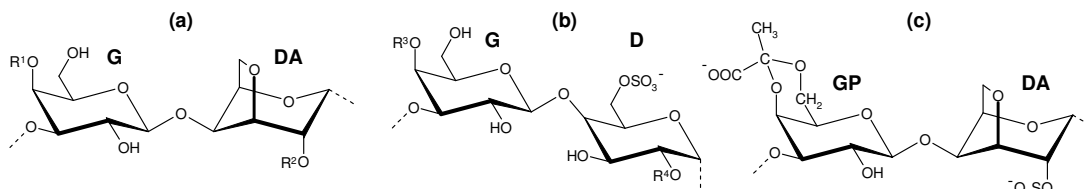


Läänemere punavetikate polüsahhariidstruktuurid ja nende termostabiilsus: Eesti unikaalse loodusvara kvaliteedinäitajad

SISSEJUHATUS

Punavetikad *Furcellaria lumbricalis* ja *Coccolytus truncatus* moodustavad Läänemeres, Eesti territoriaalvetes omapärase koosluse (nn Kassari vetikaplasti), mis oma suure biomassi tõttu on üheks oluliseks Eesti loodusvaraks (Truus, 1997). Nimetatud vetikaliikide läbipõimunud biomassist toodetakse Saaremaal Kärlas juba aastast 1967 geelistuvat tardainet (tuntud nimetuse „Estagar“ all), mis keemilises mõttes kujutab endast teatud väävlit sisaldavate polüsahhariidide – karraginaanide keerulist segu.

Karraginaanideks (Usov, 1998) nimetatakse teatud punavetikates (Rhodophyta) sisalduvaid lineaarseid sulfaaditud polüsahhariide, mille makromolekulaarse ahela moodustavad järjestikku vahelduvate 1,3- ja 1,4- glükosiidsidemetega seotud D-galaktoosjäägid või nende derivaadid. Galaktoostsüklite erinev substituutsioon põhjustab eri tüüpi karraginaanide peamisi keemilisi struktuurierinevusi (Joonis 1). Mõnele karraginaanidele (nt κ - ja ι -karraginaanid) on iseloomulik geelistumisvõime, mis muudab nad hinnatuks toidulisainetena (E-407).



Joonis 1. Mõnede karraginaanide disahhariidsete korduslülide struktuurid. (a) β -karraginaan ($R^1, R^2 = H$), κ -karraginaan ($R^1 = SO_3^-, R^2 = H$), ι -karraginaan ($R^1, R^2 = SO_3^-$), α -karraginaan ($R^1 = H, R^2 = SO_3^-$); (b) γ -karraginaan ($R^3, R^4 = H$), ν -karraginaan ($R^3, R^4 = SO_3^-$); (c) püruvaaditud α -karraginaan.

Kuigi karraginaanid leiavad toiduainetööstuses laialdast kasutust stabilisaatorite, paksendajate ja geelistajatena, on nende kasutamine happelistes keskkondades või kõrgendatud temperatuuri tingimustes sageli komplitseeritud. See on tingitud asjaolust, et nimetatud polüsahhariidide laguprodukte (molekulmassiga alla 50 kDa) peetakse tänapäeval tervisele kahjulikuks (Spichtig, 2008).

Polümeerahelate stabiilsus sõltub otseselt galaktaani struktuurist. Varasemad uuringud on näidanud, et *F. lumbricalis* polüsahhariidid (furtsellaraan) kuuluvad struktuurilt hübriidsete κ/β -karraginaanide hulka (Truus, 1997) ning on suhteliselt stabiilsed temperatuuridel alla 115 °C (Friedenthal, 2000). *C. truncatus* polüsahhariidide struktuuri ning termostabiilsust ei ole varem põhjalikult uuritud. Käesoleva töö eesmärgiks on hinnata punavetika *C. truncatus* galaktaani temperatuuritaluvust seoses polüsahhariidi struktuuriga ning hinnata seeläbi Kassari vetikaplastist saadava geelistuva aine kasutusvõimalusi.

MATERJAL JA METOODIKA

Materjalid

Vetikad (kinnitumata vormid) koguti Kassari lahest (Läänemeri, Eesti) 8 meetri sügavuselt SCUBA tehnikat kasutades. *F. lumbricalis* korjati juuli lõpus 2005, *C. truncatus* eraldati augustis 2007 kogutud vetikasegust (*C. truncatus* 38% segu kogubiomassist märgkaalus).

Vetikamass pesti hoolikalt kraaniveega, seejärel destilleeritud veega ning kuivatati toatemperatuuril. Eksklusioonikromatograafia dekstraani markerid ja α -karraginaani kommertspreparaat pärinesid firmalt *Fluka*.

Ekstraktsioon, modifikatsioon ja degradatsioon

Õhkuiva vetikamassi keedeti tagasijahuti all erinevates keskkondades (destilleeritud vees või 0,02 M KOH vesilahuses) 4 tundi; ekstraktsiooni kestust arvestati keemamineku hetkest. Vetikasegu ja ekstrahendi masside suhe oli 1:33. Kuum ekstrakt filtriti läbi Büchneri filtri (poorsus P2) külma (7°C) isopropanooli (99,9% v/v, 3-kordne ruumala ekstrakti suhtes), kus toimus polüsahhariidi sadestumine. Sadestunud karraginaanid eraldati alkoholi ja vee segust Büchneri filtri (poorsus P3) abil ja pesti hoolikalt külma (7°C) isopropanooliga. Eraldatud polüsahhariidide segu kuivatati õhktermostaadis püsiva kaaluni (60°C, 2 päeva) ning seejärel jahvatati.

Galaktaanide termostabiilsuse uurimiseks asetati õhkuivad preparaadid 7 päevaks õhktermostaati konstantse temperatuuri (60–160 °C) juurde. Polümeerahelate lagunemise ulatus tuvastati eksklusioonikromatograafia meetodil.

FTIR ja ^{13}C -NMR spektroskoopia

Karraginaanide FTIR spektrid võeti *PerkinElmer FTIR System Spectrum BX* spektromeetriga (12 skaneeringut spektri kohta; nominaalne resolutsioon 4 cm^{-1}) õhukestest (0,015 mm) polümeerikiledest, mis saadi 1%-liste galaktaanlahuste aeglasel toatemperatuurisel aurumisel polüstüreenist Petri tassidelt. Spektrid salvestati piirkonnas 4000–370 cm^{-1} .

^{13}C -NMR analüüsid teostati *Bruker AVANCE III* spektromeetriga, mis opereeris 800 MHz juures. Spektrid võeti 2% (w/w) karraginaanilahusest (lahusti D_2O) temperatuuril 40–50 °C. Keemilised nihked kalibreeriti galaktoostsükli C-6 süsiniku järgi, arvestades et uuritavates galaktaanides vastab sellele süsinikule nihkeväärtus 61,3 ppm (Usov, 1985).

Eksklusioonikromatograafia ja keemilised analüüsid

Kromatograafilisteks uuringuteks kasutati aparatuuri, mis koosnes *PerkinElmer Series 200* pumbast, *Knauer Smartline 2300* refraktomeeterdetektorist, *Knauer Smartline* kolonnitermostaadist ning kahest järjestikku ühendatud *Shodex OHPak SB-806MHQ* kolonnist. Eluendina kasutati 0,1 M NaNO_3 vesilahust voolukiirusel 0,8 ml/min. Kalibreerimiskõver koostati 10 dekstraani standardi põhjal (molekulmassid 668; 410; 273; 148; 80,9; 48,6; 23,8; 11,6; 5,2; 1,3 kDa), retentsiooniruumalad parandati sisestandardina kasutatud etüleenglükooli (0,01% sisaldus proovis) vastava väärtuse, 22,89 ml, järgi. Kaliibrimiskõvera võrrand oli järgmine: $\log M_w = 0,02 x^2 - 1,3503 x + 22,361$ (M_w , keskmine molekulmass; x , retentsiooniruumala; $R^2 = 0,9987$). Uuritava karraginaaniproovi protsendilisus oli 0,07% ning süsteruumala 100 μl .

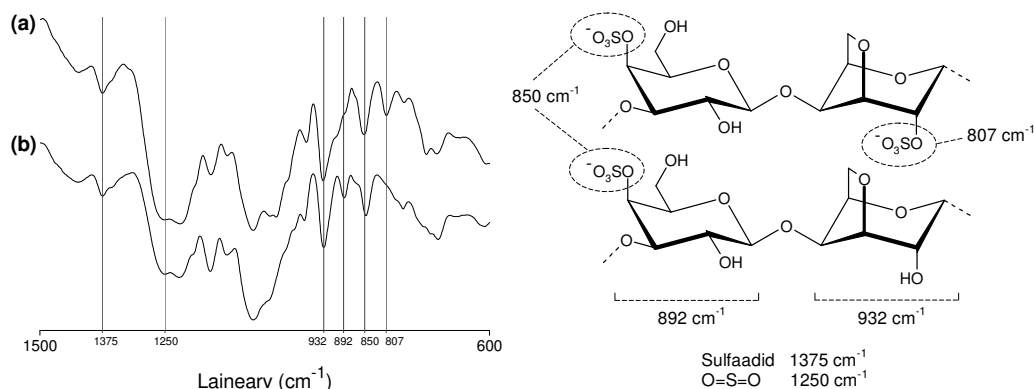
Usaldusväärsemate tulemuste saamiseks kasutati proovi lahustamiseks sama eluenti (0,1 M NaNO_3), mida rakendati kromatograafi süsteemis. Polümeeripreparaatide paremaks lahustamiseks hoiti soole üleöö 35 °C juures loksutusinkubaatoris. Proovide lõplikuks lahustamiseks kuumutati neid 10 min tugevalt segades keeval vesivannil. Seejärel kuum (60 °C) sool filtriti läbi 0,45 μm poorsusega membraani (*Spartan 30/0,45RC*), lasti jahtuda ning süstiti kromatograafi süsteemi.

3,6-anhüdrolaktoosi sisaldus proovides määrati kolorimeetriliselt resortsinool-dietüülatsetaal reagendi abil, kasutades standardainena fruktoosi (Yaphe, 1965).

TULEMUSED JA ARUTELU

Polüsahhariidstruktuurid

Uuritud polüsahhariidide FTIR spektrites esinevad sulfaatester-asendustele iseloomulikud signaalid lainearvudel 1375 ja 1250 cm^{-1} (Joonis 2). Intensiivsed signaalid 932 ja 850 cm^{-1} juures on seostatavad vastavalt 3,6-anhüdrogalaktoosi ja galaktopüraanoos-4-sulfaadi jääkide esinemisega struktuuris. Neelduvus lainearvul 892 cm^{-1} (nähtav õlana *C. truncatus* galaktaani spektris) on seostatav galaktoosjääkide olemasoluga preparaadis. Lisaks esineb *C. truncatus* galaktaani spektris selgesti eristatav signaal lainearvul 807 cm^{-1} , mis vastab sulfaatühmale 3,6-anhüdrogalaktoosi C-2 süsiniku juures ning on iseloomulik α -tüüpi karraginaanidele.



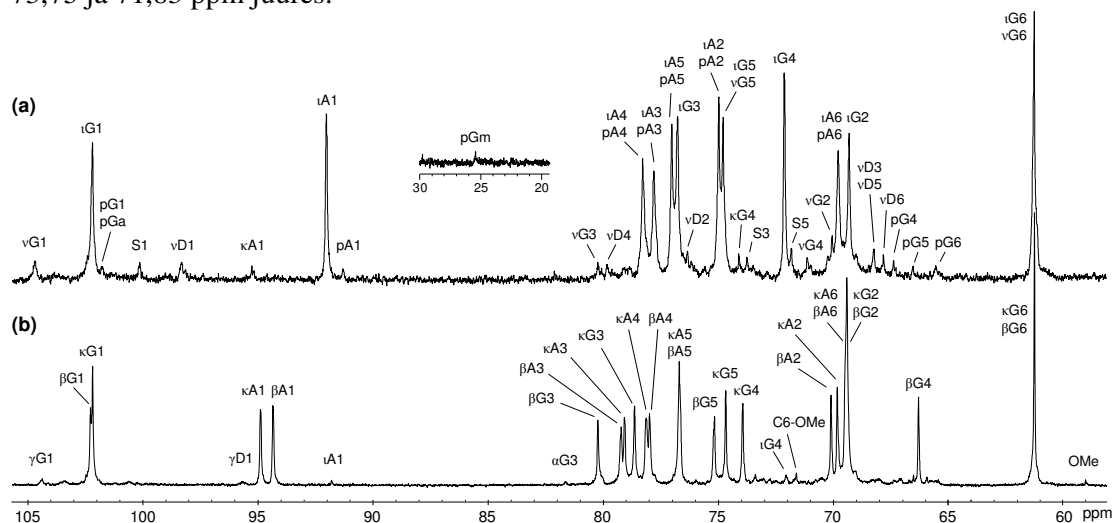
Joonis 2. Vees ekstraheeritud galaktaani FTIR spektrid ning iseloomulikele lainearvudele vastavad rühmad. (a) *C. truncatus* polüsahhariidid, (b) furtsellaraan.

Polüsahhariidide ^{13}C -NMR spektrid on esitatud joonisel 3. *C. truncatus* galaktaani põhikomponendid on β -D-galaktoos-4-sulfaat ja 3,6-anhüdro- α -D-galaktoos-2-sulfaat. Minoorse komponendina esineb ν -karraginaani koostisse kuuluv leelilabiilne α -D-galaktoos-2,6-disulfaat. Nõrgad signaalid nihkeväärtustel 101,72, 67,40, 66,56 ja 65,56 ppm vastavad 4',6'-püruvaaditud β -D-galaktopüraanoosi jääkidele; eristatav signaal 91,28 ppm juures tõendab püruvaaditud α -karraginaani (4',6'-püruvaaditud karrabioos-2-sulfaadi) olemasolu. Kuigi püruvaatatsetaali metüül- ja atsetaalrühma süsinikuaatomite signaalid nihkeväärtustel vastavalt 25,43 ja 101,72 ppm olid selgelt mürast eristatavad, ei täheldatud ^{13}C -NMR spektris püruvaatatsetaali karboksüülrühmale vastava signaali esinemist. Nimetatud asjaolu ilmneb sageli fraktsioneerimata vetikagalaktaani ^{13}C -NMR spektrites, sest püruvaatrühm esineb nendes polüsahhariidides enamasti väga madalates kontsentratsioonides (Lahaye, 1991). 4',6'-püruvaaditud β -D-galaktopüraanoosi jääke seostatakse tavaliselt agari tüüpi galaktaanidega, siiski võib see suhkrujääk sisalduda väikestes kogustes mõnedes keerulise struktuuriga karraginaanides (Stevenson, 1991).

F. lumbricalis galaktaani koostisse kuuluvad peamiselt β -D-galaktoos, β -D-galaktoos-4-sulfaat ja 3,6-anhüdro- α -D-galaktoos, mis on omased κ/β -karraginaani hübriidstruktuuridele. Sarnaseid κ/β -karraginaanide hübriidseid segusid (alasalfaaditud κ -karraginaani) on leitud Kaug-Ida vetikatest *Tichocarpus crinitus* (Yermak, 1999) ja *Eucheuma gelatinae* (Greer, 1984). Minoorse komponendina esines γ -karraginaanile iseloomulik leelilabiilne komponent, β -D-galaktoos-6-sulfaat, mis on β -karraginaani bioloogiliseks prekursoriks (Greer, 1984). Seda tõendavad nõrgad signaalid nihkeväärtustel 104,7 ppm (G-1) ja 96,0 ppm (D-1) ning halvasti eristuvad signaalid 68,2

ppm (D-6) ja 65,7 ppm (G-4) juures. Oluliselt suuremaid γ -karraginaani sisaldusi on täheldatud soolasema veega keskkondades kasvavate *F. lumbricalis* isendite polüsahhariidides (Knutsen, 1987).

Sageli võib puhastamata galaktaanipreparaatidest leida märkimisväärtes kogustes punavetikate peamist varuainet, florideetärklis; selle glükaani esinemist saab hõlpsasti tuvastada ^{13}C -NMR uuringute abil (Knutsen, 1987). Kuigi furtsellaraanis florideetärklis ei tuvastatud, leidis seda arvestatavates kogustes *C. truncatus* galaktaanis. Seda tõendavad florideetärklise glükoosijääkide süsinikele C-1, C-3 ja C-5 vastavad signaalid 100,10, 73,75 ja 71,83 ppm juures.

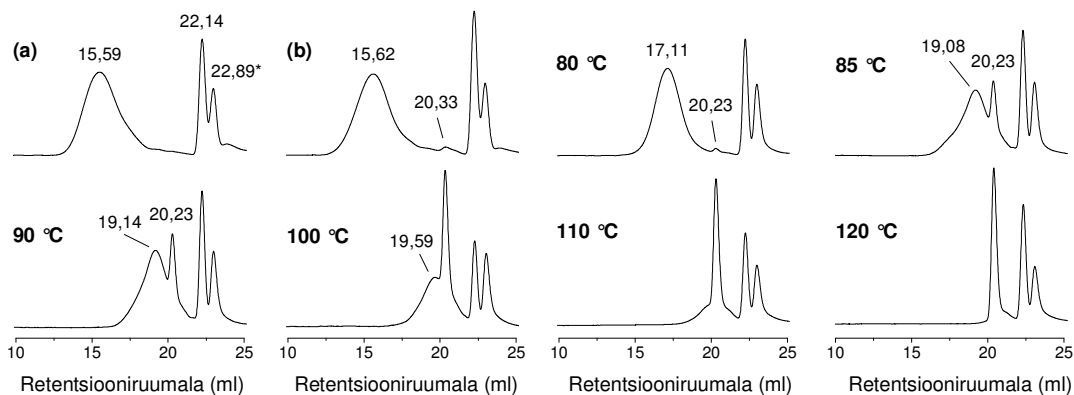


Joonis 3. Vees ekstraheeritud galaktaanide ^{13}C -NMR spektrid. (a) *C. truncatus* polüsahhariidid, 38 000 transienti, mõõdetud 40 °C juures; (b) furtsellaraan, 100 000 transienti, mõõdetud 50 °C juures. pGm tähistab püruvaatsetaali metüülsüsiniku signaali, S tähistab florideetärklise glükoosijääkide süsinike signaale, ι , κ , β , ν , γ , α vastavad ι -, κ -, β -, ν -, γ -, α -karraginaanide süsinike signaalidele, p tähistab püruvaaditud α -karraginaani süsinikest tulenevaid signaale (vt Joonis 1).

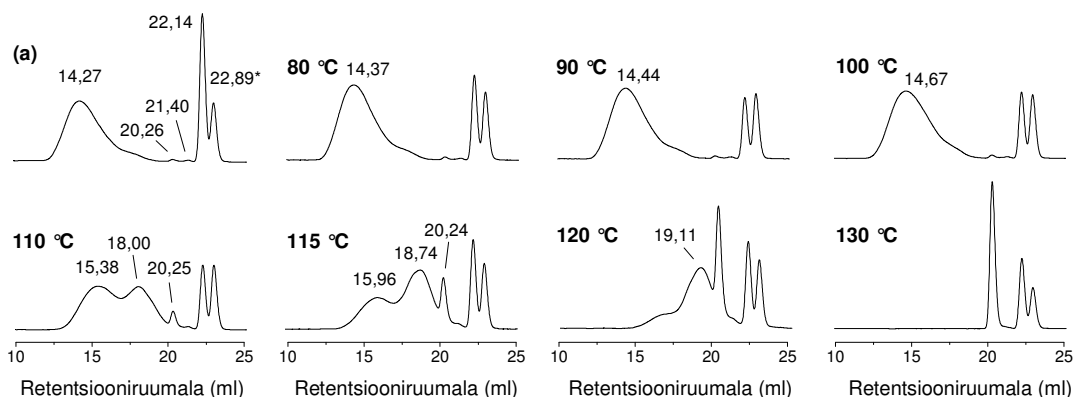
Molekulmassjaotus ja termostabiilsus

Proovi lahustamine samas eluendis (0,1 M NaNO_3), mida rakendati kromatograafi süsteemis eluendina, võimaldas vältida häiringuid (massiivseid negatiivseid piike) kromatogrammide sisestandardi piigi (retentsiooniruumala 22,89 ml) piirkonnas. Galaktaanpreparaatide lahustamine kõrgendatud temperatuuri tingimustes (keeval vesivannil tagasijahuti all) tingis siiski väikese NaNO_3 kontsentratsiooni tõusu süstelahustes, mis avaldus kõigil kromatogrammidel iseloomuliku piigina retentsiooniruumalal $22,14 \pm 0,01$ ml.

C. truncatus natiivse (vees ekstraheeritud) galaktaani M_w oli hinnanguliselt 1500 kDa (Joonis 4a). Leelisekstraktsiooni tulemusel saadud preparaati iseloomustas mõnevõrra väiksem M_w väärtus (1400 kDa). Piik 20,33 ml juures tõendab, et leeliseline keskkond mitte ainult ei vähendanud kõrgmolekulaarse fraktsiooni polümeerisatsiooniastet, vaid põhjustas ka madalmolekulaarsete laguproduktide teket ning sulfaatrühmade eraldumist polümeerahelast (Joonis 4b). Selgus, et ka ι -karraginaani kommertspreparaat sisaldab väikestes kogustes madalmolekulaarseid komponente (Joonis 5a); piik retentsiooniruumalal 20,26 ml vastab vaba sulfaadi olemasolule, 21,40 ml aga sahharoosile lähedase molekulmassiga sahhariidile. Võrreldes *C. truncatus* polüsahhariidiga oli *F. lumbricalis* vees ekstraheeritud galaktaani molekulmass oluliselt väiksem, kõigest 290 kDa.

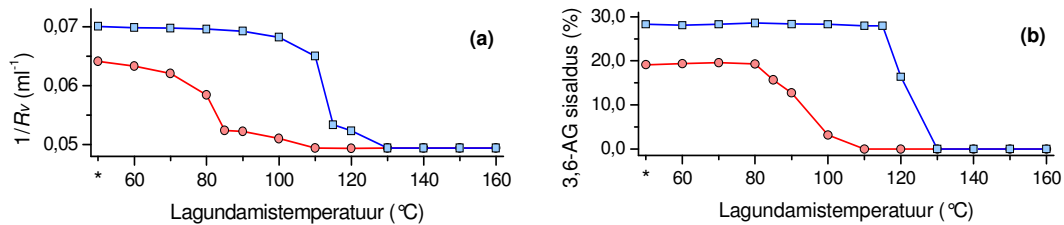


Joonis 4. *C. truncatus* galaktaanide molekulmassjaotuse kromatogrammid. Lagundamata polüsahhariidid eraldatud vetikatest ekstraksioonil (a) vees, (b) 0,02 M KOH vesilahuses ning vees ekstraheeritud polüsahhariidid lagundatud 7 päeva erinevatel temperatuuridel (80–120 °C). * Piik retentsiooniruumalal 22,89 ml vastab sisestandardina kasutatud etüleenglükoolile.



Joonis 5. κ -Karraginaani kommertspreparaadi (*Fluka*) molekulmassjaotuse kromatogrammid. (a) Lagundamata preparaati ning preparaadiid lagundatud 7 päeva erinevatel temperatuuridel (80–120 °C). * Piik retentsiooniruumalal 22,89 ml vastab sisestandardina kasutatud etüleenglükoolile.

Selgus, et *C. truncatus* galaktaan on kõrgete temperatuuride suhtes väga tundlik – juba 60 °C juures töödeldud preparaadi molekulmass oli natiivse polüsahhariidi vastava näitajaga võrreldes oluliselt vähenenud (1100 kDa). Lagundamistemperatuuril 80 °C ilmnes kromatogrammil väike piik retentsiooniruumalal 20,23 ml (Joonis 4), mis viitab vaba sulfaadi esinemisele proovis. Nimetatud piigi pindala suurenes märgatavalt lagunemistemperatuuride 80 ja 85 °C vahel, mil polüsahhariidi kõrgmolekulaarne komponent oluliselt lagunes (Joonis 4 ja Joonis 6a). Kõrgmolekulaarne komponent oli praktiliselt täielikult kadunud 110 °C juures lagundatud preparaadis.



Joonis 6. Karraginaanipreparaatide lagunemisprofiilid 7 päeval termotöötusel. Lagundamistemperatuuri mõju (a) põhikomponendi M_w näitajale ($1/R_v$, ml⁻¹; R_v – retentsiooniruumala) ja (b) 3,6-anhüdrogalaktoosi sisaldusele; (■) ι -karraginaan (*Fluka*), (●) vees ekstraheeritud *C. truncatus* galaktaan; * tähistab termotöötlemata preparaati.

Võrreldes *C. truncatus* galaktaaniga olid furtsellaraan ja ι -karraginaani kommertspreparaat oluliselt termostabiilsemad ning praktiliselt ei lagunenu 90 °C-st madalamatel temperatuuridel. ι -Karraginaani puhul algas polümeerahelate intensiivne lagunemine 100–130 °C juures. Temperatuuril 110 °C lagundatud preparaadi kromatogrammil eristusid kaks kõrgmolekulaarset fraktsiooni M_w väärtustega 34 ja 2100 kDa ning vaba sulfaadi olemasolu kinnitas väike piik retentsiooniruumalal 20,25 ml (Joonis 5). Kuigi 120 °C juures töödeldud preparaadis esines veel märgatav osa pooleldi lagunenu polüsahhariidi, oli kogu kõrgmolekulaarne komponent lagunenu 130 °C juures.

Karraginaanide koostises esineva 3,6-anhüdrogalaktoosi jääkide lagunemine on seotud polüsahhariidahelate pikkuse vähenemise ja madalmolekulaarse fraktsiooni (vaba sulfaadi) tekkega. Eriti intensiivne 3,6-anhüdrogalaktoosi lagunemine leidis aset galaktaanide M_w langemisel alla 10 kDa. *C. truncatus* termolabiilsete polüsahhariidide puhul algas 3,6-anhüdro-tsüklite lagunemine juba 80–85 °C juures, ι -karraginaani kommertspreparaadi korral aga lagundamistemperatuuril 115–120 °C (Joonis 6b).

JÄRELDUSED

Kassari punavetikakoosluse dominantliikide polüsahhariidkoostis on järgmine: *F. lumbricalis* sisaldab κ - ja β -karraginaani ja väikestes kogustes γ -karraginaani ning C-6 metüülitud galaktoosjääke; *C. truncatus* galaktaani põhikomponendiks on ι -karraginaan koos väikse koguse ν -karraginaani ning püruvaaditud α -karraginaaniga. Võrreldes ι -karraginaani kommertspreparaatide ning furtsellaraaniga on *C. truncatus* polüsahhariidid oluliselt termolabiilsemad – intensiivne polümeerahelate destruktsioon algab juba 80 °C juures. Punavetika *C. truncatus* polüsahhariidide väiksem termostabiilsus on seostatav selle galaktaani struktuursete iseärasustega (püruvaatatsetaali ja prekursorstruktuuride esinemine).

Seega sõltuvad Kassari vetikakooslusest eraldatud geelistuva materjali omadused oluliselt dominantliikide massivahekorras – kvaliteetse produkti seisukohast on väiksem *C. truncatus* osakaal sobivam. Kuigi kõnealune loodusvara ei võimalda troopilistest vetikaliikidest pärinevate kommertspreparaatidega võrreldavaid produkte ning selle töötlemisprotsessi käigus tuleks vältida kõrgeid temperatuure, on Kassari vetikakoosluse rakendamine õigete tootmistingimuste juures otstarbekas.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Friedenthal M, Eha K, Viitak A, Lukas A, Siimer E. 2000.** Effects of drying on the gel strength and cation mobility of furcellaran. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **1**: 275–279.
- Greer CW, Yaphe W. 1984.** Characterization of hybrid (beta-kappa-gamma) carrageenan from *Eucheuma gelatinae* J. Agardh (Rhodophyta, Solieriaceae) using carrageenases, infrared and ¹³C-nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Botanica Marina* **27**: 473–478.
- Knutsen SH, Grasdalen H. 1987.** Characterization of water-extractable polysaccharides from Norwegian *Furcellaria lumbricalis* (Huds.) Lamour. (Gigartinales, Rhodophyceae) by IR and NMR spectroscopy. *Botanica Marina* **30**: 497–505.
- Lahaye M, Rochas C. 1991.** Chemical structure and physico-chemical properties of agar. *Hydrobiologia* **221**: 137–148.
- Spichtig V, Austin SJ. 2008.** Determination of the low molecular weight fraction of food-grade carrageenans. *Journal of Chromatography B* **861**: 81–87.
- Stevenson TT, Furneaux RH. 1991.** Chemical methods for the analysis of sulphated galactans from red algae. *Carbohydrate Research* **210**: 277–298.
- Truus K, Vaher M, Usov AI, Pehk T, Kollist A. 1997.** Gelling galactans from the algal community of *Furcellaria lumbricalis* and *Coccotylus truncatus* (the Baltic Sea, Estonia): a structure-property study. *International Journal of Biological Macromolecules* **21**: 89–96.
- Usov AI. 1998.** Structural analysis of red seaweed galactans of agar and carrageenan groups. *Food Hydrocolloids* **12**: 301–308.
- Usov AI, Shashkov AS. 1985.** Polysaccharides of algae. XXXIV: Detection of iota-carrageenan in *Phyllophora brodiaei* (Turn.) J. Ag. (Rhodophyta) using ¹³C-NMR spectroscopy. *Botanica Marina* **28**: 367–373.
- Yaphe W, Arsenault GP. 1965.** Improved resorcinol reagent for the determination of fructose and 3,6-anhydrogalactose in polysaccharides. *Analytical Biochemistry* **13**: 143–148.
- Yermak IM, Kim YH, Titlynov EA, Isakov VV, Solov'eva TF. 1999.** Chemical structure and gel properties of carrageenans from algae belonging to the Gigartinales and Tichocarpaceae, collected from the Russian Pacific coast. *Journal of Applied Phycology* **11**: 41–48.

LISA

Lühikokkuvõte

Uuritud on Läänemere punavetikate *Furcellaria lumbricalis* ja *Coccotylus truncatus* polüsahhariidide molekulaarstruktuure. Preparaatide iseloomustamiseks kasutati ^{13}C -NMR ja FTIR spektroskoopia, eksklusioonikromatograafia ning kolorimeetrilisi meetodeid. Võrdlevalt tuntud ι -karraginaani kommertspreparaadiga hinnati *C. truncatus* polüsahhariidide termostabiilsust. *F. lumbricalis* galaktaanide põhikomponendid on β -D-galaktoos, β -D-galaktoos-4-sulfaat ja 3,6-anhüdro- α -D-galaktoos, väiksemates kogustes esineb β -D-galaktoos-6-sulfaati. *C. truncatus* galaktaanide peamised komponendid on β -D-galaktoos-4-sulfaat ja ja 3,6-anhüdro- α -D-galaktoos-2-sulfaat, minoorsete komponentidena esinevad α -D-galaktoos-2,6-disulfaat ja 4',6'-püruvaaditud karrabioos-2-sulfaat. *C. truncatus* polüsahhariidide iseloomustab kõrge termolabiilsus, märkimisväärne polümeerahelate lagunemine algab juba temperatuuril 80 °C.

Antud töö tulemusi on võimalik rakendada Kassari vetikaplasti toormest toidulisainete tootmise ja nende kasutamise juures – võttes arvesse eelkõige asjaolu, et teatud osa produktist (vetikast *C. truncatus* pärinevad polüsahhariidid) on kõrgete temperatuuride suhtes väga tundlik.

Täiendavad uuringud peaks selgitama, millisel määral mõjutab *C. truncatus* galaktaani lisand furtsellaraanis produkti üldist stabiilsust. Praegune hüpotees on, et juba väga väike *C. truncatus* polüsahhariidi lisand segus initsieerib kõrgetel temperatuuridel kogu produkti lagunemise, sest sulfaatühmade eraldumisel polüsahhariidmaatriksist tekib happeline produkt (KHSO_4), mis kiirendab orgaanilise aine lagunemist ja edasist sulfaadi eraldumist.

Seos säästva arenguga

Taastuvate loodusvarade otstarbekohane kasutamine on säästva arengu üheks põhikarakteristikuks. Antud töös uuriti Eesti ühe unikaalseima loodusvara, nn Kassari vetikaplasti rakendatavust kõrgekvaliteetsete toidulisainete tootmise seisukohast, rõhuasetusega keemilistele aspektidele.

Kassari vetikakoosluse moodustavad kaks dominantliiki, mille füüsiline eraldamine teineteisega läbipõimunud biomassist on töenduslikes mastaapides mõeldamatu. Sellest tulenevalt kujutab vetikamassist eraldatav geelistuv tardaine endast keerukat polüsahhariidide segu, milles leidub nii ühele kui ka teisele punavetikale omaseid struktuure. Läänemere ainsaks töenduslikult tarbitavaks punavetikaliigiks nimetatud *Furcellaria lumbricalis*, mis moodustab ka põhiosa Kassari vetikakoosluse biomassist, polüsahhariidstruktuure on põhjalikult uuritud juba aastast 1976. Tegelikult aga rakendatakse töenduslikult ka Kassari vetikaplasti teist dominantliiki, punavetikat *Coccotylus truncatus* – juba 1967 aastast toodetakse Saaremaal Kärlas mõlema eelmainitud vetikaliigi segust geelistuvat tardainet, mida tänapäeval tuntakse „Estagar“ nime all.

Käesolevas töös uuriti Kassari vetikakoosluse üht dominantliiki, punavetikat *C. truncatus*, kirjeldati detailselt selle liigi polüsahhariidkoostist ning töenduslikust seisukohast olulist omadust – galaktaanide termostabiilsust. Jõuti järeldusele, et kuigi nimetatud vetikaliik alandab Kassari vetikakooslusest eraldatud geelistuva materjali temperatuurikindlust oluliselt, on siiski võimalik õigete tootmistehnoloogiliste võtete kasutamisega kõnealust loodusvara toidulisainete tootmiseks rakendada.