

Charakteristika vybraných hydrokoloidů využitelných v mléčných výrobcích

Alena Procházková

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Alena PROCHÁZKOVÁ

Osobní číslo: T08444

Studijní program: B 2901 Chemie a technologie potravin

Studijní obor: Chemie a technologie potravin

**Téma práce: Charakteristika vybraných hydrokoloidů
využitelných v mléčných výrobcích.**

Zásady pro vypracování:

1. V práci popište:

- chemické složení a základní vlastnosti arabské gumy
- chemické složení a základní vlastnosti karagenanu
- chemické složení a základní vlastnosti xanthanu.

2. Charakterizujte použití výše zmíněných hydrokoloidů v mlékárenském průmyslu.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

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

[2] SYRBE, A., BAUER, W. J., KLOSTERMEYER, H. Polymer Science Concepts in Dietary Systems-An Overview of Milk Protein and Food Hydrocolloid Interaction. International Dairy Journal. 1998, Great Britain.

[3] VELÍŠEK, J. Chemie potravin 1, 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999, 352 s., ISBN 80-902391-3-7.

[4] KODET, J., ŠOTOLOVÁ, I., ŠTĚRBA, S.: Plnící, zahušťovací, gelotvorné a stabilizační látky pro potraviny (potavinářské hydrokoloidy). SPI, Praha 1993, 1. vyd., ISBN 80-85120-32-1.

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. František Buňka, Ph.D.

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

11. února 2011

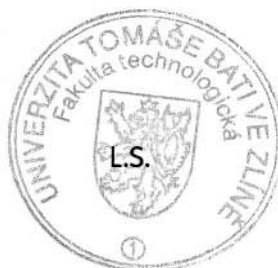
Termín odevzdání bakalářské práce:

30. května 2011

Ve Zlíně dne 12. dubna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Jan Hrabě, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: PROCHÁZKOVÁ ALENA.....

Obor: CHTP-KO.....

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 24.5.2011

Procházková.....

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 nevdělečně 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 výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá vybranými hydrokoloidy, arabskou gumou, karagenanem a xanthanem, hydrofilními polymery, které mohou být rostlinného, živočišného, mikrobiálního, či syntetického původu. Hydrokoloidy se používají v mlékárenském průmyslu. U každého jednotlivého hydrokoloidu je popsána jejich výroba, chemická struktura a vlastnosti při použití v potravinách.

Klíčová slova: hydrokoloidy, karagenan, xanthan, arabská guma

ABSTRACT

This work deals with selected hydrocolloids, gum arabic, carrageenan and xanthan gum, hydrophilic polymers, which can be plant, animal, microbial or synthetic origin. Hydrocolloids are used in the dairy industry. For each hydrocolloid described their production, structure and chemical properties when used in foods.

Keywords: hydrocolloids, carrageenan, xanthan gum, gum arabic

Touto cestou velmi děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Františku Buňkovi, PhD., za odborné vedení, velmi cenné rady a trpělivost při psaní bakalářské práce.

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

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| ÚVOD | 9 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 10 |
| 1 HYDROKOLOIDY | 11 |
| 1.1 POLYSACHARIDY JAKO POTRAVINÁŘSKÉ HYDROKOLOIDY | 12 |
| 2 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH HYDROKOLOIDŮ | 14 |
| 2.1 ROSTLINNÉ POLYSACHARIDY | 14 |
| 2.1.1 Guma arabská..... | 14 |
| Úvod..... | 14 |
| Výroba | 16 |
| Struktura..... | 17 |
| Vlastnosti | 17 |
| 2.2 EXTRAKTY Z MOŘSKÝCH ŘAS..... | 19 |
| 2.2.1 Karagenany | 19 |
| Úvod..... | 19 |
| Suroviny a výroba..... | 20 |
| Struktura..... | 23 |
| Vlastnosti karagenanů..... | 25 |
| 2.3 MIKROBIÁLNÍ POLYSACHARIDY | 26 |
| 2.3.1 Xanthan | 26 |
| Výroba | 27 |
| Struktura..... | 28 |
| Vlastnosti | 29 |
| Stabilita | 29 |
| Použití | 30 |
| 3 INTERAKCE MEZI HYDROKOLOIDY A KASEINOVÝMI PROTEINY | 31 |
| 3.1 INTERAKCE KARAGENANŮ..... | 31 |
| ZÁVĚR | 34 |
| SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 36 |
| SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | 39 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ | 40 |
| SEZNAM TABULEK | 41 |

ÚVOD

Mléko a veškeré mléčné výrobky mají důležité postavení ve výživě člověka. V oblasti mlékárenství patří hydrokoloidy neboli stabilizátory k dnes již neodmyslitelným součástem surovinových skladeb řady výrobků. Své využití nacházejí např. při výrobě jogurtů, kde brání projevům uvolňování syrovátky během skladování. Při výrobě jogurtových nápojů stabilizují viskozitu. Dále se používají při výrobě tvarohových krémů, dezertů, pudinků atd.

Při přidání hydrokoloidů do mlékárenských výrobků, musí být zohledněna skutečnost, že řada těchto biopolymerů je schopna interagovat s ostatními přítomnými složkami. Především interakce kaseinových proteinů s přidanými polysacharidy. Konkrétní chování systému protein-polysacharid závisí na mnoha faktorech, především pak na charakteru obou polymerů, jejich koncentraci, molekulové hmotnosti, pH systému, funkčních skupinách přítomných na obou biopolymerech, výskytu a koncentraci iontů (sodných, draselných, vápenatých, hořečnatých). Interakce mezi proteiny a polysacharidy mohou být také ovlivněny zpracováním obou polymerů, a to např. intenzitou mechanického namáhání a tepelným ošetřením

Cílem práce je popsat vybrané hydrokoloidy, jejich strukturu, výrobu, chemické složení a použití v potravinářství a jejich interakce a kaseinovými proteiny.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HYDROKOLOIDY

Termín hydrokoloidy (z řeckého hydro "voda" a kolla "lepidlo") je velká skupina polysacharidů a proteinů, kdy řada z nich je schopna vytvářet za určitých podmínek uspořádané trojrozměrné matrice – gely [1], [2].

Hydrokoloidy jsou biopolymery obvykle sacharidové nebo bílkovinné povahy, které mají schopnost ovlivnit strukturu a stabilitu potravinářských gelů. Jedná se o vysokomolekulární látky, které zpravidla vykazují vysokou vaznost vody.

Tyto biopolymery působí často jako zahušťující prostředky zvyšující viskozitu systému anebo jako látky, které stabilizují texturu finálních výrobků a zabraňují uvolňování vody během skladování. Hydrokoloidy se v praxi používají často nejen jednotlivě, ale také ve směsích.

V oblasti mlékárenství patří hydrokoloidy a obecněji stabilizátory k dnes již neodmyslitelným součástem surovinových skladeb řady výrobků. Své využití nacházejí např. při výrobě jogurtů, kde brání projevům uvolňování syrovátky během skladování. Při výrobě jogurtových nápojů stabilizují viskozitu. Dále se používají při výrobě tvarohových krémů, dezertů, pudinků atd. [2].

Hydrokoloidy jsou produkovány mikrobiální syntézou, nebo extrahovány z rostlin a mořských řas. Nazýváme je polymerní látky a to proto, že jejich molekuly jsou složeny ze stovek až mnoha set tisíc jednodušších molekul. Podle Kodeta *et al.* (1993) existují tři druhy polymerů. Prvním typem polymerů, jsou jednotlivé molekuly, které jsou součástí makromolekul, seřazeny lineárně vedle sebe. Druhý typ je rozvětvený polymer, který je složen z jednotlivých lineárních řetězců a má dle určitých zásad další řetězec rozvětvený. Třetí, tzv. třídímenziální polymer, je složen z jednotlivých polymerních lineárních řetězců a je spojen různým typem valenčních můstek. Tento polymer je nerozpustný [3], [4].

Při přidání hydrokoloidů do mlékárenských výrobků, musí být zohledněna skutečnost, že řada těchto biopolymerů je schopna interagovat s ostatními přítomnými složkami. Především interakce kaseinových proteinů s přidávanými polysacharidy. Konkrétní chování systému protein-polysacharid závisí na mnoha faktorech, především pak na charakteru obou polymerů, jejich koncentraci, molekulové hmotnosti, pH systému, funkčních skupinách přítomných na obou biopolymerech, výskytu a koncentraci iontů (sodných, draselných, vápenatých, hořečnatých). Interakce mezi proteiny a polysacharidy mohou být také ovliv-

něny zpracováním obou polymerů (obecněji jejich „historií“), a to např. intenzitou mechanického namáhání a tepelným ošetřením [4].

1.1 Polysacharidy jako potravinářské hydrokoloidy

Potravinářské hydrokoloidy jsou velmi různorodé. Složitě se dělí na jednotlivé skupiny. Kdy jde především o zahušťovadla, gelotvorné látky a stabilizátory. Jde o polymerní látky jedlé nebo alespoň potravinářsky přijatelné, které po rozpuštění nebo dispergování ve vodě tvoří roztoky nebo disperze, kde jsou jednotlivé makromolekuly nebo jejich nadmolekulární shluky hydratovány.

- Zahušťovadla a želírující prostředky

vytvářejí a udržují žádoucí texturu potravin. Zahušťovadla jsou látky zvyšující viskozitu potravin, zatímco želírující látky vytváří gely.

Tyto přídatné látky zahrnují přírodní polysacharidy rostlin (např. karagenany), mořských řas (např. agar), mikroorganismů (např. gellan) a také modifikované polysacharidy (např. modifikovaný škrob, celulosu) [24].

Gely polysacharidů – je to složitější mechanismus tvorby gelů. Schopnost tvořit gely závisí především na primární struktuře polysacharidu. U lineárních nevětvených polysacharidů dochází k interakci prostřednictvím vodíkových vazeb prakticky v celé řadě řetězců. U polysacharidů vysoce větvených jako je arabská guma se gely netvoří, tvoří se pouze viskózní roztoky [5].

- Stabilizátory

umožňují udržet žádoucí fyzikální vlastnosti emulzí i jiných disperzních soustav (např. různé polysacharidy – arabská guma) [24].

Většina z těchto látek jsou polysacharidy, ale patří sem i bílkoviny, a dokonce i některé syntetické polymery [3].

Tab. č. 1: Rozdělení hydrokoloidů [16]

| | | |
|----------------------------------|---|---|
| Rostlinné polysacharidy | škrob a jeho modifikované produkty | |
| | obilné gummy | obilné gummy galaktomannany (guarana, svatojánský chleba, atd.) xyloglukan (tamarind) |
| | hlíznaté gummy | glukomannany (konjaková guma, inulin) |
| | složky buněčné stěny | fukoxyloglukan arabinoxylan pektinové látky |
| | výpotky slizů | arabská guma tragantová guma guma karaya ghatti guma |
| Extrakty z mořských řas | | agar karagenan algináty (soli alginové kyseliny) furcellaran |
| Mikrobiální polysacharidy | neutrální polymery | dextran levan |
| | kyselé polymery | xanthan gellan |
| | ostatní | welanová guma, guma rhamsan |

2 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH HYDROKOLOIDŮ

2.1 Rostlinné polysacharidy

Exudáty rostlin nazývané rostlinné gummy nebo také klovatiny jsou zpravidla výrony stromů a keřů rostoucích v oblastech s horkým podnebím. Jsou vysoce hydrofilní, ve vodě dobře rozpustné polysacharidy. Jsou značně disperzní, větvené, velmi neuniformní struktury. Řadí se mezi hydrokoloidy, i když se v případě nízkomolekulárních frakcí jedná o pravé roztoky. Disperze nebo roztoky jsou viskózní, v některých případech mohou také vznikat gely. K tvorbě výronů dochází působením různých stresových faktorů, jako je napadení mikroorganismy, při poranění a za nepříznivých životních podmínek rostlin. Může jimi být sucho, horko, nedostatečná výživa nebo zranění rostliny. Pro potravinářské účely se používá arabská guma, guma ghatti, tragant, guma karaya [3], [8].

2.1.1 Guma arabská

Úvod

Arabská guma byla známá již ve starém Egyptě před 5000 lety. Používala se mimo jiné ve staré egyptské praxi na balzamování mrtvol. Pro balzamování je popisována např. Herodotem. V moderní době je používána v technologii, jako formovací látka v potravinách a zejména obecně jako jeden z předních hydrokoloidů [3].

Arabská guma je potravinářská přídatná látka známá pod označením E 414. Arabská guma je extrudátem stromů rodu *Acacia* (*Leguminosae*), zejména kapinice senegalské (*A. senegal*), které rostou v Africe, především v Senegal, Nigerii a v zemích západní Afriky. Existuje více než 100 různých akáciových gum, ale nejsou mezi nimi velké strukturní rozdíly.

Acacia senegal je jednou z více než 1100 druhů akátu. Během prvních dvou let sazenice vyžadují ochranu před plevelem a živočichy, trochu péče potřebují i potom. Suchu odolný strom může přežít písečné bouře a teploty až 45°C, ale nemůže být vystaven mrazu. Když je dozrálý, dosahuje výšky dvou až šesti metrů [6], [8], [17].



Obr. č. 1: *Acacia senegal* – A. Kvetoucí větev; 1. květ; 2. květ v podélném řezu; 3. otevřený lusk; 4. semena [7]

Stromy rostou na různých místech v tzv. gumovém pásu afrického Sahelu. Guma vytéká ze stonků a větví stromů (obvykle pět let nebo i více) při vystavení stresovým podmínkám jako je sucho, neúrodná půda nebo zranění. Lepkává substance se suší na větvích kde tvoří tvrdé uzliny, které se sbírají ručně a jsou řazeny podle barvy a velikosti. Třídění je tradičně prováděno ženami, které ručně třídí gumu podle velikosti hrudek a odstraňují cizorodé látky. Od roku 1990 se čištění provádí také mechanicky pomocí pásových dopravníků a prosévacích strojů. Obchodní vzorky se vyrábí z různých druhů arabské gumy, běžně obsahují *Acacia* jiných druhů, než jen *Acacia Senegal*, zejména *Acacia Seyal*, *Acacia Laeta* apod.

Súdán je tradičně hlavním producentem arabské gumy a dodávky v roce 1960 byly více než 60 000 tun ročně, sucho a politické nepokoje v roce 1970 a 1980 vyústily v pád dodá-

vek na minimum jen 20 000 tun ročně. Nigérie a Čad jsou dalšími významnými výrobci s kombinovanými vývozy 10 000 tun ročně. Aktuální odhad celkové produkce arabské gumy je 40 – 50 000 tun ročně [3], [4], [8], [9].

Výroba

Ačkoli některé gumy mohou samovolně vytékat z trhlin v kůře stromu *Acacia senegal*, sběrači stimulují tok odstraněním tenkých proužků kůry, tato operace vyžaduje určité dovednosti, aby strom nezranili. Odběr se obvykle provádí jednou za rok, začíná v říjnu, a končí před obdobím dešťů v Nigérii. Guma se začíná sbírat asi čtyři týdny po nařezání, a může být sbírána jednou za několik týdnů po dobu několika měsíců. Většina stromů produkuje gumu po dobu asi 10 let [6].

Výhodou mletí gumy je, že se rozpustí mnohem rychlejším tempem, než hrouda gumy. Procesy zahrnují také rozpouštění gumy ve vodě, zahřívání a míchání. Teplota se udržuje na minimální úrovni, aby bylo zajištěno, že guma není denaturovaná, to může mít škodlivý vliv na její funkční vlastnosti. Pak následuje sušení. Sušení rozprašováním zahrnuje rozstříknutí roztoku do proudu horkého vzduchu, voda se rychleji vypařuje a suchý prášek je oddělen ze vzduchu pomocí cyklonu. Během válcového sušení přejde roztok na párou vytápěné válce a voda se odpaří v proudu vzduchu. Tloušťka gumy je řízena nastavením mezery mezi válci. Film se z válce odstraňuje nožem, je poddajný jako vločková zrna o velikosti několik stovek mikrometrů. Sprejově a válcově sušené gumy jsou oproti šrotovaným prakticky bez mikrobiální kontaminace a mají mnohem lepší rozpustnost [4].



Obr. č. 2: *Acacia senegal* [6]

Struktura

Gumy z *Acacia Senegal* a *Acacia Seyal* jsou komplexní polysacharidy a obě obsahují malé množství dusíkatých látek.

Jejich chemické složení se mírně liší s klimatem, ročním obdobím, věkem stromu, atd. Gumy se skládají ze stejného zbytku cukru, ale guma *Acacia Seyal* má nižší obsah rhamnosy a kyselinu glukuronovou. *Acacia Seyal* obsahuje nižší podíl dusíku. Stanovení těchto parametrů může poskytnout rychlý způsob rozlišování mezi těmito dvěma druhy.

Základní stavební jednotkou je kromě D-galaktosy a L-arabinosy také α -L-rhamnopyranosa. V menším množství je přítomná β -D-glukuronová a 4-O-methyl- β -D-glukuronová kyselina, typické analytické údaje pro každý druh gumy jsou uvedeny v tabulce č. 2 [4], [8].

Tabulka č. 2: Srovnání složení gumy z *Acacia senegal* a *Acacia seyal* [4]

| | <i>Acacia senegal</i> [hm. %] | <i>Acacia seyal</i> [hm. %] |
|--|----------------------------------|--------------------------------|
| galaktosa | 44 | 38 |
| arabiosa | 27 | 46 |
| rhamnosa | 13 | 4 |
| kyselina glukuronová | 14,5 | 6,5 |
| 4-O-methyl glukuronová kyselina | 1,5 | 5,5 |
| dusík | 0,36 | 0,15 |

Hlavní řetězec polysacharidu je tvořen jednotkami β -D-galaktopyranosy spojenými glykosidovými vazbami (1 \rightarrow 3). Postranní řetězce, často mnohonásobně větvené stejně jako u amylopektinu, se vyskytují na všech zbytcích β -D-galaktopyranos hlavního řetězce. Taktéž v postranních řetězcích převládá β -D-galaktopyranosa, která je k hlavnímu řetězci pojená vazbami β -(1 \rightarrow 6) a vzájemně vazbami β -(1 \rightarrow 6) a β -(1 \rightarrow 3) [8].

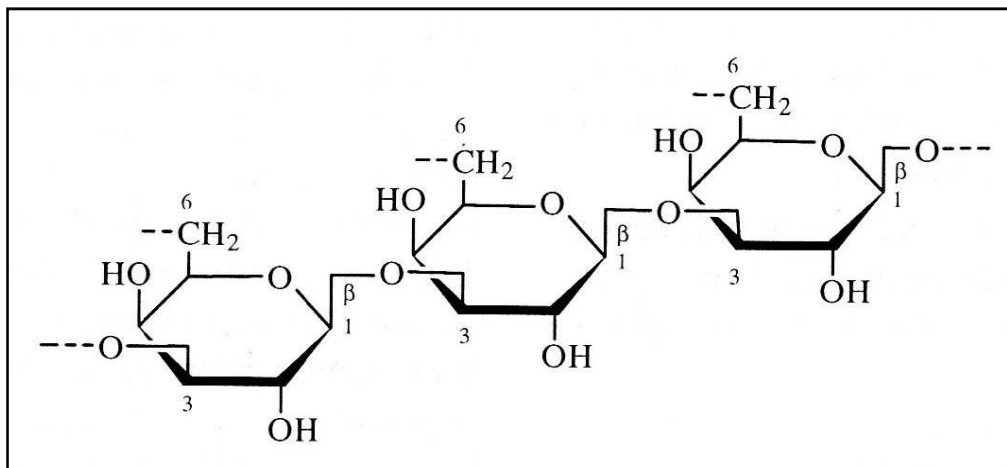
Vlastnosti

Předností arabské gumy je velmi dobrá rozpustnost ve vodě na disperzi s nízkou viskozitou. Disperze obsahující <40 % gumy se chovají jako newtonské kapaliny, disperze o vyšší koncentraci gumy se chovají jako pseudoplastické systémy. Viskozita je jako u všech dal-

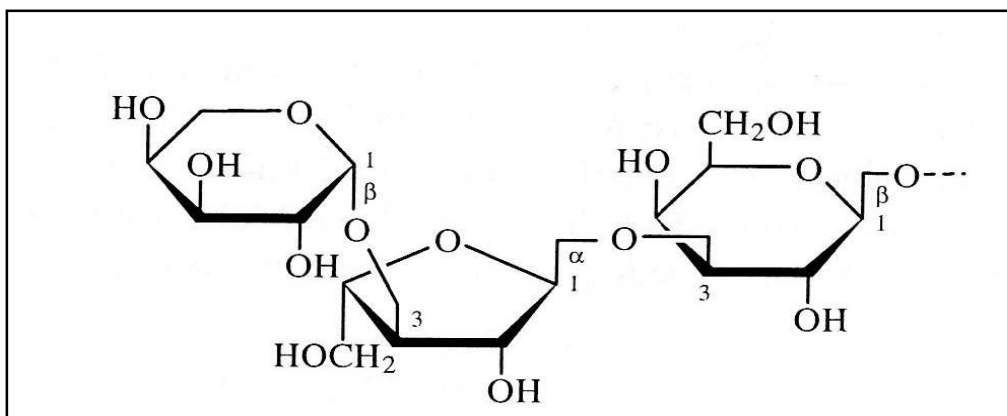
ších kyselých polysacharidů silně ovlivněná hodnotou pH prostředí a přítomností elektrolytů. Maxima je dosaženo při pH 4,5-8,0. V přítomnosti solí viskozita klesá.

Měkké gely se tvoří v přítomnosti cukru a pouze při vysoké koncentraci arabské gumy (asi 4-50 %). Při běžných koncentracích se gely netvoří [8].

Schopnosti arabské gumy tvořit koncentrované disperze, aniž by se výrazně zvyšovala jejich viskozita, je využívána pro stabilizaci a emulgaci různých potravinářských soustav. Guma stabilizuje emulze typu olej ve vodě, neboť se pevně adsorbuje na kapky oleje díky přítomným proteinům vázaným na polysacharidy. Arabskou gumu lze také dobře kombinovat s ostatními gumami, škroby, želatinou a sacharidy [8].



Obr. č. 3: fragment hlavního řetězce arabské gumy[8]



Obr. č. 4: fragment vedlejšího řetězce arabské gumy[8]

2.2 Extrakty z mořských řas

Extrakty z mořských řas jsou jednou z nejvýznamnějších skupin hydrokoloidů. Nejvýznamnějšími zástupci potravinářsky důležitých polysacharidů jsou agary, karagenany, furcellaran a algináty [3].

2.2.1 Karagenany

Úvod

Výraz karagenan se užívá jako druhový název nebo častěji jako specifické označení pro extrakty z mořských řas. Komerční výrobky se prodávají pod různými názvy, např.: Gelóza z irského mechu, Eucheuman (z druhu *Eucheuma*), Iridophycan (z druhu *Iridaea*), Karagenan (z druhů *Chondrus* a *Gigartina*). V potravinářství je schválen jako přídatná látka s označením E 407 [3], [17].

Karagenany je extrahovány z červených mořských řas čeledi *Rhodophyceae*, a to především z rodů *Eucheuma*, *Chondrus* a *Gigartina*. Působí jako zahušťující a želírující látka, jako stabilizátor a emulgátor. Karagenan má široké uplatnění, a to jak v mléčných výrobcích, tak dále ve sladkém pečivu, želé, cukrářských výrobcích, šlehačce ve spreji, některých jogurtech, práškových nápojích a také v dětské výživě a mnoha dalších. Jedná se o často užívanou přídatnou látku. Vlastnosti karagenanu také využívají kosmetický a farmaceutický průmysl [2], [10].

Po mnoho století, byly červené mořské řasy použity pro potraviny na Dálném východě a Evropě. Různé druhy *Rhodophyceae* obsahují přirozeně se vyskytující polysacharidy, které vyplňují prostor v rámci celulózové struktury rostliny [4].

Všechny karagenany jsou rozpustné v horké vodě, pouze s výjimkou lambda karagenanu. Kappa a iota jsou rozpustné ve studené vodě. Všechny karagenany jsou rozpustné v horkém mléce, ale ve studeném mléce je rozpustný pouze lambda karagenan. Karagenanové roztoky jsou viskózní. Vliv teploty je důležitým faktorem při rozhodování, který karagenan by měl být použit v potravinách. Všechny karagenany při vysokých teplotách, kappa a iota karagenan zejména, vykazují nízkou viskozitu kapaliny ve vodě i mléce. Při ochlazování tyto karagenany tvoří řadu gelových textur v závislosti na kationtech a dalších přítomných složkách [21].

Suroviny a výroba

Mezi hlavní druhy *Rhodophyceae* používaných v komerční produkci karagenanu patří *Euchema cottonii* a *E. spinosum*. Jedná se o ostnaté huňaté rostliny, asi 50cm vysoké, které rostou na útesech a v mělkých lagunách kolem Filipín a Indonésie. *Chondrus crispus* jsou malé huňaté keříky, jen asi 10cm vysoké, rostou po celém pobřeží severního Atlantiku. Karagenan získaný z tohoto druhu zahrnuje jak kappa, tak lambda typy.

Řasy rodu *Gigantina* jsou vysoké až 5 metrů a rostou v hlubokých studených pobřežních vodách z Chile a Peru. Druhy *Furcellaria* se vyskytují v chladných vodách kolem severní Evropy a Asie [4].

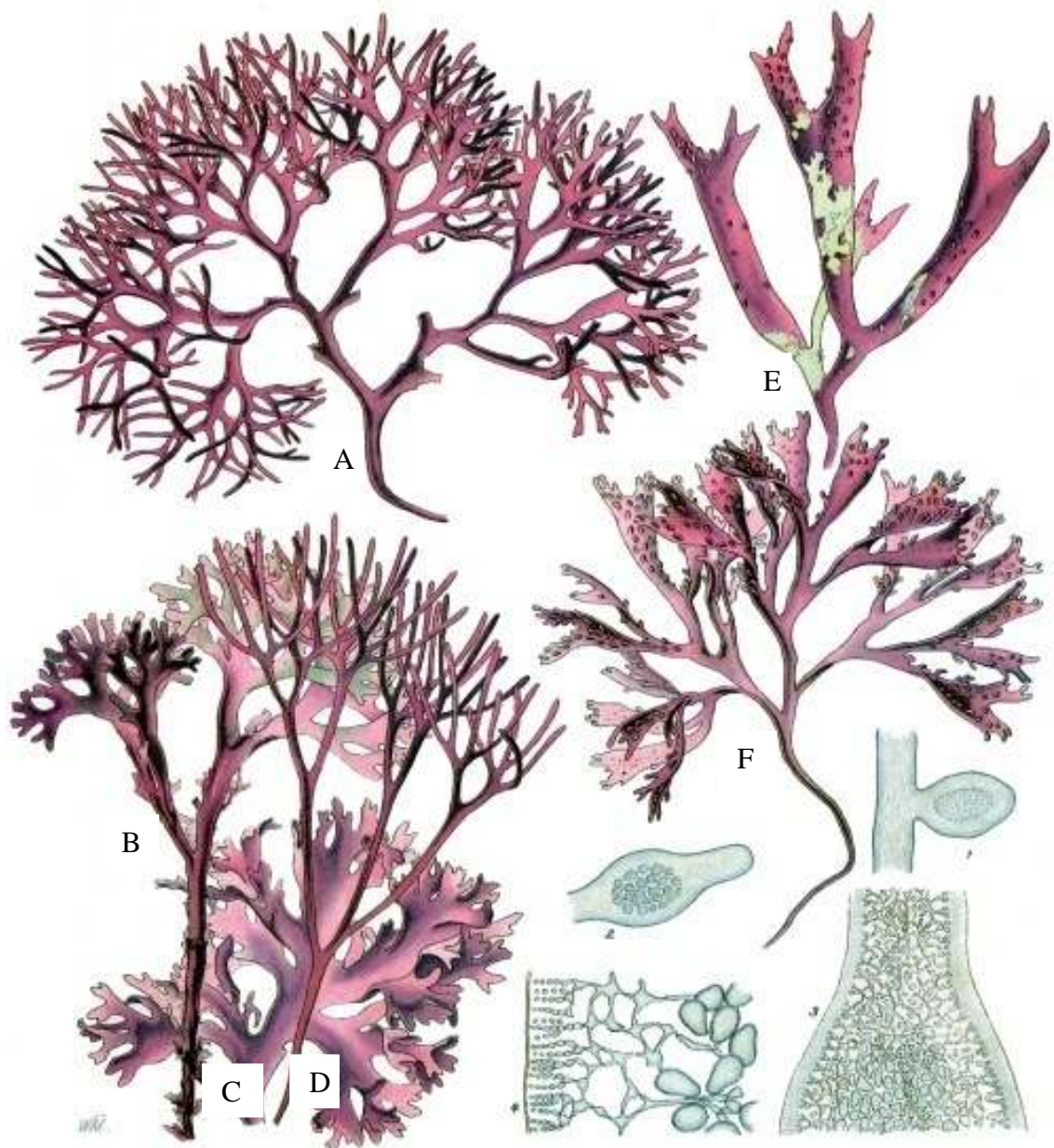
Výrobní proces karagenanu, je znázorněn na obr. č. 6. Tento proces může trvat až 48 hodin, protože zde budou převedeny některé prekurzory karagenanů (μ -a v-karagenan) v κ -a ι -karagenan, čímž se posílí funkční účinek.

Proces výroby začíná sklizní mořských řas. Po sklizni se mořské řasy perou, aby se odstranil písek a kameny, poté se rychle usuší, aby se zabránilo mikrobiálnímu znehodnocení a tudíž zachovala kvalita karagenanu. Mořské řasy jsou pak baleny, odeslány do zpracovatelských podniků a skladovány před použitím.

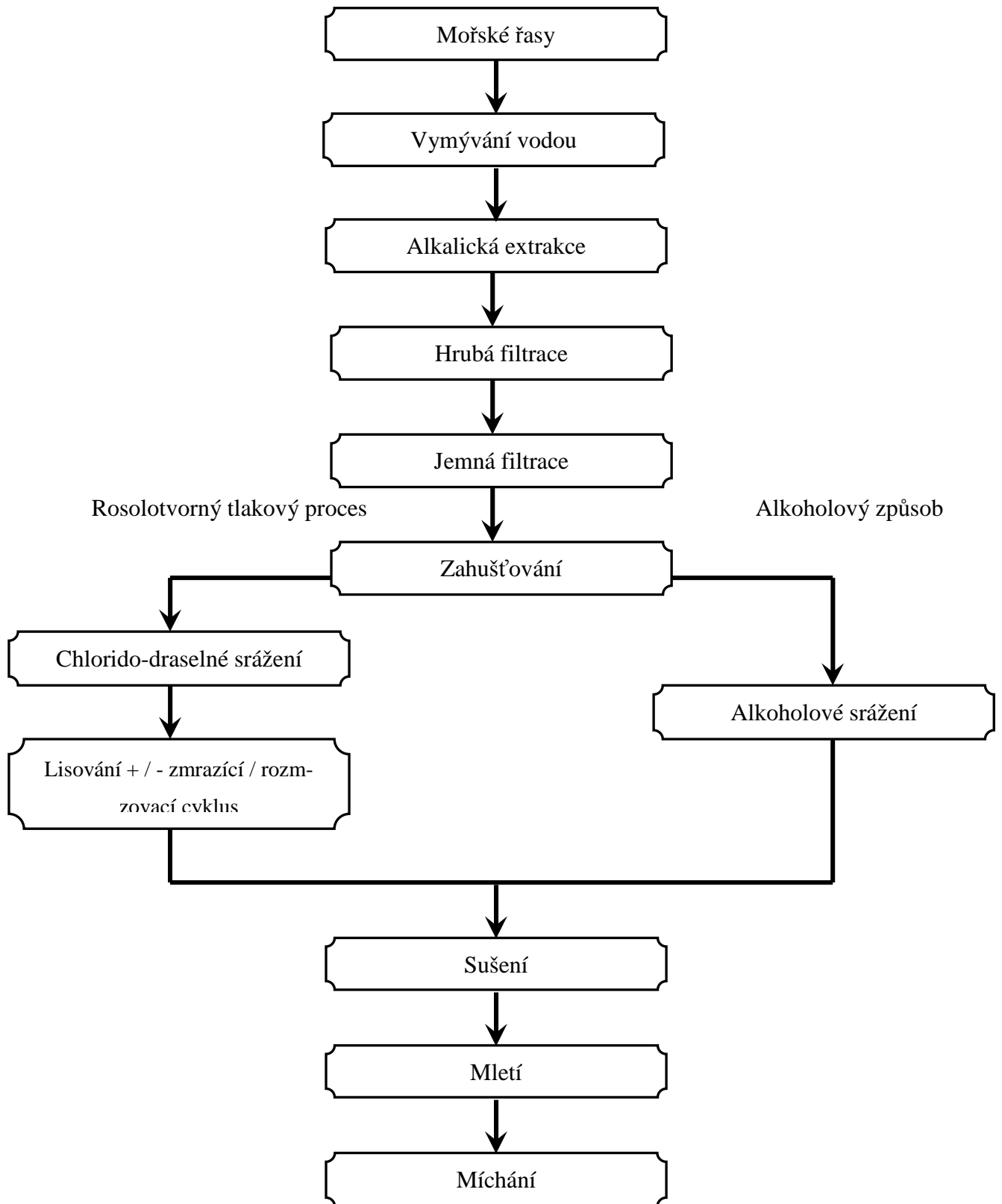
Výrobní závody se nachází v blízkosti místa sklizně a mohou se použít mokré mořské řasy, aby se vyhnulo nákladnému sušení a následným rehydratačním krokům. Vlastní výběr surovin a pochopení vlivu procesu na vlastnosti konečného karagenanu, jsou důležité pro produkci vysoce kvalitních a konzistentních koncových produktů.

Poté co jsou mořské řasy identifikovány a je zvolen pracovní postup jsou řasy oprány a extrahovány působením alkálií. Po extrakci se suší a finální produkt se získává mletím.

Každý výrobce pečlivě kontroluje suroviny a procesní parametry. Individuální extrakty jsou charakterizovány podle zahuštění a želírujících vlastností a hotové výrobky jsou vyráběny smícháním různých extraktů [4].



Obr. č. 5: A, B, C, D různé formy *Chondrus crispus*; E, F formy *Gigartina mamillosa* [10]

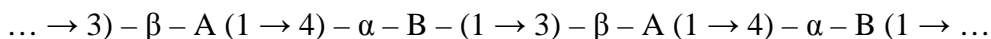


Obr. č. 6: Schéma výrobního procesu karagenanů

Struktura

Karagenany jsou svojí vysokou molekulovou hmotností lineární polysacharidy, strukturu tvoří opakující se jednotky β -D-galaktopyranosy a 3,6-anhydro- α -D-galaktopyranosy, je to tedy disacharid, který se nazývá karabiosa. Karabiosy v karagenu jsou spojeny především vazbou α -(1-3) [2], [8].

Primární struktura karagenanu je mnohem komplexnější. Tuto strukturu vyjadřuje zkrácený zápis:



A, B – jsou jednotky D-galaktosy a jejich derivátu [8]

Literaturou je obvykle popisováno minimálně osm frakcí karagenanů lišících se stavební jednotkou, resp. počtem a polohou sulfátových skupin na 3,6-anhydro- α -D-galaktopyranóze. Sulfátové skupiny mají největší vliv na vlastnosti těchto hydrokoloidů.

Rozdíly v těchto složkách mají vliv na pevnost gelu, texturu, rozpustnost, tání, synerezy a interakce s jinými hydrokoloidy a přísady. Kappa karagenan obsahuje přibližně 22 % a 33 % esteru sulfátu a 3,6-anhydrogalaktosy, iota karagenan 32 % a 26 %, lambda karagenan obsahuje přibližně 37 % esteru sulfátu a neobsahuje téměř žádnou 3,6-anhydrogalaktosu.

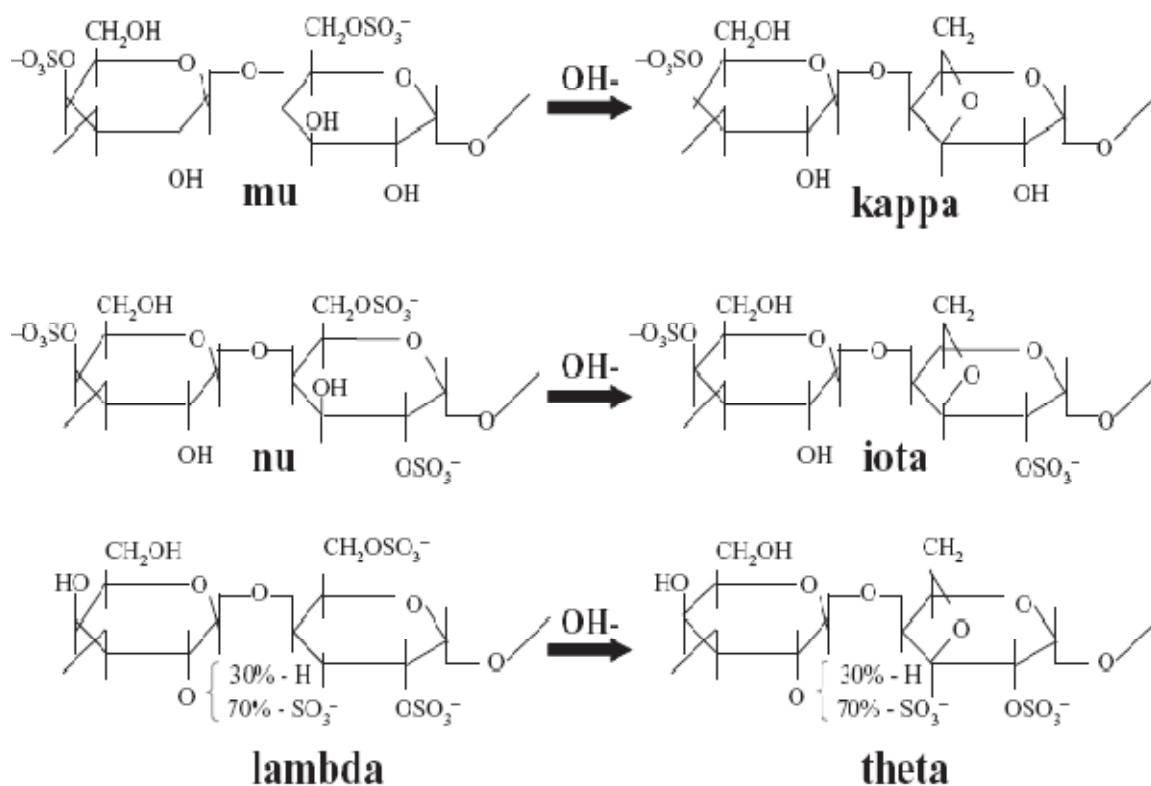
Frakce karagenanů se označují malými písmeny řecké abecedy a to β -karagenan, θ -karagenan, κ -karagenan, ι -karagenan, λ -karagenan, μ -karagenan, ξ -karagenan a ν -karagenan.

Mezi hlavní typy karagenanů, patří kappa, iota, a lambda, mohou být připraveny v čisté podobě selektivní extrakcí z konkrétních mořských řas a rostlin v rámci těchto druhů. Mu a nu karagenany jsou prekurzorem karagenanů, které jsou převedeny na kappa a iota karagenany, prostřednictvím alkalické modifikace [2], [8], [20], [21].

Karabiosa κ -karagenanu obsahuje jednu sulfátovou skupinu, zatímco karabiosa ι -karagenanu nese sulfátové skupiny dvě. V základní struktuře λ -karagenanu je 3,6-anhydro- α -D-galaktopyranosa nahrazena α -D-galaktopyranosou a tato „modifikovaná karabiosa“ obsahuje celkem tři sulfátové skupiny.

κ -karagenan a ι -karagenan se mohou ve vodném prostředí v závislosti na teplotě vyskytovat ve dvou stavech, v uspořádané helikální šroubovici a v neuspořádaném stavu. Interval přechodu z helikální struktury do neuspořádaného stavu je 35-55°C a je dále závislá na řadě parametrů.

Tvorba helixů podmiňuje u karagenanů jejich schopnost vytvářet gely, které vznikají asociací helikálních struktur. Tvorba gelu probíhá tedy ve dvou fázích, kdy v první fázi vzniknou šroubovice, které následně ve druhé fázi agregují a vytvářejí trojrozměrnou síť. Pevný a křehký gel tvoří κ -karagenan, zatímco ι -karagenan vytváří především pružné a soudržné gely. κ -karagenan je citlivý především k draselným iontům, zatímco ι -karagenan k iontům vápenatým. Síla gelu κ -karagenanu a ι -karagenanu se zvyšuje s rostoucí koncentrací některých kationtů. Avšak tato závislost platí jen do určité koncentrace daného kationtu. Při překročení této limitní koncentrace může síla karagenanových gelů klesat a při extrémním překročení může být celý systém dokonce destabilizován. Pro zvýšení síly gelu ve výrobku lze také zvýšit množství použitého karagenanu, i zde však existuje limitní koncentrace karagenanu, kdy při jejím překročení hrozí nebezpečí destabilizace gelu.



Obr. č. 7: Struktura primárních karagenanů [21]

λ -karagenan netvoří šroubovici, ale nachází se díky poloze a počtu sulfátových skupin v tzv. cik-cak konformaci. Z tohoto vyplývá, že λ -karagenan není schopen tvořit stabilní gely, a proto se v praxi obvykle využívá ve směsi s jinými hydrokoloidy, snadno tvoří gely i např. s moučkou svatojánského chleba [2], [20].

Vlastnosti karagenanů

Interakce s jinými látkami a přírodní variabilita může způsobit, že bude práce s karagenanem v potravinových systémech vypadat těžce. Nicméně, karagenan výrobcům sníží variabilitu a standardizuje interakce a vlastnosti pro snadné použití uživatelem.

Primární fyzikální vlastnosti tří hlavních typů karagenanů, včetně rozpustnosti a charakteristiky rosolovatění jsou shrnuty v tabulce č. 2 [21].

Tab. č. 3: Souhrn vlastností karagenanů [21]

| TYP KARAGENANU A VYBRANÉ FAKTORY | | Lambda | Iota | Kappa |
|----------------------------------|---------------------------------|--|------------------------------------|---|
| ROZPUSTNOST | Horká voda (80°C) | rozpustný | rozpustný | rozpustný |
| | Studená voda (20°C) | všechny soli rozpustné | Na ⁺ soli rozpustné | Na ⁺ soli rozpustné omezené bobtnání K ⁺ a Ca ⁺⁺ solí |
| | Horké mléko (80°C) | rozpustný | rozpustný | rozpustný |
| | Studené mléko (20°C) | zhoustne | nerozpustný | nerozpustný |
| | 50% cukerný roztok | rozpustný | nerozpustný | rozpustný za horka |
| | 10% solný roztok | rozpustný za horka | rozpustný za horka | nerozpustný |
| GELACE | účinek kationtů | neželovatí | nejpevnější gel s Ca ⁺⁺ | nejpevnější gel s K ⁺ |
| | gelová struktura | - | elastická | křehká |
| | synereze | - | ne | ano |
| | stabilita při zmrazování a tání | ano | ano | ne |
| PROTEINOVÁ REAKTIVITA | | silná proteinová interakce v kyselém prostředí | | specifická reakce s kappa kaseinem |

2.3 Mikrobiální polysacharidy

Mikrobiální biopolymery jsou polysacharidy vyrobené z různých druhů plísní, bakterií a kvasinek.

Extracelulární polysacharidy bakterií se akumulují ve formě kapsulí, které zůstávají jako součást buněčné stěny, nebo jako amorfni slizovitá hmota obklopující vnější část buněčné stěny. Tyto slizy, nebo také bakteriální gummy chrání buňky před infekcí bakteriálními viry a před dehydratací. Bakteriální gummy mají unikátní vlastnosti, pro které našly použití v potravinářském, farmaceutickém průmyslu, ale i jinde. Tyto materiály mají schopnost tvořit gely a viskózní roztoky i při nízkých koncentracích. Jsou také důležité vzhledem k jejich emulgačním vlastnostem, potlačování synereze a funkcí tvořit povlak. Nejvýznamnějším extracelulárním bakteriálním hydrokoloidem používaným v potravinářství je xanthan čili xanthanová guma, v menší míře gellan [8], [19].

2.3.1 Xanthan

Nejvýznamnější ze skupiny mikrobiálních polysacharidů. Xanthan je vysokomolekulární polysacharid produkovaný fermentací sacharidů čistou kulturou *Xanthomonas campestris*, tu můžeme znát v podobě černých teček na brokolici, kvěťáku či jiné listové zelenině, které způsobují svou činností. Jde o heteropolysacharid vysoké molární hmotnosti ($M=2,5 \cdot 10^6$). [3], [12], [20].



Obr. č. 8: skvrny na lístečku salátu způsobené *Xanthomonas campestris* [13]

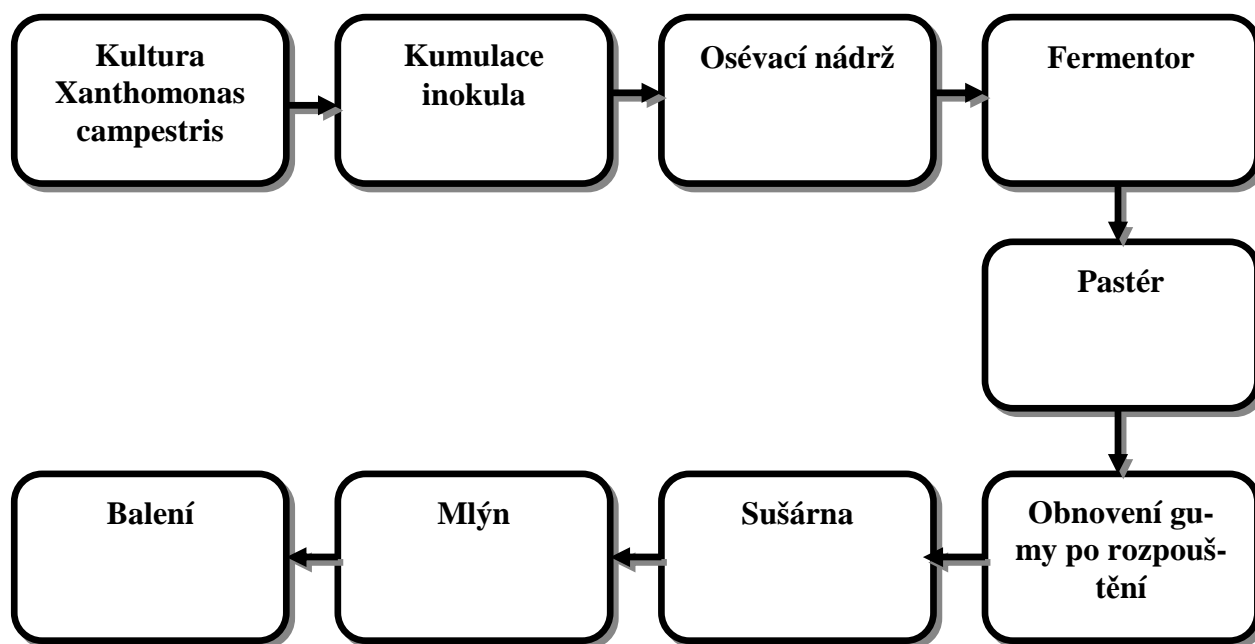
Ve své čisté podobě je to bezbarvá látka, gelovitého charakteru, v potravinářství se s ní však setkáme jako s bílým práškem. V potravinách byl schválen pro použití jako potravinářská přídatná látka s číslem E 415.

Molekulu xanthanu tvoří celulózová páteř s postranními řetězci, které se ovinou kolem páteře, chrání ji a udělují vynikající stabilitu v širokém rozmezí pH a toleranci k vysokým solným koncentracím a přísadám jako je glycerol a alkohol. Pevná páteř také pomáhá udržovat viskozitu při zahřátí.

Jeho typické použití zahrnuje potraviny, jako jsou omáčky a dresinky, pečivo, nápoje, dezerty a zmrzliny [12], [17], [21].

Výroba

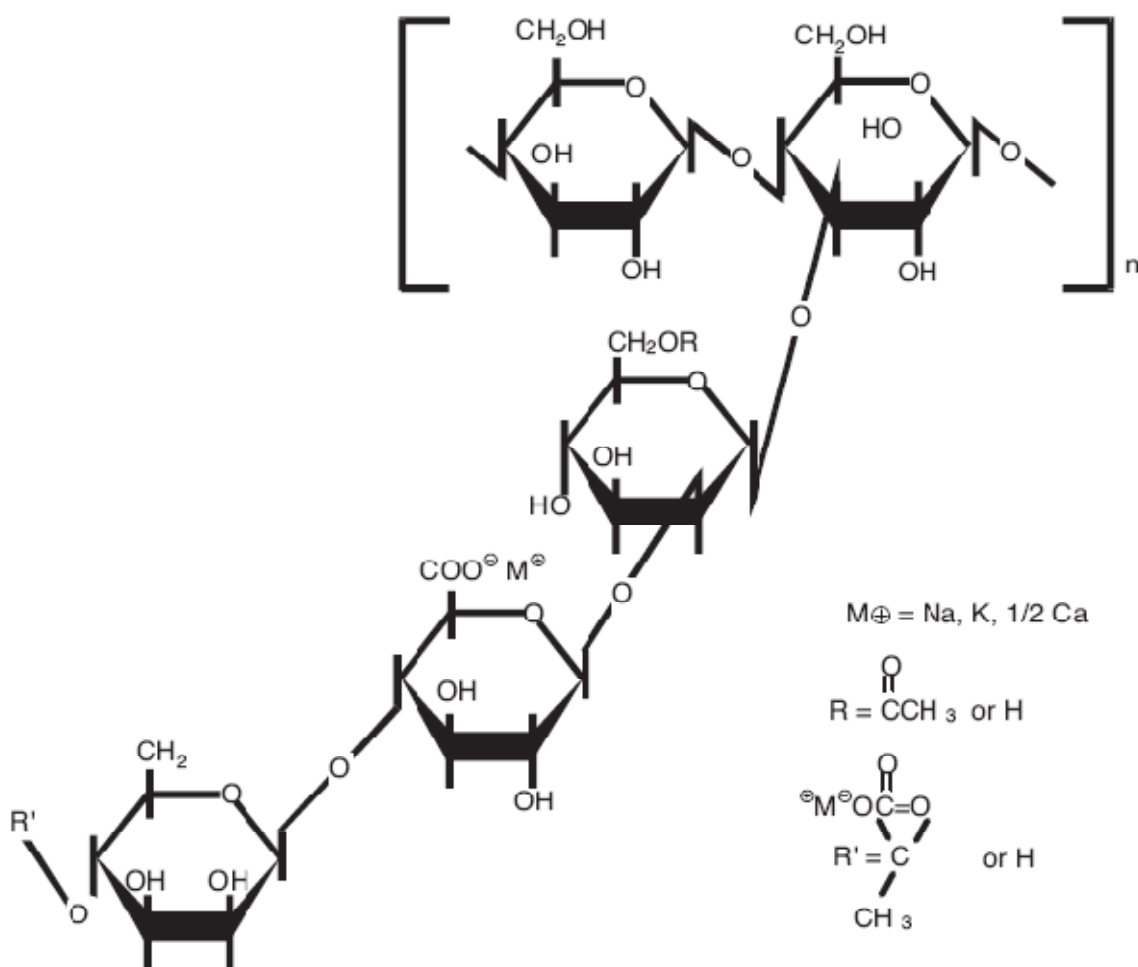
Bakterie *Xanthomonas campestris* produkuje polysacharid na povrchu buněčné stěny během jejího normálního životního cyklu. V přírodě se bakterie nacházejí na listech zeleniny. Komerčně se xanthan vyrábí z čisté kultury bakterií aerobní fermentací ve sterilizovaném mediu obsahující glukózu, zdroj dusíku, fosfátů a stopových minerálních látek. Inkubace trvá 3 dny při 30°C v průmyslovém fermentoru, poté při tepelném zpracování dojde k odstranění životaschopných mikroorganismů. Tato kultura je srážena izopropylalkoholem a vlákna jsou oddělena centrifugací, sušením, mletím, prosetím a poté se balí. Schéma výroby xanthanové gumy je znázorněno na obr. č. 9 [4], [15].



Obr. č. 9: Výrobní proces xanthanové gumy [15]

Struktura

Hlavní řetězec xanthanu je tvořen β -D-(1 \rightarrow 4) glukosovými jednotkami stejně jako u celulósy. Postranní řetězce (obvykle trisacharidy) jsou tvořeny zbytkem D-glukuronové kyseliny a dvěma zbytky D-mannosy. Základní skelet xanthanu se podobá celulóze. K terminální D-mannosové jednotce postranního řetězce je glykosidovou vazbou β -(1 \rightarrow 4) vázána β -D-glukuronová kyselina, k níž je vazbou (1 \rightarrow 2) připojena α -D-mannosa. Tyto postranní řetězce se váží v poloze C-3 na glukosovou jednotku hlavního řetězce. Struktura je dále komplikována přítomností pyrohroznové kyseliny vázané jako ketal v polohách C-4 a C-6 na koncovou jednotku β -D-mannosy, tedy jako 4,6-O-(1'-karboxyethyliden)- β -D-mannopyranosa. Vnitřní mannosová jednotka v postraním řetězci je v poloze C-6 acetylována (6-O-acetyl- α -D-mannopyranosa). Struktura se dále může lišit stupněm substituce v závislosti na produkčním kmenu bakterií.



Obr. č. 10: Primární struktura xanthanu [21]

Xanthanové molekuly tvoří jednoduchou nebo dvojitou šroubovici stabilizovanou postranními řetězci [8], [20].

Vlastnosti

Xanthan je dobře rozpustný ve vodě, disperze jsou vysoce viskózní a již při nízkých koncentracích vykazují thixotropní chování, což představuje reverzibilní vlastnost některých gelů, tedy pokud mechanickým namáháním dojde ke ztekucení gelu a jsou-li tyto ztekučné gely ponechány v klidu, obnoví se původní konzistence. Viskozita silně závisí na teplotě. Při zahřevu nejprve klesá, ale při dalším zahřevu opět roste. Disperze xanthanu jsou stabilní v kyselém i alkalickém prostředí a při zvýšené teplotě (do 80°C). V přítomnosti guarové gumy se zvyšuje viskozita disperze, čehož se využívá u výrobků, kde se vyžaduje stabilní viskozita v široké oblasti koncentrací solí, pH a teplot.

Samotný xanthan netvoří gely, avšak termoreverzibilní gely vznikají ve směsích s některými polysacharidy, např. s galaktomannany (lokustovou gumou), glukomannany (konjakovou gumou) a κ -karagenanem. Vznik gelu vyžaduje interakci molekul xanthanu (uspořádaných v dvojitých šroubovicích) s nevětvenou částí molekuly jiného polysacharidu (s jeho vazebnou zónou). Kvalitnější, elastické, soudržné gely vznikají z deacetylovaného xanthanu [5], [8].

Stabilita

- Teplota
teplotní stabilita xanthanu je srovnatelná s jinými zahušťovadly. Xanthanové roztoky vykazují výjimečnou stabilitu při ohřevu, a to i v přítomnosti solí nebo kyseliny. Jakmile se teplota zvětší, viskozita xanthanového roztoku klesá, ale tato viskozita je zpět po ochlazení. Pokud se použijí tepelné ošetření, jako je pasterizace nebo sterilizace do 130°C po dobu několika minut, viskozita roztoku zůstává prakticky beze změny i po ochlazení. Mnoho jiných běžně používaných zahušťovadel ztratí viskozitu při vysokých teplotách a neobnoví se ani po ochlazení
- Sůl
jednou hydratovaný xanthan má velmi dobrou toleranci, je možné přidat až do 20-30 % soli, aniž by to mělo nepříznivý vliv na viskozitu. Při nízkých koncentracích xanthanu, pod přibližně 0,3 %, má přidání soli za následek mírný pokles viskozity. Při koncentracích nad 0,3 % xanthanu přidání soli vede ke zvýšení viskozity [21].

Použití

Xanthan slouží především jako zahušťovadlo, stabilizátor emulzí a v kombinaci s jinými hydrokoloidy i jako gelotvorná látka. Pomáhá lepšímu uvolňování aromat z nápojů, omáček a mléčných výrobků [14].

Směsi xanthanů, karagenanů a galaktomannanů jsou vynikající stabilizátory pro sortiment mražených a chlazených mléčných výrobků, jako jsou zmrzlina, sorbet, zakysaná smetana, sterilní smetana ke šlehání. Tyto ekonomické směsi jsou k dispozici předpřipravené a poskytují optimální viskozitou, dlouhodobou stabilitu, lepší přenos tepla během zpracování, tepelnou ochranu a ochranu proti tvoření ledových krystalů [4].

3 INTERAKCE MEZI HYDROLOIDY A KASEINOVÝMI PROTEINY

Interakce mléčných složek a hydrokoloidů jsou zkoumány z důvodu pochopení procesů probíhajících při výrobě, resp. skladování potravin. Toto studium má poskytnout dostatečné informace pro vhodný výběr hydrokoloidu a jeho koncentrace. Vzhledem k tomu, že mléčné výrobky patří mezi produkty, kam se hydrokoloidy pravidelně aplikují, jsou velmi často předmětem řady vývojových prací. Navzdory těmto skutečnostem, nejsou publikace popisující interakce mezi mléčnými proteiny a hydrokoloidy příliš časté [22], [23]. Z hydrokoloidů, na které je zaměřena tato práce, jsou interakce uspokojivě popsány pouze u karagenanů a kaseinových micel. Proto je další text věnován pouze posledně zmíněným interakcím.

3.1 Interakce karagenanů

Interakce karagenanů s kaseinovým komplexem, který se nachází v micelárním uspořádání, byly studovány mnoha autory. Reakce karagenanů a kaseinových micel jsou připisovány především elektrostatickým interakcím mezi negativně nabitými sulfátovými skupinami karagenanů a kladně nabitou oblastí mezi 97. a 112. aminokyselinou κ -kaseinu.

V mlékárenské technologii jsou karagenany široce využívány pro své schopnosti stabilizovat texturu výrobků. Interval koncentrací, které se obvykle používají, je poměrně široký a činí 0,01 – 0,30 % (w/w) v závislosti na druhu výrobku a očekávané funkci. Jako příklady je možné jmenovat pudinky a náplně na bázi mléčných polotovarů (0,1 – 0,3 % w/w), šlehané mléčné produkty, pasterovaná a sterilovaná ochucená mléka (0,01 – 0,05 % w/w) apod.

Vlastní interakce mezi karagenany a micelárním κ -kaseinem však závisí také na skutečnosti, zda je teplota systému pod teplotou přechodu z helikální struktury do neuspořádaného stavu nebo nad ní.

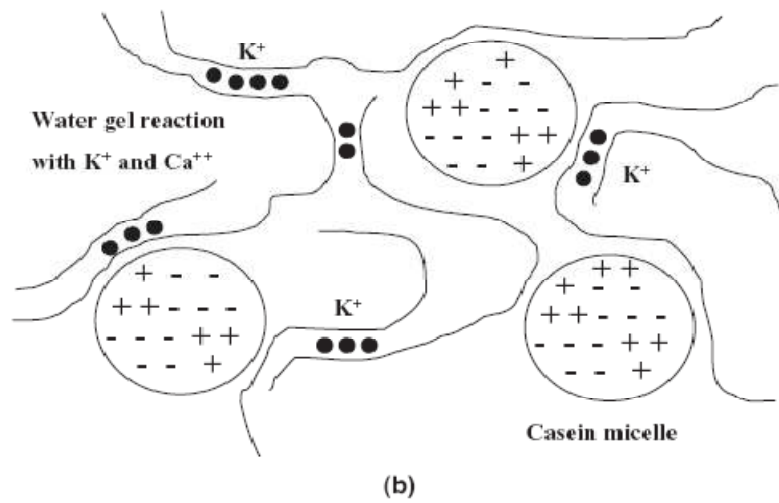
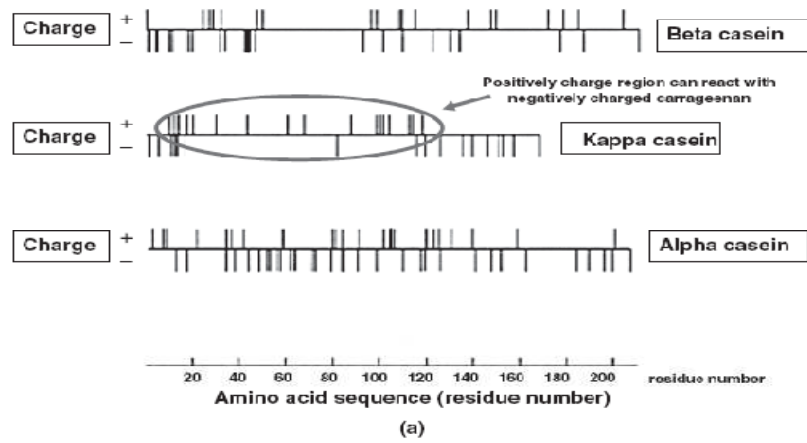
Pravděpodobně nejznámější interakcí karagenanů je zapojení mléčných bílkovin. Karagenany byly nejprve použity v mléčných gelech a dortových korpusech, kondenzovaném mléce a zmrzlinových směsích, kde součinnost kappa-karagenanu a kappa-kaseinu umožňuje použití nízké úrovně cca 0,01 %. V těchto aplikacích tvoří kappa karagenan nejen slabý gel ve vodné fázi, ale také staví dodatečnou strukturu a vzájemně reaguje přímo s kladně nabi-

tými aminokyselinami a nepřímo, prostřednictvím dvojmocných kationtů, s negativně nabitými aminokyselinami v bílkovinách na povrchu kaseinových micel. Nejvíce rozšířené používání karagenanu je při stabilizaci mléčných výrobků prostřednictvím konkrétní interakce kappa-karagenanu a kappa-kaseinu, jak je znázorněno na Obr. 11a, který ukazuje rozdíly mezi kaseinovými frakcemi, a Obr. 11b, což svědčí o interakčním mechanismu. Velmi nízká úroveň karagenu je dostačující jako prevence oddělení syrovátky z řady mléčných výrobků při výrobě a skladování. Mezi ně patří zmrzlina a mléčné koktejly, smetanové sýry a mléčné dezerty. V čokoládovém mléce je tato nízká úroveň schopna vytvářet stabilizující síť, která udržuje kakaové částice v suspenzi.

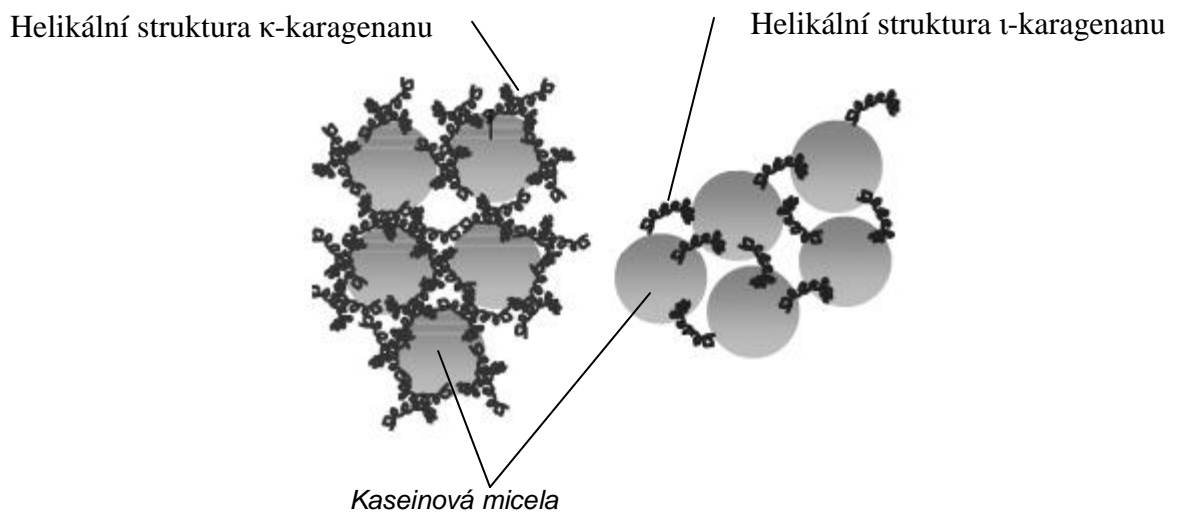
Kyselé mléčné výrobky, jako je měkký sýr a jogurt, jsou obecně nevhodné pro karagenan jako efektivní stabilizátor. Nicméně, může být použit pečlivý výběr vhodných karagenan-galaktomannanových směsí pro kontrolu tohoto seskupení k účinné stabilizaci a prevenci oddělení vody.

K adsorpci κ -karagenanu i ι -karagenanu na micelární κ -kasein dochází pouze při teplotách nižších než je teplota přechodu, tj. při teplotách, kdy se κ -karagenan i ι -karagenan nacházejí v helikálnímu uspořádání. Adsorpce ι -karagenanu na micelární κ -kasein je teplotně ireverzibilní, tj. při zvýšení teploty systému nad teplotu přechodu z helikální struktury do neuspořádaného stavu již nedojde k separaci ι -karagenanu a κ -kaseinu. Na druhou stranu adsorpce κ -karagenanu na micelární κ -kasein je teplotně reverzibilní, tj. při vyšších teplotách (cca nad 50 °C) nastane desorpce obou biopolymerů. β -kasein a α_S -kaseiny jsou schopny také interagovat s ι -karagenanem. Podmínkou však je přítomnost vápenatých iontů a fosforu esterově vázaného na serylových zbytcích jednotlivých kaseinových frakcí.

Třetí potravinářsky významná karagenanová frakce – λ -karagenan je schopna adsorbovat na micelární κ -kasein i při vyšších teplotách (nad 50°C), neboť i za těchto podmínek je vzdálenost mezi sulfátovými skupinami 0,3 nm [18], [21].



Obr. č. 11: (a) rozdíly mezi kaseinovými frakcemi. (b) reakce kappa-karagenanu s kappa-kaseinovým mléčným proteinem [21]



Obr. č. 12: Interakce karagenanů s kaseinovým komplexem [25]

ZÁVĚR

Práce byla zaměřena na vybrané hydrokoloidy používané v potravinářském průmyslu, a to karagenany, xanthanovou gumu a arabskou gumu. Cílem této práce bylo popsat jejich chemickou strukturu, výrobní procesy, vlastnosti, použití v potravinářství a jejich interakce s kaseinovými hydrokoloidy.

Hydrokoloidy jsou vysokomolekulární látky sacharidové nebo bílkovinné povahy, které mají schopnost ovlivnit strukturu a stabilitu potravinářských gelů, a které zpravidla vykazují vysokou vaznost vody. Své využití nacházejí např. při výrobě jogurtů, kde brání projevům uvolňování syrovátky během skladování. Při výrobě jogurtových nápojů stabilizují viskozitu. Dále se používají při výrobě tvarohových krémů, dezertů, pudinků atd.

Arabská guma je extrudátem stromů rodu *Acacia*. Lepkává substance se suší na větvích, kde tvoří tvrdé uzliny, které se sbírají ručně a jsou řazeny podle barvy a velikosti. Jejich chemické složení se mírně liší s klimatem, ročním obdobím, věkem stromu, atd. Předností arabské gumy je velmi dobrá rozpustnost ve vodě a také ji lze dobře kombinovat s ostatními gumami, škroby, želatinou a sacharidy

Karagenany jsou řazeny mezi extrakty z mořských řas. Karagenany jsou extrahovány z červených mořských řas čeledi *Rhodophyceae*, a to především z rodů *Euchema*, *Chondrus* a *Gigantina*. Literaturou je obvykle popisováno minimálně osm frakcí karagenanů lišících se stavební jednotkou, resp. počtem a polohou sulfátových skupin. Mezi hlavní typy karagenanů patří kappa, iota, a lambda. Působí jako zahušťující a želírující látka, jako stabilizátor a emulgátor. Karagenan má široké uplatnění, a to jak v mléčných výrobcích, tak dále ve sladkém pečivu, želé, cukrářských výrobcích, šlehačce ve spreji, některých jogurtech, práškových nápojích a také v dětské výživě a mnoha dalších. Jedná se o často užívanou přídatnou látku. Výrobní proces karagenanu může trvat až 48 hodin, protože se v něm převádí některé prekurzory karagenanů.

Xanthan je nejvýznamnější ze skupiny mikrobiálních polysacharidů. Je to vysokomolekulární polysacharid produkovaný fermentací sacharidů čistou kulturou *Xanthomonas campestris*. Jeho typické použití zahrnuje potraviny, jako jsou omáčky a dresinky, pečivo, nápoje, dezerty a zmrzliny. Xanthan je dobře rozpustný ve vodě, disperze jsou vysoce viskózní a již při nízkých koncentracích vykazují thixotropní chování. Samotný xanthan netvoří gely, avšak termoreverzibilní gely vznikají ve směsích s některými polysacharidy.

Xanthan slouží především jako zahušťovadlo, stabilizátor emulzí a v kombinaci s jinými hydrokoloidy i jako gelotvorná látka.

Při přidání těchto hydrokoloidů do mlékárenských výrobků dochází k interakcím s ostatními přítomnými složkami. Především interakce s kaseinovými proteiny. Chování systému protein-polysacharid závisí na mnoha faktorech, především pak na charakteru obou polymerů, jejich koncentraci, molekulové hmotnosti, pH systému, funkčních skupinách přítomných na obou biopolymerech.

Interakce mléčných složek a hydrokoloidů jsou zkoumány z důvodu pochopení procesů probíhajících při výrobě, resp. skladování potravin. Reakce karagenanů a kaseinových micel jsou připisovány především elektrostatickým interakcím mezi negativně nabitými sulfátovými skupinami karagenanů a kladně nabitou oblastí mezi 97. a 112. aminokyselinou κ -kaseinu.

Kyselé mléčné výrobky, jako je měkký sýr a jogurt, jsou obecně nevhodné pro karagenan jako efektivní stabilizátor.

I přesto, že jsou hydrokoloidy v mléčných výrobcích hojně používány, není mnoho publikací o jejich interakcích s mléčnými proteiny. Tyto interakce jsou hojně studovány pouze u karagenanů, proto v této práci chybí popis interakcí s xanthanem a arabskou gumou.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Hydrokoloidy. *Wikipedie* [online]. [cit. 2010-12-22]. Available from [www:http://de.wikipedia.org/wiki/Hydrokolloide](http://de.wikipedia.org/wiki/Hydrokolloide)
- [2] BUŇKA, F.; BUŇKOVÁ, L.; KRÁČMAR, S. *Základní principy výroby tavených sýrů*, 1st ed.; Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně: Brno, 2009.
- [3] KODET, J., ŠOTOLOVÁ, I., ŠTĚRBA, S. :*Plnicí, zahušřovací, gelotvorné a stabilizační látky pro potraviny (potravinářské hydrokoloidy)*. SPI, Praha 1993, 1. vyd., ISBN 80-85120-32-1.
- [4] PHILLIPS, G. O., WILLIAMS, P. A.: *Handbook of hydrocolloids*. CRC Press Boca Raton, New York, 20002000, 443s., ISBN 0-8493-0850-X.
- [5] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 2*, 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999, 328 s., ISBN 80-902391-5-3.
- [6] Guma arabská. *Saudi Aramco world* [online]. [cit. 2010-12-10]. Available from <http://www.saudiaramcoworld.com/issue/200502/gum.arabic.htm>
- [7] Guma arabská. *Plant Image Gallery* [online]. [cit. 2011-3-22]. Available from <http://pharm1.pharmazie.uni-greifswald.de/allgemei/koehler/koeh-eng.htm>
- [8] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 1*, 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999, 352 s., ISBN 80-902391-3-7.
- [9] VERBEKEN, D., DIERCKX S.AND K. DEWETTINCK, *Exudate gums: Occurrence, production and applications..* Applied Microbiol. Biotechnol., 2003. 63: 10-21.
- [10] Karagenan. *Emulgatory.cz* [online]. [cit. 2010-11-15]. Available from <http://www.emulgatory.cz/seznam-ecek?prisada=E407>

- [11] Karagenan. *Plant Image Gallery* [online]. [online]. [cit. 2011-3-22]. Available from <http://pharm1.pharmazie.uni-greifswald.de/allgemei/koehler/koeh-lat.htm>.
- [12] Xanthan. *Emulgatory.cz* [online]. [cit. 2011-1-4]. Available from <http://www.emulgatory.cz/seznam-ecek?prisada=E415>
- [13] RILEY, M.B.; WILLIAMSON, M.R.; AND MALOY, O. *The Plant Health Instructor*. Plant disease diagnosis. DOI: 10.1094/PHI-I-2002-1021-01. 2002
- [14] Xanthan. *Vitalia.cz* [online]. [2011-1-5]. Available from <http://www.vitalia.cz/katalog/emulgatory/e-415/>
- [15] NUSSINOVITCH, A. *Hydrocolloid Applications: Gum Technology in The Food and Other Industries*, Chapman and Hall: London, United Kingdom, 1997; 354 pp.
- [16] NISHINARI, K.; DOI, E. *Food hydrocolloids: structures, properties, and function*, Springer, 1993; 510 pp. ISBN 0306445948, 9780306445941
- [17] VYHLÁŠKA ze dne 19. července 2010 o stanovení požadavků na čistotu a identifikaci přídatných 235 / 2010 Sb.
- [18] BUŇKA, F.; BUŇKOVÁ, L.; KRÁČMAR, S. Vybrané hydrokoloidy a emulgátory ve výrobě tavených sýrů. *Acta fytotechnica et zootechnica* **2009**, 12, 79–87.
- [19] C.B. DE ALMEIDA *et al.*: Characteristics of Zein Biofilms with Xanthan, *Food Technol. Biotechnol*, 48, str. 19–27 (2010).
- [20] TYKVAROVÁ, D. a kol. *Výběr hydrokoloidů pro stabilizaci jakosti termínovaných smetanových sýrů*, Potravinářská revue 2/2008, AGRAL s. r. o. Praha, ISSN 1801-9102

- [21] IMESON, A. *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agent*, John Wiley and Sons, 2009, ISBN1405132671, 9781405132671
- [22] SCHMIDT, K.A., SMITH, D.E. *Milk Reactivity of Gum and Milk Protein Solutions*, Journal of Dairy Science, 1992 Americká Mléčné vědní asociace
- [23] GRINDROD, J., NICKERSON, T.A. *Effect of Various Gums on Skimmilk and Purified Milk Proteins*, Journal of Dairy Science, 1992 Americká Mléčné vědní asociace
- [24] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 3*, 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999, 368 s., ISBN 80-902391-4-5.
- [25] ARLTOFT, D., IPSEN, R., MADSEN, F., VRIS, J. Interactions between carrageenans and milk proteins : a microstructural and rheological study. *Biomacromolecules*, 2007, vol. 8, p. 729–736.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|-----------|------------|
| např. | například |
| atd. | a tak dále |
| tzv. | tak zvaný |
| resp. | respektive |
| obr. | obrázek |
| č. | číslo |
| tab. | tabulka |
| apod. | a podobně |
| tj. | to je |
| cca. | přibližně |
| α | alfa |
| β | beta |
| θ | théta |
| ι | ióta |
| κ | kappa |
| λ | lambda |
| μ | mí |
| ν | ný |
| ξ | ksí |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | | |
|------------|---|----|
| Obr. č. 1 | <i>Acacia senegal</i> [7] | 15 |
| Obr. č. 2 | <i>Acacia senegal</i> [6] | 16 |
| Obr. č. 3 | fragment hlavního řetězce arabské gumy [8] | 18 |
| Obr. č. 4 | fragment vedlejšího řetězce arabské gumy [8] | 18 |
| Obr. č. 5 | <i>Chondrus crispus</i> [11] | 21 |
| Obr. č. 6 | Schéma výrobního procesu karagenanů | 22 |
| Obr. č. 7 | Struktura primárních karagenanů [21] | 24 |
| Obr. č. 8 | Skvrny na lístečku salátu způsobené <i>Xanthomonas campestris</i> [13] | 26 |
| Obr. č. 9 | Výrobní proces xanthanové gumy [15] | 27 |
| Obr. č. 10 | Primární struktura xanthanu [21] | 28 |
| Obr. č. 11 | a) rozdíly mezi kaseinovými frakcemi b) reakce kappa-karagenanu s kappa-kaseinovým mléčným proteinem | 33 |
| Obr. č. 12 | Interakce karagenanů s kaseinovým komplexem [26] | 33 |

SEZNAM TABULEK

| | | |
|-----------|---|----|
| Tab. č. 1 | Rozdělení hydrokoloidů [16] | 13 |
| Tab. č. 2 | Srovnání složení gumy z Acacia senegal a Acacia seyal [4] | 17 |
| Tab. č. 3 | Souhrn vlastností karagenanů [21] | 25 |