýr jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí. Dále uvádí, že jako tavený sýr nemůže být označen výrobek, který obsahuje více než 5 % laktózy, ale je nazýván jako tavený sýrový výrobek. Minimální obsah sušiny v taveném sýru musí být zastoupen alespoň z 51 % přírodním sýrem (Česko, 2016).

Ve Spojených státech amerických dle *Code of Federal Regulations* popisují tavený sýr jako potravinu připravenou rozmělněním, mícháním a zahřátím jednoho či více sýrů stejného nebo různého druhu. Mohou se vyskytovat neochucené i ochucené varianty tavených sýrů (Spojené státy americké, 2017).

1.2 Technologie výroby tavených sýrů

Tavené sýry se vyrábí rozmělněním, mícháním a roztavením jednoho nebo více druhů přírodních sýrů do hladké homogenní směsi za pomoci tepla a tavicích (v anglické literatuře označovaných „*emulsifying salts*“) solí (Brickley a kol., 2007, s. C483).

Základní surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýry. Při výběru by měly být zohledněny 2 hlavní faktory sýra, a to jeho druh a stupeň zralosti. Obecně rozlišujeme 3 stupně zralosti: mladý sýr se stáří 1–2 týdny; středně prozrálý sýr starý 2–4 měsíce a prozrálý sýr přes 4 měsíce starý. Dále by měl být vybraný sýr zkontrolován na obsah sušiny, pH, tuku a obsah bílkovin. Výhodou je, že lze použít i přírodní sýry s různými mechanickými vadami (Gouda a Abou El-Nour, 2003, s. 1110). V některých zemích je velmi populární vyrábět tavený sýr pouze z jednoho druhu přírodního sýra, např. z čedaru vyrábí v Anglii a Austrálii a z ementálu ve Francii a Německu. Nicméně použití směsi různých druhů přírodních sýrů usnadňuje získání požadované chuti a struktury v konečném taveném sýru (Guinee a kol., 2004, s. 353).

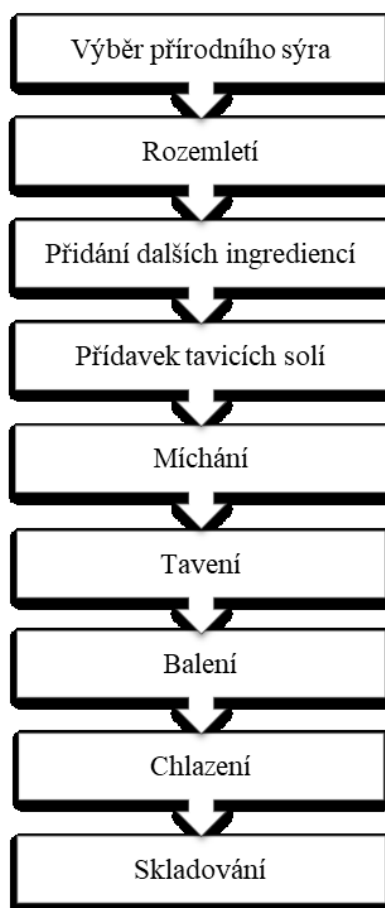
Dalšími surovinami jsou potraviny mléčného původu jako např. máslo, smetana, tvaroh, tzv. rework (tj. sýr již utavený), sušené odstředěné mléko a sušená syrovátka. Dále se mohou přidávat suroviny nemléčného původu, např. pitná voda, hydrokoloidy (karagenan, alginát sodný, xantanová guma, škrob), přísady ovlivňující chuť a barvu (šunka, zelenina, houby, česnek, bylinky, plísňové sýry, tuňák, losos) a konzervační látky (Buňka a kol.,

2009, s. 69; Guinee, 2011, s. 806; Neudek, 2014; Černíková a kol., 2018, s. 1; Macků a kol., 2009, s. 2078; Sádliková a kol., 2010, s. 1220). Přidání bioaktivních sloučenin do taveného sýra může ovlivnit nejen chuť, ale i jeho konzistenci. Začlenění sušených látek, extraktů a silic z léčivých bylin do sýrů by mohlo mít za následek zlepšení nutriční hodnoty. Zvýšený zájem je také o polyfenoly, které jsou hlavními antioxidanty v lidské stravě, nebo o rutin a kvercetin, což jsou flavonoidy přítomné v rostlinách. Oba tyto flavonoidy jsou známé pro jejich pozitivní účinky proti onemocněním jako např. rakovina, astma nebo *diabetes mellitus* (Přikryl a kol., 2018, s. 266–267). Další složkou jsou tavicí soli, které stanovuje Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 4/2008 Sb., v platném znění. Jedná se o látky měnící vlastnosti bílkovin při výrobě tavených sýrů za účelem zamezení oddělování tuku (Česko, 2008). Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 definuje tavicí soli jako látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek (Evropa, 2008). Tavicí soli zajišťují během tavení výměnu Ca^{2+} iontů v tavenině za Na^+ ionty (příp. K^+ ionty), rychle rozpouštějí bílkoviny a zamezují jejich shlukování, umožňují emulgaci mléčného tuku a upravují pH tavených sýrů. Jako tavicí soli se uplatňují sodné soli kyseliny citronové, fosforečné a difosforečné (Kadlec a kol., 2012, s. 297; Guinee, 2011, s. 806; Smith a Rivera, 2017). Zpravidla než jeden druh emulgační soli je používána jejich směs, aby se dosáhlo požadovaných vlastností. Množství solí v tavených sýrech je zpravidla 2–3 % v závislosti na druhu, stupni zralosti a množství přírodního sýra ve směsi (Gouda a Abou El-Nour, 2003, s. 1111).

Tavení sýrů probíhá v několika krocích. Výrobní proces tavených sýrů je schematicky znázorněn na Obr. 1. Nejdříve se přírodní sýry omyjí, očistí a následně se rozemelou. Pak se přidají tavicí soli a další suroviny. Samotné tavení probíhá v tavičkách, které jsou vybaveny vyhřívaným pláštěm, přímým vstřikem páry a nožem. Směs se za částečného podtlaku a míchání zahřívá na teplotu 80–95 °C po dobu 4–15 minut. Homogenizovaná hmota se ještě za horka porcuje a balí do forem vyložených hliníkovou fólií. Potom následuje chlazení a skladování výrobků (Kadlec a kol., 2012, s. 297; Hladká a kol., 2014, s. 650). Ihned po zabalení, kdy je sýr ještě poměrně horký, by měl být zchlazen na pokojovou teplotu. Po ochlazení se sýry uchovávají v chladu při teplotě 5–10 °C. Doporučuje se udržovat sýry nad 0 °C, aby se zabránilo zmrznutí produktu, a naopak pod 20 °C, aby nedošlo k růstu mikroorganismů (Gouda a Abou El-Nour, 2003, s. 1113). Kapoor a Metzger (2008, s. 196)

rozdělují hlavní kroky výroby tavených sýrů do 2 fází, a to na výběr vhodných ingrediencí a jejich rozemletí a následně na samotné tavení, chlazení a skladování.

Tavené sýry se nejčastěji balí do hliníkových fólií, které mají z vnitřní strany ochranný lak a jsou opatřené odtrhovací páskou pro snadnější otevírání obalů (Anonym, 2017a). Další z možností, jak sýry zabalit, jsou plastové vaničky, kelímky, tuby nebo střívka uzavřená sponou. Trvanlivost tavených sýrů je zhruba 3 až 5 měsíců (Dostálová a Kadlec, 2014, s. 141). Podle vyhlášky č. 397/2016 Sb., v platném znění, se tavené sýry skladují, přepravují a uvádějí na trh při teplotě stanovené výrobcem (Česko, 2016).



Obr. 1 Schéma výrobního procesu tavených sýrů (upraveno podle Kapoor a Metzger, 2008, s. 197)

2 HYDROKOLOIDY

Termín hydrokoloidy zahrnuje skupinu polysacharidů a bílkovin, které se dnes používají v mnoha průmyslových odvětvích, kde vykonávají celou řadu funkcí. Hydrokoloidy můžeme definovat jako „lepidla“, která se přidávají do potravin kvůli jejich schopnosti zgelovatění a zahuštění. Jedná se o hydrofilní polymery rostlinného, živočišného, mikrobiálního nebo syntetického původu. Například z mořských řas se získává agar, karagenany a algináty, z rostlin celulóza, arabská guma, pektiny a škrob, z živočišných produktů želatina a kazeináty a z bakterií xantanová guma a dextran. Hydrokoloidy jsou přirozeně přítomné nebo přidávané pro kontrolu funkčních vlastností vodných potravin. Důležitými vlastnostmi jsou rozpustnost, viskozita, vaznost vody a stabilizace pěny. Dále vytvářejí a dispergují emulze a snižují tvorbu ledových a cukerných krystalů. Hydrokoloidy jsou využívány zejména v potravinářské technologii, kde jsou přidávány ve velmi malých množstvích, obvykle méně než 1,0 % (Williams a Phillips, 2009, s. 1–2; Chaplin, 2017; Černíková a kol., 2010, s. 337).

Hydrokoloidy jsou vysokomolekulární látky, které zpravidla vykazují vysokou vaznost vody a za určitých podmínek je řada z nich schopna vytvářet uspořádané trojrozměrné matrice (gely). Často působí jako zahušťovadla zvyšující viskozitu systému anebo jako látky, které stabilizují texturu finálních výrobků a zabraňují uvolňování vody během skladování. Potravinové hydrokoloidy neexistují jako samostatná kategorie, ale jsou zařazovány buď do potravinářských přídatných látek, nebo do potravinových složek (Williams a Phillips, 2009, s. 5; Buňka a kol., 2009, s. 70). Používají se do různě zpracovávaných potravin. Jsou využívány zejména při výrobě jogurtů, kde zabraňují uvolňování syrovátky během doby skladování těchto produktů, při výrobě jogurtových nápojů, tvarohových krémů, dezertů, pudinků aj. Dále nachází své využití např. jako zahušťovadla do polévek, omáček a salátů, jako želírující látky do pudinků a želé, jako emulgátory do jogurtů, zmrzlin a másel, jako náhražky tuku v masných a mléčných výrobcích a jako látky vázající vodu v bezlepkových potravinách (Spagnuolo a kol., 2005, s. 371–372; Li a Nie, 2016, s. 48; Vega a kol., 2005, s. 188).

Mezi nejčastěji využívané hydrokoloidy při výrobě tavených sýrů patří nativní a modifikované škroby, karagenany, lokustová guma, arabská guma, xantanová guma, pektiny, algináty, galaktomanany. Jejich použití vede ke zlepšení vazby vody, ke zvýšení tuhosti výrobku a k prevenci ulpívání výrobků na hliníkových obalech. Další aplikací v oblasti tave-

ných sýrů je možnost nahradit tradiční tavicí soli na bázi citronanů a fosforečnanů hydrokoloidy (Buňka a kol., 2009, s. 70–71; Dickinson, 2009, s. 1473–1474; Černíková a kol., 2010, s. 337).

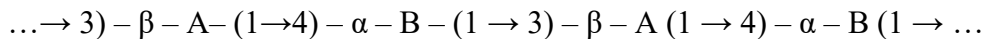
2.1 Karagenany

2.1.1 Obecná charakteristika

Karagenan je označení pro látky extrahované z červených mořských řas řádu *Gigartinales* čeledi *Gigartinaceae* rodu *Chondrus* druhu *Chondrus crispus* a dále z čeledi *Solieriaceae* rodu *Euchema* druhu *Euchema denticulatum* a z rodu *Kappaphycus* druhu *Kappaphycus alvarezii* (Anonym, 2017b). Karagenany se nejčastěji získávají extrakcí horkou vodou v alkalickém prostředí jako sodné soli (např. extrakce roztoky NaOH, Na₂CO₃), kyselé karagenany pak lze získat okyselením HCl. Konečných materiálů se dosáhne sušením nebo srážením rozpouštědly (Velíšek a Hajšlová, 2009, s. 296). Červené mořské řasy mají dlouhou historii použití v potravinách na Dálném východě a i v Evropě. Tyto řasy obsahují přirozeně se vyskytující polysacharidy, které vyplňují prostor v celulózové struktuře rostliny (Imeson, 2009, s. 164).

2.1.2 Fyzikální a chemické vlastnosti

Karagenany jsou lineární polysacharidy s vysokou molekulovou hmotností obsahující strukturální jednotku D-galaktopyranózu. Základem struktury jsou opakující se jednotky β-D-galaktopyranózy a 3,6-anhydro-α-D-galaktopyranózy, spojené střídavými α-(1,3) a β-(1,4) glykozidickými vazbami. Jde tedy o disacharid nazývaný se karabióza. Primární struktura karagenanů je mnohem složitější. Strukturu vyjadřuje zkrácený zápis:

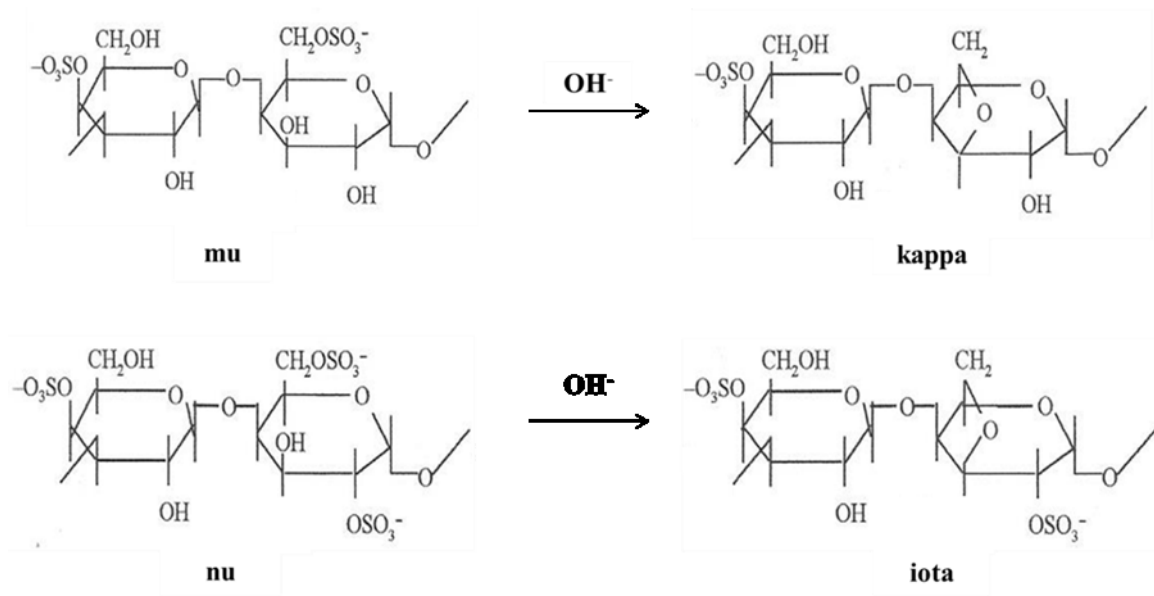


A, B – jsou jednotky D-galaktózy a jejich derivátů

Hlavními typy karagenanů jsou lambda, kappa a iota, které mohou být připraveny selektivními extrakčními technikami v čisté formě. Mu a nu karagenany jsou považovány za prekurzory karagenanů, které mohou být pomocí alkalických látek převedeny na kappa a iota karagenany (Imeson, 2009, s. 169; Velíšek a Hajšlová, 2009, s. 296).

Karagenany se mezi sebou liší počtem a polohou sulfátových skupin na 3,6-anhydro-α-D-galaktopyranóze, jak je znázorněno na Obr. 2. Karabióza κ-karagenanu obsahuje jednu sulfátovou skupinu, zatímco karabióza ι-karagenanu nese 2 sulfátové skupiny. Vlastnosti

těchto hydrokoloidů nejvíce ovlivňují právě sulfátové skupiny. Rozdíly těchto složek mohou mít vliv na pevnost gelu, strukturu, rozpustnost, teplotu tání, synerezi a interakce s jinými hydrokoloidy a složkami (Tykvartová a kol, 2008, s. 75; Blakemore a Harpell, 2010, s. 79; Imeson, 2009, s. 169–170).

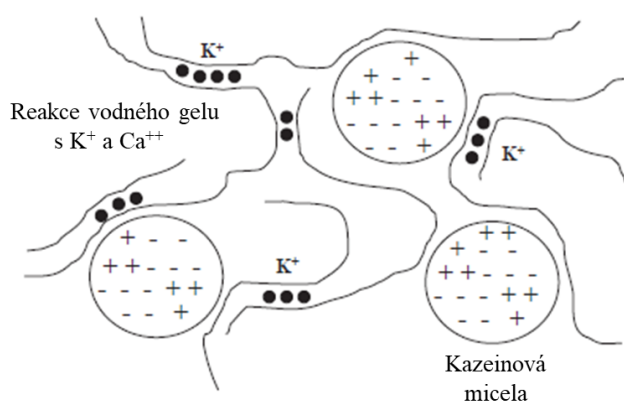


Obr. 2 Struktura primárních karagenanů (upraveno podle Blakemore a Harpell, 2010, s. 78)

Karagenany jsou anionaktivní lineární polysacharidy. Na jejich rozpustnost má vliv druh karagenanu, přítomné ionty, teplota, pH prostředí a poměr hydrofilních, hydroxylových a sulfátových skupin. Kappa-karagenan, který obsahuje více hydrofobních a méně hydrofilních skupin, se rozpouští méně než ι -karagenan. Důležitou vlastností je tvorba gelů, κ -karagenan vytváří pevný a křehký gel podléhající synerezi, ι -karagenan dává měkké a elastické gely, u kterých nedochází k synerezi. Síla gelu je významně ovlivněna přítomností iontů. Kappa-karagenan je zvláště citlivý na draslík a ι -karagenan na ionty vápníku. Tyto hydrokoloidy mají schopnost tvořit komplexy s mléčnými bílkoviny (kazeiny). Karagenany jsou stabilní v prostředí o pH 5–10, v prostředí pH < 4 dochází k hydrolýze a klesá viskozita disperzí. Karagenany mají značnou schopnost vázat vodu (Velíšek a Hajšlová, 2009, s. 297; Černíková a kol., 2008, s. 1054; Hladká a kol., 2014, s. 655).

2.1.3 Možné interakce

Významnou vlastností karagenanů je jejich schopnost interagovat s mléčnými proteiny, přesněji s kazeiny. Nejrozšířenějším používáním karagenanu je stabilizace mléčných výrobků prostřednictvím specifické interakce κ -karagenanu s κ -kazeinem, jak je znázorněno na Obr. 3, který ilustruje mechanismus interakce. Účinky jsou způsobeny absorpcí karagenanu na kazeinovou micelu, κ - a ι -karagenan se adsorbují při 40 °C nebo i při nižších teplotách. Jedno z prvních použití karagenanů bylo v mléčných gelech, moučnicích, kondenzovaném mléce a ve zmrzlině, kde synergie κ -karagenanu s κ -kazeinem byla na úrovni 0,01 % (Imeson, 2009, s. 176–177; Blakemore a Harpell, 2010, s. 87–88; Venugopal, 2011, s. 121).



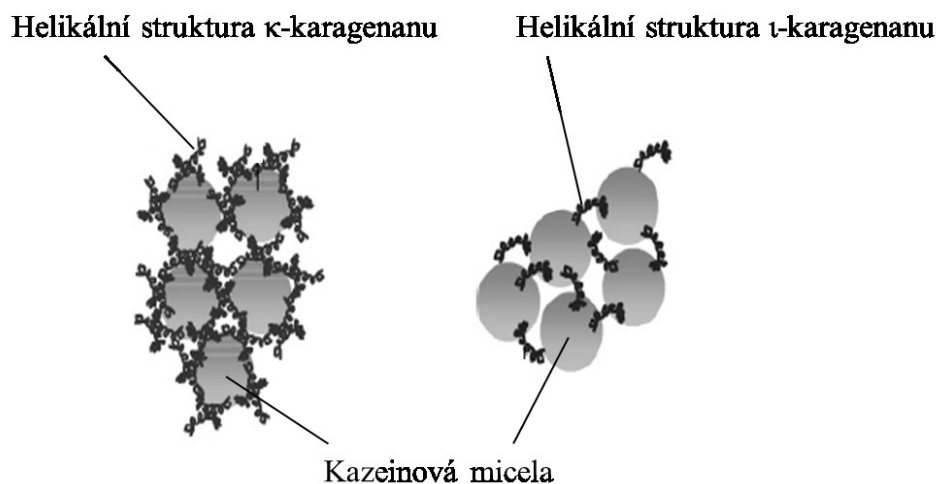
Obr. 3 Reakce κ -karagenanu s κ -kazeinovým mléčným proteinem (upraveno podle Blakemore a Harpell, 2010, s. 87)

Mléko obsahuje zhruba 3,3 % bílkovin, z nichž je 80 % ve formě kazeinů, pH mléka je 6,7. Kazeiny mají v mléce zvláštní schopnost sdružovat se do micel. Submicely se spojují do micel přes fosforečnan vápenatý. Kazeinové micely jsou supramolekulárně spojené koloidy jednotlivých molekul kazeinu: α_{s1} -, α_{s2} -, β - a κ -kazein. Kappa-kazein se nachází na periferii micel, kde poskytuje stabilizaci vnějšího obalu. Kappa-kazein je označován jako ochranný hydrokoloid, protože chrání ostatní frakce kazeinů před vysrážením v přítomnosti vápenatých iontů. Interakce mléčných proteinů s karagenany závisí na mnoha parametrech, jako je typ hydrokoloidu, koncentrace dispergovaných částic, pH, iontová síla prostředí (např. koncentrace iontů vápníku a draslíku), obsah cukru, teplota, molekulová hmotnost atd. Typ proteinu také ovlivňuje interakce, např. denaturovaná sójová bílkovi-

na má zásadní vliv na teplotu tavení, ale menší vliv na teplotní hysterezi než nativní sójová bílkovina. K elektrostatickému přitahování dochází mezi karagenany a κ -kazeiny, nikoliv mezi karagenany a α_s - nebo β -kazeiny. Elektrostatické interakce karagenanů s proteiny v potravinářských systémech hrají důležitou roli při určování jejich funkčního chování. Takové interakce vedou buď k vytvoření komplexu kvůli přitažlivým silám, nebo k segregaci způsobené odpuzováním (Langendorff a kol., 1999, s. 211; Černíková a kol., 2008, s. 1054–1055; Venugopal, 2011, s. 120).

Existují 2 teorie, které se snaží vysvětlit interakci κ -karagenanu s kazeinovými micelami. První teorie navrhuje, že záporně nabitý κ -karagenan interaguje s pozitivně nabitou oblastí mezi 97. a 112. aminokyselinou κ -kazeinu, čímž se adsorbuje na povrch kazeinové micely. Druhá teorie navrhuje, že rozdělení je bráněno prostřednictvím tvorby slabého gelu κ -karagenanu, který potlačuje funkci kazeinových micel (Spagnuolo a kol., 2005, 371–372; Blakemore a Harpell, 2010, s. 87–88).

Typ interakce mezi karagenany a kazeinovými micelami závisí na tom, zda je teplota nad nebo pod teplotou přechodu spirály-šroubovice (Obr. 4). Nad teplotou přechodu spirály-šroubovice není pozorována žádná měřitelná adsorpce kazeinových micel na κ -karagenanu a ι -karagenanu. K adsorbci dochází pouze při teplotách, kde jsou karagenany ve šroubovité formě (tj. pod teplotou přechodu). Kappa-karagenanová adsorpce na kazeinové micely je tepelně reverzibilní, pokud dojde k zahřátí systému zhruba na 60 °C a více, fáze se oddělí kvůli vyčerpání srážení kazeinových micel. Naopak adsorpce ι -karagenanu na kazeinové micely je nevratná, systém může být zahřát, ale zůstane stabilní bez fázového oddělení (Černíková a kol., 2008, s. 1054–1055; Corredig a kol., 2011, s. 1835).



Obr. 4 Interakce karagenanů s kazeinovým komplexem (upraveno podle Arltoft a kol., 2007, s. 734–735)

2.1.4 Využití v potravinářství

V potravinářství je schválen jako přídatná látka pod označením E407 (Evropa, 2008). Karagenany se využívají jako zahušťovadla, želírující látky, stabilizátory a emulgátory při výrobě mléčných dezertů a masových konzerv. Stabilizují mléčné výrobky, např. jsou přidávány do čokoládového mléka, aby nedošlo k oddělení čokolády. Také se používají při tepelném zpracování smetany, zmrzlin, mléčných nápojů a pudinků. V pekařských výrobcích zlepšují těsto a zvětšují objem. Ve smažených pokrmech se využívá jejich schopnost redukovat množství vstřebatelného oleje. Dále jsou přidávány do různých čokoládových výrobků, cukrovinek, džemů, sirupů, nealkoholických nápojů, polévek, zálivek, slaného pečiva, do šlehaček ve spreji a dětské výživy. Použití našly i v jiných oborech, např. v kosmetice (deodoranty, tělové krémy, make-up), při výrobě barev a pro stabilizaci průmyslových suspenzí (Velíšek a Hajšlová, 2009, s. 297–298; Vrbová, 2016a).

2.2 Agar

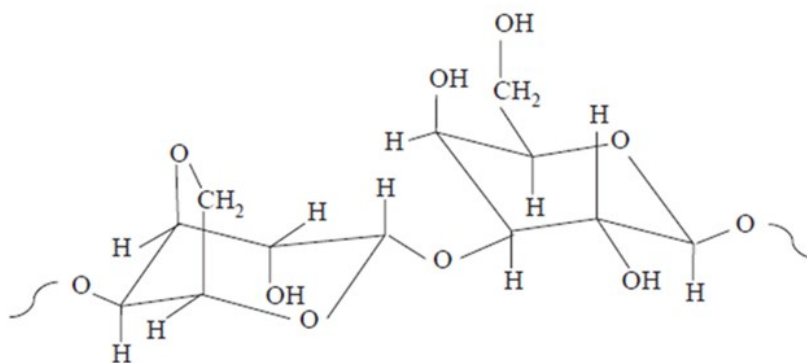
2.2.1 Obecná charakteristika

Agar je definován jako silně gelující hydrokoloid z mořských řas. Je extrahován z červených mořských řas (čeleď *Rhodophyceae*) a v potravinách je používán přes 350 let. Řasy, ze kterých je získáván, nazýváme agarofyty. Jsou to většinou divoce rostoucí řasy, pouze v Chile se pěstují v mořských farmách. Agary se z řas získávají extrakcí horkou vodou v neutrálním, kyselém nebo alkalickém prostředí. Vymražením extraktů vznikají gely,

které se následně suší (Velíšek a Hajšlová, 2009, s. 295; Imeson, 2010, s. 31; Armisén a kol., 2009, s. 83; Anonym, 2017b).

2.2.2 Fyzikální a chemické vlastnosti

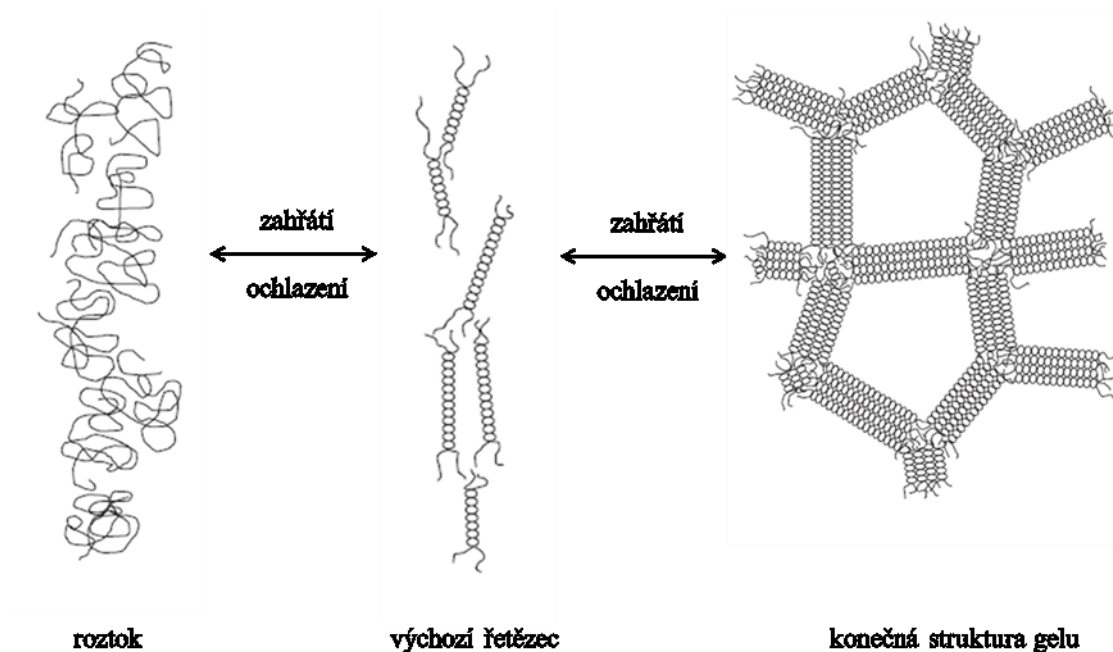
Jedná se o lineární polysacharidy, jejichž stavební jednotkou je β -D-galaktopyranóza a 3,6-anhydro- α -L-galaktopyranóza střídavě vázané glykozidickými vazbami (1,3) a (1,4). Základním neutrálním polysacharidem je agaróza, která je zobrazena na Obr. 5. Další frakcí je agaropektin, který má oproti agaróze nižší schopnost tvorby gelu. Struktura agarů je ve skutečnosti mnohem komplexnější. Agary se rozpouštějí v horké vodě při teplotě 85 °C a vyšší. Ochlazením disperze vzniká gel. Při stárnutí podléhají gely synerezi. Jedná se o málo kyselé polysacharidy a reverzní hydrokoloidy, které mohou opakovaně přecházet z vysoce viskózního gelu do roztoku (Velíšek a Hajšlová, 2009, s. 295; Imeson, 2010, s. 37; Armisén a kol., 2009, s. 89; Madhavan a Abirami, 2015, s. 704).



Obr. 5 Agaróza: strukturní jednotka agaru (upraveno podle Imeson, 2010, s. 38)

Nejdůležitější vlastností agaru je jeho schopnost vytvářet reverzibilní gely prostým ochlazením horkých vodných roztoků. Agar je nerozpustný ve studené vodě, hydratací vytváří náhodné spirály v horké vodě. Vznik gelu je závislý na tvorbě vodíkových vazeb, pomocí nichž se náhodné spirály spojují ve šroubovice a dvoušroubovice. Stabilizace je posílena přítomností vody, která je vázaná uvnitř dutin dvoušroubovice (Obr. 6). Agarový gel po zahřátí taje a po ochlazení se obnovuje. Tento proces se může opakovat, aniž by se změnila mechanická vlastnost gelu. Nevratná tvorba gelu by mohla nastat při použití agaru v prostředí s pH nižším než 4 anebo v přítomnosti oxidačních činidel, např. jodidu draselného nebo močoviny. Další důležitou vlastností agaru je gelová hystereze, definovaná jako

teplotní rozdíl mezi želírující teplotou (cca 38 °C) a teplotou tání (cca 85 °C) (Imeson, 2010, s. 38–39; Armisén a kol., 2009, s. 92).



Obr. 6 Tvorba agarózového gelu (upraveno podle Imeson, 2010, s. 39)

2.2.3 Možné interakce

Složky potravin, které jsou zastoupeny v potravinářských výrobcích, mohou ovlivňovat funkční vlastnosti agarů. Interakce agarů s jinými potravinami ovlivňují také organoleptické vlastnosti potravinářských produktů. Agar obsahuje neutrální řetězec polymeru, který vykazuje omezenou reaktivitu na jiné materiály. Agary nevykazují žádné interakce s proteiny kvůli nižšímu obsahu esterově vázaných síranových skupin na polymerním řetězci agarů, které znesnadňují možnost vazby s proteiny (Imeson, 2010, s. 40; Venugopal, 2011, s. 102).

Interakce s jinými hydrokoloidy mohou ovlivnit gelové vlastnosti agarů. Alginát sodný a škrob snižují sílu agarového gelu, zatímco dextransy a sacharóza pevnost gelu zvyšují. Rovněž karubin (přírodní hydrokoloid extrahovaný ze semen rohovníku obecného) má synergický účinek na sílu agarových gelů. Začlenění karubinu na 0,15 % může zvýšit pevnost agarového gelu o 50 až 200 %. Naopak včlenění κ -karagenanu způsobuje snížení tuhosti gelu. Takto smíšený gel je více deformovatelný ovšem s nižší pevností oproti agarovému

gelu (Venugopal, 2011, s. 103–104). Je známo, že vysoké koncentrace cukru modifikují vlastnosti agarového gelu. Jedná se o jev známý jako reaktivita cukru, která může ovlivňovat pevnost gelu ve výrobcích, které obsahují velké množství cukru. Reaktivita cukru je pozorována v komplexech cukr-agar za přítomnosti sacharózy nebo glukózy, přičemž reaktivita je výraznější v přítomnosti sacharózy (Venugopal, 2011, s. 102).

2.2.4 Využití v potravinářství

Výhody aplikací agaru v potravinářství vychází z charakteristik, že má pevnou strukturu, je tepelně odolný a stabilní v kyselých podmínkách a vykazuje omezenou reaktivitu vůči jiným složkám potravin. Své uplatnění nachází jako stabilizátor, emulgátor a zahušťovadlo. V potravinářství se nachází jako potravinářská přídatná látka s označením E406 (Evropa, 2008). Používá se jako želírující látka, např. do zmrzlin a džemů. Protože vytváří velmi pevné gely, které jsou stálé i za vyšších teplot, využívá se i v pekařských výrobcích, při výrobě tavených sýrů, masných výrobků (konzervované maso, aspiky), cukrářských (bonbóny, želé, nugát, dezerty) a mléčných produktů (krémy, pudinky), nápojů, polévek a omáček. V některých zemích světa se používá tradičně jako potravina, ale jen v malých množstvích. Použití nachází nejen v potravinářství, ale např. i v kosmetice jako zahušťovadlo do krémů, ve farmacii jako pomocná látka v tabletách anebo v biotechnologiích jako pevné kultivační médium (Rhein-Knudsen a kol., 2015, s. 3349–3350; Vrbová, 2016b; Imeson, 2010, s. 42–46; Armisén a kol., 2009, s. 97).

2.3 Alginát sodný

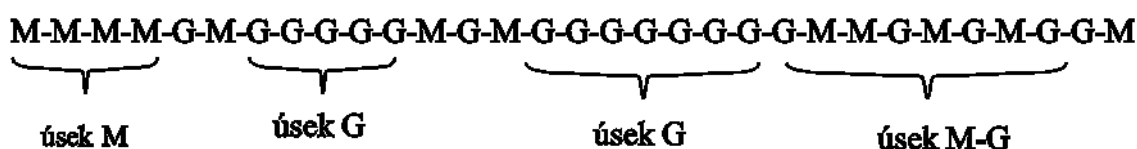
2.3.1 Obecná charakteristika

Alginát je polysacharid, který se hojně vyskytuje v přírodě. Nachází se buď jako strukturní složka v mořských hnědých řasách, anebo jako kapsulární polysacharid v půdních bakteriích. Algináty jsou extrahovány z buněčných stěn hnědých mořských řas čeledi *Phaeophyceae*, které rostou při pobřeží severního Atlantiku a algináty zde tvoří asi 40 % sušiny řas. Mezi významné průmyslové a komerční zdroje pro výrobu alginátů patří řasy *Macrocystis pyrifera*, *Laminaria hyperborea* řasy rodů *Ascophyllum* a *Sargassum*. Nejen řasy ale i některé druhy bakterií mohou být významnými zdroji alginátů, např. rody bakterií *Azotobacter* a *Pseudomonas*. Jedná se o elastické a ireverzibilní hydrokoloidy, které mají schopnost tvořit gel. Pokud jsou jednou převedeny do gelové formy, tak už nemohou být převe-

deny zpět do roztoku (Hencht a Srebnik, 2016, s. 2160; Draget, 2009, s. 807–811; Madhavan a Abirami, 2015, s. 704; Velíšek a Hajšlová, 2009, s. 298; Anonym, 2017b).

2.3.2 Fyzikální a chemické vlastnosti

Algináty jsou přírodní polymery s vysokou molekulovou hmotností. Jedná se o lineární kopolymery skládající se ze dvou monomerních uronových kyselin vzájemně spojených glykozidickou vazbou (1, 4). Jsou tvořeny kyselinou β -D-mannuronovou (M) a α -L-guluronovou (G). V řetězci se nepravidelně střídají úseky MM, GG a MG (Obr. 7, Obr. 8), jejich variabilita závisí především na původu alginátu, době sklizně a extrakční technice (Velíšek a Hajšlová, 2009, s. 298; Rhein-Knudsen a kol., 2015, s. 3352; Helgerud a kol., 2010, s. 52).

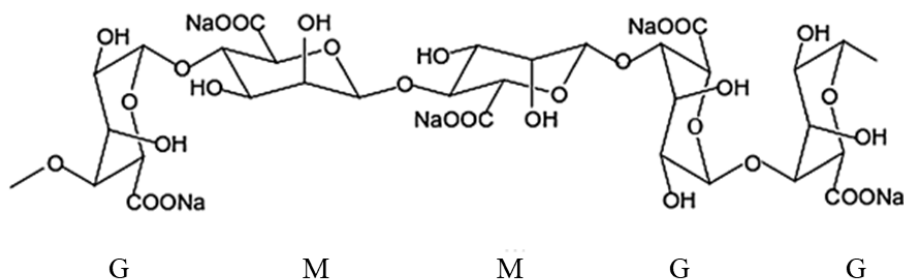


Obr. 7 Obecná struktura alginátů (upraveno podle Draget a Taylor, 2011, s. 252)

Nejdůležitější vlastností alginátů je schopnost vytvářet gely. Hlavní výhodou je, že tvoří tepelně stabilní gely. V potravinářství je zajímavé především gelovatění s ionty vápníku. Aby mohlo dojít k reakci s vápníkem za tvorby gelu, musí alginát obsahovat určitý podíl kyseliny guluronové (GG úseky). Fyzikálně-chemické vlastnosti alginátu závisí na poměru M:G segmentů. Algináty s relativně vysokým obsahem úseků G vytváří husté a křehké gely, zatímco algináty s relativně nízkým počtem zbytků G tvoří více elastické gely (Helgerud a kol., 2010, s. 56; Rhein-Knudsen a kol., 2015, s. 3352).

Alkalické soli (sodné a draselné), amonné soli a hořečnaté soli alginátů jsou rozpustné ve vodě, vápenaté soli alginátů jsou ve vodě nerozpustné. Rozpustnost alginátů ve vodě ovlivňuje hodnota pH, druh iontů (např. obsah Ca^{2+} iontů a s tím související tvrdost) a iontová síla prostředí. Při náhlém a prudkém poklesu pH se v roztoku sráží alginová kyselina, naopak při pomalém snižování pH se vytváří gel alginové kyseliny. Roztoky alginátů alkalických kovů mají poměrně vysokou viskozitu a chovají se jako pseudoplastické systémy. Viskozita závisí na iontové síle (jedná se o polyelektrolyty), se zvyšující se iontovou silou

klesá. Zahříváním a působením redukčními činidly (např. kyselina askorbová) dochází k degradaci polymerů a poklesu viskozity (Velíšek a Hajšlová, 2009, s. 299; Draget, 2009, s. 813).



Obr. 8 Molekulární struktura alginátu sodného (upraveno podle Sellimi a kol., 2012, s. 1359)

2.3.3 Možné interakce

Algináty jsou polyelektrolyty, což znamená, že za příznivých podmínek mohou algináty elektrostaticky interagovat s jinými nabitými polymery (např. s proteiny). Ve smíšených systémech může docházet k fázovému přechodu nebo ke zvýšení viskozity. Tyto interakce lze využít ke stabilizaci a zvýšení mechanických vlastností při přepracování některých potravin. Pokud chceme zabránit těmto elektrostatickým interakcím, je potřeba provádět míchání alginátu a proteinů při vyšším pH, kde má většina proteinů negativní náboj (Draget, 2009, s. 817–818). Při smísení alginátu sodného a β -laktoglobulinu při pH 3 a 4 vytváří alginát objemné komplexy s proteiny o průměru 1000 nm a více kvůli elektrostatické přitažlivosti. Při pH 5 tvoří β -laktoglobulin a alginát sodný poměrně rozpustné komplexy, kdežto při pH 6 a 7 již spolu komplexy kvůli elektrostatickému odporu mezi obdobně nabitými molekulami netvoří. Alginát sodný také interaguje s pektinem. Nejsilnější synergie byla zjištěna mezi alginátem s vysokým poměrem G/M a pektinem s vysokým stupněm esterifikace. Tyto gely vykazovaly nejvyšší elastický modul pružnosti (G'). Alginát s nízkým poměrem G/M a pektinem měli nižší elastický modul pružnosti a pomalejší rychlost gelovatění (Venugopal, 2011, s. 111). Interakce, při které dochází mezi alginátovými řetězci a vápenatými ionty k propojení do trojrozměrné struktury, nejlépe charakterizuje model „egg-box“ (Helgerud a kol., 2010, s. 56).

2.3.4 Využití v potravinářství

V potravinářství je alginát jako potravinářská přídatná látka označován kódem E401 (Evropa, 2008). Algináty se používají v potravinářství jako stabilizátory, emulgátory, zahušťovadla a želírující látky. Schopnost alginátů zlepšovat, měnit a stabilizovat strukturu potravin představuje základ pro jejich aplikaci jako potravinářských přísad. Je využíván pro zlepšení konzistence, např. pečiva, omáček, dresinků, zmrzlin a ovocných džusů. Jeho schopnosti gelovatění je využíváno při výrobě ovocných želé a pudinků. Největší využití má v mléčných výrobcích, kde alginát reaguje s vápenatými ionty. Je přidáván do krémů, čokoládových pěn, jogurtů, mléčných koktejlů a sýrů. Redukuje tvorbu krystalků a zpomaluje roztávání zmrzlin. Dále nachází své uplatnění v pekařství, kde je přidáván do krémů a ovocných náplní. Zajišťuje zde stabilitu krémů při pečení, zmrazení a následném rozmrazení a také zabraňuje unikání náplně při pečení. Používá se i k zahušťování těst. Algináty váží vodu, kterou udrží vlhkost v pečivu. Algináty nachází své využití také v lékařském, farmaceutickém, kosmetickém, textilním a tiskařském průmyslu (Rahelivao a kol., 2013, s. 143; Rhein-Knudsen a kol., 2015, s. 3351–3354; Velíšek a Hajšlová, 2009, s. 299; Draget, 2009, s. 823; Helgerud a kol., 2010, s. 63–66; Vrbová, 2016c).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem bakalářské práce bylo vyrobit tavené sýry bez tavicích solí s přidavkem vybraných hydrokoloidů z řas.

Cílem teoretické části bakalářské práce bylo:

- legislativně vymezit tavené sýry a popsat technologii jejich výroby
- charakterizovat vybrané hydrokoloidy z hlediska fyzikálně chemických vlastností a možných interakcí

Cílem praktické části bakalářské práce bylo:

- vyrobit modelové vzorky tavených sýrů s vybranými hydrokoloidy
- provést u vyrobených vzorků základní chemickou analýzu (stanovení pH, obsahu sušiny a obsahu tuku) a dynamickou oscilační reometrii
- vyhodnotit získané výsledky a vhodně je diskutovat s odbornou literaturou
- formulovat závěry práce

4 METODIKA PRÁCE

4.1 Výroba modelových vzorků

Modelové vzorky tavených sýrů byly vyrobeny z přírodního sýra s obsahem sušiny 40 % (w/w) a obsahem tuku v sušině (TVS) 55 % (w/w). Surovinou byla eidamská cihla ve stáří 8 týdnů (50 % (w/w) sušiny, 30 % (w/w) TVS; Kromilk, a. s., Kroměříž, Česká republika), máslo (84 % (w/w) sušiny, 82 % (w/w) tuku), pitná voda a vybrané hydrokoloidy z mořských řas: agar, alginát sodný, κ -karagenan a ι -karagenan (Sigma-Aldrich, s. r. o., Saint Louis, USA), které byly přidávány v koncentracích 0,10 %, 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 % (w/w). Takto připravená surovinová skladba byla tavena na zařízení Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Hameln, Německo) s nepřímým ohřevem. Další postup výroby byl mírně upraven dle prací Černíková a kol. (2017a, s. 4301–4302; 2017b, s. 15). Eidamská cihla byla nakrájena na kousky o hraně cca 2 cm a vložena do tavicího kotle, kde byla následně 30 sekund dezintegrována při 3000 ot./min. Poté bylo přidáno máslo, voda a daný hydrokoloid v požadované koncentraci. Tato kompletní směs byla uzavřena víkem, vývěvou byl vytvořen mírný podtlak, aby se zabránilo vzniku vzduchových bublin a oxidaci vzorků. Na zařízení byly nastaveny otáčky 3000 ot./min., obsah kotle byl pomocí nožů míchán po dobu 12 min na výslednou tavicí teplotu 90 °C. Bezprostředně po výrobě byl utavený sýr naléván do plastových vaniček, které byly následně zažehleny hliníkovými víčky. Víčka byla vhodně popsána a vzorky byly zchlazeny a uchovávány při teplotě 6 ± 2 °C do okamžiku analýz tavených sýrů. Měření probíhala v 1., 7., 14., 30. a 60. dnu od data výroby vzorků.

4.2 Základní chemická analýza

Modelové vzorky byly podrobeny základní chemické analýze, při které byl sledován obsah celkové sušiny, obsah tuku v sušině a pH během doby skladování.

Obsah sušiny byl stanoven podle ISO 5534:2004 u všech vzorků (Anonym, 2004a). U vzorků byl stanoven obsah tuku v sušině dle ISO 1735:2004 (Anonym, 2004b). Hodnota pH je definována jako záporný dekadický logaritmus aktivity oxoniových iontů. Hodnoty pH byly měřeny pomocí vpichového pH metru s kombinovanou skleněnou elektrodou při laboratorní teplotě 22 ± 1 °C (pH Spear, Eutech Instruments Europe B. V., Landsmeer, Nizozemí). Stanovení obsahu sušiny probíhalo třikrát a pH bylo měřeno šestkrát u každého vzorku (Černíková a kol., 2017a, s. 4302; Černíková a kol., 2017b, s. 15).

4.3 Senzorická analýza

Senzorická analýza byla provedena skupinou pěti expertů (zaměstnanci Ústavu technologie potravin, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně), kteří byli vyškoleni k popisu tavených sýrů podle ČSN ISO 8586 (Anonym, 2015). Vzorky byly hodnoceny pomocí sedmibodové stupnice pro kritérium: homogenita (1–naprosto homogenní vzorek, 4–mírná nehomogenita, akceptovatelná, 7–naprosto nehomogenní vzorek) (Černíková a kol., 2010, s. 338; Hladká a kol., 2014, s. 652). Modelové vzorky byly hodnoceny v senzorické laboratoři se senzorickými kabinami (za normálních světelných podmínek) v souladu s normou ČSN EN ISO 8589 (Anonym, 2008). Vzorky tavených sýrů byly testovány po 14 dnech skladování při teplotě 6 ± 2 °C. Vzorky (100g) byly prezentovány v randomizovaném pořadí (čtyřmístné kódy) na bílých talířích (každý vzorek na samostatném talíři). Posuzovatelům byly podávány vzorky při pokojové teplotě 22 ± 2 °C. Schéma hodnocení pro senzorickou analýzu tavených sýrů je uvedeno v příloze 1 (Černíková a kol., 2010, s. 338; Hladká a kol., 2014, s. 652).

4.4 Dynamická oscilační reometrie

Viskoelastické vlastnosti modelových vzorků sýrů byly analyzovány pomocí dynamické oscilační reometrie (rotační viskozimetr Thermo ScientificTM HAAKE RheoStress 1, Brémy, Německo). Použita byla geometrie deska-deska (průměr = 35 mm, štěrbina = 1 mm) a měření probíhalo v oblasti lineární viskoelastivity při teplotě $20,0 \pm 0,1$ °C. Po nanesení vzorku na dolní desku, byla spuštěna horní deska, přebytečný tavený sýr byl opatrně odstraněn a okraje geometrie byly potřeny tenkou vrstvou silikonového oleje (Lukosiol M15, Lučební závody Kolín, Kolín, Česká republika), aby se zabránilo vysychání vzorku. Po pěti minutové relaxaci byl měřen elastický a ztrátový modul pružnosti v rozsahu frekvencí 0,05–100,00 Hz. Amplituda smykového napětí byla nastavena na 10 Pa.

Dynamická oscilační geometrie je založena na řízené deformaci vzorku, při které se zkoumá chování při toku látek. Metoda slouží také pro zjišťování elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti v závislosti na zvoleném rozsahu frekvencí. Komplexní modul pružnosti se vypočítá podle vzorce (1) (Černíková a kol., 2017a, s. 4302; Černíková a kol., 2017b, s. 15; Gabriele a kol., 2001, s. 121–122):

$$G^* = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2} \quad (1)$$

4.5 Statistické vyhodnocení naměřených dat

Naměřená a zjištěná data byla vyhodnocována pomocí neparametrických metod, především Kruskal-Wallisova a Wilcoxonova testu. Statistická hodnocení byla provedena na hladině významnosti 5 %. Pro výpočty byl použit software Unistat verze 6.5 (Londýn, Velká Británie) (Černíková a kol., 2017a, s. 4303).

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Výsledky základní chemické analýzy

Stanovení obsahu sušiny, obsahu tuku v sušině a pH bylo provedeno u jednotlivých vzorků tavených sýrů s přidávkou vybraných hydrokoloidů a u kontrolních vzorků. Analyzovány byly vzorky s tučností 55 % (w/w) tuku v sušině a obsahem sušiny 40 % (w/w). Měření bylo provedeno 1., 7., 14., 30. a 60. den od data výroby. U každé šarže bylo provedeno šest měření.

Obsah tuku v sušině byl u jednotlivých vzorků s danými hydrokoloidy stanoven v 95% intervalu spolehlivosti 20,9–22,9 % (w/w). U kontrolního vzorku se obsah tuku v sušině pohyboval v 95% intervalu spolehlivosti 20,8–22,7 % (w/w).

Hodnoty pH se u jednotlivých hydrokoloidů (agar, alginát sodný, ι-karagenan, κ-karagenan) pohybovaly v 95% intervalu spolehlivosti 5,43–5,60, u kontroly byly hodnoty pH v 95% intervalu spolehlivosti 5,70–5,92. Hodnoty pH pro jednotlivé dny jsou uvedeny v Tabulce 1. Hodnoty pH u jednotlivých hydrokoloidů jsou značně nižší než pH u kontrolních vzorků s tavicími solemi, které ovlivňují pH. Hodnoty pH se v průběhu skladování snižují jak u jednotlivých hydrokoloidů, tak i u vzorků s tavicími solemi. Hodnoty pH klesly v průběhu šedesátidenního skladování zhruba o 0,1. Optimální pH tavených sýrů je 5,6–6,1 (Guinee, 2011, s. 809). Výsledky pH u jednotlivých hydrokoloidů se hodnotě pH 5,6 přibližují pouze v 1. den analýzy, poté pH vzorků klesá k hodnotě pH 5,5.

Z výsledků analýzy modelových vzorků vyplývá, že obsah sušiny tavených sýrů je stejný s požadovaným obsahem sušiny při výrobě vzorků jen s nepatrnými rozdíly. Pro vzorky s obsahem jednotlivých hydrokoloidů a s obsahem tavicích solí (kontrolní vzorky) se obsah sušiny pohyboval v 95% intervalu spolehlivosti 41–43 % (w/w). Cílem bylo získat vzorky s požadovaným obsahem sušiny 40 % (w/w).

Tabulka 1 Hodnoty pH vzorků tavených sýrů vyjádřené jako 95% interval spolehlivosti

den měření	pH	
	hydrokoloidy	kontrola
1. den	5,57–5,60	5,88–5,92
7. den	5,51–5,57	5,80–5,85
14. den	5,47–5,53	5,75–5,78
30. den	5,43–5,53	5,71–5,75
60. den	5,45–5,49	5,70–5,74

5.2 Výsledky senzorické analýzy

U modelových i kontrolních vzorků byla hodnocena pomocí senzorické analýzy homogenita. Vzorky byly vyhodnocovány podle sedmibodové stupnice uvedené v příloze 1. U vzorků taveného sýra s alginátem sodným o koncentraci 0,10 %, 0,25 %, 0,50 % a 0,75 % (w/w) došlo k oddělení vrstvy tuku a tyto vzorky byly označeny jako nehomogenní. Vzorky taveného sýra s agarem o koncentraci 0,10 % (w/w) byly vyhodnoceny taktéž jako nehomogenní. Ostatní vzorky byly hodnoceny jako homogenní, případně s mírným stupněm nehomogenity označeným v senzorickém hodnocení do stupně 3 včetně, tedy nepatrně znatelná nehomogenita. Mírná nehomogenita vzorků s obsahem 0,10 a 0,25 % (w/w) κ - a ι -karagenanu se projevila na komplexním modulu pružnosti (viz Obr. 9 a 10), kdy byla pravděpodobně po odstranění povrchové vrstvy před měřením, z důvodu odstranění povrchové krusty výrobků vznikající v průběhu chlazení vzorku, následně měřena tužší proteinová matrice s menším obsahem tuku a proto byly vzorky obsahující ι -karagenan pro první dvě použité koncentrace tužší než zbývající vzorky s obsahem 0,50–1,00 % (w/w) ι -karagenanu. V tomto případě byla odstraněna větší část vzorku, která obsahovala více tuku a byla tím pádem měkčí. Naopak v případě κ -karagenanu byla velmi pravděpodobně naopak změřena u vzorku s obsahem 0,25 (w/w) % κ -karagenanu právě větší část měkčí horní vrstvy s vyšším obsahem tuku a tím pádem vykazoval komplexní modul pružnosti G^* pro tento vzorek nižší hodnoty než v případě použité koncentrace 0,10 % (w/w). Nehomogenitu obdobných vzorků vyrobených na jiném technologickém zařízení a jejich vliv na viskoelastické vlastnosti publikovala ve své práci Černíková a kol. (2010).

5.3 Výsledky dynamické oscilační reometrie

Viskoelastické chování kontrolních vzorků tavených sýrů a vzorků s jednotlivými hydrokoloidy (agar, alginát sodný, ι -karagenan, κ -karagenan) o koncentracích 0,10 %, 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1,00 % (w/w) bylo hodnoceno metodou dynamické oscilační reometrie při frekvenci 0,05–100,00 Hz. Pro srovnání byly hodnoceny také kontrolní vzorky s tavicími solemi bez aplikace hydrokoloidů.

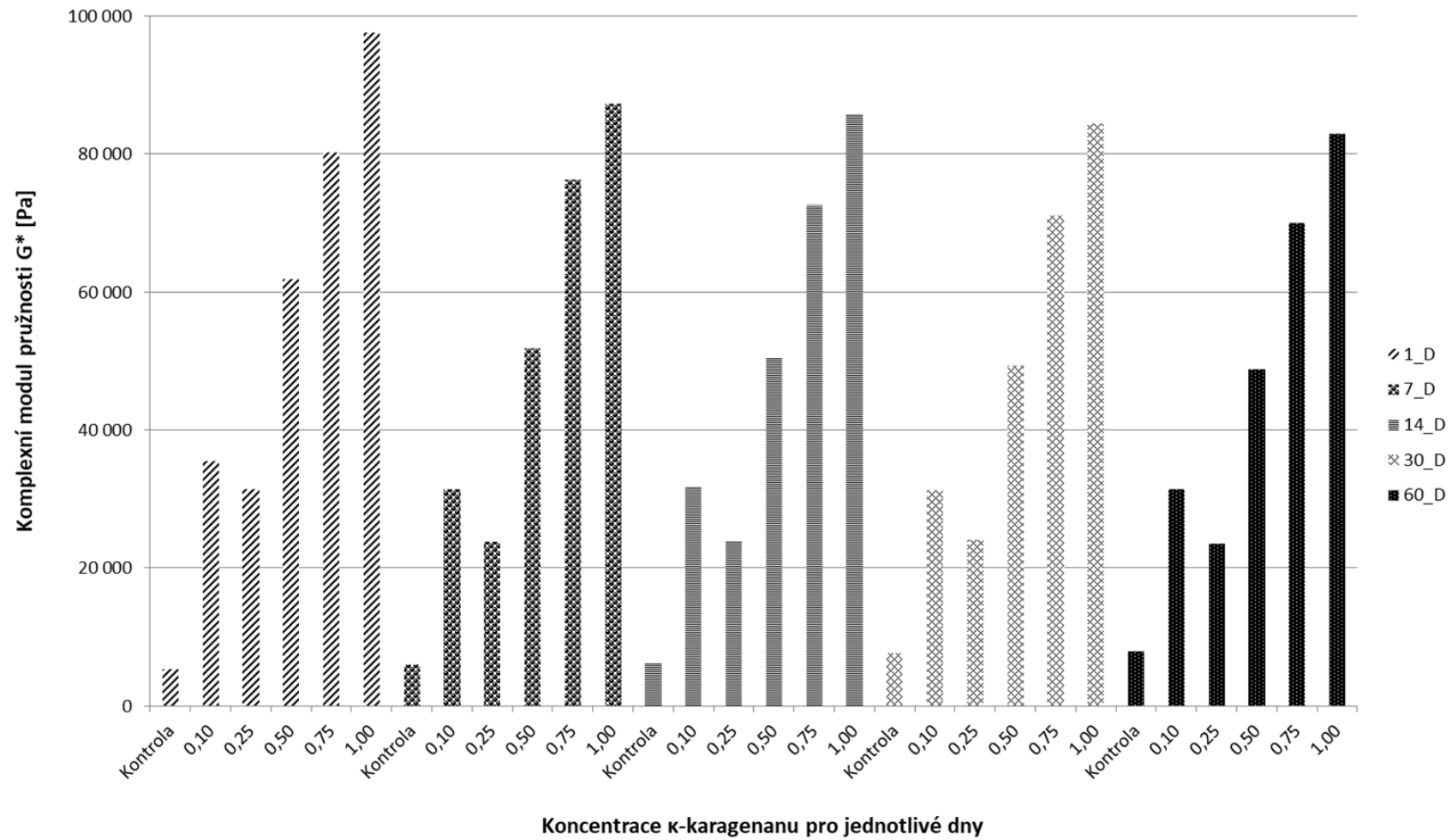
Výsledky dynamické oscilační reometrie pro vzorky tavených sýrů s κ -karagenanem a ι -karagenanem jsou zobrazeny na Obr. 9 a 10. Ze sledované závislosti komplexního modulu pružnosti G^* na koncentraci κ -karagenanu vyplynulo, že s narůstající koncentrací κ -karagenanu (v rozsahu 0,10–1,00 % w/w) se v jednotlivých dnech zvyšuje komplexní modul pružnosti. Podle Piska a Štětina (2004, s. 553–554) dochází s rostoucími hodnotami

komplexního modulu pružnosti G^* ke zvyšování tuhosti tavených sýrů. Toto zjištění odhaluje skutečnost, že s rostoucí koncentrací κ -karagenanu se mění vlastnosti taveného sýra a dochází ke zvyšování jeho tuhosti. Tuhost vzorků s přidavkem κ -karagenanu byla vždy vyšší než u kontrolního vzorku s tavicími solemi, neboť vykazovaly vyšší hodnoty komplexního modulu pružnosti v porovnání s kontrolními vzorky, a to i přes skutečnost, že s prodlužující se dobou skladování tuhost vzorků s jednotlivými koncentracemi κ -karagenanu klesala až do ukončení doby analyzování vzorků (60 dní). U vzorků tavených sýrů s přidavkem ι -karagenanu byla také zjištěna skutečnost, že s narůstající koncentrací ι -karagenanu se v jednotlivých dnech zvyšuje komplexní modul pružnosti. Avšak u koncentrací 0,10 a 0,25 % (w/w) došlo k vyššímu nárůstu tuhosti oproti ostatním koncentracím. Poté došlo u koncentrace 0,50 % (w/w) k poklesu tuhosti a následně došlo opět k postupnému nárůstu tuhosti. Tuhost vzorku s přidavkem ι -karagenanu byla pokaždé vyšší než u kontrolního vzorku, přestože tuhost vzorků s jednotlivými koncentracemi ι -karagenanu v průběhu šedesátidenního skladování klesala. Při porovnání vzorků tavených sýrů s přidavkem κ -karagenanu a ι -karagenanu lze konstatovat, že vzorky s κ -karagenanem vykazovaly poměrně vyšší tuhost než vzorky s ι -karagenanem. Mohlo by to být způsobeno přítomností sulfátové skupiny, která má vliv na pevnost gelu, strukturu a synerzi, protože karabióza κ -karagenanu obsahuje jednu sulfátovou skupinu a u ι -karagenanu jsou tyto skupiny dvě (Tykvartová a kol., 2008, s. 75; Blakemore a Harpell, 2010, s. 79; Imeson, 2009, s. 169–170). S rostoucí koncentrací κ -karagenanu a ι -karagenanu dochází k intenzivnějším interakcím mezi karagenanovými řetězci, což vede k vytvoření „hustší“ (intenzivnější) síťové struktury (Černíková a kol., 2008, s. 1058). Podle Hladká a kol. (2014, s. 653) dochází k poklesu tvrdosti u vzorků tavených sýrů s přidavkem κ -karagenanu s rostoucím stupněm zralosti. Tvrdost vzorků s κ -karagenanem byla vždy vyšší než u odpovídajících vzorků s tavicími solemi. Schopnost karagenanu nahradit emulgační soli na bázi fosforečnanů nebo citronanů může souviset s tvorbou vazeb mezi karagenanem a kazeinem (za přítomnosti iontů vápníku). Nově vytvořené „komplexy“ karagenan-protein (zejména s frakcemi kazeinu obsahujícími hydrofobní segmenty) mohou vykazovat emulgační vlastnosti a stabilizovat vodu a tuk v kazeinové matici. To odhaluje schopnost karagenan-proteinových „komplexů“ stabilizovat tuky a vodu v kazeinové matici, která nezávisí na stupni zralosti sýra (Hladká a kol., 2014, s. 653–654; Černíková a kol., 2010, s. 341). Podle Böcker a kol. (2016, s. 90) jeví gely tvořené κ -karagenanem synergické účinky tím, že vykazují vysoké hodnoty obsahu vody, pružnosti a viskozity. Mucin sliznatky v kombinaci

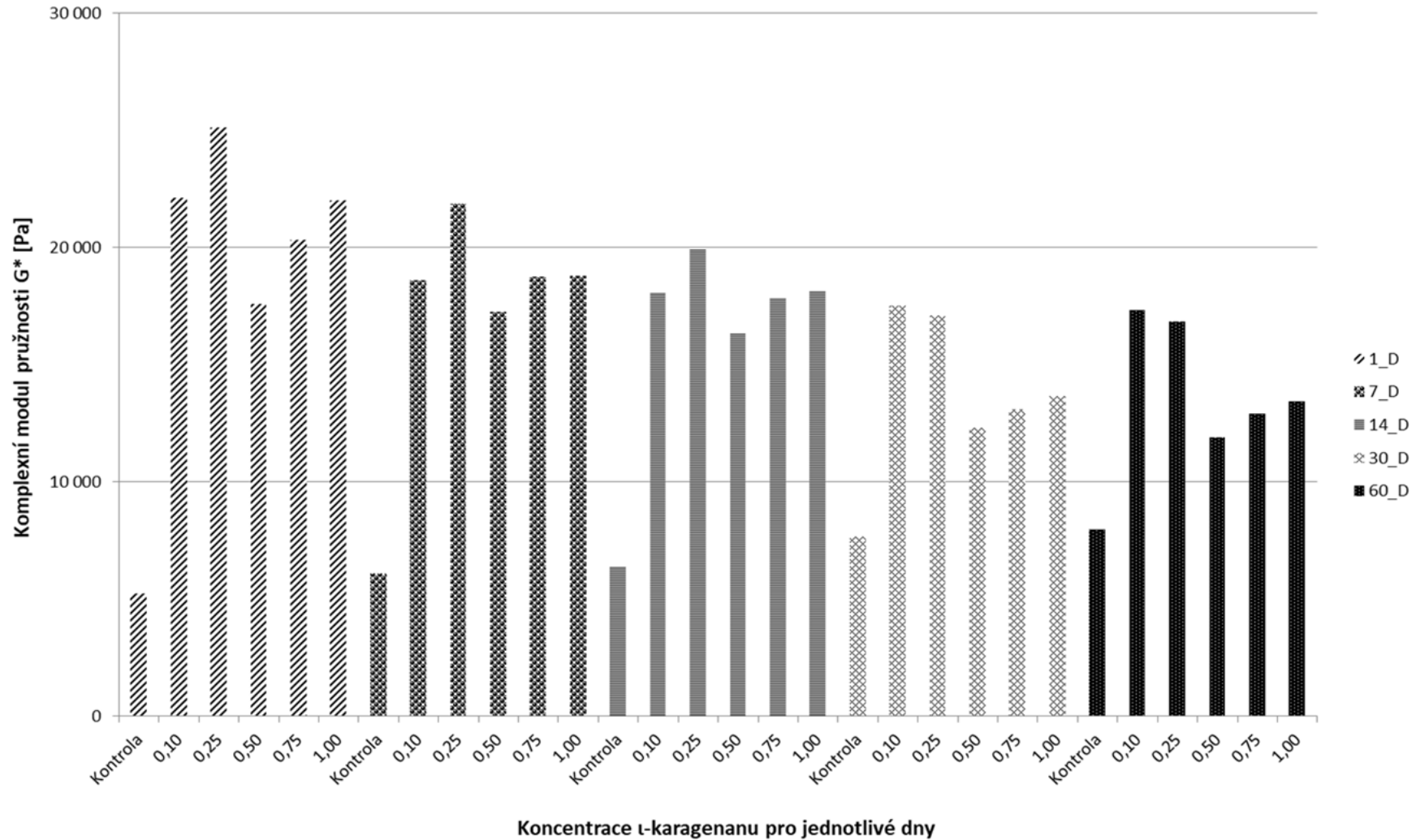
s negativně nabitým roztokem polymeru, např. κ -karagenan nebo škrob, vytváří silné gely s vysokou soudržností, vysokou elasticitou, s vysokým obsahem vody a vyšší smykovou viskozitou (Böcker a kol., 2016, s. 94–95). Studie uvádějí, že přidavek polysacharidů ke kyselému mléčnému gelu má vliv na synerezi a tuhost gelu. Změny v mikrostruktuře a synerezi v kyselých mléčných gelech mohou souviset se silnou interakcí (elektrostatické odpuzování/přitahování) mezi přidaným polysacharidem a bílkovinami. Ve většině kyselých mléčných výrobků vede přítomnost polysacharidů k tvorbě hustších proteinových sítí mezi proteiny i mezi proteiny a polysacharidy (Laneuville a Turgeon, 2014, s. 5, 13–14).

Výsledky dynamické oscilační reometrie pro vzorky tavených sýrů s agarem a alginátem sodným jsou zobrazeny na Obr. 11 a 12. Podle pozorované závislosti komplexního modulu pružnosti G^* na koncentraci agaru bylo zjištěno, že s narůstající koncentrací agaru (v rozsahu 0,25 % w/w až 1,00 % w/w) se v jednotlivých dnech zvyšuje komplexní modul pružnosti G^* . Toto zjištění detekuje skutečnost, že s rostoucí koncentrací agaru se mění povaha taveného sýra a dochází ke zvyšování jeho tuhosti. Tuhost vzorků s přidavkem agaru byla v porovnání s kontrolním vzorkem bez aplikace agaru vždy vyšší, a to i přes to, že s prodlužující se dobou skladování tuhost vzorků s jednotlivými koncentracemi agaru postupně klesala až do doby ukončení skladovacího pokusu (60 dní). Vzorky s alginátem sodným byly měřeny jen u koncentrace 1,00 % (w/w), jelikož vzorky s nižšími koncentracemi byly nehomogenní. Ve srovnání s kontrolou vykazovaly vzorky s alginátem vyšší tuhost v jednotlivých dnech. Taktéž jako u modelových vzorků s přidavkem agaru došlo i u vzorků s aplikací alginátu k poklesu tuhosti v průběhu šedesátidenního skladování. Při porovnání vzorků tavených sýrů s obsahem 1,00 % (w/w) agaru se vzorky obsahujícími alginát sodný o použité koncentraci 1,00 % (w/w) vykazoval vzorek s alginátem sodným asi o polovinu nižší tuhost než vzorky se stejnou koncentrací agaru. Příčinu, proč vykazuje alginát nižší tuhost vzorku oproti agaru, můžeme najít v elektrostatických interakcích s proteiny, neboť alginát sodný tvoří s β -laktoglobulinem při pH 5 poměrně rozpustné komplexy (Venu-gopal, 2011, s. 111).

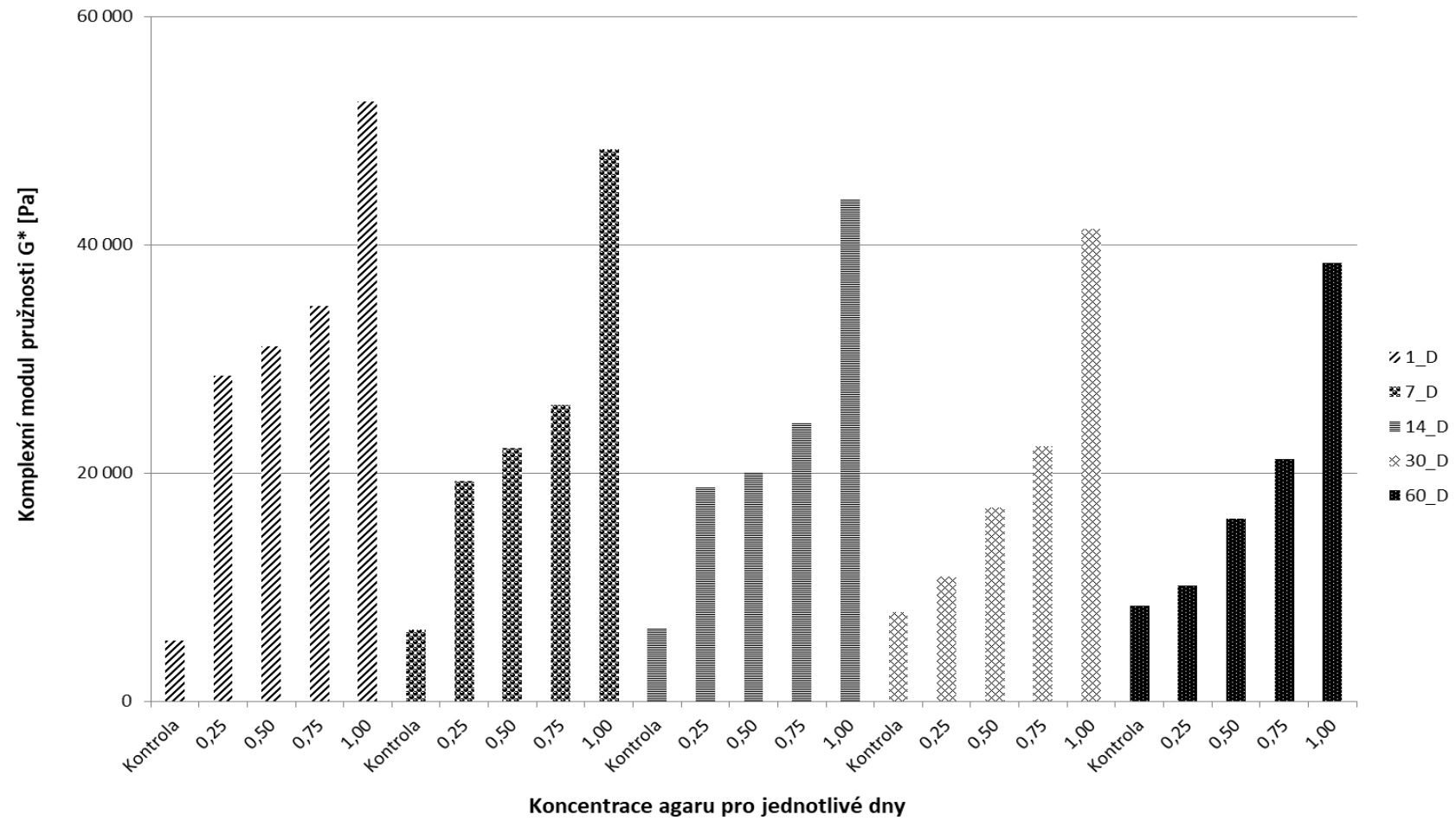
U agaru bylo zjištěno, že vytváří slabé sekundární a rozvětvené sítě, což efektivně snižuje velikost pórů v kyselém mléčném gelu, a vykazuje také nižší synerezi oproti aniontovým polysacharidům, jako je např. κ -karagenan nebo xantan. (Laneuville a Turgeon, 2014, s. 5, 9).



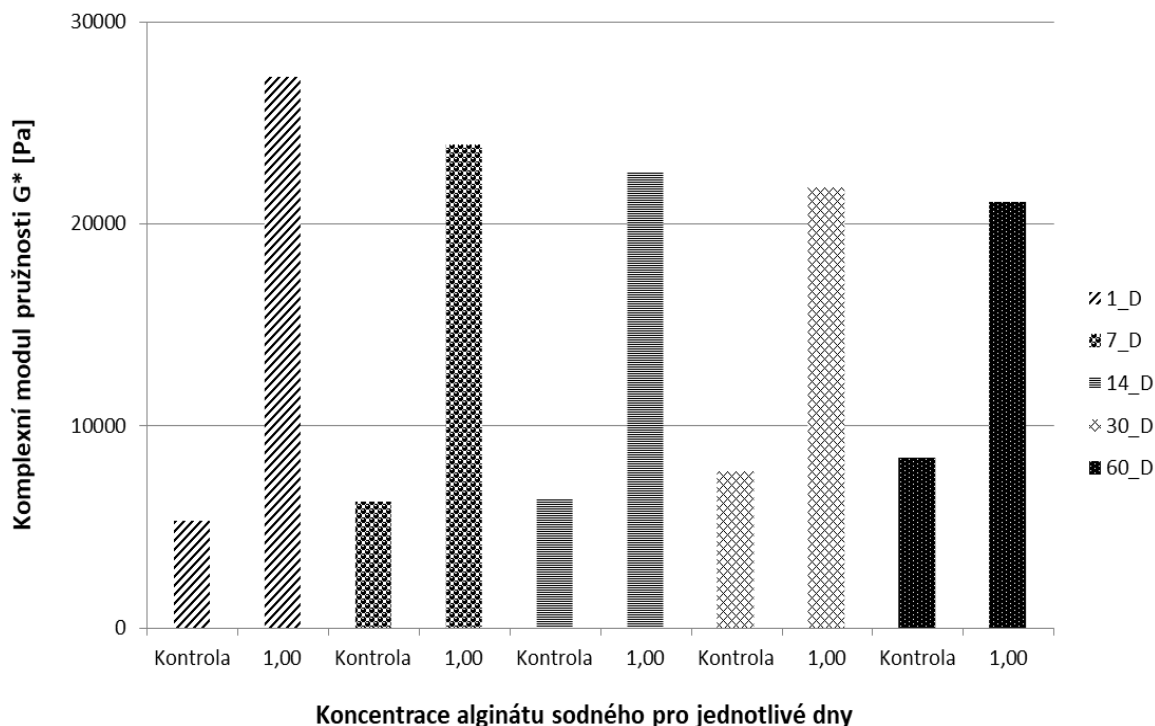
Obr. 9 Závislost komplexního modulu pružnosti na koncentraci κ -karagenanu v průběhu 60 dnů skladování



Obr. 10 Závislost komplexního modulu pružnosti na koncentraci l-karagenanu v průběhu 60 dnů skladování

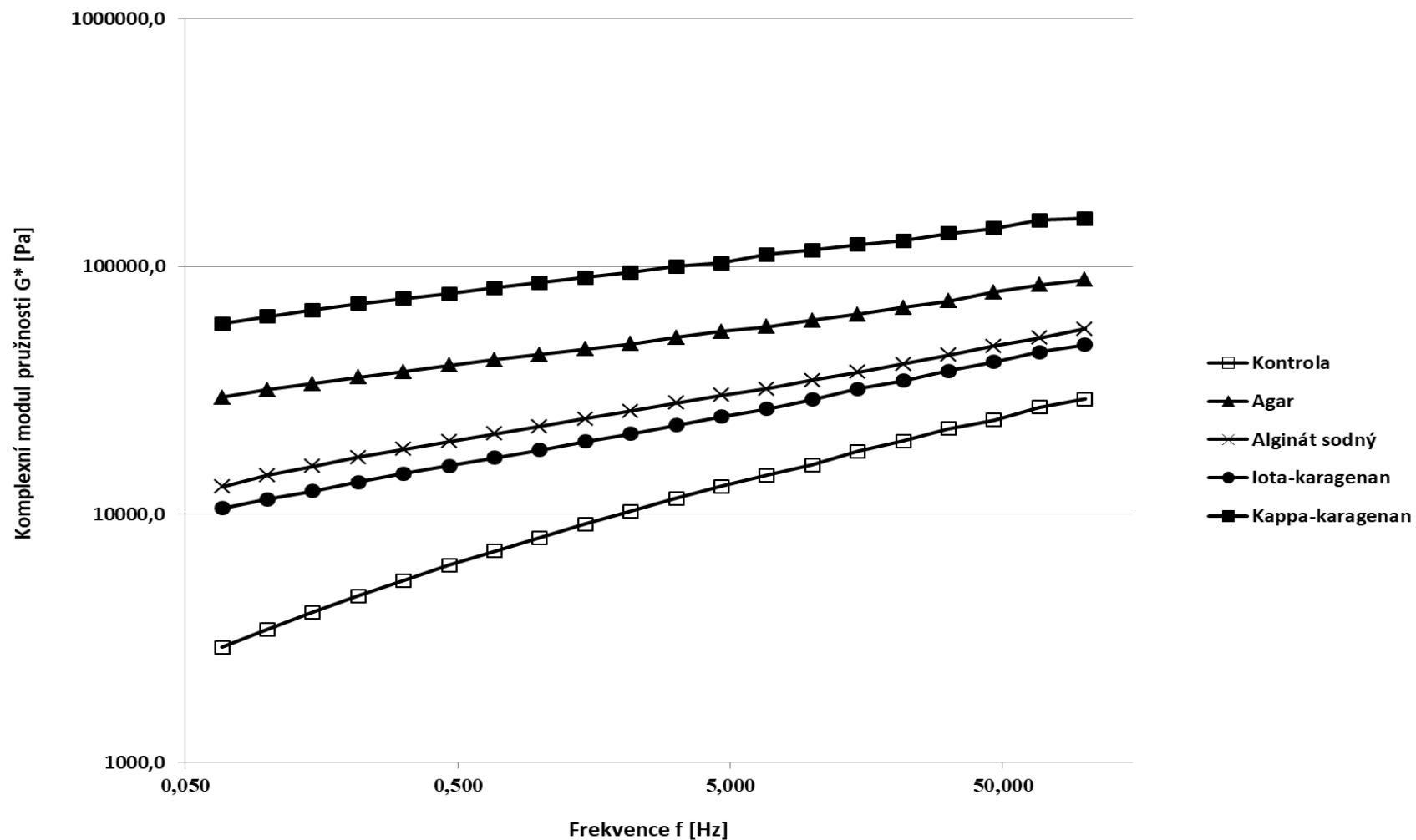


Obr. 11 Závislost komplexního modulu pružnosti na koncentraci agaru v průběhu 60 dnů skladování



Obr. 12 Závislost komplexního modulu pružnosti na koncentraci alginátu sodného v průběhu 60 dnů skladování

Ovlivnění viskoelastických vlastností jednotlivými aplikovanými hydrokoloidy po čtrnáctidenním skladování je pro koncentraci všech hydrokoloidů 1,00 % (w/w) uvedeno na Obr. 13, a to jako závislost G^* na frekvenci v rozsahu 0,05–100,00 Hz. Z uvedeného obrázku vyplývá, že nejvyšší komplexní modul pružnosti a tedy nejvyšší tuhost, vykazoval vzorek s přísadkou κ -karagenanu. Nižší hodnoty tuhosti pak vykazovaly vzorky s alginátem, agarem a nakonec ι -karagenanem (v uvedeném pořadí). Naopak nejnižší tuhost byla identifikována pro kontrolní vzorek a tedy jako nejměkčí byly označeny vzorky bez aplikace jakéhokoli hydrokoloidu z řas. Při měření docházelo se zvyšující se frekvencí k postupnému navýšování tuhosti u vzorků s jednotlivými hydrokoloidy.



Obr. 13 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci pro jednotlivé hydrokoloidy s koncentrací 1,00 % (w/w) po 14 dnech skladování

ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zaměřena na charakteristiku a výrobu tavených sýrů, do nichž byly jako náhrady tavicích solí fosforečnanového nebo citronanového typu aplikovány vybrané hydrokoloidy z řas. Jako analytické metody byla zvolena senzorická analýza a dynamická oscilační reometrie. Úkolem bylo vyrobit vzorky tavených sýrů bez tavicích solí s přidavkem vybraných hydrokoloidů, konkrétně s κ -karagenanem, ι -karagenanem, agarem a alginátem sodným. Dále byla provedena základní chemická analýza, při které byl stanoven obsah tuku v sušině, obsah sušiny a pH. Součástí experimentální části byla také senzorická analýza a dynamická oscilační reometrie, kde byl zjišťován komplexní modul pružnosti G^* .

Na základě výsledků, které byly získány v experimentální části, lze vyvodit následující závěry:

- aplikace hydrokoloidů má vliv na hodnoty pH tavených sýrů vyrobených bez aplikace tavicích solí, neboť docházelo k mírnému snížení pH, a to na hodnoty 5,4–5,6;
- vzorky s alginátem sodným byly homogenní pouze při jeho aplikaci v koncentraci 1,00 % (w/w), vzorky s agarem naproti tomu byly nehomogenní v koncentraci 0,10 % (w/w) a vzorky s karagenany byly od koncentrace 0,50 % (w/w) homogenní;
- vliv přidavku hydrokoloidů na viskoelastické vlastnosti závisí na koncentraci a druhu aplikovaného hydrokoloidu, kdy s rostoucí koncentrací hydrokoloidů docházelo ke zvyšování tuhosti vzorků;
- tuhost vzorků s hydrokoloidy z řas během dvouměsíčního skladování postupně klesala;
- nejtěžší vzorky byly s přidavkem κ -karagenanu, nižší tuhost vykazovaly vzorky, do nichž byl aplikován agar, alginát a nejměkčí vzorky s přidavkem hydrokoloidu byly vzorky s ι -karagenanem.
- celkově nejměkčí konzistenci však vykazovaly vzorky bez aplikace hydrokoloidů, jejichž tuhost v průběhu dvouměsíčního skladování na rozdíl od vzorků s hydrokoloidy rostla.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ANONYM, 2004a. ČSN EN ISO 5534:2004, Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda). Praha: Český normalizační institut.

ANONYM, 2004b. ČSN EN ISO 1735:2004, Sýry a tavené sýrové výrobky – Stanovení obsahu tuku – Gravimetrická metoda (Referenční metoda). Praha: Český normalizační institut.

ANONYM, 2008. ČSN EN ISO 8589, Senzorická analýza – Obecné pokyny pro uspořádání senzorického pracoviště. Praha: Český normalizační institut.

ANONYM, 2015. ČSN ISO 8586, Senzorická analýza – Obecná směrnice pro výběr, výcvik a sledování činnosti posuzovatelů. Praha: Český normalizační institut.

ANONYM, 2017a. Obaly pro tavené sýry. *ALINVEST* [online]. 2017 [cit. 2017-11-18]. Dostupné z: <https://www.alinvest.cz/cs/obaly-na-bazi-hliniku/mlekarensky-prumysl/obaly-pro-tavene-syry>

ANONYM, 2017b. Taxonomy browser. *National Center for Biotechnology Information* [online]. USA, 2017 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?mode=Tree&id=28017&lvl=3&lin=f&keep=1&srchmode=1&unlock%20>

ARLTOFT, D., R. IPSEN, F. MADSEN a J. de VRIES. Interactions between Carrageenans and Milk Proteins : A Microstructural and Rheological Study. *Biomacromolecules*, 2007, vol. 8, s. 729-736.

ARMISÉN, R., F. GALATAS a S. A. HISPANAGAR. Agar. In *Handbook of hydrocolloids*. 2nd rev. ed. Eds. Phillips, G. O. a P. A. Williams, Cambridge: Woodhead Pub, 2009. s. 82-107. ISBN 978-1-84569-587-3.

BLAKEMORE, W. R. a HARPELL A. R. Carrageenan. In *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Eds. Imeson, A. Wiley-Blackwell Pub., 2010. s. 73-94. ISBN 978-140-5132-671.

BÖCKER, L., P. A. RÜHS, L. BÖNI, P. FISCHER a S. KUSTER. Fiber-Enforced Hydrogels: Hagfish Slime Stabilized with Biopolymers including κ -Carrageenan. *ACS Biomaterials Science & Engineering*. 2016, vol. 2, s. 90-95.

BRICKLEY, C. A., M. A. E. AUTY, P. PIRAINO a P. L. H. McSWEENEY. The Effect of Natural Cheddar Cheese Ripening on the Functional and Textural Properties of the Processed Cheese Manufactured Therefrom. *Journal of Food Science*. 2007, vol. 72, s. C483-C490. ISSN 0022-1147.

BUŇKA, F., L. BUŇKOVÁ a S. KRÁČMAR. Vybrané hydrokoloidy a emulgátory ve výrobě tavených sýrů. *Acta fytotechnica et zootechnica*. 2009, vol. 12, s. 69-78.

CORREDIG, M., N. SHARAFBAFI a E. KRISTO. Polysaccharide-protein interactions in dairy matrices, control and design of structures. *Food Hydrocolloids*. 2011, vol. 25, s. 1833-1841.

ČERNÍKOVÁ, M., F. BUŇKA, M. POSPIECH, B. TREMLOVÁ, K. HLADKÁ, V. PAVLÍNEK a P. BŘEZINA. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal*. 2010, vol. 20, s. 336-343.

ČERNÍKOVÁ, M., F. BUŇKA, V. PAVLÍNEK, P. BŘEZINA, J. HRABĚ a P. VALÁŠEK. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. *Food Hydrocolloids*. 2008, vol. 22, s. 1054-1061.

ČERNÍKOVÁ, M., J. NEBESÁŘOVÁ, R. N. SALEK, L. ŘIHÁČKOVÁ a F. BUŇKA, 2017a. Microstructure and textural and viscoelastic properties of model processed cheese with different dry matter and fat in dry matter content. *Journal of Dairy Science*. 2017, vol. 100, s. 4300-4307.

ČERNÍKOVÁ, M., J. NEBESÁŘOVÁ, R. N. SALEK, R. POPKOVÁ a F. BUŇKA. The effect of rework content addition on the microstructure and viscoelastic properties of processed cheese. *Journal of Dairy Science*. 2018, s. 1-7.

ČERNÍKOVÁ, M., R. N. SALEK, D. KOZÁČKOVÁ, H. BĚHALOVÁ, L. LUŇÁKOVÁ a F. BUŇKA, 2017b. Vliv vybraných technologických parametrů na konzistenci tavených sýrů. In Sborník přednášek a posterů Hygiena a technologie potravin XLVII. Lenfeldovy a Höklovy dny. Brno: VFU Brno, 18. a 19. října 2017, s. 14-18. ISBN 978-80-7305-793-0.

ČESKO. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědél při výrobě potravin, v platném znění. In: Sbíрка zákonů České republiky, 2008. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-4>

ČESKO. Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2016. Dostupné také z:

<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397>

DICKINSON, E. Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. *Food Hydrocolloids*. 2009, vol. 23, s. 1473-1482.

DOSTÁLOVÁ, J. a P. KADLEC. *Potravinářské zboží: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2014, 425 s. Monografie. ISBN 978-80-7418-208-2.

DRAGET, K. I. a C. TAYLOR. Chemical, physical and biological properties of alginates and their biomedical implications. *Food Hydrocolloids*. 2011, vol. 25, s. 251-256.

DRAGET, K. I. Alginates. In *Handbook of hydrocolloids*. 2nd rev. ed. Eds. Phillips, G. O. a P. A. Williams, Cambridge: Woodhead Pub, 2009. s. 807-828. ISBN 978-1-84569-587-3.

EVROPA. Nařízení Rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách, v platném znění.

GABRIELE, D., B. de CINDIO a P. D'ANTONA. A weak gel model for foods. *Rheologica Acta*. 2001, vol. 40, s. 120-127.

GOUDA, A. a A. ABOU EL-NOUR. Processed Cheese. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Elsevier Science, 2003, s. 1108-1115.

GUINEE, T. P. Pasteurized Processed Cheese Products. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2011, s. 805-813.

GUINEE, T. P., M. CARIĆ a M. KALÁB. Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 2004, vol. 2, s. 349-394.

HECHT, H. a S. SREBNIK. Structural Characterization of Sodium Alginate and Calcium Alginate. *Biomacromolecules*. 2016, 17, s. 2160-2167. Dostupné také z:

<http://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.biomac.6b00378>

HELGERUD, T., O. GÅSERØD, T. FJÆREIDE, P. O. ANDERSEN a CH. K. LARSEN. Alginates. In *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Eds. Imeson, A. Wiley-Blackwell Pub., 2010. s. 50-72. ISBN 978-140-5132-671.

HLADKÁ, K., Z. RANDULOVÁ, B. TREMLOVÁ, P. PONÍŽIL, P. MANČÍK, M. ČERNÍKOVÁ a F. BUŇKA. The effect of cheese maturity on selected properties of processed cheese without traditional emulsifying agents. *Food and Science Technology*. 2014, vol. 55, s. 650-656.

CHAPLIN, Martin. Hydrocolloids and gums. *Water structure and Science* [online]. 2017 [cit. 2017-11-05]. Dostupné z: http://www1.lsbu.ac.uk/water/hydrocolloids_gums.html

IMESON, A. Agar. In *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Eds. Imeson, A. Wiley-Blackwell Pub., 2010. s. 31-49. ISBN 978-140-5132-671.

IMESON, A. P. Carrageenan and furcellaran. In *Handbook of hydrocolloids*. 2nd rev. ed. Eds. Phillips, G. O. a P. A. Williams, Cambridge: Woodhead Pub, 2009. s. 164-185. ISBN 978-1-84569-587-3.

IMESON, A. P. Carrageenan and furcellaran. In *Handbook of hydrocolloids*. 2nd rev. ed. Eds. Phillips, G. O. a P. A. Williams, Cambridge: Woodhead Pub, 2009. s. 164-185. ISBN 978-1-84569-587-3.

KADLEC, P., K. MELZUCH a M. VOLDŘICH. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2012, 569 s. Monografie. ISBN 978-80-7418-145-0.

KAPOOR, R. a L. E. METZGER. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects – A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2008, vol. 7, s. 194-214.

LANEUVILLE, S. I. a S. L. TURGEON. Microstructure and stability of skim milk acid gels containing an anionic bacterial exopolysaccharide and commercial polysaccharides. *International Dairy Journal*. 2014, vol. 37, s. 5-15.

LANGENDORFF, V., G. CUVELIER, B. LAUNAY, C. MICHON, A. PARKER a C. G. De KRUIF. Casein micelle/iota carrageenan interactions in milk: influence of temperature. *Food Hydrocolloids*. 1999, vol. 13, s. 211-218.

LI, J. M. a S. P. NIE. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. *Food Hydrocolloids*. 2016, vol. 53, s. 46-61.

MACKŮ, I., F. BUNKA, B. VOLDÁNOVÁ a V. PAVLÍNEK. Effect of addition of selected solid cosolutes on viscoelastic properties of model processed cheese containing pectin. *Food Hydrocolloids*. 2009, vol. 23, s. 2078-2084.

MADHAVAN, S. a Dr. ABIRAMI. A Review on Hydrocolloids-Agar and Alginate. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2015, vol. 7, s. 704-707.

NEUDEK, P. *Tavený sýr s amarantovou moukou*. Česká republika. Užiténý vzor CZ 26324 U1. Zapsáno 9. 1. 2014.

PISKA, I. a J. ŠTĚTINA. Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of food engineering*, 2004, vol. 61, s. 551-555.

PŘIKRYL, J., T. HAJEK, B. ŠVECOVÁ, R. N. SALEK, M. ČERNÍKOVÁ, L. ČERVENKA a F. BUŇKA. Antioxidant properties and textural characteristics of processed cheese spreads enriched with rutin or quercetin: The effect of processing conditions. *Food and Science Technology*. 2018, vol. 87, s. 266-271.

RAHELIVAO, M. P., H. ANDRIAMANANTOANINA, A. HEYRAUD a M. RINAUDO. Structure and properties of three alginates from Madagascar seacoast algae. *Food Hydrocolloids*. 2013, vol. 32, s. 143-146.

RHEIN-KNUDSEN, N., M. T. ALE a A. S. MEYER. Seaweed Hydrocolloid Production: An Update on Enzyme Assisted Extraction and Modification Technologies. *Marine Drugs*. 2015, 13, s. 3340-3359. Dostupné také z: <http://www.mdpi.com/1660-3397/13/6/3340/>

SÁDLÍKOVÁ, I., F. BUNKA, P. BUDINSKÝ, B. VOLDÁNOVÁ, V. PAVLÍNEK a I. HOZA. The effect of selected phosphate emulsifying salts on viscoelastic properties of processed cheese. *Food Science and Technology*. 2010, vol. 43, s. 1220-1225.

SELLIMI S., I. YOUNES, H. B. AYED, H. MAALEJ, V. MONTERO, M. RINAUDO, M. DAHIA, T. MECHICHI, M. HAJJI a M. NASRI. Structural, physicochemical and antioxidant properties of sodiumalginate isolated from a Tunisian brown seaweed. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2012, vol. 72, s. 1358-1367.

SMITH, G. F. a E. RIVERA. *Processed cheese without emulsifying salts*. United States. Patent US 9532584 B2. Publikováno 3. 1. 2017.

SPAGNUOLO, P. A., D. G. DALGLEISH, H. D. GOFF a E. R. MORRIS. Kappa-carrageenan interactions in systems containing casein micelles and polysaccharide stabilizers. *Food Hydrocolloids*. 2005, vol. 19, s. 371-377.

SPOJENÉ STÁTY AMERICKÉ. *Food and Drug Administration. Code of Federal Regulations: Title 21, Part 133 Cheeses and Related Cheese Products* [online]. Washington: Department of Health and Human Services. 2017. [cit. 2017-10-14]. Dostupné z:

<https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=133.169>

TYKVARTOVÁ, D., J. MRÁZEK, M. POSPÍŠIL a J. HRABĚ. Výběr vhodných hydrokolidů pro stabilizaci jakosti termizovaných smetanových sýrů. *Potravinářská revue* [online]. 2008, 2, s. 74-77 [cit. 2017-12-02]. Dostupné z:

<http://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/PZ/RE2-2008.pdf>

VEGA, C., D. G. DALGLEISH a H. D. GOFF. Effect of k-carrageenan addition to dairy emulsions containing sodium caseinate and locust bean gum. *Food Hydrocolloids*. 2005, vol. 19, s. 187-195.

VELÍŠEK, J. a J. HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin 1*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. 602 s. ISBN 978-80-86659-15-2.

VENUGOPAL, V. *Marine Polysaccharides: food applications*. Boca Raton: CRC Press, 2011, 377 s. ISBN 978-1-4398-1526-7.

VRBOVÁ, T., 2016a. E 407 Karagenan. *Certified E-Friendly Food* [online]. 2016 [cit. 2017-11-19]. Dostupné z: <https://www.ceff.info/cz/additives/detail/138?seo=e-407>

VRBOVÁ, T., 2016b. E 406 Agar. *Certified E-Friendly Food* [online]. 2016 [cit. 2018-1-31]. Dostupné z: <https://www.ceff.info/cz/additives/detail/137?seo=e-406>

VRBOVÁ, T., 2016c. E 401 Alginan sodný. *Certified E-Friendly Food* [online]. 2016 [cit. 2018-2-03]. Dostupné z: <https://www.ceff.info/cz/additives/detail/132?seo=e-401>

WILLIAMS, P. A. a G. O. PHILLIPS. Introduction to food hydrocolloids. In *Handbook of hydrocolloids*. 2nd rev. ed. Eds. Phillips, G. O. a P. A. Williams, Cambridge: Woodhead Pub, 2009. s. 1-22. ISBN 978-1-84569-587-3.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

např.	například
tj.	to je
tzv.	tak zvaný
obr.	obrázek
aj.	a jiné
atd.	a tak dále
cca	cirka, přibližně
M	β -D-mannuronová kyselina
G	α -L-guluronová kyselina

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Schéma výrobního procesu tavených sýrů (upraveno podle Kapoor a Metzger, 2008, s. 197).....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 2 Struktura primárních karagenanů (upraveno podle Blakemore a Harpell, 2010, s. 78)</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 3 Reakce κ-karagenanu s κ-kazeinovým mléčným proteinem (upraveno podle Blakemore a Harpell, 2010, s. 87).....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 4 Interakce karagenanů s kazeinovým komplexem (upraveno podle Arltoft a kol., 2007, s. 734–735).....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 5 Agaróza: strukturní jednotka agaru (upraveno podle Imeson, 2010, s. 38)</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 6 Tvorba agarózového gelu (upraveno podle Imeson, 2010, s. 39).....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 7 Obecná struktura alginátů (upraveno podle Draget a Taylor, 2011, s. 252)</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 8 Molekulární struktura alginátu sodného (upraveno podle Sellimi a kol., 2012, s. 1359)</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 9 Závislost komplexního modulu pružnosti na koncentraci κ-karagenanu v průběhu 60 dnů skladování</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 10 Závislost komplexního modulu pružnosti na koncentraci ι-karagenanu v průběhu 60 dnů skladování</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 11 Závislost komplexního modulu pružnosti na koncentraci agaru v průběhu 60 dnů skladování</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 12 Závislost komplexního modulu pružnosti na koncentraci alginátu sodného v průběhu 60 dnů skladování</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 13 Závislost komplexního modulu pružnosti na frekvenci pro jednotlivé hydrokoloidy s koncentrací 1,00 % po 14 dnech skladování.....</i>	<i>40</i>

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Hodnoty pH vzorků tavených sýrů vyjádřené jako 95% interval spolehlivosti . 32

SEZNAM PŘÍLOH

P1: Stupnice pro sensorické hodnocení tavených sýrů.....	1
--	---

PŘÍLOHA P 1

STUPNICE PRO SENZORICKÉ HODNOCENÍ TAVENÝCH SÝRŮ

Homogennost

1. Vzorek naprosto homogenní
2. Vzorek téměř homogenní
3. Nepatrně znatelná nehomogenita
4. Mírná nehomogenita, akceptovatelná
5. Výraznější nehomogenita s oddělením fází
6. Výrazná nehomogenita, neakceptovatelná
7. Vzorek naprosto nehomogenní