



EUROPEAN
REGIONAL
DEVELOPMENT
FUND

GRASS

EUROPEAN UNION

Tomasz Kulikowski (sast.), Magdalena Jakubowska, Joanna Krupska, Iwona Psuty, Olga Szulecka

Polijas Nacionālais jūras zivju izpētes institūts

levads makroaļģu audzēšanā un izmantošanā Baltijas jūras reģionā

Gdiņa 2021. gads



NATIONAL
MARINE
FISHERIES
RESEARCH
INSTITUTE

Izmantotie saīsinājumi

CAWI — datorizēta tiešsaistes intervija

FAO — ANO Pārtikas un lauksaimniecības organizācija

GRASS — Baltijas jūras aļģu ilgtspējīga izmantošana (starptautisks, Interreg Baltijas jūras reģiona programmas finansēts, projekts)

NMFRI — Polijas Nacionālais jūras zivju izpētes institūts (poliski — *Morski Instytut Rybacki – Państwowy Instytut Badawczy*)

ĒGP — ēšanai gatavi pārtikas produkti

Saturs

Izmantotie saīsinājumi.....	2
Kopsavilkums	87
1. Ievads	1244
1.1. Makroaļģu produktu vispārīgs raksturojums.....	1244
1.2. Makroaļģu produktu ražošanas tendences pasaulē un Eiropā	1746
2. Makroaļģu pielietojums	2049
2.1. Pārtikas rūpniecība	2120
2.2. Kosmētiskā rūpniecība	3130
2.3. Medicīniskā un farmācijas rūpniecība	3534
2.4. Lauksaimnieciskā ražošana.....	3837
2.5. Pielietojums rūpniecībā.....	4039
2.6. Vides bioinženierija.....	4244
3. Makroaļģu pārtikas tirgus	4847
3.1. Patēriņa tradīcijas Baltijas jūras reģionā	4847
3.2. Juridiskie aspekti aļģu izmantošanai pārtikas rūpniecībā	5352
3.2.1. Tiesību akti Eiropas Savienībā par jauniem pārtikas produktiem.....	5352
3.2.2. Noteikumi no jūraszālēm iegūtu pārtikas piedevu lietošanai pārtikas rūpniecībā	5554
3.2.3. ES noteikumi par piesārņotājiem jūraszālēs	5756
3.2.4. Jūraszāļu marķēšanas noteikumi	5857
3.3. Aļģu sertifikācijas sistēmas	6059
4. Patērētāju attieksme	6766
4.1. Patērētāju pētījuma metodoloģija	6766
4.2. Pētījuma rezultāti.....	6766
5. Makroaļģu tirgus lielums Baltijas jūras reģionā	7776
5.1. Vietējā produkcija	7776
5.2. Imports	7877
6. Audzēšanai, ievākšanai un vākšanai no krasta Baltijas jūras reģionā piemērotās makroaļģu sugas.....	8382
6.1. Makroaļģu sugas	8382
6.2. Aizvietojamība	9190
7. Pamatinformācija par jūraszāļu audzēšanas tiesiskajiem un teritoriālajiem aspektiem	9392
8. Kultivēšanas tehnoloģija, vākšana, apstrāde pēc ievākšanas	9493
8.1. Kultivēšanas tehnoloģija un vākšana	9493
8.2. Apstrāde pēc vākšanas	9796
9. Biznesa plāns makroaļģu kultivēšanai Baltijas jūras atklātajā daļā	101400

9.1. Investīciju un saimnieciskās darbības izmaksu aprēķins.....	101400
10. SVID analīze un rekomendācijas	106405
11. Izmantotās literatūras saraksts.....	109408

levietoto attēlu, ilustrāciju un tabulu saraksts

Attēls Nr.1. Ulva ģints ēdamās zaļalģes	13
Attēls Nr.2. Populāru jūraszāļu un to produktu nosaukums japāņu valodā	16
Attēls Nr.3. Ūdensaugu ražošana pasaulē (tonnas), 2000–2019.....	18
Attēls Nr.4. Makroaļģu produktu pašreizējais un potenciālais pielietojums.	20
Attēls Nr.5. Suši patēriņš ir galvenais jūraszāļu patēriņa pieauguma veicinātājs.	22
Attēls Nr.6. Kaltētas jūraszāles, nori.....	23
Attēls Nr.7. Jūraszāļu salāti Rīgas centrāltirgū (Latvijā). Produkta nosaukums ir jūras kāposti.	24
Attēls Nr.8. Saldēti jūraszāļu salāti wakame lielveikalā Gdiņā (Polijā).	24
Attēls Nr.9. Jūraszāļu čipši (ražoti Dānijā).	25
Attēls Nr.10. Jūraszāļu salāti lielveikalā Klaipēdā (Lietuvā).	25
Attēls Nr.11. Atdzesēti jūraszāļu salāti wakame lielveikalā Helsinkos (Somijā).....	26
Attēls Nr.12. Jauna uzskoda Polijas piekrastē – siļķe ar aļģēm. Restorāns “Przetwórnia” Kuźnica (Polijā).....	27
Attēls Nr.13. Populāra uzskoda – poke, nākusi no havajiešu virtuves. Viena no pamatsatāvdaļām šajā ēdienā ir makroaļģes.	27
Attēls Nr.14. Uztura bagātinātāji: no aļģēm Lithothamnium calcareum iegūts un Vācijā ražots kalcijs.....	28
Attēls Nr.15. Funkcionālās pārtikas pārdošanas apmēri pasaulē 2015.–2024. gadā (miljardi ASV dolāru).	29
Attēls Nr.16. Agars	30
Attēls Nr.17. Pielietojums kosmetoloģijā: aļģu maska.....	32
Attēls Nr.18. Pielietojums kosmetoloģijā: ietīšana aļģēs (Īrija	33
Attēls Nr.19. Vācijā ražots antibakteriāls kalcija algināta brūču pārsējs.....	37
Attēls Nr.20. Augu augšanas stimulators, ražots no Ascophyllum nodosum koncentrāta. ...	39
Attēls Nr.21. Bioloģiski noārdāma plēve no sarkano aļģu furcellerāna, izgudrotāja — Dr. Ewelina Jamróz no Hugo Kołłątaj Lauksaimniecības universitātes Krakovā.....	42
Attēls Nr.22. Honeywell's Green Jet Fuel ražotā aviodegviela. Avots:Ražotājs Licence: CC BY-SA 3.0	46
Attēls Nr.23. Jūras kāpostu salāti Igaunijā (2020).	48
Attēls Nr.24. Jūras kāpostu salāti Latvijā (veikalā “Rimi”, 2014).	48
Attēls Nr.25. Jūras kāpostu salāti Lietuvā (2019).	49
Attēls Nr.26. Sveramie jūras kāpostu salāti Lietuvā (2019).....	49
Attēls Nr.27. Sveramie jūras kāpostu salāti Latvijā (2020).....	49
Attēls Nr.28. Sveramie jūras kāpostu salāti Latvijā (Rīgas Centrāltirgus, 2012).....	50
Attēls Nr.29. Kaltētu jūras kāpostu iepakojums Padomju Savienībā (1977, avots: http://foto.a-le.ru/?p=1564).....	51
Attēls Nr.30. No Furcellaria jūrasaļģēm iegūtā agara ražošanas patenta apraksta titullapas attēls, Polija, 1963. No: Jakubowska M., Possibilities of obtaining and using macroalgae from the Baltic Sea, GRASS projekta partneru sanāksme, 2020. gada septembris.	52
Attēls Nr.31.To patērētāju proporcija, kuri vispār nepērk jūras veltes, dažādās respondentu vecuma grupās.	68
Attēls Nr.32.To patērētāju proporcija, kuri dod priekšroku Baltijas jūrā vai Ziemeļjūrā iegūtām jūras veltēm, pēc respondenta dzīvesvietas valsts / reģiona.	69
Attēls Nr.33. To patērētāju proporcija, kuri ir ēduši jūras veltes tikai suši veidā vai arī citā formā, pēc respondenta dzīvesvietas valsts / reģiona.	70
Attēls Nr.34. To patērētāju proporcija, kuri nākotnē varētu pagaršot jūraszāļu produktus....	72

Attēls Nr.35. Jūraszāles tiek uzskatītas par veselīgu un mūsdienīgu pārtikas produktu.....	73
Attēls Nr.36. Karte attēlo to patērētāju proporciju, kuri uzskata, ka jūraszāļu pārtikas produkti ir ļoti veselīgi	74
Attēls Nr.37. To patērētāju proporcija, kuri uzskata, ka jūraszāļu pārtikas produkti ir ļoti veselīgi.....	74
Attēls Nr.38. To patērētāju proporcija, kuri uzskata, ka Baltijas jūrā iegūtās jūras veltes (ieskaitot jūraszāles) ir labas kvalitātes vietējs produkts (zaļā krāsā) pret patērētājiem, kuri uzskata, ka Baltijas jūras produkti ir piesārņoti / neveselīgi (sarkanā krāsā).....	76
Attēls Nr.39. Makroaļģu vākšana Igaunijā.	77
Attēls Nr.40. No Āzijas importētas jūraszāļu uzkodas lielveikalā Rīgā (Latvija, 2020. gada februāris).....	79
Attēls Nr.41. Ēdamo jūraszāļu importētāji Baltijas jūras reģiona ES valstīs.	80
Attēls Nr.42. Baltijas jūras reģiona ES valstīs 2018.–2020. gadā ievada aptuveni 1000 tonnu agara gadā.....	81
Attēls Nr.43. Brūnaļģe <i>Fucus vesiculosus</i> pludmalē, Polijā. Autors: T. Kulikowski.....	84
Attēls Nr.44. Zaļaļģe <i>Ulva intestinalis</i> , Polijā. Autors: M. Jakubowska	85
Attēls Nr.45. Sārtaļģe <i>Furcellaria lumbricalis</i> , Polijā. Autors: M. Jakubowska	86
Attēls Nr.46. Makroaļģe no <i>Laminaria</i> ģints. Avots: 123rf.com	88
Attēls Nr.47. <i>Ulva</i> makroaļģu audzēšana tvertnēs.....	96

Tabula Nr.1. Komerciāli izmantoto makroaļģu sugas (zaļaļģes, brūnaļģes un sārtaļģes) un to pielietojums.....	13
Tabula Nr.2. Daži bioloģiski aktīvi savienojumi, kas tiek iegūti no dažādām zaļaļģu, brūnaļģu un sārtaļģu sugām.	16
Tabula Nr.3. Slāpekļa un fosfora kopējais saturs Baltijas jūras makroaļģēs un makroaļģu audzēšanas nodrošinātā barības vielu savākšanas teorētiskā vērtība.	43
Tabula Nr.4. Aprēķinātais uztvertā CO ₂ daudzums audzējot un iegūstot 1 tonnu makroaļģu	44
Tabula Nr.5. Aprēķinātais uztvertā CO ₂ daudzums uz hektāru jūras teritorijas audzējot jūraszāles atbilstoši piesardzīgam un optimistiskam scenārijam	45
Tabula Nr.6. Pārtikas piedevas, kas nav krāsvielas vai saldinātāji	55
Tabula Nr.7. Pārtikas produkti, kuros E160a (vi) drīkst izmantot kā krāsvielu.....	56
Tabula Nr.8. Maksimāli pieļaujamā joda deva	58
Tabula Nr.9. To patērētāju proporcija, kuri vispār nepērk jūras veltes, dažādās respondentu vecuma grupās.	68
Tabula Nr.10. To patērētāju proporcija, kuri dod priekšroku Baltijas jūrā vai Ziemeļjūrā iegūtām jūras veltēm, pēc respondenta dzīvesvietas valsts / reģiona.....	69
Tabula Nr.11. To patērētāju proporcija, kuri ir ēduši jūras veltes tikai suši veidā vai arī citā formā, pēc respondenta vecuma.....	70
Tabula Nr.12. To patērētāju proporcija, kuri nākotnē varētu pagaršot jūraszāļu produktus..	71
Tabula Nr.13. To patērētāju proporcija, kuri uzskata, ka jūraszāļu pārtikas produkti ir ļoti veselīgi.....	73
Tabula Nr.14. To patērētāju proporcija, kuri uzskata, ka Baltijas jūrā iegūtās jūras veltes (ieskaitot jūraszāles) ir labas kvalitātes vietējs produkts.....	76
Tabula Nr.15. Jūraszāļu produktu importa apmērs ES valstīs, kas atrodas Baltijas jūras reģionā.....	78

Tabula Nr.16. Jūraszāļu produktu importa vērtība ES valstīs, kas atrodas Baltijas jūras reģionā.....	79
Tabula Nr.17. Izmaiņas ēdamo jūraszāļu importa apmērā Baltijas jūras reģiona ES valstīs.	80
Tabula Nr.18. No Baltijas jūras makroaļģēm iegūstamās vērtīgās vielas un to potenciālais pielietojums.....	88
Tabula Nr.19. Ulva lactuca un Fucus vesiculosus uzturvielu un minerālu saturs	97
Tabula Nr.20. Vispārīgi pieņēmumi aprēķiniem	101
Tabula Nr.21. Ulva intestinalis audzēšanas izmaksas (aprēķins balstīts uz literatūras datiem)	103
Tabula Nr.22. FUCUS VESICULOSUS AUDZĒŠANAS PIENĒMUMI	104
Tabula Nr.23. Fucus vesiculosus audzēšanas izmaksas.....	105

Kopsavilkums

Lielākā daļa makroaļģu biomasas tiek saražota Āzijā, kur tiek kultivēta arī lielākā jūraszāļu sugu daudzveidība. Lai gan komerciāli tiek izmantots vairāk nekā 200 makroaļģu sugu, aptuveni 98% no jūraszāļu produkcijas apmēra pasaulē veido tikai piecas ģintis. Makroaļģu komerciālā izmantošana pārsvarā saistāma ar pārtikas produktu un hidrokoloidu ražošanu. Tomēr, pateicoties dažādiem vērtīgiem savienojumiem, kas ir piemēroti, piemēram, farmācijas, biomedicīnas vai kosmētikas nozarei, tirgū parādās arvien vairāk un vairāk aļģu produktu, un daudzi produkti šobrīd tiek testēti un izmēģināti.

Laikā no 2005. gada līdz 2015. gadam jūraszāļu audzēšanas apjoms pasaulē dubultojās, bet no 2016. gada līdz 2018. gadam jūraszāļu produkcijas ražošanas dinamika būtiski samazinājās. Lielākā daļa produkcijas nāk no Āzijas. Eiropā tiek izaudzēts mazāk nekā 0,1% no pasaulē iegūto jūraszāļu apjoma. Baltijas jūras reģionā, ja neskaita tā rietumu daļu, kas robežojas ar Ziemeļjūru, ir atrodamas tikai pāris eksperimentālas aļģu audzētavas. Bet savvaļas jūraszāles tiek zvejotas komerciālos apmēros tikai Igaunijā un Dānijā (1.2. nodaļa).

Par jūraszāļu patēriņu Baltijas jūras reģionā pirms 20. gadsimta ir maz dokumentālu liecību. Bet 20. gadsimtā jūraszāļu patēriņa tradīcijas Austrumbaltijā ienāca līdz ar padomju virtuvi, kurā tās ienesa korejiešu diaspora. Pēdējo trīsdesmit gadu laikā interese par jūraszālēm ir strauji kāpusi visā Baltijas jūras reģionā, un tas ir skaidrojams ar Tālo Austrumu virtuves, pārsvarā japāņu ēdienu (suši), pieaugošo popularitāti.

Šobrīd jūraszāļu produkti Baltijas jūras reģiona tirgū parādās aizvien biežāk, un tie ir sastopami ne tikai Tālo Austrumu restorānos, bet salātu (sverami un fasēti, ar dažādām garšām), žāvētu produktu (tostarp dažādas uzkodas), kā arī daudzu inovatīvu vairāksastāvdaļu produktu veidā arī mazumtirdzniecībā — veikalos, speciālās pārtikas veikalos, retāk arī zivju veikalos. Turklāt jūraszāles tiek plaši izmantotas arī uztura bagātinātāju ražošanā.

Jūraszāļu produkti patērētājiem Baltijas jūras reģionā ir zināmi visai labi: kā liecina GRASS projekta ietvaros veiktie pētījumi, 26% patērētāju Baltijas jūras reģionā jūraszāles ir ēduši tikai kā suši sastāvdaļu, bet gandrīz katrs ceturtais patērētājs (23%) jūraszāles ir pagaršojis arī kādā citā veidā (salātos, zupās, uzkodās). Visai daudz — 34% — patērētāju norādīja, ka viņi “varētu pagaršot” jūraszāļu produktus. Bet vairāk nekā 30% patērētāju reģionā uzskata, ka jūraszāles ir pārtikas produkts, kam piemīt veselību veicinošas īpašības. Šie dati apvienojumā ar šī reģiona patērētāju lielo interesi par pierādāmas vietējas (reģionālas) izcelsmes produktiem liecina, ka jūraszāļu produktiem ir augsts tirgus potenciāls.

Turklāt aļģes var būt jauns avots vērtīgu funkcionālo savienojumu ieguvei gan pārtikas, gan citās nozarēs, piemēram:

- kosmētikas rūpniecībā un kosmetoloģijā;
- medicīniskajā un farmaceitiskajā rūpniecībā;
- lauksaimniecībā (mēslojums, bioloģiskie stimulantu);
- biodeģvielas ražošanā;
- citās rūpniecības nozarēs.

Jūraszāles ir izejmateriāls, kas, pateicoties to daudzajām īpašībām, ir ļoti daudzveidīgs. To augstās uzturvērtības (organisma pienācīgai funkcionēšanai nepieciešamo olbaltumvielu,

neizstājamo aminoskābju un vitamīnu liels saturs) dēļ aļģes tiek plaši izmantotas pārtikas ražošanā. Ar aļģēm bagāts uzturs nodrošina cilvēka vajadzības pēc olbaltumvielām, neizstājamajām aminoskābēm, minerāliem un vitamīniem. Kā mikroelementu, piemēram, šķiedrvielu, magnija, cinka, kalcija, nātrija, dzelzs, fluora, fosfora un vara, kā arī folskābes, omega-3 taukskābju un A, B, C, D, E vitamīnu avots, aļģes aizvien biežāk tiek izmantotas funkcionālās pārtikas un uztura bagātinātāju (uztura bagātinātāji ar aļģēm tiek rekomendēti dažādu disfunkciju gadījumā, tostarp kā palīgs svara samazināšanai) ražošanā. Ar dažādiem elementiem bagātās aļģes tiek aktīvi izmantotas kosmētikas līdzekļu ražošanā, jo tās veicina epidermas atjaunošanos un aizsardzību, mazina kairinājumu, un tām piemīt antialerģiskas un pretiekaisuma īpašības. Attīrošās, mitrinošās un nomierinošās iedarbības dēļ aļģes ir piemērotas dehidrētas, hipersensitīvas un aknes skartas ādas kopšanai. Kosmētikas rūpniecībā tās tiek izmantotas arī tādu līdzekļu ražošanā, kas paātrina ādas dzīšanu un reģenerēšanos un piešķir ādai jauneklīgu izskatu. Turklāt aļģes tiek izmantotas arī farmācijas rūpniecībā un laboratorijās, kā arī bioloģisko materiālu ieguvē. Pateicoties aļģu pretiekaisuma, antioksidējošajai, antibakteriālajai un pretvēža iedarbībai, tās var izmantot daudzu slimību ārstēšanā. Turklāt interese par tām aug arī tāpēc, ka dabiskas izcelsmes farmaceitiskie līdzekļi tiek uzskatīti par cilvēkiem drošākiem. Kā atjaunojamam energoresursam aļģēm ir arī liels potenciāls biodegvielas ražošanā, un ātri progresējošās tehnoloģijas tās aizvien biežāk izmanto arī citos tehniskos un rūpnieciskos produktos.

Tā kā makroaļģes uzņem dabā sastopamās barības vielas, to audzētavas var sniegt arī pakalpojumus vides aizsardzības jomā un būt rīks eitrofikācijas apkarošanā. Biogēnu saturs un to uzņemšanas temps dažādām makroaļģu sugām un to populācijām atšķiras un ir atkarīgs no apkārtējās vides apstākļiem. Parasti ātri augošo zaļo makroaļģu augšanas temps ir ātrāks un barības vielu uzņemšana ir aktīvāka nekā lēnāk augošajām sugām, piemēram, daudzām sārtaļģēm un brūnaļģēm. Kā liecina aprēķini, iegūstot 1 tonnu Baltijas makroaļģu, slāpekļa un fosfora daudzumu ūdenī atkarībā no aļģu sugas var samazināt par attiecīgi 1,3–7,9 kg un 0,2–1,9 kg.

Makroaļģu sugas, kuras to īpašību, vērtīgo savienojumu satura vai pārpilnības dēļ var uzskatīt par piemērotām audzēšanai Baltijas jūras atklātajā daļā un tai piegulošajos baseinos ir:

- (1) sārtaļģes *Furcellaria lumbricalis* — vienīgā suga, kura Baltijas jūrā ir tikusi iegūta komerciālā apmērā, lai ražotu polisaharīdu furcellerānu (recinātājs);
- (2) sārtaļģes *Ceramium tenuicorne* — nelielas, šķiedrveidīgas aļģes, kuras satur daudzas bioloģiski aktīvas vielas un sarkano pigmentu fikoeritrīnu un kuras var izmantot agara ražošanai;
- (3) brūnaļģes *Fucus vesiculosus* — jau gadsimtiem ilgi pārtika un medicīnā izmantotas aļģes, kuras komerciāli tiek iegūtas tikai pāris valstīs ārpus Baltijas jūras reģiona, lai iegūtu to strukturālo polisaharīdu fukoidānu, un kuras var izmantot arī kā algīnskābes avotu;
- (4) zaļaļģes *Ulva intestinalis* — kuras ir bagātīgi sastopamas uz Baltijas jūras piekrastes akmeņainās gultnes un kuras ir piemērotas patēriņam uzturā, un kuras tiek audzētas Japānā.

Audzēšanai Baltijas jūras rietumdaļā (Zviedrija), kur ūdens ir sāļāks, ir piemērotas divas *Laminaria* ģints sugas: *Laminaria digitata* un *Saccharina latissima*, kuras tiek un kuras var izmantot kā augstvērtīgu pārtikas produktu vai alginātu ražošanā.

Jāpiemin, ka makroaļģu audzēšanai un vākšanai pastāv gan pāris juridisku šķēršļu, gan iespēju. Šie juridiskie aspekti attiecināmi uz:

- (1) no Baltijas jūras reģiona valstu jūras telpiskajiem plāniem izrietošie konflikti un sinerģija ar citiem jūras telpas lietotājiem un jūrniecības nozarēm;
- (2) tiesiskie noteikumi, kas tieši saistīti ar jūras organismu audzēšanu un kas izriet no vides aizsardzības tiesībām, un kas bieži vien ir saistīti ar nepieciešamību iegūt attiecīgo iestāžu atļaujas;
- (3) noteikumi, kas saistīti ar makroaļģu izmantošanu pārtikā un barībā un kas pārsvarā saistīti ar kaitīgo vielu limitiem, pārtikas marķējumiem un jaunu sugu ieviešanu tirgū.

Tā kā *Saccharina latissima* un *Laminaria digitata* eksperimentāli un komerciāli tiek audzētas Zviedrijā un Dānijā, pastāv un literatūrā ir aprakstīta tieši šīm aļģu sugām paredzēta audzēšanas tehnika, kur pārsvarā tiek izmantota garo auklu tehnoloģija. Pieredze makroaļģu audzēšanai Baltijas jūras atklātajā daļā un tai piegulošajos baseinos aprobežojas ar pāris eksperimentālām iniciatīvām. Pamatojoties uz šo iniciatīvu secinājumiem un uz zinātnisko literatūru, tika pieņemts, ka pastāv pietiekami daudz zināšanu, lai Baltijas jūrā plānotu vismaz eksperimentālas *Fucus vesiculosus* un *Ulva intestinalis* audzētavas. Balstoties uz FucoSan projekta rezultātiem, tika ierosināts veidot *Fucus* audzētavas, kurās kā "sēklas materiāls" tiktu izmantoti lapoņu veģetatīvie fragmenti, kas tiktu ievietoti eksperimentālā infrastruktūrā, kuru veidotu peldoši grozi. Lapoņu fragmentu audzēšana notiktu visu gadu. Attiecībā uz *Ulva intestinalis* tika ierosināts veidot audzētavu, kur tiktu izmantota garo auklu tehnoloģija: uz auklām tiktu uzsētas sporas, tad auklas tiktu iekārtas nedaudz zem ūdens virsmas un novietotas seklā piekrastes zonā, vēlams vietā, kur ir raksturīga augsta barības vielu koncentrācija. Tā kā šo aļģu audzēšanai ir sezonāls raksturs, *U. intestinalis* var audzēt 5–6 mēnešus gadā.

Kā liecina sākotnējie aprēķini, makroaļģu audzēšana Baltijas jūras dienvidaustrumu daļā (Polijā, Latvijā, Igaunijā) ir visai dārga. Atkarībā no izvēlētajiem sākuma parametriem, lai saražotu 1 kg svaigu *Ulva* ģints aļģu, nepieciešams no 0,23 eiro (optimistiskajā variantā ar ražību 87 t/ha) līdz 1,0 eiro (pesimistiskajā variantā ar ražību 9,8 t/ha). Svaigu *Fucus* ģints aļģu ražošanai aprēķinātās izmaksas ir aptuveni 2,34 eiro /kg.

No tirgus viedokļa jūraszāļu audzēšana Baltijas jūras reģionā būtu piemērota atbilde pieaugošajam pieprasījumam pēc jauniem, veselīgiem ūdens izcelsmes produktiem. Turklāt šāda prakse arī atbilstu citai tendencei, proti, mazākam pieprasījumam pēc dzīvnieku izcelsmes produktiem. Aļģu audzēšana reģionā ļautu piedāvāt vietēju un īpaši svaigu produktu. Raugoties no sociālekonomiska viedokļa, jūraszāļu audzēšana tepat reģionā veicinātu pievienotās vērtības produktu rašanos reģionā (tādējādi aizstājot ievestos produktus), uzlabotu nodarbinātību (iesaistot, piemēram, cilvēkus, kas pametuši zveju jūrā) un palīdzētu labāk izmantot zivju pārstrādes rūpnīcu potenciālu. Savukārt, ņemot vērā vides aizsardzības aspektus, jūraszāļu audzēšana, it īpaši ātri augošo aļģu (piemēram, *Ulva intestinalis*) audzēšana piesaista CO₂, tādējādi piedāvājot unikālu iespēju samazināt ūdens eitrofikāciju.

Galvenās problēmas un draudi makroaļģu audzēšanas uzsākšanai Baltijas jūras atklātajā daļā (izņemot tās rietumu teritoriju) ir: nespēja noteikt tirgus spēju uzņemt jaunas sugas, kuras reģiona pārtikas tirgū šobrīd praktiski nav sastopamas (piemēram, *Ulva intestinalis*); pierādītas tehnoloģijas neesamība *Ulva intestinalis* un *Fucus vesiculosus* audzēšanai Baltijas jūras apstākļos; juridiskie un tiesiskie šķēršļi, it īpaši tirgus jaunpienācējiem; nepietiekams publiskais finansējums ūdens–vides pakalpojumiem, ko varētu sniegt jūraszāļu audzētavas.

Šajā ziņojumā ir apkopotas pieejamās zināšanas par jūraszāļu ražošanas iespējām un tirgu Baltijas jūras reģionā, un šis ziņojums ir daļa no GRASS (Baltijas jūras aļģu ilgtspējīga izmantošana) projekta.

1. Ievads

(Magdalena Jakubowska, Tomasz Kulikowski)

1.1. Makroaļģu produktu vispārīgs raksturojums

Aļģes ir daļa no cilvēku uztura jau kopš ļoti seniem laikiem. Ar olbaltumvielām, pārtikas šķiedrvielām un bioloģiski aktīvajiem savienojumiem bagātās jūraszāles pārtikā var ne tikai izmantot tiešā veidā, bet arī pievienot tās citiem pārtikas produktiem, lai bagātinātu to uzturvērtību. Dažu sugu aļģes tiek audzētas gandrīz tikai tiešam patēriņam uzturā, bet citas tiek rūpnieciski apstrādātas, lai iegūtu dažādus savienojumus. Galvenās aļģu ražotājvalstis ir Ķīna, Indonēzija un Filipīnas, kur ir arī vislielākā kultivēto aļģu sugu daudzveidība (FAO, 2018). Piecas ģintis — *Saccharina*, *Undaria*, *Porypia*, *Eucheuma/Kappaphycus* un *Gracilaria* — veido aptuveni 98% no pasaulē audzētajām jūraszālēm (Buschmann et al., 2017; FAO, 2018; Ferdouse et al., 2018). Kopumā 85% no jūraszāļu audzēšanas nozares kopējās tirgus daļas aizņem pārtikas produkti, bet otru lielāko tirgus daļu veido hidrocoloīdu (karagināns, algināts un agars) ražošana (Nayar and Bott, 2014; Ferdouse et al., 2018). Kā rāda pētījumi, komerciāli tiek izmantots vairāk nekā 200 aļģu sugu (Nayar and Bott, 2014). Tirgū nozīmīgāko aļģu sugu saraksts ir sniegts 1. tabulā. Vairāk informācijas par atsevišķu jūraszāļu sugu ražošanu pasaulē un ēdamo makroaļģu apstrādi ir pieejams:

3.4. nodevums: [Makroaļģu ražošana pasaulē un izmantošana pārtikā, uztura bagātinātājos un pārtikas piedevās.](#)

No makroaļģēm iegūtie polisaharīdi veido 40% no pasaules hidrocoloīdu tirgus (Ferdouse et al., 2018). Visbiežāk šie polisaharīdi tiek izmantoti kā dabiskie koloīdi un recinātāji pārtikas nozarē (piemēram, ūdens šķīdumu biezināšanai un želejas veidošanai) un nepārtikas industrijās (medicīnā, pētniecībā, farmācijā un kosmētikas ražošanas nozarē). Alginātus iegūst no brūnaļģēm (*Phaeophyceae*), bet karaginānu un agaru — no dažādām sārtaļģēm (*Rhodophyta*). Daži polisaharīdi ir nosaukti atbilstoši to bioloģiskajai izcelsmei (Usov, 2011), piemēram, furcelerāns, kas ir komerciāli ražots no *Furcellaria lumbricalis* iegūto polisaharīdu sulfāts (Indergaard and Knutsen, 1990). Kaut gan algināta ieguvei var izmantot jebkuras sugas brūnaļģes, patiesībā šī hidrocoloīda ķīmiskā uzbūve dažādu ģinšu un sugu aļģēm atšķiras (McHugh, 2003). Arī no atsevišķu sugu aļģēm iegūtā agara un karagināna kvalitāte (proti, spēja sarecināt) var atšķirties, kas skaidrojams ar nelielām atšķirībām ķīmiskajā uzbūvē (Freile-Pelegrin and Murano, 2005; Imeson, 2009).



Attēls Nr.1. Ulva ģints ēdamās zaļajģes

Avots: 123rf.com

Lauksaimniecībā jau ir izmēģināti un tiek lietoti augu augšanu un attīstību veicinoši produkti uz aļģu ekstrakta bāzes. Šobrīd tirgū pieejamie produkti satur vitamīnus, aminoskābes, fitohormonus, polisaharīdus, makroelementus un mikroelementus. Šiem produktiem ir pozitīva ietekme uz, cita starpā, šūnu dalīšanos, augu augšanu un attīstību, augļu veidošanos, ziedēšanas intensitāti, izturību pret slimībām, kā arī tie stimulē augsnes mēslojuma uzņemšanu (skat. Sharma et al., 2014; Michalak, Chojnacka, 2016). Makroaļģu pielietojums dažādās nozarēs ir tuvāk aplūkots 2. nodaļā (Makroaļģu pielietojums).

Tabula Nr.1. Komerčiāli izmantoto makroaļģu sugas (zaļajģes, brūnajģes un sārtaļģes) un to pielietojums.

Suga	Produkts / pielietojums
<i>Undaria pinnatifida</i>	pārtikā (<i>Wakame</i>) ^{1, 2}
<i>Saccharina japonica</i> (iepriekš <i>Laminaria japonica</i>)	pārtikā (<i>Kombu</i>) ^{1, 2}
<i>Cladosiphon okamuranus</i>	pārtikā (<i>Mozuku</i>) ^{2, 3}
<i>Alaria esculenta</i>	pārtikā ^{2, 3}
<i>Eisenia bicyclis</i>	pārtikā (<i>Arame</i>) ⁴
<i>Sargassum fusiforme</i>	pārtikā (<i>Hijiki</i>) ^{1, 3}

	algināts ²
<i>Macrocystis pyrifera</i> <i>Durvillea potatorum</i> <i>Ecklonia</i> ģints <i>Laminaria digitata</i> <i>Lessonia</i> ģints	algināts ^{1, 2}
<i>Ascophyllum nodosum</i>	algināts ² lauksaimniecībā izmantojamus produktos (bioloģiskie stimulantī, augsnes ielabotāji un mēslošanas līdzekļi) ^{5, 6} dzīvnieku pārtikā ^{2, 7}
<i>Laminaria digitata</i>	lauksaimniecībā izmantojamus produktos (bioloģiskie stimulantī) ^{5, 6}
<i>Ecklonia maxima</i>	lauksaimniecībā izmantojamus produktos (bioloģiskie stimulantī, augsnes ielabotāji un mēslošanas līdzekļi) ^{5, 6}
<i>Pyropia</i> ģints (iepriekš <i>Porphyra</i>)	pārtikā (<i>Nori</i>) ^{1, 2}
<i>Palmaria palmata</i>	pārtikā ^{2, 3}
<i>Gracilaria</i> ģints	pārtikā (<i>Ogonori</i>) ^{2, 3} agars ^{1, 2, 8, 9} barībā (gliemeņu barība) ^{2, 10}
<i>Gelidium</i> ģints	agars ^{2, 8}
<i>Gelidiella</i> ģints	agars ^{2, 8}
<i>Pterocladia capillacea</i> , <i>Pterocladia lucida</i>	agars ^{2, 8}
<i>Crassiphycus corneus</i>	agars ^{11, 12}
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	furcelerāns ^{13, 14, 15}
<i>Chondrus crispus</i>	pārtikā ² karagināns ¹⁶
<i>Euचेuma</i> ģints	karagināns ^{2, 17}

<i>Kappaphycus alvarezii</i>	karagināns ^{1, 16, 18}
<i>Gigartina</i> ģints	karagināns ^{2, 16}
<i>Sarcothelia crispata</i>	karagināns ²
<i>Mazzaella laminaroides</i>	karagināns ²
<i>Monostroma latissimum</i> <i>Ulva prolifera, Ulva intestinalis</i>	pārtikā (<i>Aonori</i>) ^{2, 3}
<i>Ulva lactuca</i>	pārtikā (<i>Aosa</i>) ³ barībā (gliemeņu barība) ^{2, 10}
<i>Caulerpa</i> ģints	pārtikā ^{2, 3}
<i>Codium</i> ģints	pārtikā ^{3, 19}

1. Buschmann et al., 2017, 2. McHugh et al., 2003, 3. Zemke-White, Ohno, 1999, 4. Naylor, 1976, 5. Sharma et al., 2014, 6. Michalak, Chojnacka, 2016, 7. Algae, 2015, 8. Armisen, Galatas, 1987, 9. Marinho-Soriano, Bourret, 2005, 10. FAO, 2016, 11. Marinho-Soriano et al., 2001, 12. Pereira-Pacheco et al., 2007, 13. Laos, Ring, 2005, 14. Chemical Book, 2017, 15. EstAgar, 2020, 16. Ferdouse et al., 2018, 17. Imeson, 2009, 18. Pereira, Yarish, 2008, 19. Trowbridge, 1999

Papildus tirgū pieejamajiem 1. tabulā norādītajiem produktiem pastāv dažādi no aļģēm iegūti savienojumi, kas ir piemēroti un tiek izmantoti farmaceutiskajā, biomedicīniskajā vai pārtikas rūpniecībā (Alves et al., 2013; Leandro, 2020). Pateicoties unikālajam sastāvam un plaša pielietojuma iespējām dažādās nozarēs, interese pieaug arī par aļģu ekstraktiem (Michalak, Chojnacka, 2015; Leandro, 2020). Vairāki savienojumi un ekstrakti jau šobrīd tiek aktīvi izmantoti rūpniecībā, bet citi ir patentētu tehnoloģiju sastāvā vai šobrīd tiek pētīti (Zemke-White, Ohno, 1999; Alves et al., 2013). Makroaļģes satur daudz aminoskābju, olbaltumvielu, lipīdu, ogļhidrātu, minerālu, pārtikas šķiedrvielu, polinepiesātināto taukskābju, kā arī bioloģiski aktīvo savienojumu (piemēram, polifenoli, vitamīni, pigmenti), kam ir antibakteriālas, pretvīrusu, pretsēnīšu, antioksidējošas, pretiekaisuma un pretvēža īpašības (Kumar et al., 2008; Michalak, Chojnacka, 2015; Parjikolaei et al., 2016). Daži piemēri bioloģiski aktīvajiem savienojumiem, ko var iegūt no dažādām jūraszāļu sugām, ir sniegti 2. tabulā. Tomēr ir jāatceras, ka vērtīgu savienojumu struktūru un bioloģisko iedarbību var ietekmēt apkārtējās vides apstākļi, piemēram, ūdens temperatūra un sāļums, barības vielu koncentrācija, ūdens dinamika un augšanas dziļums (Gupta, Abu-Ghannam, 2011). Iegūtu produktu sastāvu spēcīgi ietekmē arī ieguves metode un apstākļi, kā temperatūra un ieguves laiks, (Wang et al., 2011; Michalak et al., 2015).



Attēls Nr.2. Populāru jūraszāļu un to produktu nosaukums japāņu valodā

Avots: 123rf.com

Kā rāda līdz šim veiktie pētījumi, makroaļģes ir arī daudzsoļša izejviela biodegvielas ieguvē. Saskaņā ar eksperimentu datiem *Ulva* ģints jūraszālēm, pateicoties to ātrajam augšanas tempam, fitosintētiskajai aktivitātei, augstajam polisaharīdu saturam un faktam, ka tās nesatur lignīnu (kas veicina hidrolīzi un fermentāciju), ir potenciāls izmantošanai biodegvielas un bioetanolā (Trivedi et al., 2013; Korzen et al., 2015; Li et al., 2016), kā arī biogāzes (Bruhn et al., 2011; Saqib et al., 2013) ražošanā. Arī brūnaļģes un sārtaļģes tiek uzskatītas par piemērotām izmantošanai izmaksu ziņā efektīvai biodegvielas ražošanai lielā apjomā (Adams et al., 2009; Wi et al., 2009; Hou et al., 2017).

Tabula Nr.2. Daži bioloģiski aktīvi savienojumi, kas tiek iegūti no dažādām **zajaļģu**, **brūnaļģu** un **sārtaļģu** sugām.

Suga	Savienojums	Īpašības / iedarbība / pielietojums
<i>Undaria pinnatifida</i> <i>Sargassum fusiforme</i>	fitosterīni, fitols ¹	pret diabētu, pret vēža, pretiekaisuma, antioksidējošs
<i>Undaria pinnatifida</i> <i>Alaria esculenta</i> <i>Fucus vesiculosus</i> <i>Laminaria digitata</i>	fukoksantīns (pigments) ^{2, 3}	pret vēža, antioksidējošs
<i>Caulerpa racemose</i> <i>Ulva prolifera</i> <i>Ascophyllum nodosum</i> <i>Pelvetia canaliculata</i> <i>Fucus spiralis</i>	fenola savienojumi, polifenoli ^{4, 5, 6}	antioksidējošs
<i>Ulva prolifera</i> <i>Ecklonia cava</i>	polisaharīdi ^{7, 8}	antioksidējošs antibakteriāls
<i>Fucus vesiculosus</i> <i>Fucus evanescent</i>	fukoidāns (polisaharīds) ^{9, 10, 11, 12, 13}	antikoagulants, antitrombotisks, pretiekaisuma, pret vēža, pret vīrusu

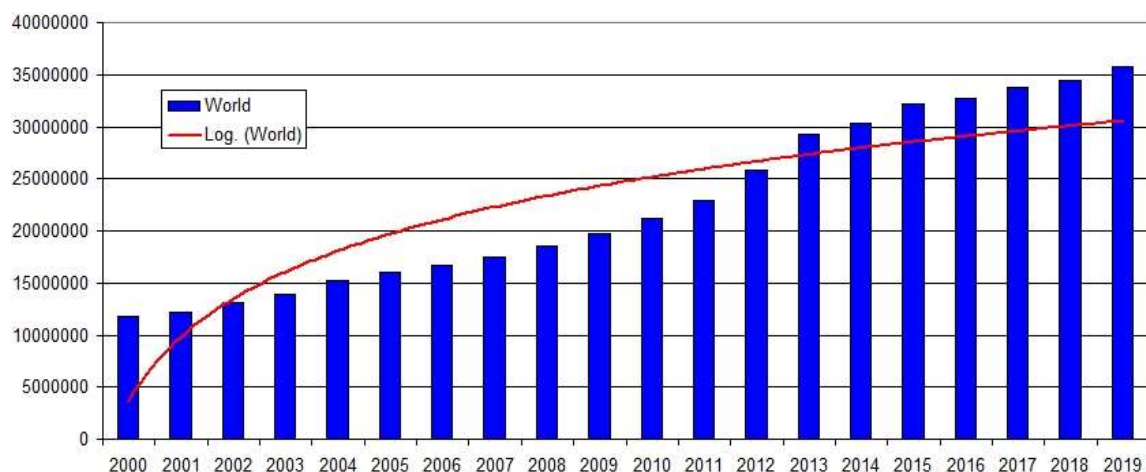
Suga	Savienojums	Īpašības / iedarbība / pielietojums
<i>Ascophyllum nodosum</i> <i>Undaria pinnatifida</i>		
<i>Laminaria</i> ģints	laminarīns (polisaharīds) ¹⁴	antibakteriāls, pretvēža
<i>Eisenia bicyclis</i>	fukosterīns ¹⁵	pretiekaisuma
<i>Dictyota</i> ģints	diterpēni ^{16, 17, 18}	antiretrovīrusu, citotoksisks
<i>Porypia yezoensis</i>	R-fikoeritrīns (pigments) ¹⁹	Fluorescējošie pigmenti, krāsvielas (kosmētika, dzērieni, pārtika, krāsas), pretvēža, antioksidējošs
<i>Ulva prolifera</i>	lectīni ²⁰	dalība daudzos šūnu procesos
<i>Ulva</i> ģints	ulvāns (polisaharīds) ^{21, 22,} 23	Antioksidējošs, pretvīrusu, antikoagulants

1. Xiao et al., 2013, 2. Piovan et al., 2013, 3. Shannon et al., 2017, 4. Li et al., 2012, 5. Luo et al., 2010, 6. Tierney et al., 2013, 7. Wang et al., 2011, 8. Lee et al., 2011, 9. Rodriguez-Jasso et al., 2011, 10. Merck, 2020, 11. Alekseyenko et al., 2007, 12. Marais et al., 2007, 13. Lee et al., 2004, 14. Gupta, Abu-Ghannam, 2011, 15. Jung et al., 2013, 16. Manzo et al., 2009, 17. Pereira et al., 2004, 18. Jongaramruong, Kongkam, 2007, 19. Niu et al., 2010, 20. Ambrosio et al., 2003, 21. Lahaye et al., 2007, 22. Alves et al., 2013, 23. Rahimi et al., 2016

1.2. Makroaļģu produktu ražošanas tendences pasaulē un Eiropā

Jūraszāļu ražošanas apmērs pasaulē desmit gadu laikā ir dubultojies no 14,7 miljoniem tonnu 2005. gadā līdz 29,4 miljoniem tonnu 2015. gadā. Tajā pašā laikā nedaudz ir samazinājies savvaļā iegūto jūraszāļu apmērs no 1,2 miljoniem tonnu 2005. gadā līdz 1,1 miljoniem tonnu 2015. gadā (FAO Globefish, 2018). Fermās saražoto aļģu (pārsvarā jūraszāļu) globālais apmērs pēdējos gados ir audzis salīdzinoši lēni, 2018. gadā piedzīvojot pat kritumu par 0,7 procentiem; šis fakts ir skaidrojams ar citu ieguves avotu parādīšanos. Šo samazinājumu lielākoties izraisīja tropisko jūraszāļu sugu audzēšanas lēnā izaugsme un pat samazinājums Dienvidaustrumāzijā, kamēr mēreni siltā ūdens un aukstūdens jūraszāļu sugu audzēšanas apmēri vēl tikai attīstījās (SOFIA, 2020).

Global production of aquatic plants (ton), 2000-2019, and trend line (logarithmic)



Attēls Nr.3. Ūdensaugu ražošana pasaulē (tonnas), 2000–2019.

Avots: tiešsaistes datubāze, FAO Zivsaimniecības un akvakultūras informācijas un statistikas nodaļa, piekļūts 16.05.2021.

Saskaņā ar jaunāko informāciju (FAO Zivsaimniecības un akvakultūras informācijas un statistikas nodaļa, 16.05.2021.) 2019. gadā tika saražots 35,8 miljoni tonnu ūdensaugu, no tiem Āzijā 2019. gadā tika saražots 34,8 miljoni tonnu (jeb 97%), bet Eiropā — nedaudz vairāk kā 0,3 miljoni tonnu (0,8%). No visa saražotā apjoma 1,1 miljons tonnu tika noķerti (savākti) vidē (no šī apjoma 26% jeb 0,3 miljoni tonnu tika iegūti Eiropā) un 34,7 miljoni tonnu ir akvakultūras produkcija (šajā jomā Eiropā tika iegūts mazāk nekā 0,1% produkcijas, proti, tikai 11 500 tonnas).

2019. gadā visvairāk noķertās (savāktās) jūraszāļu produkcijas Eiropā tika iegūts Norvēģijā (163 080 tonnas jeb 61% no saražotā Eiropā), kur pārsvarā tika iegūtas brūnaļģes. Norvēģijai seko Francija ar 51 300 tonnām (pārsvarā brūnaļģes), Īrija ar 29 500 tonnām (brūnaļģes) un Islande ar 17 533 tonnām (pārsvarā brūnaļģes). Baltijas jūras reģionā nozīmīgākais ražotājs 2019. gadā bija Igaunija (60 tonnas, sārtaļģes). Jāpiemin, ka savāktu jūraszāļu apmērs Krievijas Federācijā (kas neietilpst Baltijas jūras reģionā) bija 8968 tonnas. Kā liecina Eiropas Komisijas Kopīgā pētniecības centra Bioekonomikas zināšanu centra dati, Dānijā 2014. gadā tika iegūtas 100 tonnas jūraszāļu, bet Igaunijā — 500 tonnas (Dos Santos, 2019). Kā liecina Igaunijas sniegtā informācija, maksimāli pieļaujamais sārtaļģu ievākšanas apmērs Igaunijā ir 2000 tonnu (divas licences), tomēr ražošanas apmērs no aptuveni 450–550 tonnām 2014.–2016. gadā ir krities līdz mazāk nekā 70 tonnām 2019. gadā (2018. gadā nav reģistrēts neviens loms) (Kasuk, 2020).

Ūdensaugu (pārsvarā jūraszāļu) akvakultūras (audzēšanas) apmērs 2019. gadā Eiropā bija 11 500 tonnu. Tomēr šī informācija ir nedaudz maldinoša, jo ražošanas apmēros dominējošā ir Krievijas Federācija (10 573 tonnas, kas iegūtas galvenokārt Tālo austrumu, nevis Eiropas ūdeņos). 2019. gadā Francijā tika saražotas 383 tonnas ūdensaugu (ieskaitot 176 tonnas jūraszāļu, kas iegūtas jūrā). Kā liecina FAO statistika, brūnaļģu akvakultūras apmērs Dānijā 2013. gadā bija 1800 tonnu, bet pēc tam tas samazinājās līdz 100 tonnām 2014.–2016. gadā

un tikai 10–12 tonnām 2017.–2018. gadā (kā rāda statistika, ražošanas apmērs 2019. gadā bija 0).

2001. gadā globālā jūraszāļu tirgus vērtība (produkcijas vērtība) tika lēsta nepilnu 6 miljardu ASV dolāru apmērā, no kuriem 5 miljardi ASV dolāru vērti bija cilvēku patēriņam paredzētie pārtikas produkti (FAO Guide, 2003). Savukārt 2018. gadā jūraszāļu pārdošanas vērtība (no fermas) bija 13,1 miljards ASV dolāru (tostarp brūnaļģes — 6,8 miljardi ASV dolāru, sārtaļģes — 6,3 miljardi ASV dolāru, zaļaļģes — 33 miljoni ASV dolāru) (FAO Yearbook 2018, 2020). Globālais jūraszāļu produktu eksports 2016. gadā bija lēšams 1 miljona tonnu un 4 miljardu ASV dolāru apmērā (FAO Globefish, 2018).

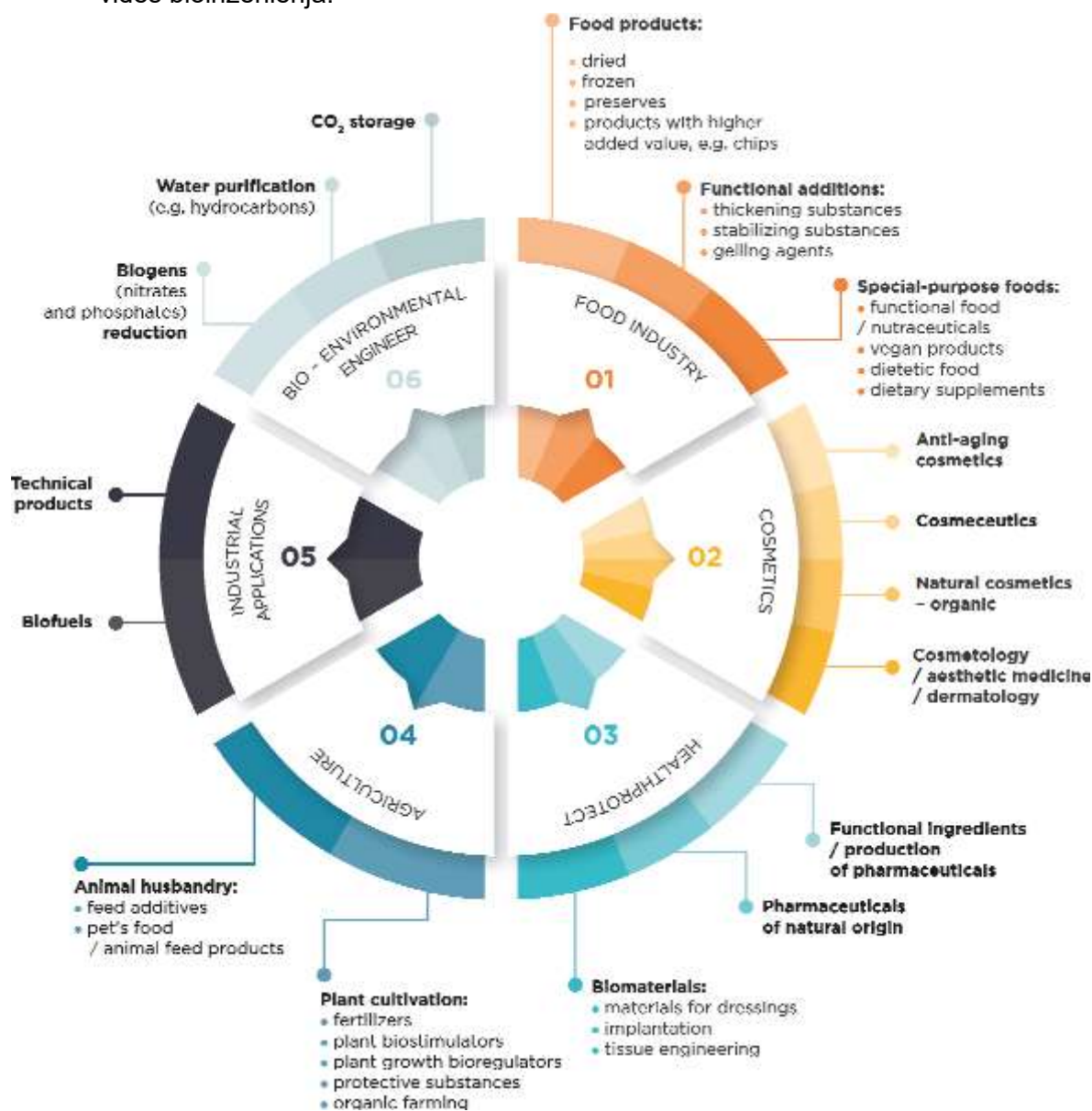
Bet 2019. gadā komerciāli audzēto jūraszāļu tirgus daļa (mazumtirdzniecības vērtība) bija 59 miljardi ASV dolāru, un ir paredzēts, ka tirgus daļas saliktais gada pieauguma rādītājs (CAGR, *compound annual growth rate*) no 2020. gada līdz 2026. gadam būs vairāk nekā 12%. Ienākumu pieaugumu vēl vairāk veicinās jūraszāļu aizvien biežāka izmantošana farmācijas un personīgās higiēnas produktu ražošanā (Pulidindi, Prakash, 2020). Sagaidāms, ka 2030. gadā pieprasījums pēc jūraszālēm Eiropā sasniegs 3,0–9,3 miljardus eiro vērtību, un pieprasījumā būs izšķirami šādi segmenti: lopbarība, pārtika, bioloģiskie stimulantu un bioloģiskais iepakojums (Seaweed for Europe, 2020).

2. Makroaļģu pielietojums

(Joanna Krupska, Iwona Psuty, Magdalena Jakubowska)

Mūsdienās patērētāji aizvien biežāk raugās pēc augstas kvalitātes un dabiskas izcelsmes produktiem. Starp šiem produktiem var būt arī aļģes un no tām iegūtie produkti (aļģu ekstrakti). Aļģes var būt jauns avots tādu funkcionālo savienojumu ieguvei, kas jau tiek vai varētu tikt izmantoti, piemēram:

- pārtikas rūpniecībā;
- kosmētikas rūpniecībā un kosmetoloģijā;
- medicīniskajā un farmaceitiskajā rūpniecībā;
- lauksaimniecībā;
- biodeģvielas ražošanā;
- citās rūpniecības nozarēs;
- vides bioinženierijā.



Attēls Nr.4. Makroaļģu produktu pašreizējais un potenciālais pielietojums.

Autors: J. Krupska, NMFRI

2.1. Pārtikas rūpniecība

Visplašākais aļģu pielietojums ir pārtikas rūpniecībā. Jūras aļģes ir lielisks olbaltumvielu, vitamīnu, minerālvielu un taukskābju, eksogēno aminoskābju, kā arī mikroelementu un makroelementu avots, kas nerada risku cilvēku veselībai, kā to 2012. gadā apliecināja ASV Pārtikas un zāļu administrācija. Aļģes satur bromu, cinku, jodu, magniju, mangānu, varu un dzelzi. Turklāt šie mikroelementi aļģēs ir sastopami cilvēka organismam viegli uzņemamā veidā, proti, kā organometāliskie vai saliktie savienojumi (Godlewska et al. 2014).

Kā norāda avoti (Pielesz et al. 2010), aļģes pārtikas rūpniecībā ir īpaši vērtīgas un, pateicoties to:

- augstajai uzturvērtībai (piemēram, cilvēks organismam viegli uzņemami mikroelementi), tiek izmantotas ikdienas uztura bagātināšanai;
- vitamīnu, olbaltumvielu un eksogēno aminoskābju saturam, tiek izmantotas veģetārā uztura bagātināšanai;
- biezinātājiem, stabilizatoriem un recinātājiem (piemēram, agars, karagināns vai algināti), kas tiek pievienoti pārtikas produktiem, tiek plaši izmantotas pārtikas rūpniecībā kā funkcionālās sastāvdaļas;
- polisaharīdu prebiotiskajām īpašībām, tiek plaši izmantotas pārtikas rūpniecībā.

Pārtikas produkti

Kaut gan aļģu ēšana neatbilst Baltijas jūras reģiona kulinārajām tradīcijām (ar dažiem vēsturiskiem izņēmumiem, piemēram, vikingu laiku, par ko gan ir maz avotu), jūras aļģes Baltijas jūras reģiona valstīs ir pieejamas dažādā veidā. Aļģu patēriņu Baltijas jūras reģionā nosaka četras kulinārijas tendences: reģiona austrumdaļa ietekmējas no krievu virtuves (kurā aļģu lietošana pārtika ir pārņemta 20. gadsimtā no korejiešu virtuves), pieaugoša japāņu virtuves (it īpaši suši gatavošanas) popularitāte pēdējos trīsdesmit gadus, pieaugošais pieprasījums (it īpaši pēdējos divdesmit gadus) pēc īpaši vērtīgiem pārtikas produktiem (tā saucamajiem superproduktiem) un pieaugošais to cilvēku skaits, kas ievēro veģetārus (vegāniskus) uztura principus un alternatīvas meklē jūras velšu un dārzeņu pasaulē (galvenokārt reģiona rietumdaļā).



Attēls Nr.5. Suši patēriņš ir galvenais jūraszāļu patēriņa pieauguma veicinātājs.

Avots: 123rf.com

Attēlā ir redzamas suši gatavošanas sacensības METRO tirgū.

Nori gatavo no dažādu sugu aļģēm (visbiežāk Porphyra ģints), kas aug mēreni siltā ūdenī. Aļģes tiek sasmalcinātas, izkaltētas, un tad no iegūtās masas tiek izveidotas plānas lapas, kas tiek apgrauzdētas. Viena lapas puse ir matēta, raupja, bet otra — gluda un spīdīga. Ir vairāku veidu nori: zaļi, sarkani, sudraba, zelta, platīna un dimanta. Šie nosaukumi apzīmē nori īpašības, piemēram, biezumu un trauslumu (zaļās lapas ir plānākās un mazāk gumijveidīgas, tās ir vieglāk sarullēt; visbiežākās ir dimanta lapas).



Attēls Nr.6. Kaltētas jūraszāles, nori.

Avots: 123rf.com

Mazumtirdzniecībā vispopulārākās ir kaltētas jūraszāles. Tās var iegādāties vadošo lielveikalu ķēžu veikalos un veselīga uztura bodītēs visās reģiona valstīs. Bet vislielāko šo produktu klāstu piedāvā interneta veikali. Starp visiem kaltētajiem produktiem īpašu vietu ieņem nori. Nori ir svarīga sastāvdaļa, gatavojot suši, kas ir iecienīts ēdiens visā pasaulē, arī Baltijas jūras valstīs. Starp īpašiem kaltētu produktu veidiem ar augstu pievienoto vērtību jāmin: kaltēti uzskodu gabaliņi, jūraszāļu čipši un sāls ar kaltētu jūraszāļu pulveri. Lielākā daļa kaltēto jūraszāļu produktu Baltijas jūras reģionā tiek gatavoti no *Porphyra* ģints aļģēm (ieskaitot *Porphyra yezoensis*). Citas izmantotās aļģes ir: *Palmaria palmata*, *Undaria pinnatifida*, *Laminaria japonica*, *Ulva pertusa*, *Pyropia yezoensis* (avots: GRASS mazumtirdzniecības aptauja Dānijā, Vācijā, Somijā, Krievijā, Polijā, Latvijā, Lietuvā).

Aļģes lietošanai uzturā ir pieejamas arī dažādā veidā un izskatā, tostarp atdzesētā veidā (sveramas vai iepakotas) un kā saldēti ēšanai gatavi pārtikas produkti (ĒGP).

ĒGP produkti ir salāti no svaigām, pagatavotām vai grilētām jūraszālēm ar dažādām piedevām. Visbiežāk tiek gatavoti no japāņiem aizgūtie jūraszāļu salāti *wakame* un *chuka*. Citi ĒGP ietver: gatavos ēdienus (piemēram, zupa *miso*), zivju produktus ar jūraszāļu piedevu (piemēram, sālīta vai marinēta siļķe ar jūras kāpostiem). Lielākā daļa kaltēto jūraszāļu produktu Baltijas jūras reģionā tiek gatavoti no *Undaria pinnatifida* un *Laminaria japonica*. Retāk tiek izmantotas *Furcellaria lumbricalis*, *Codium fragile*, *Phaeophyceae*, *Alaria esculenta*, *Himanthalia* (*ibid.*).



Attēls Nr.7. Jūraszāļu salāti Rīgas centrāltirgū (Latvijā). Produkta nosaukums ir jūras kāposti.

Autors: T. Kulikowski



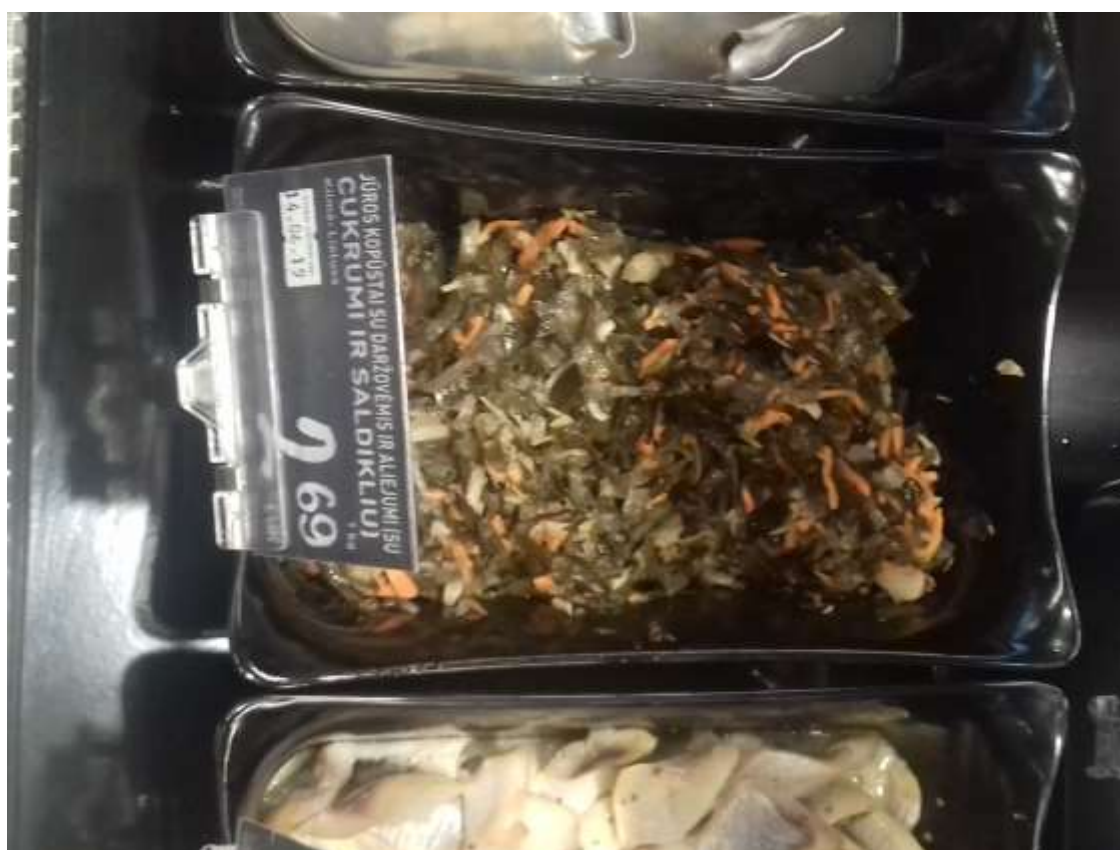
Attēls Nr.8. Saldēti jūraszāļu salāti wakame lielveikalā Gdiņā (Polijā).

Autors: T. Kulikowski



Attēls Nr.9. Jūraszāļu čipši (ražoti Dānijā).

Autors: T. Kulikowski



Attēls Nr.10. Jūraszāļu salāti lielveikalā Klaipēdā (Lietuvā).

Autors: T. Kulikowski



Attēls Nr. 11. Atzdesēti jūraszāļu salāti wakame lielveikalā Helsinkos (Somijā).

Autors: T. Kulikowski

Tirgū ir pieejami arī daži produkti ar augstāku pievienoto vērtību, kā majonēze, spageti ar jūraszāļu ekstraktu, ātri pagatavojama *miso* zupa (avots: GRASS Dānijā veiktās apstrādātāju un vairumtirgotāju aptaujas un GRASS Latvijā veiktā mazumtirgotāju aptauja).

Ēdināšanas nozarē makroaļģes pārsvarā parādās ēdienkartē bāros un restorānos, kur pasniedz dažādu tautu etniskos ēdienus, piemēram, suši bāros, un augstākas raudzes restorānos ar īpašu (šefpavāra) ēdienkarti. Tomēr restorānos, kur pasniedz vietējās jūras veltes, aļģu produkti būs atrodami vien ļoti reti. Gatavojot suši (kur tiek lietotas *nori* lapas), pārsvarā tiek izmantotas *Porphyra umbilicalis*, *Porphyra tenera* un citas *Porphyra* ģints aļģes. Starp citām japāņu virtuvē svarīgām izejvielām jāmin *Laminaria japonica* un *Laminaria saccharina*, kas kaltēta *kombu* veidā tiek izmantotas *miso* zupas pagatavošanai.

Kaut gan suši pārsvarā tiek saistīts ar ēdināšanas pakalpojumu nozari, pieaug arī mazumtirdzniecībā pieejamo gatavo suši, kā arī suši pagatavošanai mājās paredzēto izejvielu popularitāte. Turklāt mazumtirdzniecībā pieprasītāki kļūst arī citi suši varianti, piemēram, korejiešu *kimbap* un havajiešu *poke*.



Attēls Nr.12. Jauna uzskoda Polijas piekrastē – siļķe ar aļģēm. Restorāns "Przetwórnia" Kuźnica (Polijā)

Autors: T. Kulikowski



Attēls Nr.13. Populāra uzskoda – poke, nākusi no havajiešu virtuves. Viena no pamatsatāvdaļām šajā ēdienā ir makroaļģes.

Avots: 123rf.com

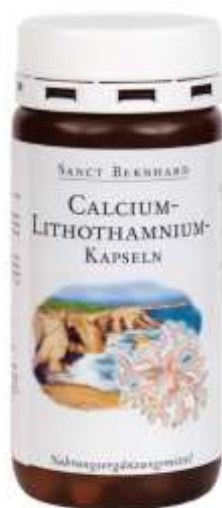
Vegāniskie pārtikas produkti

Aļģes kā vitamīnu, olbaltumvielu un eksogēno aminoskābju, kā arī mikroelementu un makroelementu avots ir vērtīgs papildinājums veģetārā uztura cienītājiem. Pēdējos gados pieaugot veģāniskā dzīvesveida popularitātei, ir pieaudzis arī pieprasījums pēc agara (Callaway, 2015).

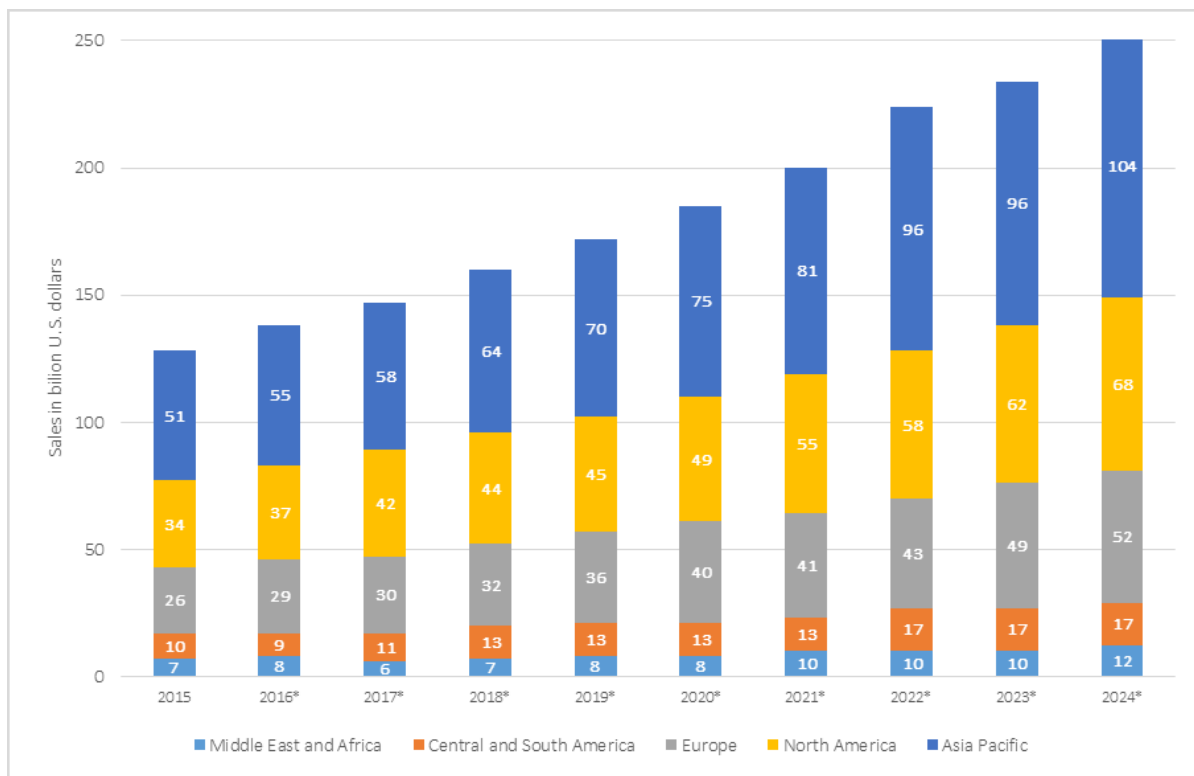
Aļģes ir lielisks dzīvnieku izcelsmes olbaltumvielu aizstājējprodukts. No aļģēm iegūti produkti tiek izmantoti kā veģetāri zivs un gaļas aizstājēji tādos produktos kā burgeri, cīsiņi, bekons, laša un tunča izstrādājumi. Turklāt aļģes ir bagāts omega-3 taukskābju avots, tāpēc tas var lietot ierasto eļļu, piemēram, olīveļļu, vietā (Handbook of Algal, 2020).

Funkcionālā pārtika, uztura bagātinātāji, nutrimentanti

Funkcionālā pārtika ir tāda pārtika, kurai papildus adekvātai uzturvērtībai ir labvēlīga ietekme uz vienu vai vairākām cilvēka ķermeņa funkcijām un kura līdz ar to būtiski uzlabo veselību un labsajūtu un / vai samazina slimību risku. Nutrimentanti ir tāda pārtika vai pārtikas produkti, kas sniedz ieguvumus veselībai vai nodrošina medicīnisku atbalstu, tostarp novēršot un ārstējot kādas slimības. Starp šiem produktiem jāmin tādi savienojumi kā karotenoīdi un polinepiesātinātās taukskābes. Nutrimentantu tirgus ir ļoti piemērots daudziem no aļģēm iegūtiem bioloģiski aktīvajiem savienojumiem. Turklāt tā kā šis tirgus nav paredzēts tikai cilvēkiem, paveras arī svarīga tirgus niša dzīvnieku pārtikas jomā.



Attēls Nr. 14. Uztura bagātinātāji: no aļģēm Lithothamnium calcareum iegūts un Vācijā ražots kalcijs.



Attēls Nr. 15. Funkcionālās pārtikas pārdošanas apmēri pasaulē 2015.–2024. gadā (miljardi ASV dolāru).

* prognozes. Avots: *Worldwide Sales of Functional Food (2017)*

Aizvien biežāk parādās uztura bagātinātāji un funkcionālā pārtika, kas satur aļģes. Aļģes ir bagāts vairāku mikroelementu avots, tās satur, piemēram, bromu, cinku, jodu, magniju, mangānu, varu un dzelzi. Turklāt šie mikroelementi aļģēs ir sastopami cilvēka organismam viegli uzņemamā veidā, proti, kā organometāliskie vai saliktie savienojumi (Godlewska et al. 2014). Aļģes satur vairāku vitamīnu grupas: karotenoīdus, piemēram, beta-karotīnu (A vitamīna avots), B vitamīnus (B1, B2, B5, B6, B12) un vitamīnu E (tokoferolu), C (askorbīnskābi) un D (Wells M. et al., 2016).

Diētiski produkti / uztura bagātinātāji

Diētiska pārtika

Agars, kas ir želatīna aizstājējs, satur daudz mazāk kaloriju un labāk piebriest vēderā, dodot sāta sajūtu. Tas satur daudz šķiedrvielu, K, E un B6 vitamīnus, folskābi un omega-3 taukskābes.

Piedevas

Pārtikas piedevas: biezinātāji, stabilizatori un recinātāji

Agars un algināti ir tradicionāli no aļģēm iegūti recinātāji. Agars pieder pie polisaharīdu grupas. To izmanto kā dabisku želatīna aizstājēju, bet pretstatā želatīnam tam nav garšas vai smaržas. Turklāt agars spēj sarecināt astoņas reizes labāk un sabiezē istabas temperatūrā. Tam ir arī mazāk kaloriju, to ir ērti lietot, un tas atbilst vegāniskā uztura pamatprincipiem. Agars ir drošs, dabisks produkts, kas iederas arī tādu cilvēku uzturā, kuri vēlas samazināt svaru

(<https://biokurier.pl/>). To pievieno želejām, konfektēm un krēmiem. Agars ir droša pārtikas piedeva, un to apzīmē ar E406.

Algināti

Alginātiem izšķīstot ūdeni rodas ļoti viskozi šķīdumi, kas var veidot želeju. Pārtikas rūpniecībā algināti tiek lietoti kā biezinātāji, stabilizatori, recinātāji un emulgatori, un tos apzīmē ar šādiem simboliem: E401, E402, E403, E404, E405, E407.

Tie tiek izmantoti, piemēram, gaļas apstrādē, kad sarecēšanai jānotiek zemā temperatūrā. Algināta šķīdums palīdz nodrošināt patīkamu produkta tekstūru, produkta sacietēšanu, kā arī jēlas gaļas saistīšanos ar taukiem. Tāpēc tas tiek izmantots dažāda veida emulsiju pagatavošanā. Algināti parasti tiek izmantoti kā pašrecēšanas sistēmas elementi. Tā ir augstas šķīdības nātrijs algināts, želejas veidošanos ietekmējošu jonu un šī procesa palēninošu faktoru apkopojums.

Agars ir visilgāk pazīstamais no augiem iegūtais koloīds. Jau vairāk nekā 300 gadus to kā pārtikas piedevu izmanto Tālajos austrumos, un vairāk nekā 100 gadus arī Rietumvalstīs. Tas ir absolūti drošs. Par to liecina gan tā senā izmantošana, gan FAO / PVO un ASV Pārtikas un zāļu administrācijas ekspertu sniegtie atzinumi.



Attēls Nr. 16. Agars

Avots: 123rf.com

Karagināns E407

Karagināns ir no jūras sārtaļģēm *Chondrus crispus* iegūtu hidrocoloīdu maisījums. To veido polisaharīda sulfāta estera kālija, nātrijs, magnijs un kalcija sāļi, kuri pēc hidrolīzes dod galaktozi un 3,6-anhidrogalaktozi. Karagināns nešķīst etanolā, ēterī vai taukos, un tā šķīdība ūdenī ir atkarīga no kolagēna daļiņu struktūras, vides un temperatūras. Pārtikas produktos karagināns tiek lietots tā recināšanas un stabilizēšanas īpašību dēļ. Tā kā karagināns gremošanas trakta enzīmu ietekmē praktiski nehidrolizējas, bet veido želejas ar zemu cukura saturu, to var izmantot mazkaloriju pārtikas produktu ražošanā (Rutkowski A., 1993).

Karagināns tiek izmantots piena produktu ražošanā, lai aizkavētu produktu noslāņošanos, un gaļas izstrādājumu ražošanā, kur to izmanto kūpinātu vai nekūpinātu un tvaicētu produktu ražošanā. Karagināns ir viegli izmantojams tehnoloģiskajos procesos, jo tas šķīst produktu apstrādājot termiski un veido želeju atdziestot. Karagināna reakcija ar olbaltumvielām un katjoniem ļauj pielāgot produkta tekstūru atbilstoši patērētāju prasībām. Karagināna izmantošana gaļas apstrādē ļauj ūdenim labāk saistīties, uzlabo produkta tekstūru, tā sasaldēšanas un atlaidināšanas stabilitāti, padošanos griešanai, kā arī samazina produkcijas zudumus (Firmy Mięsne, 2020).

Attiecībā uz karaginānu ir daudz pretrunu un ir ziņojumi, ka tam skābes hidrolīzes un pārtikas intensīvas karsēšanas dēļ varētu būt kaitīga ietekme uz dzīvniekiem (ka tas varētu izraisīt, piemēram, zarnu čūlas, čūlaino kolītu un Krona slimību). ANO Pārtikas un lauksaimniecības organizācijas un Pasaules Veselības organizācijas Pārtikas piedevu apvienotās ekspertu komitejas (JECFA) 2015. gada ziņojums citē vairākus dzīvnieku pētījumus, kuri pierāda karagināna nekaitīgumu. Turklāt kādā zinātniskā publikācijā, kurā izdarīts šīs tēmas kopsavilkums, karagināna kaitīgā ietekme uz cilvēka organismu nav apstiprināta, kaut gan ir secināts, ka ir nepieciešami turpmāki pētījumi (David et al., 2018).

2.2. Kosmētiskā rūpniecība

No jūras aļģēm iegūto savienojumu plašajam klāstam ir bijusi liela nozīme kosmētikas un farmaceitisko produktu izstrādē. Kosmētikas produkti un krēmi, kuru pamatā ir aļģu izstrādājumi, ādai nodrošina barības vielas, paātrina epidermas reģenerāciju, dziedē rētas, padara ādu tvirtāku un mirdzošāku, turklāt tiem ir arī pretvīrusu un antibakteriāla iedarbība. Aļģēs esošajiem cukuriem ir spēcīga mitrinoša un aizsargājoša iedarbība. Tie stimulē asins un limfas mikrocirkulāciju un metaboliskos procesus šūnās. Lipīdi veicina epidermas atjaunošanos un aizsargā to.

Daudzas krāsvielas iedarbojas pret brīvajiem radikāļiem, un tām ir arī pretvēža iedarbība. Tām ir fotoaizsardzības ietekme, un tās kavē novecošanās procesus. Aļģēs satur arī polifenolus (ar iespējamu antioksidējošu un pretiekaisuma iedarbību), biogēniskos savienojumus (antibakteriāla iedarbība), dabiskās krāsvielas (aizsargā pret UV staru bojājumu) un vitamīnus (B1, B2, B5, B6, B12, C, E, A un D).

Kosmētikas līdzekļi ar pretnovecošanās īpašībām

Aļģu ekstrakti pārsvarā tiek izmantoti sejas un ādas kopšanas produktos, piemēram:

- pretgrumbu krēmi;
- atjaunojoši krēmi;
- ādu mīkstinoši produkti;
- pretkairinājuma produkti;
- saules aizsargprodukti;
- matu kopšanas produkti.

Ārstnieciskās kosmētikas produkti

Ārstnieciskās kosmētikas produkti satur bioloģiski aktīvas sastāvdaļas ar farmaceitiskām īpašībām (ar medicīnisku vai zālēm līdzīgu iedarbību). Angļu valodā ārstnieciskās kosmētikas produktus dēvē par *cosmeceuticals*, kas ir kosmētikas (*cosmetics*) un farmācijas produktu (*pharmaceuticals*) apvienojums.

Ārstnieciskās kosmētikas produktu sastāvā aļģu ekstrakti jau ir atrodami. Īpaša uzmanība ārstnieciskās kosmētikas ražošanas pētījumos ir tikusi pievērsta no jūras aļģēm iegūtiem karotenoīdiem un astaksantīnam (Pereira L., 2020).

Brūnaļģu ekstraktu (satur fukoidāna daļiņas) var izmantot estētiskās kosmetoloģijas procedūrās kā fibroblasta proliferācijas aktivizētāju. Nepārkāpjot patenta tiesības, to var izmantot, piemēram, pretgrumbu procedūrās vai lai novērstu ādas novecošanos.

No Corallina pilulifera iegūtais metanola ekstrakts ir spēcīgs antioksidants, un tam ir aizsargājoša iedarbība uz UVA radītu oksidatīvo stresu cilvēka ādas fibroblastos. Makroaļģu ekstrakts ir potenciāls dabisko pretnovecošanos veicinošo savienojumu avots.



Attēls Nr. 17. Pielietojums kosmetoloģijā: aļģu maska.

Avots: 123rf.com

Dabiskā kosmētika

Dabiskās kosmētikas produkti tiek ražoti, izmantojot gandrīz tikai dabiskas vielas. Dabiskās izejvielas ir augu, dzīvnieku vai minerālu izcelsmes vielas, kā arī to mikstūras un reakciju

produkti. Šādu kosmētikas produktu radīšanā un apstrādē drīkst izmantot tikai fizikālus procesus, piemēram, spiešanu, ekstrakciju (ar ūdeni, etanolu, glicerīnu vai ogļskābi), filtrāciju, destilāciju, žāvēšanu u.c. Ir pieļaujami arī enzīmu un mikrobioloģiskie procesi, kas notiek dabā esošos, nemodificētos enzīmos un mikroorganismos. Ekoloģiskās / bioloģiskās / organiskās / dabiskās kosmētikas produkti ir daudz dārgāki, nekā tradicionālie, jo to ražošanā ir jāievēro daudzas prasības un tiem ir jāatbilst stingriem standartiem (biotechnologia.pl; Pereira, 2020).

No sārtaļģēm Porphyra umbilicalis iegūtās MAA ir uzrādījušas in vitro DNS aizsargājošu iedarbību un vitalitāti veicinošas īpašības. Vēl viens savienojums — GSH — ir visās makroaļģu sugās sastopams oksidants. Dažas no aļģu sugām satur līdz pat 3 mg GSH uz 100 g biomasas. Reizēm GSH lieto iekšķīgi kā ādu balinošu līdzekli. Makroaļģu polisaharīdiem piemīt dažāda veida bioloģiskā aktivitāte, kam var būt antioksidējoša, antibakteriāla, pretvīrusu, pretvēža, antitrombotiska un cita veida iedarbība, ko var izmantot farmācijas un ārstnieciskās kosmētikas produktu ražošanā. Laminaria saccharina ekstrakts satur olbaltumvielas, vitamīnus, minerālus un ogļhidrātus, kas regulē tauku dziedzeru darbību un kam piemīt pretiekaisuma un dziedējošas īpašības. Citi bioloģiski aktīvi savienojumi ir beta-karotīns, γ -linolēnskābe, polisaharīdi un aminoskābes. No mazajām Nannochloropsis ģints zaļajām iegūtie lipīdi tiek izmantoti ārstnieciskās kosmētikas un ādas kopšanas produktu ražošanā.



Attēls Nr.18. Pielietojums kosmetoloģijā: ietišana aļģēs (Īrija). Avots: 123rf.com

Estētiskā medicīna un dermatoloģija

Aļģes var izmantot arī kosmētiskajās procedūrās, estētiskajā medicīnā un dermatoloģijā (Thomas, 2019). Ieguvumi izmantojot aļģes estētiskajā medicīnā (Godlewska, 2014).

- Āda tiek nodrošināta ar barības vielām un aizsargāta no kaitīgajiem vides apstākļiem.
- Āda tiek attīrīta, padarīta tvirtāka, un sejas āda kļūst mirdzošāka.

- Āda tiek aizsargāta no mitruma zaudēšanas, un veidojas ādas aizsargslānis.
- Tiek remdēts kairinājums, dziedētas rētas, paātrināta epidermas reģenerācija, to atjaunojot un granulācijas ceļā (brūču granulācija).
- Tiek atbalstīta osmoze starpšūnu telpā un veicināts šūnu metabolisms, tādējādi novēršot kāju pampšanu un celulīta veidošanos.
- Tiek uzlabota asins cirkulācija, samazināta asinsvadu nosliece uz plīšanu, kā arī tiek stimulēta asins mikrocirkulācija, kas savukārt palīdz novērst asinsrites traucējumus.
- Aļģu gļotainajās vielās esošais jods iedarbojas uz zemādas taukaudiem, un, atbrīvojoties no liekajiem taukiem, tas palīdz regulēt tauku dziedzeru darbību (novērš celulīta veidošanos un palīdz zaudēt svaru);
- Antibakteriālās īpašības neļauj rasties iekaisumam un cīnās ar brīvajiem radikāļiem.

2.3. Medicīniskā un farmācijas rūpniecība

FARMĀCIJA

Agars, karagināns un algināti farmācijas rūpniecībā bieži vien tiek izmantoti kā funkcionālās sastāvdaļas, piemēram, stabilizatori. Ir arī secināts, ka aļģu polisaharīdiem ir prebiotiskas īpašības. Agars tiek izmantots farmaceitisko līdzekļu ražošanā un laboratorijās kā mikrobioloģisko kultūru vide. Turklāt agaru var lietot arī, piemēram, uz sātīgām locītavām, jo tam ir arī pretiekaisuma iedarbība. Nātrija algināts ir tradicionāla tablešu pildviela.

MEDICĪNA

Pateicoties savai pretiekaisuma, antioksidējošās, antibakteriālās, pretvēža un svaru samazinošajai iedarbībai aļģes var pielietot daudzu slimību ārstēšanā (Shu et al., 2013). Makroaļģes tiek veiksmīgi izmantotas svara zaudēšanas programmās, kā arī bronhīta, saaukstēšanās, hroniska klepus, venerisko slimību, hipertireozes, urīnizvadkanāla problēmu ārstēšanā, kā arī ziedēs un anestēzijas līdzekļos. Pretiekaisuma, pretvēža un antibakteriālās īpašības ļauj aļģes izmantot medicīnā — visā pasaulē pieaug interese par dabiskas izcelsmes farmaceitiskajiem līdzekļiem, jo pastāv viedoklis, ka tie cilvēka organismam ir nekaitīgāki (Boopathy, 2010).

Ir veikts antibakteriālo īpašību pētījums aļģu ekstraktiem, kas izgūti no aļģēm, kuras augušas Sarkanajā jūrā pie Džidas Saūda Arābijā. Tika identificēta augsta šādu sugu aļģu biomasas ekstraktu aktivitāte: Ulva reticulate, Caulerpa occidentalis, Cladophora socialis, Dictyota ciliolatai Gracilaria dendroides. Četri etanolā un hloroformā gatavoti aļģu ekstrakti satur aktīvās vielas, kas var kavēt pētījumā iekļauto baktēriju (Staphylococcus aureus, Enterococcus faecalis, Escherichia coli un Pseudomonas aeruginosa) augšanu, bet C. occidentalis ekstrakts uz etanola bāzes kavēja tikai Enterococcus faecalis augšanu. C. occidentalis ekstrakts uz ūdens bāzes neuzrādīja antibakteriālas īpašības ne pret vienu no pētījumā iekļautajām baktērijām. Tika secināts, ka ekstrakcija ar etanolu un hloroformu no aļģu biomasas ļauj iegūt vielas ar spēcīgu baktēriju augšanu kavējošu iedarbību.

Sārtaļģes (Rhodophyta) ir potenciāls avots jauniem savienojumiem, ko var izmantot iekaisumu ārstēšanai un sāpju mazināšanai. Galvenā no šiem organismiem iegūto sekundāro metabolītu iezīme ir tādu halogēnu klātbūtne kā neorogioltriols (trīcīklisks broms diterpenoīds, kas izolēts no Laurencia glandulifera). Neorogioltriols darbojas kā sāpes remdinošs līdzeklis un, pateicoties mehānismam, kura pamatā ir opioīdu receptoru aktivizācija, bloķē mediatoru aktivitāti. Turklāt tam ir arī pretiekaisuma īpašības, kas kavē transkripcijas faktoru. Citiem halogēnu savienojumiem, kā vidalolam A un B, bromfenolam, kas izolēts no Vidalia obtusiloba, ir spēcīga pretiekaisuma iedarbība (Silva et al., 2010).

Antibakteriālās un pretvīrusu īpašības

Pēdējos gados aizvien biežāk tiek novērota baktēriju rezistence pret antibiotikām. Līdz ar to tiek meklētas iespējas iegūt jaunas bioloģiski aktīvas vielas ar antibakteriālām īpašībām no dabiskiem avotiem.

Pretiekaisuma īpašības

Iekaisums ir organisma aizsargreakcija pret kaitīgiem faktoriem, piemēram, baktērijām vai vīrusiem. Iekaisumu izraisošo slimību ārstēšanā tiek izmantotas nesteroidas pretiekaisuma zāles (NSAIDs), kas izraisa vairākas blakusparādības. Starp biežāk sastopamajām blakusparādībām jāmin gremošanas trakta gļotādas kairinājums. Šo zāļu alternatīva ir dabiskas izcelsmes produkti, kas uzrāda pretiekaisuma un sāpes remdinošu iedarbību (Mirsha et al., 2015).

Dictyotaceae ģints aļģes spēj ražot sekundāros metabolītus. Piemēram, no jūras brūnaļģēm Dictyota ciliolata var iegūt diterpēnus, kam ir pretvīrusu iedarbība. Savukārt no Dictyota pfaflī un Dictyota menstrualis iegūtie diterpēni kavē inficēšanos ar 1. tipa parastā herpes vīrusu Vero šūnās. No D. menstrualis iegūtie diterpēni ir tikuši izmēģināti HIV-1 ārstēšanā.

Antioksidējošas īpašības

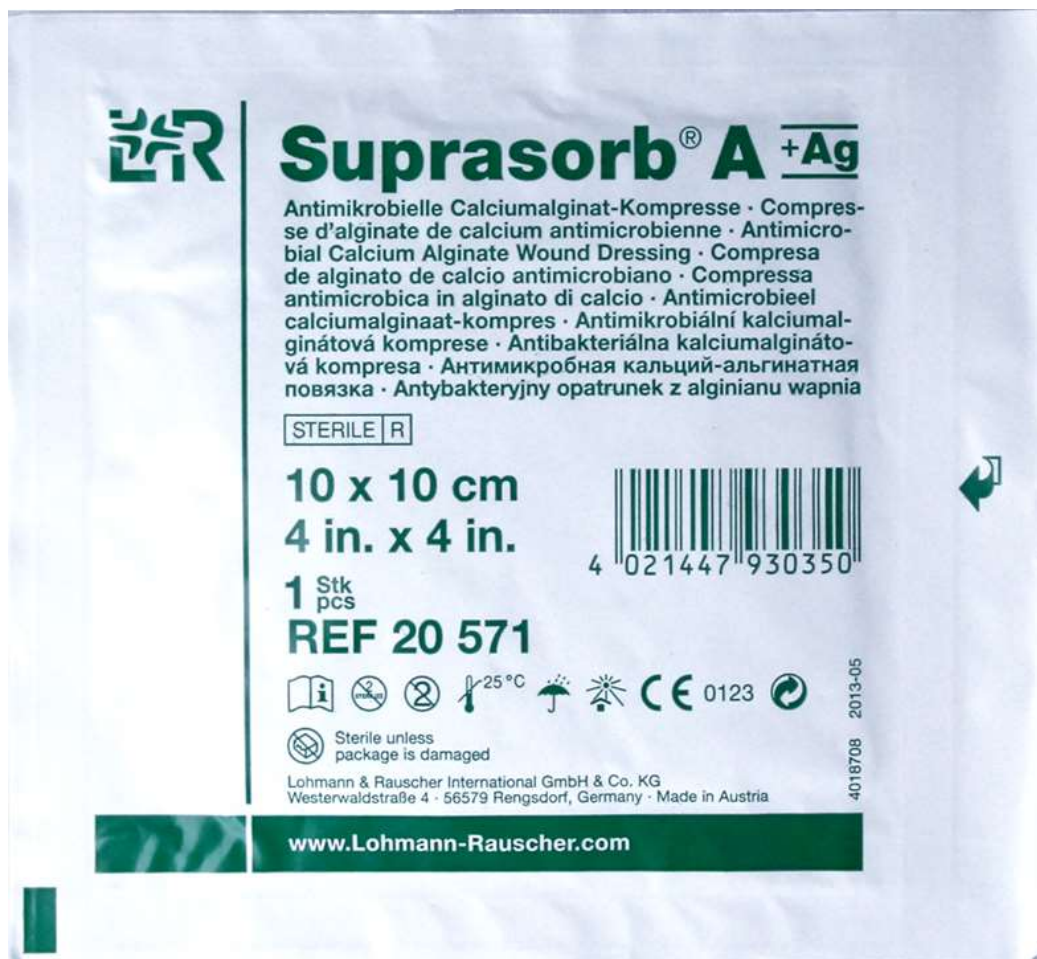
Antioksidanti ir savienojumi, kas cīnās ar oksidācijas procesiem. Kataboliskie procesi dzīvajos organismos rada brīvos radikāļus, kuri cita starpā var bojāt nukleīnskābes RNS un DNS.

Ir konstatēta daudzu jūrasaļģu antioksidējošā iedarbība: Ahnfeltiopsis, Colpomenia, Gracilaria, Halymenia, Hydroclathrus, Laurencia, Padina, Polysiphonia un Turbinaria. Dabīgajiem antioksidantiem var būt svarīga loma dažādu slimību un novecošanās procesu norisē, proti, tie spēj līdzsvarot oksidējošo procesu kaitīgu ietekmi uz organismu un kavēt brīvo radikāļu ķīmisko aktivitāti. (Mikołajczak, 2016)

Biomateriāli

Alginātu biomateriāli tiek izmantoti algināta šķiedru ražošanā (šķiedras un nanošķiedras), aktīvo brūču pārsēju iegūšanā, audu inženierijā un kā zāļu nesējvielas (kontrolētās zāļu dozēšanas sistēmas).

Šobrīd algināta šķiedru ražošanā galvenā uzmanība ir vērsta uz to pielietojumu medicīnā, galvenokārt to potenciālam kā mūsdienīgiem pārsiešanas materiāliem. Atkarībā no šķiedru materiāla uzbūves izšķir dažāda veida algināta šķiedras, piemēram, algīnskābes šķiedras, cinka algināts, vara algināts, nātrija algināts, kalcija algināts, kalcija algināts ar nanosilīciju (SiO₂), jauktas Ca/Na un Ca/Zn alginātu šķiedras.



Attēls Nr. 19. Vācijā ražots antibakteriāls kalcija algināta brūču pārsējs.

Avots: Ražotāja katalogs

Mūsdienu biomateriālos tiek izmantota audu saderība ar alginātiem un to spēju noārdīties bioloģiski (Pielesz, 2010).

Jūras aļģēs dabiski esošais polimērs (algīnskābe) ūdenī nešķīst, bet, esot ūdens vidē, ātri piebriest. Pēc tam, kad algīnskābe ir iegūta, tā parasti tiek pārveidota ūdenī šķīstošu nātrija sāļu vai vāji šķīstošu kalcija sāļu veidā. No šiem alginātiem tiek izgatavotas šķiedras, kas cita starpā tiek izmantotas, lai iegūtu absorbējošus pārsējus vai ķirurģiskās šūšanas materiālus. Bioloģiski norādāmās algināta šķiedras tiek izmantotas brūču pārsēju un implantu materiālu ražošanā.

Atkarībā no paredzētā pielietojuma iegūst un brūču pārsēju ražošanā izmanto trīs veido bioloģiski noārdāmās šķiedras: no vara algināta, no kalcija algināta ar nanosudraba piemaisījumu un no nātrija algināta ar nanosudraba piemaisījumu.

No vara algināta, kalcija algināta un nātrija algināta ar nanosudraba piemaisījumu šķiedrām tiek izgatavots universāls brūču pārsējs. Šajā pārsējā algināta specifiskās īpašības, piemēram, brūču dzīšanas veicināšana, ir pastiprinātas ar sudraba nanodaļiņu klātbūtni, kas

uzlabo brūču pārsēja antibakteriālās īpašības. Abu nanokompozītmateriālu šķiedras atšķiras ar želejas veidošanas spēju un ātrumu. Nātrija algināta šķiedras šķīst fizioloģiskajos šķidrums, kas brūču pārsēju ļauj noņemt nesāpīgi, bet kalcija algināta šķiedrām ir izcilas sorbcijas spējas, un tās absorbē brūču izdalījumus. Tā kā vara algināta šķiedras spēj ģenerēt negatīvu statiskās elektrības lādiņu, to saskarei ar ādu ir pozitīva ietekme uz brūces vidi, un tā pacientiem samazina sāpju uztveri.

Brūču pārsējs ir paredzēts ādas brūcēm bez eksudāta, piemēram, izgulējumiem vai brūcēm granulācijas stadijā. Kalcija algināta šķiedras ar nanosudrabu tiek izmantotas daudzveidīgi izmantojamās brūču pārsējos.

Implantu materiālu ražošanā izmantotie aļģu materiāli ir polilaktīda nanošķiedras ar hidroksilapatītu, kalcija algināta šķiedras ar feromagnētisko nanopiemaisījumu (Fe_3O_4), kalcija algināta šķiedras ar nanohidroksilapatītu.

Jūrasaļģes tiek izmantotas arī ārstniecībā. Tās veicina ādas virspuses brūču, piemēram, skrumbu un iegriezumu, dzīšanas procesu. Aļģes stimulē un intensificē ādas granulācijas procesu, tādējādi atjaunojot bojāto epidermu.

2.4. Lauksaimnieciskā ražošana

Augkopība

Zinātnieki jūras aļģes uzskata par svarīgāko dzīvo organismu grupu, ko plašā apmērā var izmantot augkopībā. Aļģes ir bagāts augiem nepieciešamo mikroelementu un makroelementu avots.

No aļģēm iegūtajos ekstraktos ir augu hormonu kopums ar specifisku biostimulējošu iedarbību. Starp aļģēs atrodamajiem galvenajiem fitohormoniem jāmin auksīni, citokinīni, giberellīni, abscizskābe un etilēns. Auksīni atbild par augu augšanu garumā, apikālo dominēšanu, sakņu pumpuru veidošanos, šūnu dalīšanos, auga kustībām un novecošanu. Citokinīni piedalās šūnu dalīšanās regulēšanā, tādējādi ietekmējot auga augšanu un pēcbriedē. Turklāt tie arī kavē auga audu novecošanu un spēlē svarīgu lomu asimilātu transportēšanā. Giberellīnu pamatfunkcijas ietver sēklu dīgšanas ierosināšanu, augšanas regulēšanu, pumpuru pēcbriedes pārtraukšanu, ziedēšanas un augļu veidošanās veicināšanu. Abscizskābe un etilēns kavē augšanu, paātrina augu novecošanu un atbild par auga reakciju uz apkārtējās vides stresa faktoriem. Abscizskābe arī piedalās sēklu dīgšanas regulēšanā (Tuhy, 2013).



Attēls Nr.20. Augu augšanas stimulators, ražots no Ascophyllum nodosum koncentrāta. Avots: Ražotāja katalogs

Produkti uz humīnskābes un aļģu bāzes ir atļauti izmantošanai organiskajā lauksaimniecībā.

[Padomes Regula (EK) Nr. 834/2007 (2007. gada 28. jūnijs) par bioloģisko ražošanu un bioloģisko produktu marķēšanu un par Regulas (EEK) Nr. 2092/91 atcelšanu.]

Aļģu ekstraktus lauksaimniecībā drīkst izmantot kā mēslojumu, augu biostimulatorus, augu augšanas bioregulatorus un aizsargvielas.

Aļģes kopumā vai attīrītus to polisaharīdus var pievienot kā papildbarību laboratorijas vai lauksaimniecības dzīvniekiem. Ir novērots, ka dažas makroaļģu sugas ir īpaši iecienījuši liellopi, aitas un cūkas. Tas attiecināms uz šādām aļģu sugām: *Fucus*, *Chorda laminaria*, *Alaria*, *Pelvetia*, *Ascophyllum*, *Rhodymenia*, *Laminaria digitata* un *Laminaria hyperborean* (Kim, 2014).

Aļģēs esošie bioloģiski aktīvie savienojumi nākotnē aizvien biežāk tiks izmantoti vīrusu un baktēriju radīto augu slimību apkarošanai paredzētajos produktos.

Aļģes kā lopbarības produkts ir norādīts Komisijas Regulā (ES) Nr. 68/2013 (2013. gada 16. janvāris), ar ko izveido barības sastāvdaļu reģistru (OV L 029, 30.01.2013., 1. lpp.) (aļģes ir norādītas 7. nodaļā "Citi augi, aļģes un no tiem iegūti produkti" (apakšpunkts 7.1.1.–7.1.6.)).

Lopkopība

Pastāv viedoklis, ka jūraszāļu ekstraktus var izmantot kā barības piedevas, lai uzlabotu ražību un samazinātu patogēno baktēriju daudzumu. Literatūras apskats liecina, ka galvenā uzmanība tiek pievērsta brūnaļģu (*Phaeophyta*) ekstraktu pielietojumam cūku uzturā.

Cūku minerālbarībā izmantotās homogenizētās aļģes stabilizē kuņģa mikrofloru un pat samazina cūku agresiju un kanibālismu. Lietojot aļģes govju uzturā, tiek stimulēti spureklī esošie mikroorganismi, palielināts saražotā piena daudzums, samazināts somatisko šūnu skaits pienā, novērsts piena drudzis un veicināta nākamā atnešanās. Pētījumi rāda, ka produkti, kas satur daudz no uzturā lietojamajām aļģēm iegūto omega-3 un omega-6 taukskābju atbilstošā proporcijā, samazina metāna daudzumu, ko izdala piena govīs. Lithotamme ģints organismi, kas atgādina bišu šūnas, veicina baktēriju vairošanos spureklī. Šo organismu pārkaļķojusies forma, kas iegūta no jūras dibena, satur kalciju, kuru dzīvnieki uzņem labāk nekā lopbarības krītu. Ulva un Cladophora ģints saldūdens aļģes akumulē kalciju un magniju, un tās var izmantot, lai papildinātu šo elementu daudzumu dzīvnieku barībā. Makroaļģu organisko vielu daudzums kazu spureklī sasniedz 85%, un makroaļģu enerģētiskā vērtība atbilst vidēji kvalitatīvam sienam. Izmantojot aļģes akvakultūras zivju audzētavās, tiek iegūta zivs gaļa, kas satur vairāk olbaltumvielu un tādu vērtīgu barības vielu kā taurīns (biogēna aminoskābe), pigmentus (luteīnu un zeaksantīnu) un omega-3 un omega-6 saturošas taukskābes. Šādās zivjaudzētavās tiek audzēti laši, mencas, tunci, karpas, garneles un austeres. Barojot zivju kāpurus ar aļģēm, zivju mirstība samazinās par 30%.

Aļģu biomasā akumulētie mikroelementi izmantoti kā barības piedevas dzīvnieku uzturā. Lopbarībai būtu jā satur 8 pamatmikroelementi (Zn, Cu, Co, Mn, Mo, J, Fe, Se). Neorganisko sāļu pievienošana barībai nav efektīva, un sāļu mikroelementiem dzīvnieku organismā ir slikta bioloģiskā pieejamība. Aktīvās biosorbcijas ceļā uzņemtos elementus (un proteīnus, nepiesātinātās taukskābes, aļģu krāsvielas) organisms izmanto daudz efektīvāk.

2.5. Pielietojums rūpniecībā

Biodegvielas ražošana

Aļģes var tikt izmantotas arī biodegvielas ražošanā. Aļģu biomasā sniedz daudz ieguvumu: ātrs augšanas temps, nebeidzamas iespējas samazināt siltumnīcefektu izraisošo gāzu emisiju un klimata pārmaiņas, augsts lipīdu un ogļhidrātu saturs. Aļģes var samazināt mūsu atkarību no degvielas, kas ražota no naftas, un kompensēt radītās siltumnīcefekta gāzes. Ņemot vērā pieaugošo pieprasījumu pēc naftas produktiem un sarūkošos naftas resursus, inovatīvu tehniku izstrāde biodegvielas iegūšanai no jauniem atjaunojamās biomasas resursiem kļūst

aizvien aktuālāka visā pasaulē. Un ūdens biomasa tiek uzskatīta par atjaunojamu energoresursu.

No makroaļģēm ir iespējams ražot etanolu (Goh and Lee, 2010). Makroaļģu biomasa satur daudz cukuru (vismaz 50%), ko var izmantot etanola degvielas ražošanā (Wi, 2009).

Makroaļģes ir daudzsološa izejviela bioetanola ieguvē, jo tām ir augsta ražība un to biomasa uzrāda izcilus ražošanas efektivitātes rādītājus salīdzinājumā ar dažādām sauszemes kultūrām (John et al., 2011).

Makroaļģu potenciālu etanola ražošanā var noteikt, balstoties uz šādiem pieņēmumiem: ogļhidrātu saturs ir 60% no sausās masas un pie 90% konversijas efektivitātes, fermentējot 1 g cukura, var iegūt 0,4 g etanola. Tātad ideālā gadījumā no 1 kg makroaļģu biomasas var iegūt līdz pat 0,22 kg jeb 0,27 l etanola, tas nozīmē, ka no kilograma mitrās masas var iegūt aptuveni 0,05 l etanola (Kraan, 2010).

Optimāli audzēšanas apstākļi ļauj iegūt ražu, kas pārsniedz 100 t/ha gadā. Kā rāda citi dati, no aļģēm var saražot degvielu, kas mērāma 25 000 l/ha, bet no rapša var iegūt tikai 1500 l/ha, saulespuķēm — 950 l/ha, sojas pupiņām — 446 l/ha. Aļģes var konkurēt ar tradicionālajām lauksaimniecības kultūrām, jo tām ir arī mazākas prasības attiecībā uz apsaimniekotajām platībām (proti, tās ir pieticīgas uzturvielu ziņā). Vēl viena priekšrocība aļģu izmantošanai biogvielas ražošanā ir fakts, ka tās nav nozīmīgs pārtikas tirgus dalībnieks. Turklāt no aļģu biomasas iegūtā degviela nesatur sēra savienojumus, tāpēc tā nav toksiska, turklāt tā uzrāda labus bioloģiskās noārdīšanās rādītājus. Nevar arī ignorēt to, ka aļģes veicina atmosfērā emitētā ogļskābās gāzes daudzuma samazināšanu. 2013. gadā tika secināts, ka aļģes var samazināt siltumnīcefektu izraisošo gāzu emisiju pat par 70%. Pateicoties šiem rādītājiem, aļģes var kļūt par nozīmīgu ieroci cīņā ar globālo sasilšanu (Ekopolityka, 2020).

Aļģes ir arī potenciāla izejviela komerciālās biogāzes produktu (piemēram, bioūdeņraža un biometāna) ražošanā, kurus var izmantot kā degvielu vai elektrības ražošanā (Mussnug et al., 2010). No aļģēm iegūtais ūdeņradis ir ļoti populārs atjaunojamais energoresurss. Nesenā pētījumā secināts, ka brūnaļģes *Laminaria japonica* un sārtaļģes *Gelidium amansii* ir potenciāls biomasas avots bioūdeņraža ražošanai anaerobiskās fermentācijas ceļā (Park et al., 2011). Noteiktos apstākļos makroaļģes var ražot bioūdeņradi.

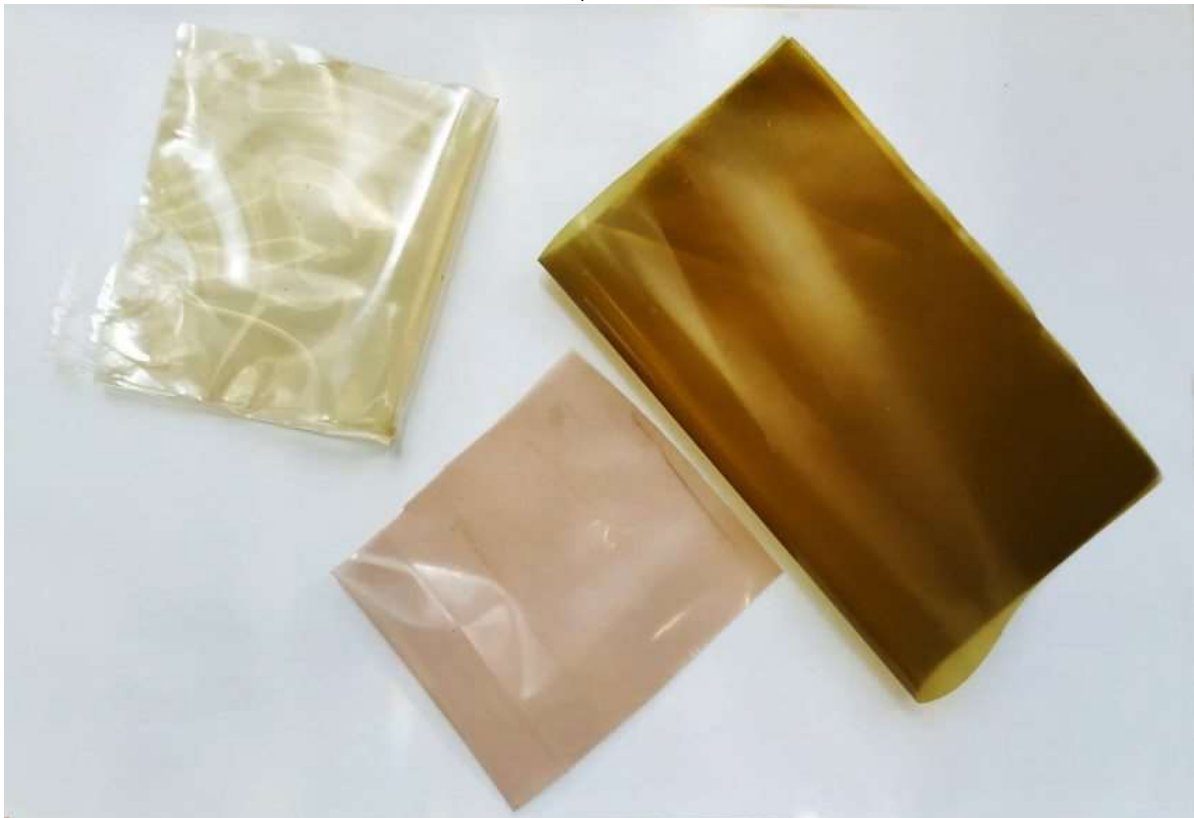
Citi tehniski un rūpniecības produkti

Alginātu želatinēšanās un viskozitātes īpašības tiek izmantotas arī tekstila rūpniecībā. Alginātiem ir raksturīga augsta hidrofilitāte, ūdens piesaistīšana un piebriešana, tāpēc tie ir ideāli drukāšanā izmantojami biezinātāji (Pielesz, 2010).

Daži neierasti alginātu pielietojuma veidi:

- plastifikatori un hermētiķi šķiedru ražošanā;
- biezinātāji reaktīvajā drukā (augstas viskozitātes CHT ALAINAT-SMT, zemas viskozitātes CHT ALGINAT NV 10, šķidrā PRISULON AR-F 30)

- kurpju smēru biezinātāji, industriālo papīru virskārtā vai kā piedeva industriālajām eļļām;
- fukuss tiek izmantots tekstila rūpniecībā audumu apstrādei un farmaceitiskajā un ķīmiskajā rūpniecībā ziepju, līmes un plastmasas ražošanā;
- plastmasas aizvietotājs ar labiem bioloģiskās noārdīšanās uzglabāšanas termiņa rādītājiem;
- biopolimēru nanokompozīts — no sārtaļģu cukura iegūta furcelerāna plēve, izgudrotāja — Dr. Ewelina Jamróz no Hugo Kołłątaj Lauksaimniecības universitātes Krakovā;
- priekšmeti ar jūraszālēm — no brūnaļģēm un rotangpalmas izgatavota nojume.



Attēls Nr.21. Bioloģiski noārdāma plēve no sarkano aļģu furcelerāna, izgudrotāja — Dr. Ewelina Jamróz no Hugo Kołłątaj Lauksaimniecības universitātes Krakovā.

Avots: E. Jamróz privātais arhīvs

2.6. Vides bioinženierija

Biogēnu samazināšana eitrofiskajās ūdestilpnēs

Tā kā makroaļģes uzņem dabā sastopamās barības vielas, aļģu audzēšanas vietām ir liels potenciāls atbrīvot apkārtesošo ūdeni no liekā slāpekļa un fosfora. Tas nozīmē, ka aļģes var izmantot cīņā ar eitrofikāciju (Xiao et al., 2016). Teorētiskais barības vielu daudzums, ko iespējams savākt, audzējot 1 tonnu Baltijas jūras makroaļģu sugu, ir aprēķināts, pamatojoties uz aļģu slāpekļa un fosfora saturu, un parādīts 3. tabulā.

Tabula Nr.3. Slāpekļa un fosfora kopējais saturs Baltijas jūras makroaļģēs un makroaļģu audzēšanas nodrošinātā barības vielu savākšanas teorētiskā vērtība.

Makroaļģu suga	Vidējais sausas saturs	N saturs saussnā (%)	P saturs saussnā (%)	Savātais barības vielu daudzums, audzējot 1 tonnu makroaļģu
<i>Saccharina latissima</i>	15,1% ¹	0,8–2,2 ¹ 1,81 ⁹	0,32 ⁹	1,3–3,3 kg N 0,5 kg P
<i>Laminaria digitata</i>	15,5% ¹	1,0–2,5 ¹		1,55–3,9 kg N
<i>Fucus vesiculosus</i>	22,5% ²	1,0–3,5 ⁸	0,39–0,75 ⁸	2,25–7,9 kg N 1,0–1,9 kg P
<i>Ulva intestinalis</i>	12,5% ⁴	2,89 ³ 1,48–4,07 ⁷ ~1,5–5,5 ⁵ 1,85 ⁶	0,23 ³ 0,30–0,56 ⁷ ~0,15–0,60 ⁵	1,8–5,1 kg N 0,2–0,7 kg P
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	19,0% ¹⁰	2,89 ⁹	0,15 ⁹	5,5 kg N 0,3 kg P
<i>Ceramium tenuicorne</i>	12,6 ^{11*}	3,03 ³	0,27 ³	3,8 kg N 0,3 kg P

1. Schiener et al., 2015; 2. Catarino et al., 2018; 3. Suutari et al., 2017; 4. Ruangchuay et al., 2012; 5. Fong et al., 2004; 6. Barr, Rose, 2003; 7. Björnsäter, Wheeler, 1990; 8. Pedersen, Borum, 1996; 9. Kornfeldt, 1982; 10. Indergaard, Knutsen, 1990; 11. Marsham et al., 2007.

* dati par *Ceramium sp.*

Vērtības ir atkarīgas no apstākļiem, galvenokārt barības vielu koncentrācijas.

Uzturvielu, it īpaši slāpekļa, saturs makroaļģēs ir cieši saistīts ar uzturvielu daudzumu jūras ūdenī. Tātad secināms, ka tas ir mainīgs laika gaitā (Kornfeldt, 1982) un atšķiras arī dažādām makroaļģu populācijām (Barr, Rees, 2003). Turklāt uzturvielu saturu aļģēs nosaka ne tikai to koncentrācija vidē, bet arī to attiecība (N:P) apkārtesošajā ūdenī (Björnsäter, Wheeler, 1990). Un to, kā aļģes uzņem barības vielas var ietekmēt arī citi faktori, kā gaismas intensitāte un sāļums (Kornfeldt, 1982). Piemēram, *Ceramium tenuicorne* Baltijas jūrā var utilizēt ļoti lielu uzturvielu daudzumu, bet to efektivitāte samazinās, samazinoties ūdens sāļumam (Bergström, Kautsky, 2005).

Prasības pēc uzturvielām un līdz ar to arī uzturvielu uzņemšanas rādītāji, rēķinot uz biomasu, un to uzņemšanas laiks ātri augošajām zaļajām ir lielāks, nekā daudzām lēni augošām brūnajām un sārtaļģu sugām (Pedersen, Borum, 1996). Tāpēc zaļajās šķiet piemērotākā izvēle audzētavās, kur paredzēts samazināt barības vielu daudzumu ūdenī. Kā secinājuši Kruk-Dowgiallo un Dubrawski (1998), notekūdeņu izplūdes vietu tuvumā audzētu *U. intestinalis* 1 m² neto substrāta 24 h laikā no ūdens var savākt 4,7–14,1 g slāpekļa. Tomēr jāatceras, ka daudzās piekrastes ekosistēmās it īpaši vasarā var būt sastopams ierobežots

daudzums aļģu uzturvielu, tāpēc ātri augšās aļģu sugas no nepietiekama uzturvielu daudzuma var ciest vairāk, nekā ilggadīgās sugas (Pedersen, Borum, 1996). Pretstatā ātri augšām aļģēm ilggadīgās sugas var uzkrāt nitrātus un fosfātus, lai nodrošinātu augšanu periodos, kad ir pieejams mazāks uzturvielu daudzums (Wallentinus, 1984). Kaut arī uzturvielu daudzums sārtāļģēs un brūnāļģēs var būt liels, šīm aļģēm ir raksturīgs salīdzinoši lēns augšanas temps, tāpēc to audzēšana barības vielu daudzumu apkārtesošajā ūdenī, iespējams, ietekmētu mazāk, nekā zaļāļģu audzēšana.

2.6.2. CO₂ uztveršana

Oglekļa dioksīds (CO₂) ir viena no izplatītākajām siltumnīcefektu izraisošajām gāzēm un ir atbildīgs arī par okeānu paskābināšanos. Oglekļa dioksīda vidējā koncentrācija pasaulē ir palielinājusies no 277 ppm (pirmsindustriālais līmenis) līdz 407 ppm (2018. gadā). Diemžēl straujais CO₂ koncentrācijas pieaugums negatīvi ietekmē globālās klimata tendences. Vairāk nekā 40% no cilvēka radītājamā CO₂ emisijām nonāk okeānos, kas, lai gan samazina ogļskābās gāzes nonākšanu atmosfērā (Friedlingstein et al., 2019), tajā pašā laikā paskābina okeānu, un tas tiek uzskatīts par vienu no galvenajiem draudiem bioloģiskajai daudzveidībai jūrās un okeānos (Riebesell et al., 2000). Ņemot vērā šo ietekmi, ir ļoti svarīgi samazināt CO₂ emisiju līmeni.

Ir izstrādātas gaisā esošā oglekļa dioksīda tiešas uztveršanas un uzglabāšanas tehnoloģijas (Keith et al., 2018), tomēr oglekļa sekvestrācija jūraszāļu fotosintēzes procesā ir alternatīvs un dabisks risinājums CO₂ savākšanā no atmosfēras. Jūraszāles ierindojas starp tiem planētas organismiem, kas nodrošina visefektīvāko fotosintēzi. Lai augtu, tām ir nepieciešamas uzturvielas un neorganiskais ogleklis. Neorganiskā oglekļa avots ir gaisā esošais CO₂, kas šķīst sāļūdenī.

Galvenie klimata pārmaiņu mazinošie procesi ir oglekļa asimilācija, ko veic augošās jūraszāles, un oglekļa uzkrāšanās augsnē. Tomēr jūraszāļu akvakultūra visā pasaulē nodrošina tikai nelielu daļu no uztvertā CO₂ daudzuma. Kā liecina 2014. gada dati, potenciāla augšējā robeža tiek lēsta 0,68 Tg C₂ gadā (2,48 miljoni tonnu CO₂) (Duarte et al., 2017). Šie aprēķini balstās uz pieņēmumu, ka sausna veido 10% no svaigās produkcijas svara un ka jūraszāļu vidējais oglekļa saturs ir 24,8% sausnas.

Ņemot vērā to, kādas aļģu sugas var audzēt Baltijas jūrā, audzējot un iegūstot 1 tonnu makroaļģu (mitrās masas), var uztvert 140–220 kg CO₂ (4. tabula). Tajā pašā laikā jāuzsver, ka oglekļa saturs atšķirtos atkarībā no aļģu augšanas stadijas un augšanas vietas fizikāli ķīmiskajiem apstākļiem.

Tabula Nr.4. Aprēķinātais uztvertā CO₂ daudzums audzējot un iegūstot 1 tonnu makroaļģu

Makroaļģu suga	Sausnas saturs	Vidējais kopējais oglekļa saturs	Uztvertā CO ₂ daudzums no 1 tonnas mitrās masas (kg)
<i>Saccharina latissima</i>	15,10% ¹	26,20% ¹	140
<i>Laminaria digitata</i>	15,50% ¹	29,20% ¹	170
<i>Fucus vesiculosus</i>	16,00% ²	36,90% ³	220

<i>Ulva intestinalis</i>	12,50% ⁴	35,00% ⁵	160
--------------------------	---------------------	---------------------	-----

1. Schiener et al., 2015; 2. Catarino et al., 2018; 3. Balina et al., 2016; 4. Ruangchuay et al., 2012; 5. Gubelit et al., 2015.

Jūraszāļu audzētavas gadā var saražot 20–150 tonnas mitrās masas uz hektāru, bet tas, protams, ir atkarīgs no aļģu sugas, audzēšanas un sezonālajiem apstākļiem (Kerrison et al., 2015). 2017. gadā Oirschot et al. izvērtēja *Saccharina latissima* audzēšanas potenciālu Austrumšeldas estuārā, ņemot vērā aļģu augšanas tempus eksperimentālajās jūraszāļu audzētavās Nīderlandē, Zviedrijā, Īrijā un Francijā, kas sasniedz no 72 (audzējot vienā kārtā) līdz 108 (audzējot divās kārtās) tonnām uz hektārā gadā. Tomēr no 0,5 ha liela eksperimentālā lauka saimniecībā Zviedrijas rietumu piekrastē tika iegūtas vien 22,6–27,6 tonnas mitrās masas uz hektāru (Pechsiri et al., 2016). Pamatojoties uz 10 gadu laikā vāktajiem datiem par lauka pieredzi 2 ha lielā saimniecībā (Hasselström et al., 2020), tika secināts, ka vidējā raža ir 18,7 (no 17,5 līdz 35,1) tonnas mitrās masas uz hektāru.

Dati par *Fucus vesiculosus* un *Fucus serratus* augšanas tempu eksperimentālā audzētavā Ķīles fjordā Baltijas jūras rietumu daļā (Meichssner et al., 2020) liecina, ka saimniecības produktivitāte optimālos apstākļos var sasniegt 50 tonnu mitrās masas uz hektāru. Līdzīgs maksimālās ražas līmenis 50–80 tonnu mitrās masas uz hektāru apmērā (atkarībā no audzētavas atrašanās vietas) tika iegūts eksperimentā, kur *Ulva* ģints aļģes 1995. gadā tika audzētas Puckas līcī (Kruk-Dowgiało, Dubrawski, 1998).

Ņemot vērā iepriekš minētos rezultātus, 5. tabulā ir parādītas aprēķinātās absorbētā CO₂ vērtības, ko nodrošina 1 ha Baltijas jūras virsmas atvērēšana dažādu makroaļģu sugu audzēšanai un ieguvei optimālos apstākļos.

Tabula Nr.5. Aprēķinātais uztvertā CO₂ daudzums uz hektāru jūras teritorijas audzējot jūraszāles atbilstoši piesardzīgam un optimistiskam scenārijam

Makroaļģu suga	Iegūtā biomasa (tonna mitrās masas/ha)	Uztvertais CO ₂ (t)
<i>Saccharina latissima</i>	20	2,90
	50	7,24
<i>Laminaria digitata</i>	20	3,31
	50	8,28
<i>Fucus vesiculosus</i>	20	4,32
	50	10,80
<i>Ulva inestinalis</i>	20	3,20
	50	8,01

2.6.3. Biodegvielas ražošanas sniegtais CO₂ samazinājums

No jūraszālēm iegūtās biodegvielas ražošana CO₂ emisiju samazināšanas kontekstā ir ekonomiski, enerģētiski un tehniski izaicinošs process. Turklāt, lai process būtu veiksmīgs, ir jāizstrādā metode, kā saglabāt jūraszāles, lai tās spētu nodrošinātu nepārtrauktu izejvielu pieejamību, kā arī metode, kas ļautu visu biomasu izmantot komerciālā mērogā (Milledge, Harvey, 2016). Tomēr jūraszāļu biorafinēšanas koncepts nebalstās uz bioenerģijas ražošanu kā tādu, bet gan uz dažādu biomasu pārstrādes procesu integrēšanu enerģijas un pievienotās vērtības produktu ražošanai vienuviet. Tas savukārt samazina degvielas ražošanas izmaksas, jo biomasu tiek izmantota maksimāli (Balina et al., 2017). Biorafinēšana, kurā ar nelielu CO₂ emisiju tiktu iegūti ilgtspējīgi pārtikas produkti, degviela un ķīmiskās vielas, ir sarežģīts uzdevums, un to lielā mērā ietekmē vietējo izejmateriālu pieejamība, sasniegumi vairākās tehnoloģijās, kā arī sociālekonomiskie apstākļi. Pakāpeniska pieeja jūraszāļu sniegto priekšrocību maksimālai izmantošanai iekļauj pārtikas, farmācijas un biotehnoloģiju nozarē izmantojamu augstvērtīgu molekulu (piemēram, bioaktīvie polisaharīdu sulfāti, pigmenti un antioksidanti) secīgu ieguvu, bet pēc tam, kad ir iegūti ogļhidrāti hidrokoloidu vai biodegvielas ražošanai, zemākas vērtības atlikumi tiek konvertēti olbaltumvielu koncentrātos izmantošanai lopbarības nozarē (Duarte et al., 2017).



Attēls Nr.22. Honeywell's Green Jet Fuel ražotā aviodegviela. Avots:Ražotājs Licence: CC BY-SA 3.0

Vēl viena jūraszāļu audzēšanas priekšrocība ir jūras telpas izmantošana. Aprēķini par to, cik liela platība ir nepieciešama jūraszāļu akvakultūrai, lai 60% transporta nodrošinātu ar degvielu, ir ļoti dažādi: no <1% no Norvēģijas ekskluzīvās ekonomiskās zonas līdz 10% no Nīderlandes ekskluzīvās ekonomiskās zonas un līdz divkārtas Vācijas ekskluzīvās ekonomiskās zonas (Fernand et al., 2017). Piemēram, lai Izraēla sasniegtu valsts nosprausto mērķi siltumnīcefektu izraisošo gāzu emisijas samazināšanā (26% no 2005. gada emisijām), lai fosilās degvielas aizstātu ar bioetanolu, būtu vajadzīgs 71% no valsts ekskluzīvās

ekonomiskās zonas (Chemodanov et al., 2017). Daudzām valstīm jūras teritorija ir ierobežots resurss. Tās izmantošana jūraszāļu akvakultūrai var izmainīt citu emisiju avotu CO₂ emisijas rādītājus (piemēram, saistībā ar kuģošanu). Kā liecina Duarte et al. (2017 [1]) aprēķini, tāljūras (*offshore*) vēja parku sniegtais CO₂ emisiju samazinājums rēķinot uz laukuma vienību ir 12,500 tonnas CO₂ km² gadā⁻¹, bet potenciālā CO₂sekvestrācijas intensitāte jūraszāļu audzētavās ir aptuveni 1,500 tonnas CO₂ km² gadā⁻¹. Tajā pašā laikā jūraszāļu audzēšanu var plānot teritorijās, kurās jau atrodas vēja parki, un teritorijās, kur tos izbūvēt nav iespējams.

2.6.4. Nākotnes potenciāls CO₂ emisiju samazināšanā

Jūraszāļu akvakultūra CO₂ emisiju var samazināt citādi, nekā biodeģvielas ražošana.

Alģes tiek uzskatītas par daudzsološu ilgtspējīgu alternatīvu tradicionālajiem sauszemes lopbarības resursiem. Starp priekšrocībām jāmin ātrais augšanas temps, kultivēšanas iespējas sāļūdenī, kā arī fakts, ka netiek izmantota aramzeme (Øverland et al., 2019).

Makroalģu pievienošana lopbarībai var kavēt bakteriālo metanoģenēzi (Brooke et al., 2020; Machado et al., 2014). In vitro eksperimenti rāda, ka jūraszāļu fermentācija simulētā atgremotāju gremošanas procesā būtiski samazina metāna emisiju (Maia et al., 2016). Inkubējot uz pļavas siena, *Ulva* sp. alģes (salīdzinājumā ar citām sugām) samazināja metāna izdalīšanos līdz 55% no kontroles fermentācijas.

Augsnes meliorācija ar uzturvielām bagātām jūraszāļu bioģlēm (biochar) jeb jūraszāļu kompostu palielina lauksaimniecības kultūru raģību (Roberts et al., 2015; Cole et al., 2016). Lauksaimniecība saraģo aptuveni 26% siltumnģcefektu izraisoģo gāzu (Poore, Nemecek, 2018), līdz ar to liels emisiju apjoms ir arī saģstģts ar mākslģgā mģsloģuma raģoģanu un pielietoģanu, kā arī liellopu audzģģanu. Jūraszāļu bioģģu izmantoģana varģtu samazināt minerālmģslu raģoģanas radģto siltumnģcefektu izraisoģo gāzu emisģju.

Jūraszāles ir ļoti daudzsoloģģ atģjaunoģamo biopolimģru avots, un tās var izmantot arī bioloģģiski saderģgu un videi draudzģgu materiālu raģoģanā (Jumaidin et al., 2018).

[1] Tāljūras vēja parku sniegtais CO₂ emisģju samazināģjums rģģinot uz laukuma vienģbu tģka iegģts, dalot vēja parku nodroģģināto CO₂ emisģjas samazināģjumu ar parku terģtorģju un koriģģģot rezultātu par 2% atbģlģstoģģi turbģnu nomināģģģ kalpoģanas laikā (20 gados) radģģģģģm CO₂ emisģģģm (Martinez et al., 2009). Aprģģģģnos tģka izmantoti dati par Sendbankas (Vāģģģ) tāljūras vēja parku (21 turbģna, 61 km²) un LINC S (Apvienotā Karalģste) tāljūras vēja parku (83 turbģnas, 35 km²).

3. Makroaļģu pārtikas tirgus

(Tomasz Kulikowski, Olga Szulecka)

3.1. Patēriņa tradīcijas Baltijas jūras reģionā

GRASS projekta ietvaros NMFRI ieguva uzticamu informāciju par tradīcijām nekaitīgas pārtikas patēriņā (Regulas (ES) 2015/2283 izpratnē) un jūraszāļu produktu lietošanu uzturā Baltijas jūras reģiona austrumos vismaz trīs valstīs (Igaunijā, Latvijā un Lietuvā):

- *Laminaria* ģints jūraszāles (tā saucamie jūras kāposti) tiek lietotas kā salāti un kaltētas jūraszāles;
- saldā želeja, kuras pamatā ir no *Furcellaria* ģints iegūtais furcelerāns.

Pirmais ir brūnaļģu produkts, kas pazīstams ar nosaukumu *jūras kāposti* (angliski *sea cabbage*, krieviski *морская капуста*, lietuviski *jūros kopūstai*, igauņiski *merikapsas*). Tie ir dažādi no makroaļģēm *Laminaria japonica*, *L. digitata*, *L. Saccharina* iegūti produkti. Iecienītākā to forma ir atdzēsēti, pasterizēti vai sterilizēti salāti. (raksts “Morskaja Kapusta”, Wikipedia, 2020).



Attēls Nr.23. Jūras kāpostu salāti Igaunijā (2020).

Avots: Ražotāja attēls.



Attēls Nr.24. Jūras kāpostu salāti Latvijā (veikalā “Rimi”, 2014).

Avots: Ražotāja attēls.



Attēls Nr.25. Jūras kāpostu salāti Lietuvā (2019).

Avots: Ražotāja attēls.



Attēls Nr.26. Sveramie jūras kāpostu salāti Lietuvā (2019).

Autors: T. Kulikowski, NMFRI.



Attēls Nr.27. Sveramie jūras kāpostu salāti Latvijā (2020).

Autors: T. Kulikowski, NMFRI



Attēls Nr.28. Sveramie jūras kāpostu salāti Latvijā (Rīgas Centrāltirgus, 2012). Avots: 123rf.com.


Šie produkti ienāca uzturā 20. gadsimta sākumā, un to patēriņš visā Padomju Savienībā, līdz ar to arī mūsdienu Igaunijā, Lietuvā un Latvijā, ir dokumentēts arī zinātniskajā literatūrā (Song, 2016). Šie produkti, jūras kāpostu salāti, tirgū ir pieejami pastāvīgi. GRASS projekta ietvaros šo produktu (gan fasētā, gan sveramā veidā) fotogrāfijas tika uzņemtas gan Lietuvā, gan Latvijā (skat. 23.-28. attēlu). Uzrunātie pārdevēji apliecināja, ka šie produkti tirgū ir pieejami vismaz kopš 1970. gadiem (mums ir interviju dati, bet pašas intervijas netika ierakstītas un nav arī to dokumentēta transkripta, jo GRASS projekta ietvaros tas nebija nepieciešams).

Padomju Savienībā, tātad arī mūsdienu Igaunijas, Lietuvas un Latvijass teritorijā, *Laminariae* aļģes tika lietotas uzturā arī kaltētā veidā (kā, piemēram, zupas piedeva). Tas attiecas arī uz *Laminaria thalli* (29. attēls). Šis produkts (kaltētas jūraszāles), lai arī pastāvīgi pieejams Igaunijas, Latvijas un Lietuvas tirgū, šobrīd tas tiek piedāvāts kā Tālo Austrumu virtuves sastāvdaļa, nevis tradicionāls pārtikas produkts.



Attēls Nr.29. Kaltētu jūras kāpostu iepakojums Padomju Savienībā (1977, avots: <http://foto.a-le.ru/?p=1564>).

Attiecībā uz Polijas tirgu netika atrastas liecības par jūraszāļu tiešu patēriņu svaigā vai pārstrādātā veidā. Tā vietā tika atrasta informācija par tolaik dēvētā agar-agara ražošanu (no 1963. gada līdz 1974. gadam) no *Furcellaria* ģints makroalgēm.

<p>POLSKA RZECZPOSPOLITA LUDOWA</p>  <p>URZĄD PATENTOWY PRL</p>	<p>OPIS PATENTOWY</p>	<p>51703</p>
	<p>Patent dodatkowy do patentu _____</p>	<p>KI. 53 k, 1/02</p>
	<p>Zgłoszono: 05. XI. 1963 (P 102 911)</p>	<p>MKP A 23 1</p>
	<p>Pierwszeństwo: _____</p>	<p>UKD</p>
<p>Opublikowano: 20. VII. 1966</p>		
<p>Współtwórcy wynalazku: mgr inż. Mieczysław Skrodzki, mgr inż. Danuta Trokiewicz</p>		
<p>Właściciel patentu: Krajowy Związek Spółdzielni Rybackich, Gdynia (Polska)</p>		
<p>Sposób otrzymywania agar-agaru z wodorostów morskich</p>		

Attēls Nr.30. No Furcellaria jūrasaļģēm iegūtā agara ražošanas patenta apraksta titullapas attēls, Polija, 1963. No: Jakubowska M., Possibilities of obtaining and using macroalgae from the Baltic Sea, GRASS projekta partneru sanāksme, 2020. gada septembris.

No *Furcellaria* iegūtā agara (kuru šobrīd pareizi dēvē par “furcelerānu” jeb *Baltijas agaru*, *melno karaginānu*, *Crúba préacháin*, *dāņu agaru*, *Escad*, *Forma minor*, *Forma tenuior*, *Furgin*, *Leaba phortáin*, *Ostsee-agar*) patēriņš jau kopš 1966. gada ir labi dokumentēts Igaunijā (Möller, Georg, 2020). Šo recinātāju jau vairākus desmitus gadu (vismaz piecdesmit gadu) izmanto želejas konfekšu ražošanai *Kalev* rūpnīcā.

“Nostaļģiskās garšas – recepte no 1966.gada

leskābenā konfekte Mari ar ogu garšu Kalev produktu sarakstā ir jau vairākus desmitus gadu. Konfekte ir ar ābolu biezeņa pildījumu, kura pagatavošanā izmantots recinātājs Estagar, kuru iegūst no Baltijas jūras *Furcellaria* sārtāļģēm. Tieši tas Kalev želejas konfektes padara unikālas. Konfekte Mari ir pārklāta ar īstas šokolādes glazūru. Tas ir īstais gardums kārumniekiem, kuri novērtē saldās šokolādes un skābenās želejas kombināciju. “ (Kalev, 2020)

3.2. Juridiskie aspekti aļģu izmantošanai pārtikas rūpniecībā

3.2.1. Tiesību akti Eiropas Savienībā par jauniem pārtikas produktiem

Jūraszāļu ieviešana ēdienkartē, arī atsevišķu sugu iekļaušana jaunu pārtikas produktu sarakstā, ES ir regulēta.

Būtiskā daudzumā ES lietotā pārtika līdz 2015. gada 15. maijam netiek uzskatīta par jaunu pārtiku, un visas izejvielas un produkti var tikt piedāvāti tirgū, ja tie atbilst drošības un kvalitātes prasībām. Pārtika, kas iepriekš ES tirgū nav tikusi plaši lietota, tiek uzskatīta par jauniem pārtikas produktiem, kad tie ir izpildījuši noteiktās ES prasības.

Prasības jauniem pārtikas produktiem šobrīd ir noteiktas Eiropas Parlamenta un Padomes Regulā (ES) Nr. 2015/2283 (2015. gada 25. novembris) par jauniem pārtikas produktiem un ar ko groza Eiropas Parlamenta un Padomes Regulu (ES) Nr. 1169/2011 un atceļ Eiropas Parlamenta un Padomes Regulu (EK) Nr. 258/97 un Komisijas Regulu (EK) Nr. 1852/2001.

 *Iepazīstieties ar šiem tiesību aktiem:*

Komisijas Īstenošanas regula (ES) Nr. 2017/2470 (2017. gada 20. decembris), ar ko saskaņā ar Eiropas Parlamenta un Padomes Regulu (ES) 2015/2283 izveido jauno pārtikas produktu Savienības sarakstu (OV L 351, 30.12.2017., 72.–201.lpp., ar vēlākiem grozījumiem).

Komisijas Īstenošanas regula (ES) Nr. 231/2012 (2012. gada 9. marts), ar ko nosaka Eiropas Parlamenta un Padomes Regulas (EK) Nr. 1333/2008 II un III pielikumā uzskaitīto pārtikas piedevu specifiskācijas (OV L 83, 22.03.2012., 1.-295.lpp., ar vēlākiem grozījumiem).

Eiropas Parlamenta un Padomes Regulā (ES) Nr. 1333/2008 (2008. gada 16. decembris), par pārtikas piedevām (OV L 354, 31.12.2008., 16.–33. lpp., ar vēlākiem grozījumiem).

Eiropas Parlamenta un Padomes Regula (ES) Nr. 2015/2283 (2015. gada 25. novembris) par jauniem pārtikas produktiem un ar ko groza Eiropas Parlamenta un Padomes Regulu (ES) Nr. 1169/2011 un atceļ Eiropas Parlamenta un Padomes Regulu (EK) Nr. 258/97 un Komisijas Regulu (EK) Nr. 1852/2001 (OV L 327, 11.12.2015., 1.–22. lpp.).

Saskaņā ar Regulu (EK) Nr. 2015/2283 “jauns pārtikas produkts” ir jebkurš pārtikas produkts, kas Savienībā nav nozīmīgā apjomā izmantots cilvēku uzturā pirms 1997. gada 15. maija, neatkarīgi no datuma, kurā dalībvalstis pievienojās Savienībai, un kas ir vismaz vienā no Regulā minētajām kategorijām. Viena no kategorijām ir “pārtikas produkts, kas sastāv, ir izdalīts vai ražots no mikroorganismiem, sēnēm vai aļģēm”. Tas nozīmē, ka pārtikas produkts, kura sastāvā ir aļģes un kurš ES netika nozīmīgā apjomā izmantots cilvēku uzturā pirms 1997. gada 15. maija, tiks atzīts par jaunu pārtikas produktu, ja tas tiks iekļauts Komisijas Īstenošanas regulā (ES) Nr. 2017/2470 (2017. gada 20. decembris), ar ko saskaņā ar Eiropas

Parlamenta un Padomes Regulu (ES) 2015/2283 izveido jauno pārtikas produktu Savienības sarakstu, minētajā sarakstā.

Saskaņā ar Regulu (ES) Nr. 2015/2283 jaunus pārtikas produktus var atļaut tikai Komisija, un tos var iekļaut Savienības sarakstā, ja tie atbilst šādiem nosacījumiem:

1. pamatojoties uz pieejamiem zinātniskiem pierādījumiem, pārtikas produkts neapdraud cilvēku veselību;
2. pārtikas produkta paredzētais lietojums nemaldina patērētāju, jo īpaši tad, ja ar pārtikas produktu ir paredzēts aizstāt citu pārtikas produktu un ja būtiski mainās uzturvērtība;
3. ja ar pārtikas produktu ir paredzēts aizstāt citu pārtikas produktu, tas no attiecīgā pārtikas produkta neatšķiras tādā veidā, ka tā normāla lietošana uzturā patērētājam uzturvielu ziņā būtu mazvērtīgāka.

Procedūru, ar kuru piešķir atļauju jaunu pārtikas produktu laist Savienības tirgū, sāk pēc Komisijas iniciatīvas vai pēc tam, kad pieteikuma iesniedzējs ir iesniedzis pieteikumu Komisijai. Pieteikumā ir jānorāda:

1. pieteikuma iesniedzēja vārdu/nosaukumu un adresi;
2. jaunā pārtikas produkta nosaukumu un aprakstu;
3. ražošanas procesa(-u) aprakstu;
4. detalizētu jaunā pārtikas produkta sastāvu;
5. zinātniskos pierādījumus, ka jaunais pārtikas produkts neapdraud cilvēku veselību;
6. attiecīgā gadījumā analīzes metodi(-es);
7. priekšlikumu par paredzētās lietošanas nosacījumiem un priekšlikumu par īpašām marķēšanas prasībām, kas nemaldina patērētāju, vai pārbaudāmu pamatojumu, kāpēc šādi priekšlikumi nav nepieciešami (Regula (ES) Nr. 2015/2283).

Regulā (ES) Nr. 2017/2470 iekļautais jauno pārtikas produktu saraksts par katru pārtikas produktu satur noteiktu informāciju: jaunā pārtikas produkta nosaukumu, jaunā pārtikas produkta lietošanas nosacījumus, (noteikta pārtikas kategorija, maksimālais līmenis), īpašas papildu marķēšanas prasības, citas prasības un jaunu kritēriju — informāciju par datu aizsardzību. Ir jānorāda arī jaunā pārtikas produkta pilns apraksts un ķīmiskie parametri / sastāvs, smago metālu saturs un atbilstība mikrobioloģiskajiem kritērijiem.

Starp jaunajiem pārtikas produktiem, kas izgatavoti no aļģēm vai mikroaļģēm un iekļauti Regulas (ES) Nr. 2017/2470 sarakstā, ir, piemēram, *Odonella aurita* mikroaļģes, *Schizochytrium sp.* eļļa, kas bagāta ar dokozaheksaēnskābi (DHA) un eikozapentaēnskābi (EPA), *Schizochytrium sp.* (ATCC PTA-9695) eļļa, *Schizochytrium sp.* eļļa, *Schizochytrium sp.* (T18) eļļa, kaltētas *Tetraselmis chuii* mikroaļģes, aļģu eļļa no mikroaļģēm *Ulkenia sp.*, ar astaksantīnu bagātā terpentīneļļa no *Haematococcus pluvialis* aļģēm.

3.2.2. Noteikumi no jūraszālēm iegūtu pārtikas piedevu lietošanai pārtikas rūpniecībā

Saskaņā ar Eiropas Parlamenta un Padomes Regulu (EK) Nr. 1333/2008 (2008. gada 16. decembris), par pārtikas piedevām (OV L 354, 31.12.2008., 16. lpp., ar vēlākiem grozījumiem) par pārtikas piedevām, kas iegūtas no aļģēm un nav krāsvielas vai saldinātāji, ir noteiktas 6. tabulā norādītie produkti. Šīs piedevas drīkst izmantot pārtikas ražošanā. Šo piedevu specifiskais maksimālais daudzums vairumā pārtikas produktu ir *quantum satis*, kas nozīmē, ka nav noteikts maksimālais pieļaujamais daudzums skaitliskā izteiksmē un vielas lieto saskaņā ar labas ražošanas praksi tādās devās, kas nav lielākas kā nepieciešams, lai sasniegtu paredzētos nolūkus ar noteikumu, ka netiek maldināts patērētājs (Regula (EK) Nr. 1333/2008).

Tomēr ir pārtikas produkti, kuros maksimālais līmenis ir stingri noteikts, piemēram, džems, želeja un marmelāde, kā arī saldināts kastaņu biezenis, kā noteikts Padomes direktīvā 2001/113/EK (maksimālais daudzums — 10 000 mg/l vai mg/kg), apstrādāta graudaugu pārtika un bērnu pārtika zīdaiņiem un maziem bērniem, kā noteikts Padomes direktīvā 2006/125/EK, bet tikai desertos un pudiņos (maksimālais daudzums — 500 mg/l vai mg/kg), diētiskā pārtika zīdaiņiem īpašiem medicīniskiem nolūkiem un speciālā zīdaiņiem paredzētā pārtika, kā arī diētiskā pārtika zīdaiņiem un maziem bērniem īpašiem medicīniskiem nolūkiem, kā noteikts Padomes direktīvā 1999/21/EK (maksimālais daudzums — E401: 1000 mg/l vai mg/kg un E405: 200 mg/l).

Tabula Nr.6. Pārtikas piedevas, kas nav krāsvielas vai saldinātāji

Nr.	E apzīmējums	Pārtikas piedevas nosaukums
1.	E400	Algīnskābe
2.	E401	Nātrija algināts
3.	E402	Kālija algināts
4.	E403	Amonija algināts
5.	E404	Kalcija algināts
6.	E405	Propān-1,2-diola alginātam
7.	E406	Agars
8.	E407	Karagināns
9.	E407a	Apstrādātas <i>Eucheuma</i> jūraszāles

Avots: Regula (EK) Nr. 1333/2008.

Aļģes var izmantot arī kā krāsvielas, piedeva E160a (vi) karotīns, tiek iegūta no *Dunaliella salina* aļģēm. Beta-karotīns tiek iegūts, izmantojot ēterisko eļļu. Piedeva E160a ir pārtikas krāsviela, kuru drīkst lietot *quantum satis* un kuru drīkst lietot noteiktos pārtikas produktu veidos (norādīti 7. tabulā).

Tabula Nr.7. Pārtikas produkti, kuros E160a (vi) drīkst izmantot kā krāsvielu

Nr.	Pārtikas produkts	Maksimālais daudzums (mg/; vai mg/kg, kā nepieciešams)	Ierobežojumi
1.	Nogatavināts siers	<i>quantum satis</i>	Tikai nogatavinātā oranžajā, dzeltenajā un gabaliņos sadalītā baltajā sierā
2.	Apstrādāts siers	<i>quantum satis</i>	–
3.	Siera produkti (izņemot desertus)	<i>quantum satis</i>	Tikai nogatavinātā oranžā, dzeltenā un gabaliņos sadalītā baltā siera produktos
4.	Tauki un eļļas, kuros nav ūdens (izņemot bezūdens piena taukus)	<i>quantum satis</i>	Tikai taukos
5.	Sviests, koncentrēts sviests, sviesta eļļa un bezūdens piena tauki	<i>quantum satis</i>	Izņemot sviestu no aitas vai kazas piena
6.	Citi tauku un eļļas emulsiju veidi, tostarp pastas, kā noteikts Regulā (EK) Nr. 1234/2007, un šķidrās emulsijas	<i>quantum satis</i>	–
7.	Žāvēti augļi un dārzeņi	<i>quantum satis</i>	Tikai sarkano augļu prezervos
8.	Augļi un dārzeņi etiķī, eļļā vai sālsūdenī	<i>quantum satis</i>	Tikai sarkano augļu prezervos Tikai dārzeņos (izņemot olīvas)
9.	Augļu vai dārzeņu konservi bundžās, burkā vai līdzīgos traukos	<i>quantum satis</i>	Tikai sarkano augļu prezervos
10.	Augļu un dārzeņu izstrādājumi, izņemot kompotu	<i>quantum satis</i>	Tikai sarkano augļu prezervos Tikai zivju ikru analogos no jūraszālēm
11.	Augstākā labuma džems un želeja, kā noteikts Direktīvā 2001/113/EK	<i>quantum satis</i>	Izņemot kastaņu biezenī
12.	Pārstrādātu kartupeļu produkti	<i>quantum satis</i>	Tikai kaltētu kartupeļu granulās un pārslās
13.	Sausās brokastis	<i>quantum satis</i>	Tikai ekstrudētās, uzpūstās un/vai ar augļiem aromatizētās sausajās brokastīs
14.	Pārstrādāta gaļa, kas nav termiski apstrādāta	20	Tikai cīsiņos
15.	Pārstrādāta gaļa, kas ir termiski apstrādāta	20	Tikai desās, pastētēs un terīnēs

Nr.	Pārtikas produkts	Maksimālais daudzums (mg/; vai mg/kg, kā nepieciešams)	Ierobežojumi
16.	Pārstrādātas zivis un zivsaimniecības produkti, tostarp gliemji un vēžveidīgie	<i>quantum satis</i>	Tikai zivju pastētē un vēžveidīgo pastētē Tikai vārīšanai sagatavotos vēžveidīgajos Tikai kūpinātās zivīs

Avots: Regula (EK) Nr. 1333/2008.

Komisijas Īstenošanas regula (ES) Nr. 231/2012 (2012. gada 9. marts), ar ko nosaka Eiropas Parlamenta un Padomes Regulas (EK) Nr. 1333/2008 II un III pielikumā uzskaitīto pārtikas piedevu specifikācijas, nosaka specifikāciju visām pārtikas piedevām, arī E400–407a un E160a (vi). Regulā katrai pārtikas piedevai ir norādīta: ķīmiskā definīcija un cita ķīmiskā informācija, piemēram, EINECS, ķīmiskās vielas nosaukums, ķīmiskā formula, molekulārmasa un pamatvielas saturs, apraksts, identifikācija (arī pH prasības), kā arī svarīga informācija par tīrību (piemēram, žāvēšanas zudumi, arsēna, svina, dzīvsudraba, kadmija saturs) un mikrobioloģiskie kritēriji (dzīvotspējīgu šūnu skaita novērtējums, raugs un pelējumi, *Echerichia coli* un *Salmonella spp.*). Minēto kritēriju izpildīšana nozīmē, ka piedevu drīkst izmantot pārtikas ražošanā (Regula (ES) Nr. 231/2012).

3.2.3. ES noteikumi par piesārņotājiem jūraszālēs

Jūraszālēm un no jūraszālēm iegūtajiem produktiem kā pārtikas produktiem ir jāizpilda ES nosacījumi par pārtikas nekaitīgumu arī attiecībā uz pārtikas piesārņotājiem.

Maksimāli pieļaujamo arsēna, kadmija, svina, alvas un dzīvsudraba līmeni dažādos pārtikas produktos nosaka Komisijas Regula (EK) Nr. 1881/2006 (2006. gada 19. decembris), ar ko nosaka konkrētu piesārņotāju maksimāli pieļaujamo koncentrāciju pārtikas produktos. Bet šī regula nosaka tikai maksimālo kadmija koncentrāciju pārtikas piedevās, kuras sastāv tikai vai pārsvarā no žāvētām jūraszālēm vai no jūraszālēm iegūtiem produktiem, — 3,0 mg/kg mitrās masas. Svina un dzīvsudraba koncentrācija visās pārtikas piedevās ir noteiktas attiecīgi 3,0 mg/kg un 0,1 mg/kg mitrās masas. Maksimālie pieļaujamie līmeņi attiecas uz pārdošanā esošajiem produktiem. Regulā (EK) Nr. 1881/2006 no atsevišķu normu, kas attiektos uz jūraszālēm vai halofītiem.

Dzīvsudraba līmenis aļģēs un prokariotos ir noteikts Regulā (EK) Nr. 396/2005, un tas ir 0,01 mg/kg.

2006. gadā Eiropas Pārtikas nekaitīguma iestāde noteica maksimāli pieļaujamo joda devu, kas pieaugušajiem ir 600 µg/dienā. Uzņemamā joda limits bērniem un pusaudžiem ir attēlots 8. tabulā (EFSA, 2006). Ņemot vērā joda augsto koncentrāciju jūraszālēs, Eiropas Komisija rekomendē uzraudzīt metālu un joda saturu jūraszālēs, halofītos un no jūraszālēm iegūtos produktos (Ieteikums (ES) 2018/464).

Tabula Nr.8. Maksimāli pieļaujamā joda deva

Vecums (gados)	Maksimāli pieļaujamā joda deva (μg dienā)
1–3	200
4–6	250
7–10	300
11–14	450
15–17	500

Avots: Eiropas Pārtikas nekaitīguma iestāde (EFSA, 2006).

Aļģu produkti, it īpaši žāvēti produkti, tiek uzskatīti par bagātīgiem joda avotiem un ar tiem var būtiski pārsniegt pieļaujamo joda devu, ja šie produkti satur vairāk nekā 20 mg joda/kg sausās masas un ja šo produktu patērētāji dzīvo teritorijās, kur ir endēmisks joda trūkums.

Kā liecina pieejamie dati, jūraszālēs ir ievērojama arsēna, kadmija, joda, svina un dzīvsudraba koncentrācija. Turklāt aizvien biežāk patērētāji ES jūraszāles iekļauj savā ēdienkartē. Tāpēc ir nepieciešams izvērtēt, vai, ņemot vērā arsēna, kadmija, svina un dzīvsudraba saturu jūraszālēs, ir nepieciešams noteikt maksimālo arsēna, kadmija un svina koncentrāciju šajos produktos un vai nav nepieciešams pārskatīt maksimālo pieļaujamo dzīvsudraba atlieku daudzumu aļģēs un prokariotos. Ir arī jāizvērtē, vai, ņemot vērā joda saturu šajos produktos, nav jāveic vēl kādi pasākumi (Ieteikums (ES) Nr. 2018/464).

Specifikācijas no jūraszālēm iegūtām pārtikas piedevām ir noteiktas Komisijas Regulas (ES) Nr. 231/2012 pielikumos. Tomēr attiecībā uz atsevišķām no jūraszālēm iegūtām piedevām, piemēram, agaru E406, Eiropas Pārtikas nekaitīguma iestāde (EFSA) ir rekomendējusi pārskatīt toksisko elementu līmeni, lai pārliecinātos par to nekaitīgumu lietošanai uzturā. Turklāt ir arī jāizvērtē arsēna, kadmija, joda, svina un dzīvsudraba saturs no jūraszālēm un aļģēm iegūtās pārtikas piedevām.

Maksimālo arsēna, svina, kadmija un dzīvsudraba koncentrāciju lopbarībā nosaka Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2002/32/EK. Tā kā atsevišķas jūraszāļu sugas tiek izmantotas kā lopbarība, būtu jāizpēta arī metālu saturs tajās (Ieteikums (EK) Nr. 2018/464, Direktīva 2002/32/EK).

Maksimālo pesticīdu atlieku līmeni augu izcelsmes pārtikā un barībā nosaka Regula (EK) Nr. 396/2005. Šī Regula bieži tiek grozīta, tāpēc, lai pārliecinātos, ka produkts atbilst tās nosacījumiem, tajā ir jāieskatās visai regulāri. Aļģu un prokarioti kods ir 0290000, un, lietojot to, dokumentu pārmeklēt ir vienkāršāk. Maksimālais vairuma pesticīdu atlieku līmenis aļģēs un prokariotīs ir 0,01–0,1 mg/kg.

3.2.4. Jūraszāļu marķēšanas noteikumi

Saskaņā ar Regulas (ES) Nr. 1379/2013 I pielikumu jūraszāles un citas aļģes ir zvejas un akvakultūras produkti, kuru tirgum ir noteikta kopīga organizācija.

Līdz ar to jūraszālēm un citām aļģēm ir jābūt atbilstošam marķējumam, ne tikai ievērojot Regulas (ES) Nr. 1169/2011 9. pantu, bet arī Regulas (ES) Nr. 1379/2013 35. pantu.

Regulas (ES) Nr. 1169/2011 9. pantā ir noteikts, kādas ziņas ir obligāti jānorāda produktu marķējumā.

- (a) *pārtikas produkta nosaukums;*
- (b) *sastāvdaļu saraksts;*
- (c) *jebkura sastāvdaļa vai pārstrādes palīg līdzekļi, kas minēti Regulas II pielikumā vai iegūti no II pielikumā minētas vielas vai produkta un izraisa alerģiju vai nepanesamību un ko lieto pārtikas produktu ražošanas vai sagatavošanas procesā, un ko, tostarp arī izmainītā veidā, satur arī gatavais pārtikas produkts;*
- (d) *dažu sastāvdaļu vai sastāvdaļu kategoriju daudzums;*
- (e) *pārtikas produkta neto daudzums;*
- (f) *minimālais derīguma termiņš vai "izlietot līdz" datums;*
- (g) *jebkuri īpaši glabāšanas un/vai lietošanas nosacījumi;*
- (h) *Regulas 8. panta 1. punktā minētā pārtikas aprītē iesaistītā uzņēmēja vārds vai uzņēmuma nosaukums un adrese;*
- (i) *Regulas 26. pantā paredzētajos gadījumos — izcelsmes valsts vai izcelsmes vieta;*
- (j) *lietošanas pamācība, ja bez šādas pamācības būtu grūti pienācīgi izmantot pārtikas produktu.*

Citu uz jūraszāļu un citu aļģu produktu marķējuma obligāti norādāmu informāciju nosaka Regulas (ES) Nr. 1379/2013 35. pants.

- (k) *sugas komerciālais nosaukums un tās zinātniskais nosaukums;*
- (l) *ražošanas metode, jo īpaši lietojot šādus vārdus: "...nozvejots..." vai "...nozvejots saldūdenī...", vai "...audzēts...";*
- (m) *apgabals, kurā produkts ir nozvejots vai izaudzēts, un zvejā izmantoto zvejas rīku kategorija, kā noteikts šīs Regulas III pielikuma pirmajā slejā;*
- (n) *tas, vai produkts ir atkausēts;*
- (o) *attiecīgā gadījumā — minimālais derīguma termiņš.*

Informācija par produkta atsaldēšanu neattiecas uz:

- (p) *sastāvdaļām, kas ir galaprodukta sastāvā;*
- (q) *pārtikas produktiem, kuru ražošanas procesā saldēšana ir tehnoloģiski nepieciešams posms;*
- (r) *zvejas un akvakultūras produktiem, kas iepriekš sasaldēti veselības aizsardzības nolūkos saskaņā ar Regulas (EK) Nr. 853/2004 III pielikuma VIII iedaļu;*
- (s) *zvejas un akvakultūras produktiem, kas atkausēti pirms kūpināšanas, sāļšanas, vārīšanas, marinēšanas, vītināšanas vai jebkuru minēto procesu kombinācijas.*

Secināms, ka jūraszāles un citas aļģes ir jāmarķē ne tikai kā pārtikas produkti vispār, bet arī kā zvejas un akvakultūras produkti, tāpēc informācija par ražošanas metodēm un sugas zinātnisko nosaukumu ir nepieciešama nākamajam piegādes ķēdes posmam un patērētājiem.

3.3. Aļģu sertifikācijas sistēmas

ES tirgū pieejamo visu veidu pārtikas produktu ražotājiem ir jāizpilda daudzos tiesību aktos noteiktās prasības. Divi vispārīgi tiesību akti, kas jāievēro pārtikas piegādes ķēdes dalībniekiem ir Regula (EK) Nr. 178/2002 (pārtikas aprites tiesību aktu vispārīgi principi) un Regula (EK) Nr. 852/2004 (pārtikas produktu higiēna). Ne mazāk svarīgi ir ievērot noteikumus par, piemēram, par pārtikas produktu mikrobioloģiskajiem kritērijiem (Regula (EK) Nr. 2073/2005) un piesārņotāju maksimāli pieļaujamo koncentrāciju pārtikas produktos (Regula (EK) Nr. 1881/2006).

Atbilstoši ES tiesību aktiem (Regula (EK) Nr. 852/2004) riska analīzes un kritisko kontrolpunktu (HACCP) sistēma ir jāpiemēro visiem pārtikas piegādes ķēdes dalībniekiem (izņemot primārajā ražošanā). Tomēr jūraszāļu un jūraszāļu produktu ražotāji var izpildīt papildu prasības, kas noteiktas dažādos brīvprātīgos un privātos starptautiskajos standartos, piemēram, ISO, CEN, MSC, ASC, Friends of the Sea, GLOBALG.A.P, prasības bioloģiskai pārtikai.

ANO Pārtikas un lauksaimniecības organizācija (FAO)

2011. gadā ANO Pārtikas un lauksaimniecības organizācija (FAO) izstrādāja tehniskās vadlīnijas akvakultūras sertifikācijai. Šis dokuments *sniedz vadlīnijas uzticamas akvakultūras sertifikācijas shēmas izstrādei, organizācijai un īstenošanai*. Dokumentā iekļauti 13 principi, kuri akvakultūras sertifikācijas sistēmai ir jāizpilda. Viens no principiem paredz, ka *akvakultūras sertifikācijas sistēmai ir jānosaka, ka jebkurai akvakultūras darbībā iesaistītai personai vai iestādei ir pienākums ievērot visus attiecīgās valsts tiesību aktus un prasības*. Citos punktos noteikts, ka *akvakultūras sertifikācijas sistēma ir jāizstrādā, pamatojoties uz labākajiem pieejamajiem zinātniskajiem pierādījumiem, kā arī ņemot vērā tradicionālās zināšanas, ja to derīgumu var objektīvi novērtēt* (FAO, 2011). Dokumentā ietverti minimālie būtiskie kritēriji pārtikas nekaitīgumam, dzīvnieku veselībai un labturībai, vides integritātei un ar akvakultūru saistītajiem sociālekonomiskajiem aspektiem. Dokumentā izklāstītas arī institūcijām un procedūrām paredzētas prasības uzticamas akvakultūras sertifikācijas sistēmas izstrādei un ieviešanai un īpaši apsvērumi sistēmas ieviešanai. Turklāt dokumentā iekļauts arī ar sertifikāciju un akreditāciju saistītu terminu saraksts un definīcijas.

ISO standarti

Šobrīd nav atsevišķa ISO standarta jūraszāļu vai aļģu sertifikācijai. Ar aļģēm tieši saistītie standarti attiecas uz vides apstākļiem, piemēram, ūdens kvalitāti, un definē metodes, pēc kurām noteikt, kā ūdenī vai notekūdeņos esošās vielas un maisījumi kavē aļģu augšanu (ISO, 2021).

Tikmēr cilvēku uzturam paredzēto jūraszāļu un jūraszāļu produktu ražotāji var ievērot ar kvalitāti, pārtikas nekaitīgumu un vides pārvaldību saistīto standartu prasības un apliecināt savas sistēmas atbilstoši šiem standartiem:

- ISO 9001:2015 Kvalitātes vadības sistēmas. Prasības;
- ISO 22000:2018 Pārtikas drošuma pārvaldības sistēmas. Prasības; jebkurai pārtikas aprites ķēdes organizācijai
- ISO 14001:2015 Vides pārvaldības sistēmas. Prasības vadlīniju lietošanai.

Eiropas Standartizācijas komiteja (CEN)

2020. gada martā Eiropas Standartizācijas komiteja (CEN) izdeva pirmo Eiropas standartu aļģēm un aļģu produktiem: EN 17399:2020 Aļģes un aļģu produkti. Termins un definīcijas. Dokumentā ir definēti ar aļģēm un aļģu produktiem saistītās funkcijas, produkti un īpašības (CEN, 2021). Dokuments ir arī kā pamats noteikumiem, kas var atvieglot aļģu iekļūšanu dažādos tirgos (Algaebiomass, 2021). Šajā standartā aļģes ir definētas kā organismu funkcionāla grupa, ko veido mikroaļģes, makroaļģes, ciānbaktērijas un *Labyrinthulea* (CEN, 2021).

Šis standarts tika izstrādāts, jo augošais aļģu un aļģu produktu tirgus ir svarīgs aspekts, lai izstrādātu vienotas vadlīnijas Eiropas jūraszāļu industrijai un tirgum.

ASC-MSC

ASC-MSC sertifikācijas standarta versija 1.0 tika publicēta 2017. gada 22. novembrī, un dokuments stājās spēkā 2018. gada 30. aprīlī. Šobrīd aktuālā ir 1.01 versija (ASC, 2021b). Šis ir Akvakultūras uzraudzības padomes (ASC) un Jūras uzraudzības padomes (MSC) kopīgs sertifikācijas dokuments, kas paredzēts jūraszāļu ilgtspējīgai ražošanai.

Standarts paredz gan sāļūdens, gan saldūdens aļģu sertifikāciju, gan nosaka prasības makroaļģēm un mikroaļģēm.

ASC-MSC sertificēts jūraszāļu ražotājam ir jānodrošina, ka tā darbības ir ilgtspējīgas. Un tas ir jā dara:

- uzturot ilgtspējīgu savvaļas populāciju;
- samazinot ietekmi uz vidi;
- nodrošinot efektīvu pārvaldību;
- palielinot sociālo atbildību;
- stiprinot attiecības un sadarbību ar vietējo kopienu (ASC, 2021d).

Standartā ir noteikti 31 izpildāmie rādītāji, kas apkopoti piecos pamatprincipos.

levērojot ilgtspējīgas savvaļas populācijas principu, ražotājiem ir jāapliecina, ka jūraszāļu vākšana un audzēšana saglabā savvaļas jūraszāļu populāciju produktivitāti un to ilgtspējīgu izmantošanu.

Ietekmes uz vidi princips nosaka prasības par dzīvotnēm, ekosistēmas struktūru un funkciju, izzūdošām, apdraudētām, aizsargātām un citām sugām, atkritumu apsaimniekošanu un piesārņojuma kontroli, kaitēkļu un slimību pārvaldību, energoefektivitāti, svešu sugu

pārvietošanu un ieviešanu. Efektīvas pārvaldības princips definē prasības par tiesisko un / vai paražu regulējumu, lēmumu pieņemšanas procesu, kā arī atbilstību un normu izpildi. Saskaņā ar sociālās atbildības principu visām *vākšanas un audzēšanas darbībām ir jāatbilst sociāli atbildīgai rīcībai, tostarp prasībām par bērnu darbu, veselību, drošību un apdrošināšanu, godīgu atalgojumu, drošumu, darba laiku un apmācībām vides un sociālajā jomā*. ASC-MSC jūraszālēm veltītā standarta piektais pamatprincips par attiecībām un sadarbību ar vietējo kopienu nosaka, ka jūraszāļu vākšanas un audzēšanas darbības ir jāīsteno tā, lai samazinātu negatīvo ietekmi uz apkārtējiem, cienītu tiesības un kultūras, kā arī lai sniegtu labumu vietējai kopienai (ASC, 2018).

Šo 31 rādītāju auditors var novērtēt šādā skalā:

- darbība atbilst pasaulē atzītai labajai praksei;
- darbība atbilst pieņemamam labas prakses līmenim, bet ir nepieciešami uzlabojumi, lai sasniegtu pasaulē atzītu labo praksi;
- nav sasniegts atzītas prakses līmenis.

Sertifikāts tiek piešķirts, ja darbība atbilst pasaulē atzītai labajai praksei visos tās aspektos vai ja pasaulē atzīta labā prakse ir sasniegta vairumā aspektu, bet ir nepieciešami atsevišķi uzlabojumi. Kopējais aspektu skaits, kuros var būt nepieciešami uzlabojumi, atšķiras atkarībā no jūraszāļu saimniecības pielietotās ražošanas sistēmas veida, bet to skaits nevar pārsniegt 8 (ASC, 2021c). ASC-MSC jūraszāļu audzēšanas standarts ir izstrādāts ne tikai individuālai sertifikācijai, bet arī grupu jeb vairākpaušu novērtējumam (ASC, 2018). Sertificētās personas uz saviem sertificētajiem produktiem drīkst izvietot ASC, MSC vai abu kopīgo logo. Atbilstošā logo izmantošanu nosaka ražotnes atrašanās vieta un veids, kā arī saikne ar savvaļas resursiem. Produkts ar ASC un / vai MSC marķējumu kopējā jūraszāļu saturā drīkst būt 5% nesertificētu jūraszāļu (ASC, 2021a). Standarts ir izdots angļu valodā un ir tulkots japāņu, korejiešu un indonēziešu valodā (ASC, 2021b).

Šobrīd izvērtētas tiek divas ražotnes, bet četras jūraszāļu audzētavas jau ir saņēmušas sertifikātu (ASC, 2021a). Viena no tām ir Nīderlandes biotehnoloģiju uzņēmums, kurš 2021. gada janvārī kļuva par pirmo atbilstoši šim standartam sertificēto mikroaļģu eļļas ražotāju (MSC, 2021). Šis mikroaļģes pārsvarā tiek audzētas zivju barības ieguvei. ASC-MSC sertificētās jūraszāļu audzētavas kultivē šādas jūraszāļu sugas: *Schizochytrium spp.*, *Hizikia fusiformis*, *Saccharina japonica*, *Euglena spp.*, *Chlorella spp.*, *Undaria pinnatifida* (ASC, 2021a).

2021. gada aprīlī atbilstoši ASC-MSC jūraszāļu standartam tika sertificēti deviņi jūraszāļu piegādātāji (galvenokārt no Āzijas), bet viens sertifikāts tika atcelts pirms derīguma termiņa beigām.

GlobalG.A.P.

GlobalG.A.P. standarts tiek piemērots lauksaimniecības dzīvniekiem un kultivētajiem augiem. Kopš 2021. gada februāra spēkā ir standarta 5.10 versija. Atbilstoši akvakultūras modeļa prasībām kopš 2020. gada aprīļa šis standarts var tikt piemērots ne tikai zivju, vēžveidīgo un gliemju, bet arī jūraszāļu, tostarp jūras makroaļģu (brūnaļģu, sārtāļģu un zaļāļģu) sertifikācijai. Tomēr pašreiz atbilstoši GlobalG.A.P. Standarta prasībām var sertificēt tikai *Caulerpa lentillifera*, *Ulva lactuca* un *Saccharina latissima* audzēšanu (GlobalG.A.P., 2020a).

Jūraszāļu audzētājiem ir jāizpilda vispārīgās visām saimniecībām piemērojamās prasības (*All Farm Base*) un prasības akvakultūrai.

Vispārīgajās prasībās iekļauti noteikumi šādās jomās: vietas vēsture un pārvaldība, lietvedība un iekšējā novērtējuma / inspekciju sistēma, higiēna, darbinieku veselība, drošība un labklājība, apakšuzņēmēji, atkritumu un piesārņojuma pārvaldība, atkritumu pārstrāde un atkalizmantošana, dabas aizsardzība, sūdzības, atsaukšanas / izstāšanās procedūra, pārtikas aizsardzība, logo izmantošana, izsekojamība un nošķiršana, masas līdzsvars, pārtikas nekaitīguma politikas deklarācija, krāpšanas pārtikas jomā mazināšana, neatbilstoši produkti un GlobalG.A.P. Statuss (GlobalG.A.P., 2020c).

Prasības akvakultūrai, kas sākotnēji tika noteiktas zivīm, vēžveidīgajiem un gliemjiem, ietver noteikumus par vietas pārvaldību, reprodukciju, ķīmiskajiem savienojumiem, arodveselību un darba drošību, zivju labturību, pārvaldību un turēšanu visos ražošanas ķēdes posmos, paraugu ņemšanu un testēšanu, barības pārvaldību, kaitēkļu kontroli, vides un bioloģiskās daudzveidības pārvaldību, ūdens izmantošanu un notekūdeņu attīrīšanu, ražas novākšanas darbībām un pasākumiem pēc novākšanas, turēšanas un koncentrēšanas (*crowding*) vietām, kaušanas pasākumiem, produkcijas attīrīšanu, masas līdzsvaru pēc ievākšanas, kā arī izsekojamību un sociālajiem kritērijiem (GlobalG.A.P., 2020c). Ne visas šīs prasības ir attiecināmas uz jūraszālēm, tāpēc tās ir jāpielāgo tieši jūraszāļu kultivēšanai. GlobalG.A.P. prasības iedala divās daļās: primārās obligātās (*Major Must*) un sekundārās obligātās (*Minor Must*). Lai iegūtu GlobalG.A.P. sertifikātu, auditoram ir jāapliecina 100% atbilstība visām piemērojamajām primārajām obligātajām prasībām un kvalitātes vadības sistēmas kritērijiem, kā arī 95% atbilstība sekundārajiem obligātajiem kritērijiem. Sertificētie produkti drīkst izmantot GlobalG.A.P. logo (GlobalG.A.P., 2020b).

Friend of the Sea

Friend of the Sea (Jūras draugi) ir 2007. gadā dibināta nevalstiska organizācija, kura sertificē un popularizē ilgtspējīgas zvejas un akvakultūras rezultātā iegūtus produktus, lai aizsargātu jūras dzīvotnes un to resursus (FotS, 2021). *Friend of the Sea* ir izveidojusi sertifikācijas programmu produktiem, kas iegūti zvejas un ilgtspējīgas akvakultūras ceļā. Audits ir jāveic neatkarīgai sertifikācijas iestādei, lai nodrošinātu, ka produkts atbilst ilgtspējas kritērijiem.

Sertificētie produkti drīkst izmantot *Friend of the Sea* logo.

Friend of the Sea ir izstrādājusi jūraszāļu produktu sertifikācijas kritēriju pārbaudes punktu sarakstu, kurš pēdējo reizi tika atjaunināts 2014. gadā. Turklāt organizācija ir arī sagatavojusi standartu jūraszāļu ilgtspējīgai ieguvei vākšanas un audzēšanas ceļā. *Friend of the Sea* ilgtspējīgas jūraszāļu izmantošanas sertifikāta pamatkritēriji ietver šādus punktus:

- netiek ietekmētas apdraudētas (*critical*) dzīvotnes;
- ūdens monitoring;
- ķīmiskās un bīstamās vielas;
- energopārvaldība;
- sociālā atbildība;
- izsekojamība.

Sertifikācijas kritēriji ietver svarīgākās un būtiskākās prasības, kuru izpilde ir obligāta, lai saņemtu sertifikātu, un rekomendācijas, kuru izpilde sertifikāta saņemšanai gan nav obligāta, bet to izpildi pārbauda auditors, un par to sastāda ziņojumu.

Bioloģiski produkti

Prasības bioloģiskiem produktiem ir noteiktas Padomes Regulā (EK) Nr. 834/2007 (2007. gada 28. jūnijs) par bioloģisko ražošanu un bioloģisko produktu marķēšanu un par Regulas (EEK) Nr. 2092/91 atcelšanu. Tajā ir noteikti kopēji mērķi un principi, kas ir pamatā noteikumiem, kurus atbilstīgi šai regulai pieņem attiecībā uz:

- a) visiem bioloģisko produktu ražošanas, gatavošanas un izplatīšanas posmiem un to kontroli;
- b) to, kā marķējumā un reklāmā izmanto norādes ar atsaucēm uz bioloģisko ražošanu. (Regula (EK) Nr. 834/2007)

Regula attiecas uz turpmāk norādītajiem lauksaimniecības, tostarp akvakultūras, produktiem, ja tie ir laisti tirgū vai paredzēti laišanai tirgū:

- dzīvi vai nepārstrādāti lauksaimniecības produkti;
- pārstrādāti lauksaimniecības produkti, ko izmanto pārtikā;
- barība;
- veģetatīvās pavairošanas materiāls un sēkla ražošanas vajadzībām.

(Regula (EK) Nr. 834/2007). Regula nosaka terminus un definīcijas, kuras saistītas ar bioloģisko ražošanu un tirgu, piemēram, "*bioloģiskā ražošana*" ir šajā regulā paredzētajiem noteikumiem atbilstīgas ražošanas metodes izmantošana visos ražošanas, gatavošanas un izplatīšanas posmos.

Detalizēti Regulas (EK) Nr. 834/2007 īstenošanas noteikumi ir noteikti Komisijas Regulā (EK) Nr. 889/2008 (2008. gada 5. septembris), ar ko paredz sīki izstrādātus bioloģiskās ražošanas, marķēšanas un kontroles noteikumus, lai īstenotu Padomes Regulu (EK) Nr. 834/2007 par bioloģisko ražošanu un bioloģisko produktu marķēšanu.

Tomēr Regula (EK) Nr. 834/2007 ir spēkā tikai līdz 2021. gada 31. decembrim, jo to atceļ Eiropas Parlamenta un Padomes Regula (ES) 2018/848 (2018. gada 30. maijs) par bioloģisko ražošanu un bioloģisko produktu marķēšanu un ar ko atceļ Padomes Regulu (EK) Nr. 834/2007, kura stāties spēkā 2022. gada 1. janvārī. Atbilstoši Padomes Regulai (EK) Nr. 834/2007 produktus, kuri saražoti līdz 01.01.2022., drīkst laist tirgū pēc šī datuma, līdz attiecīgo krājumu izlietošanai (Regula (ES) 2018/848).

Regulas (ES) 2018/848 tekstā ir precizētas prasības visiem produktiem, bet II pielikuma III daļā (1. un 2. punktā) ir noteiktas prasības bioloģiskiem aļģu produktiem.

1. punktā ir noteiktas vispārīgas prasības gan aļģu, gan akvakultūras produktiem. Atbilstoši II pielikuma III daļas 1.1. punktam *darbības norisinās tādās vietās, kur nenotiek piesārņošana ar produktiem vai vielām, kuras nav atļauts izmantot bioloģiskajā ražošanā, vai piesārņotājiem, kas apdraudētu produktu bioloģisko raksturu* (Regula (ES) 2018/848).

Visiem aļģu vai akvakultūras produkcijas ražotājiem ir jāizstrādā ilgtspējīgas pārvaldības plāns, kas ir proporcionāls ražošanas vienībai. Kā noteikts 1.6. punktā, *plānu katru gadu atjaunina, un tajā sīki apraksta darbības ietekmi uz vidi un veicamo vides monitoringu un uzskaita veicamos pasākumus, lai līdz minimumam samazinātu negatīvo ietekmi uz apkārtējo ūdens un sauszemes vidi, tostarp attiecīgā gadījumā mazinātu barības vielu izvadīšanu vidē ražošanas cikla laikā vai gadā. Plānā iekļauj tehniskā aprīkojuma uzraudzību un remontu* (Regula (ES) 2018/848).

Savukārt 2. punkts ir veltīts aļģu un fitoplanktona produktiem. Tajā ietvertas pārejas perioda prasības ražošanas vienībām, aļģu ražošanas noteikumi, aļģu kultivēšanai un savvaļas aļģu ilgtspējīgai ievākšanai.

Saskaņā ar 2.2.1. punktu savvaļas aļģu un to daļu ievākšanu uzskata par bioloģisko ražošanu ar noteikumu, ka:

a) *audzēšanas vietas ir piemērotas no veselības viedokļa un tajās ir augsti ekoloģiskās kvalitātes rādītāji, kā noteikts Direktīvā 2000/60/EK, vai to kvalitāte ir līdzvērtīga:*

— *Eiropas Parlamenta un Padomes Regulā (EK) Nr. 854/2004 klasificētajām A un B klases ražošanas teritorijām, līdz 2019. gada 13. decembrim, vai*

— *atbilstošajām klasifikācijas teritorijām, kas norādītas īstenošanas aktos, kurus Komisija pieņēmusi saskaņā ar Regulas (ES) 2017/625 18. panta 8. punktu, no 2019. gada 14. decembra;*

b) *ievākšana būtiski neapdraud dabiskās ekosistēmas stabilitāti vai sugu saglabāšanu ievākšanas apvidū (Regula (ES) 2018/848).*

Prasības aļģu kultivēšanai ir atkarīgas no šī procesa norises vietas. Saskaņā ar II pielikuma III daļas 2.3.1. punktu *aļģu kultūrās jūrā izmanto tikai tādas barības vielas, kas dabiski rodas vidē vai arī bioloģiskās akvakultūras dzīvnieku ražotnē, kurai vēlams atrasties netālu, veidojot daļu no polikultūras sistēmas (Regula (ES) 2018/848).* Bet iekārtās uz sauszemes, kur izmanto ārējos barības vielu avotus, atbilstoši II pielikuma III daļas 2.3.2. punktam *barības vielu koncentrācija izplūdes ūdeņos ir pārbaudāmi tāda pati vai zemāka nekā ieplūdes ūdeņos. Var izmantot tikai tās augu vai minerālas izcelsmes barības sastāvdaļas, kuras, ievērojot 24. pantu, ir atļauts izmantot bioloģiskajā ražošanā (Regula (ES) 2018/848).*

Prasības bioloģiskiem aļģu produktiem attiecas arī uz savvaļas aļģu ilgtspējīgu ievākšanu. Kā noteikts II pielikuma III daļas 2.4.3. punktā, *ievākšanu veic tā, lai ievāktie daudzumi būtiski neietekmētu ūdens vides stāvokli. Lai nodrošinātu aļģu atjaunošanos un lai nepieļautu piezveju, veic pasākumus, piemēram, saistībā ar ievākšanas paņēmieniem, minimālo izmēru, vecumu, vairošanās cikliem vai atlikušo aļģu izmēru (Regula (ES) 2018/848).*

Regulas (ES) 2018/848 V nodaļā ietverti noteikumi par sertifikāciju. Atbilstoši 36. pantam bioloģiskās ražotnes sertifikātu var piešķirt ne tikai konkrētam operatoram, bet arī operatoru grupai.

Regulas (ES) 2018/848 33. pantā noteikts — lai marķētu, noformētu un reklamētu Regulai (ES) 2018/848 atbilstošus produktus, var izmantot Eiropas Savienības bioloģiskās ražošanas logotipu.

Aļģu biomasas organizācija

2017. gadā Aļģu biomasas organizācija izstrādāja dokumenta *Industriāli aļģu mērījumi (Industrial Algae Measurements)* 8.0 versiju, kurā noteikts minimālo parametru un rādītāju kopums, ar ko pilnībā aprakstīt ūdens biomasas apstrādes procesa ekonomiskos, ilgtspējas un vides ieduldījumus un ieguvumus, piemēram, tilpumražīgums (*volumetric productivity*), platības ražīgums (*areal productivity*), kultūras blīvums, īpatnējais enerģijas patēriņš, ūdens patēriņš kultivēšanā (Algaebiomass, 2021b). Dokumentam ir 7 nodaļas:

1. Modernie aļģu produktu un operāciju mērījumi;

2. Aļģu operāciju dzīves cikls un tehniski ekonomiskā analīze vienotas definīcijas izstrādei;
3. Aļģu ražošanas operāciju noteikumi un politika;
4. Notekūdeņu izmantošana aļģu kultivēšanā;
5. No aļģēm iegūtas pārtikas, barības un pārtikas piedevu mārketinga normatīvie un procesa apsvērumi;
6. Aļģu biodeģvijas normatīvie apsvērumi un standarti;
7. Atklātas un slēgtas aļģu kultivēšanas sistēmas (Algaebiomass, 2021b).

Aļģu biomasas organizācija pauž nostāju, ka brīvprātīga vienotass valodas un metodoloģijas pieņemšana nodrošinās un paātrinās nozares izaugsmi (Algaebiomass, 2021b).

Noslēgumā jāatzīst, ka pieaugošais aļģu un aļģu produktu tirgus, pārdošanas apjoms un šo augu kultivēšanas apmērs ir novedis pie sertifikācijas sistēmu attīstības, kas savukārt ļauj sertificēt gan šos produktus, gan to ražošanas procesus. Produkti ar starptautiski atpazīstamu logo nodrošina piegādes ķēdes pilnīgu izsekojamību un apliecina, piemēram, kultivēšanas un apstrādes posma pienācīgu pārvaldību vai atbilstību stingrām vides aizsardzības prasībām.

4. Patērētāju attieksme

(Tomasz Kulikowski)

4.1. Patērētāju pētījuma metodoloģija

Starptautiskais jūras zivju izpētes institūts (IMAS International for the National Marine Fisheries Research Institute) 2019. gada oktobrī veica pētījumu 8 valstīs / reģionos: Zviedrijā, Somijā, Igaunijā, Latvijā, Lietuvā, Polijā, Dānijā un Ziemeļvācijā (Šlēsviga-Holšteina, Mēklenburga-Priekšpomerānija, Hamburga). Pētījums tika veikts, izmantojot datorizētās tiešsaistes intervijas (CAWI, *computer-assisted web interviews*), kurās piedalījās 2040 respondentu.

Lai iegūtu salīdzināmus datus, valstīs / reģionos tika atlasīts līdzīgs dalībnieku skaits (n=252–258). Ar 95% pārliecības līmeni pētījuma statistiskās kļūdas lielums ir +/- 3,1 procentpunkts.

Pētījuma mērķis bija atbildēt uz šādiem jautājumiem: cik daudz patērētāju katrā valstī patērē jūraszāles; cik daudz no viņiem patērē jūraszāles citā veidā, nekā suši; cik daudz patērētāju ir gatavi iekļaut jūraszāles savā uzturā; kāds ir viedoklis par jūraszāļu sniegtajiem ieguvumiem veselībai, cik daudz patērētāju lieto kosmētikas produktus, kas satur jūraszāles; cik daudzi ir ieinteresēti šādu kosmētikas produktu lietošanā; vai jūraszāles tiek uzskatītas par ilgtspējīgām jūras veltēm vai dārzeniņiem; vai patērētāji vēlas redzēt vietēji ražotas jūras veltes; kā patērētāji vērtē Baltijas jūras kā pārtikas ieguves un ražošanas vietas vides stāvokli.

4.2. Pētījuma rezultāti

To patērētāju proporcija, kuri nepērk jūras veltes

Jānorāda, ka gandrīz 14% respondentu vispār nepērk jūras veltes. Turklāt jāuzsver — starp jaunākiem respondentiem šī tendence ir izteiktāka. Tas ir vērtējams kā liels apdraudējums jūras velšu patēriņam nākotnē (33% respondentu vecuma grupā 18–24 un 20% respondentu vecuma grupā 25–34 nepērk jūras veltes).

Analizējot atbildes pēc respondentu dzīvesvietas, redzams, ka visvairāk cilvēku, kas nepērk zivis, ir Vācijā (19%), Igaunijā (18%) un Dānijā (17%). Interesanti ir dati par Poliju, jo šeit, kaut gan jūras velšu individuālais patēriņš nav augsts (kā zināms no statistikas datiem [EUMOFA 2020]), vispārējā tendence ir visai izplatīta (tikai 6% patērētāju vispār nepērk zivis).

Lielā to jauno cilvēku proporcija, kuri apgalvo, ka nepērk jūras veltes, Baltijas jūras reģionā rada lielu draudu zivju tirgus, bet ne obligāti jūras velšu tirgus nākotnei. Pirmkārt, nav skaidri zināms, vai jūraszāles tiek uztvertas kā jūras veltes. Otrkārt, daudzi cilvēki, kuri apgalvo, ka

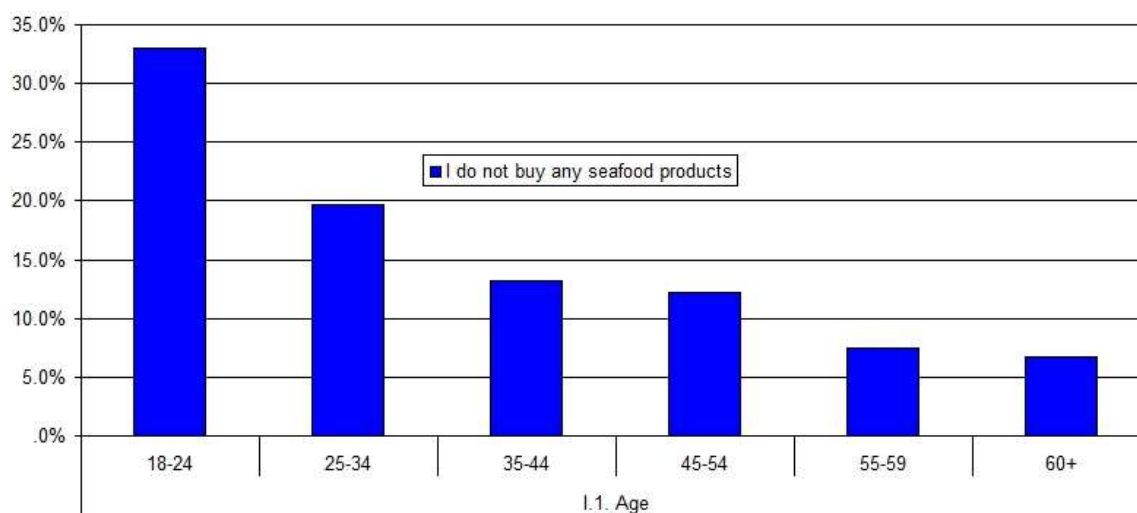
neēd zivis, ir vegāni vai veģetārieši. Viņiem jūraszāles var būt alternatīva jūras veltēm. Tomēr šis jautājums būtu jāpēta padziļināti.

Tabula Nr.9. To patērētāju proporcija, kuri vispār nepērk jūras veltes, dažādās respondentu vecuma grupās.

	Vecums					
	18–24	25–34	35–44	45–54	55–59	60+
Es nepērku nekādus jūras velšu produktus	33,0%	19,7%	13,2%	12,2%	7,4%	6,8%

Avots: Baltijas jūras reģiona valstīs veiktais CAWI pētījums, Polijas Nacionālais jūras zivju izpētes institūts, 2019, n=2040

The percentage of consumers who do not buy seafood at all in the various age groups of respondents



Attēls Nr.31. To patērētāju proporcija, kuri vispār nepērk jūras veltes, dažādās respondentu vecuma grupās.

Avots: Baltijas jūras reģiona valstīs veiktais CAWI pētījums, Polijas Nacionālais jūras zivju izpētes institūts, 2019, n=2040

Produkta izcelsme

Respondentiem, kuri mēdz pirkt jebkāda veida jūras veltes, tika vaicāts, vai jūras velšu izcelsmei viņuprāt ir kāda nozīmē un, ja tā, tad — kādas izcelsmes jūras veltēm viņi dod priekšroku.

Vairāk nekā 20% respondentu atzina, ka viņi pērk jūras veltes, bet īpašu uzmanību to izcelsmei nepievērš. Visvairāk (virs 25%) šādu viedokli pauda aptaujas dalībnieki Latvijā un Lietuvā. Savukārt šāda attieksme nav vērojama dāņiem, somiem un vāciešiem (šādam viedoklim piekrita vien 16%), kuriem, kā redzams, produkta izcelsme ir svarīga.

Baltijas jūra kā jūras velšu izcelsmes vieta ir īpaši iecienīta Polijā (32%), Latvijā (26%) un Ziemeļvācijā (31%). Zviedrijā 19% patērētāju priekšroku dod produktiem no Baltijas jūras (jāuzsver, ka 34% patērētāju ir iecienījuši Ziemeļjūrā iegūtas zivis), līdzīga situācija ir Dānijā

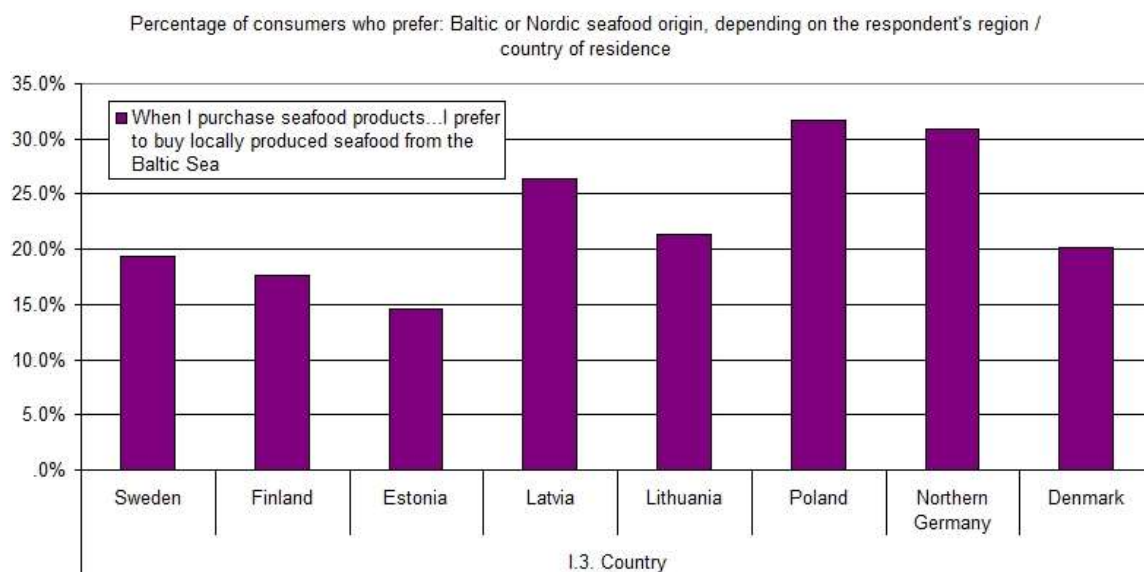
(20% — Baltijas jūra, 26% — Ziemeļjūra) un Igaunijā (18% — Baltijas jūra, 35% — Ziemeļjūra). Liela daļa patērētāju vienkārši norāda, ka viņi meklē savā valstī ražotus produktus. Visetnocentriskākie respondenti ir: Somijā (48%), Dānijā (40%), Igaunijā (37%), Polijā (37%) un Latvijā (36%). Retāk tieši savā valstī ražotus produktus meklē Vācijas (27%) un Lietuvas (28%) iedzīvotāji.

Raugoties no GRASS projekta skatupunkta, svarīgs novērojums ir fakts, ka, lai gan vairums patērētāju dod priekšroku jūras veltēm, kas nākušas no vietējiem, reģionāliem vai vismaz Eiropas ražotājiem, Baltijas jūras reģiona produkciju ir iecienījuši mazāk nekā ceturtnā daļa patērētāju. Tas jūraszāļu ražotājiem Baltijas jūras reģionā iezīmē virzienu nākotnes pārdošanas veicināšanas pasākumiem. Atslēgvārdi ir “vietējās izcelsmes” vai (Ziemeļu reģionu gadījumā) “Ziemeļjūra / Ziemeļvalstis”.

Tabula Nr.10. To patērētāju proporcija, kuri dod priekšroku Baltijas jūrā vai Ziemeļjūrā iegūtām jūras veltēm, pēc respondenta dzīvesvietas valsts / reģiona.

	I.3. Valsts / reģions								
	Kopā	Zviedrija	Somija	Igaunija	Latvija	Lietuva	Polija	Ziemeļvācija	Dānija
Kad pārku jūras velšu produktus, izvēlos vietējos produktus no Baltijas jūras	22,7%	19,4%	17,6%	14,6%	26,4%	21,3%	31,7%	30,8%	20,2%

Avots: Baltijas jūras reģiona valstīs veiktais CAWI pētījums, Polijas Nacionālais jūras zivju izpētes institūts, 2019, n=2040



Attēls Nr.32. To patērētāju proporcija, kuri dod priekšroku Baltijas jūrā vai Ziemeļjūrā iegūtām jūras veltēm, pēc respondenta dzīvesvietas valsts / reģiona.

Avots: Baltijas jūras reģiona valstīs veiktais CAWI pētījums, Polijas Nacionālais jūras zivju izpētes institūts, 2019, n=2040

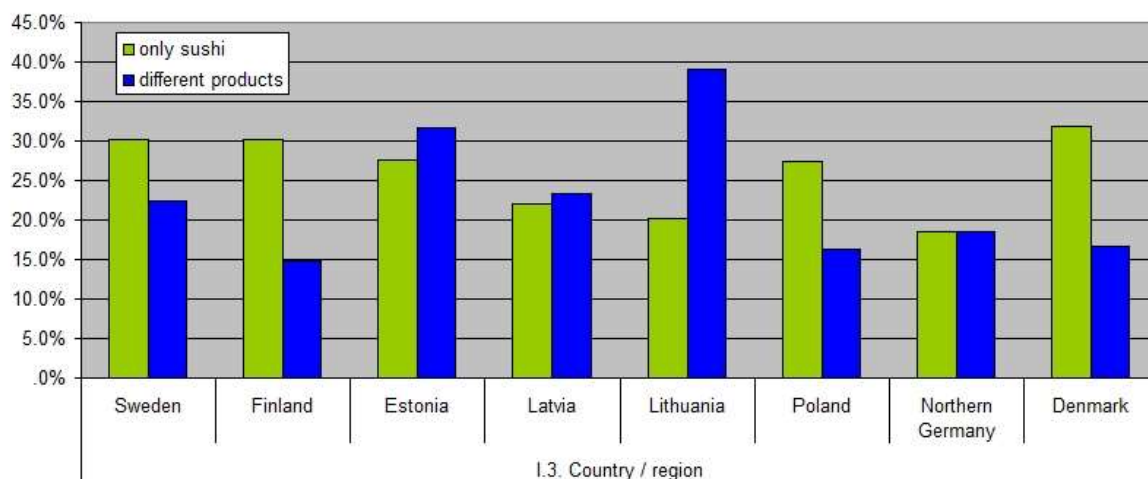
Zināšanas par produkciju — jūraszāļu patēriņš

Visā pētījumā vairāk nekā puse respondentu norādīja, ka nekad nav ēduši jūraszāles, vai arī nespēja atbildēt uz šo jautājumu.

26% respondentu Baltijas jūras reģionā atbildēja, ka ir ēduši jūraszāles, bet tikai kā suši sastāvdaļu, bet gandrīz katrs ceturtais (23%) patērētājs norādīja, ka ir pagāršojuši jūraszāles arī citā veidā (piemēram, salātos, zupās, uzkodās). Kopumā 49% patērētāju Baltijā ar jūraszālēm ir saskārušies jebkādā to ēdamā formā. Lielākā proporcija patērētāju, kuri ir ēduši jebkādus jūraszāļu produktus, ir Igaunijā (59%), Lietuvā (59%) un Zviedrijā (53%). Tajā pašā laikā visvairāk patērētāju, kuri ir ēduši jūraszāļu produktus, kas nav suši, dzīvo Lietuvā (39%), Igaunijā (32%), Latvijā (23%) un Zviedrijā (23%).

Jāatzīmē — lai arī nedaudz biežāk jūraszāles kā suši sastāvdaļu lieto patērētāji < 35 gadu vecumgrupā, tās citā formā biežāk ir pagāršojuši patērētāji vecumā virs 35 gadiem. Līdz ar to jāsecina, ka daži jūras velšu produkti (suši, uzkodas) ir daļa no jaunākās patērētāju paaudzes “modes ēdieniem”, bet citi produkti pieder tradicionālās virtuves kanonam (īpaši Igaunijā, Latvijā un Lietuvā, kur tā saucamos jūras kāpostus pārsvarā ir iecienījuši patērētāji no vecākām paaudzēm).

Percentage of consumers who ate seafood - only in form of sushi or also in other forms, depending on the respondent's region / country of residence



Attēls Nr.33. To patērētāju proporcija, kuri ir ēduši jūras veltes tikai suši veidā vai arī citā formā, pēc respondenta dzīvesvietas valsts / reģiona.

Avots: Baltijas jūras reģiona valstīs veiktais CAWI pētījums, Polijas Nacionālais jūras zivju izpētes institūts, 2019, n=2040

Tabula Nr.11. To patērētāju proporcija, kuri ir ēduši jūras veltes tikai suši veidā vai arī citā formā, pēc respondenta vecuma.

I.3. Valsts / reģions							
Zviedrija	Somija	Igaunija	Latvija	Lietuva	Polija	Ziemeļvācija	Dānija

Tikai suši	30,2%	30,2%	27,7%	22,1%	20,2%	27,4%	18,6%	31,8%
Citi produkti	22,5%	14,9%	31,6%	23,3%	39,1%	16,3%	18,6%	16,7%

Avots: Baltijas jūras reģiona valstīs veiktais CAWI pētījums, Polijas Nacionālais jūras zivju izpētes institūts, 2019, n=2040

Gatavība pagaršot jūraszāles

Visai daudz — 34% — patērētāju norādīja, ka viņi “varētu pagaršot” jūraszāļu produktus. Šis rezultāts paver salīdzinoši plašas attīstības iespējas ēdamo jūraszāļu produktu tirgum nākotnē. Šādu potenciālo jaunu klientu loks, ko ir iespējams piesaistīt tuvā nākotnē, ir īpaši liels vecuma grupā no 45 līdz 59 gadiem. Tas, iespējams, skaidrojams ar citu pētījumu rezultātiem (ProHealth, 2017) un no tiem izrietošo faktu, ka šajā vecumā cilvēkus interesē veselību veicinoši produkti.

Iedalot respondentus ģeogrāfiski, redzams, ka nākotnē jūraszāles iegādāties visvairāk gatavi ir patērētāji Somijā (45%), Latvijā (37%), Dānijā (35%) un Vācijā (34%). Vismazākais potenciālo jauno pircēju skaits ir Polijā (28%), kaut gan arī šāda proporcija paver plašas iespējas ražotājiem un tirgotājiem.

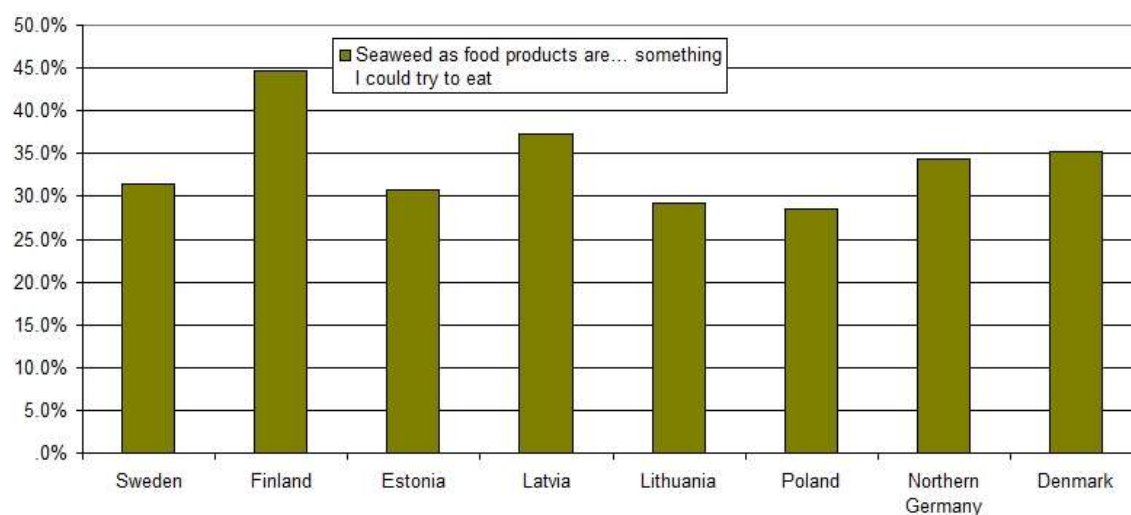
Jāatzīmē, ka daudzi patērētāji ir ieinteresēti pagaršot no jūraszālēm iegūtus uztura bagātinātājus. Visā Baltijas jūras reģionā šo patērētāju proporcija ir 23%. Īpašu interesei jūraszāļu uztura bagātinātāju izmēģināšanā izrādīja respondenti Lietuvā (32%) un Somijā (31%). Zviedri šajā jautājumā ir visskeptiskākie (jeb racionālākie?). Proti, Zviedrijā tikai 15% patērētāju būtu gatavi izmēģināt šādus produktus. Arī dāņi šajā ziņā ir visai piesardzīgi (19%).

Tabula Nr.12. To patērētāju proporcija, kuri nākotnē varētu pagaršot jūraszāļu produktus.

	I.3. Valsts / reģions							
	Zviedrija	Somija	Igaunija	Latvija	Lietuva	Polija	Ziemeļvācija	Dānija
Jūraszāles kā pārtikas produkts ir kaut kas tāds, ko es varētu mēģināt ēst	31,4%	44,7%	30,8%	37,2%	29,2%	28,6%	34,4%	35,3%

Avots: Baltijas jūras reģiona valstīs veiktais CAWI pētījums, Polijas Nacionālais jūras zivju izpētes institūts, 2019, n=2040

Percentage of consumers open to try seaweed products in the future



Attēls Nr.34. To patērētāju proporcija, kuri nākotnē varētu pagaršot jūraszāļu produktus.

Avots: Baltijas jūras reģiona valstīs veiktais CAWI pētījums, Polijas Nacionālais jūras zivju izpētes institūts, 2019, n=2040

Ticība jūraszāļu sniegtajiem ieguvumiem veselībai

Vairāk nekā 30% patērētāju reģionā uzskata, ka jūraszāles ir pārtikas produkts, kam piemīt veselību veicinošas īpašības. Tās ir lieliskas ziņas ražotājiem un izplatītājiem, jo dod pamatu plaša tirgus iekarošanai. Jūraszāļu sniegtos ieguvumus veselībai īpaši novērtē patērētāji vecuma grupā virs 45 gadiem. Tajā pašā laikā ir secināms, ka ir jāuzlabo komunikācija ar jaunāka gadagājuma patērētājiem, jo jaunākajās vecumgrupās zināšanas par šādām jūraszāļu priekšrocībām ir daudz vājākas. Uzskatāms, ka biežāk uz jūraszāļu sniegtajiem ieguvumiem veselībai paļaujas sievietes, un tas var palīdzēt definēt jūraszāļu produktu mērķauditoriju nākotnē.



Attēls Nr.35. Jūraszāles tiek uzskatītas par veselīgu un mūsdienīgu pārtikas produktu.

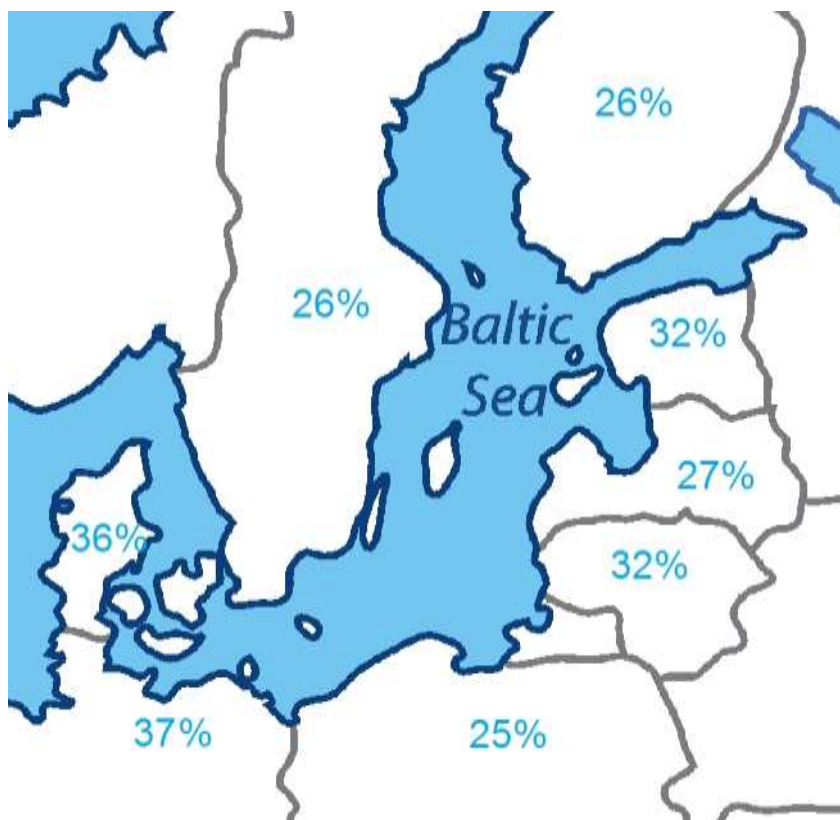
Avots: 23rf.com

Pārlicināti par jūraszāļu sniegtajiem ieguvumiem veselībai ir iedzīvotāji Ziemeļvācijā (37%), Dānijā (36%), Igaunijā (32%) un Lietuvā (32%). Citās reģiona valstīs šādam viedoklim piekrt aptuveni 25% patērētāju.

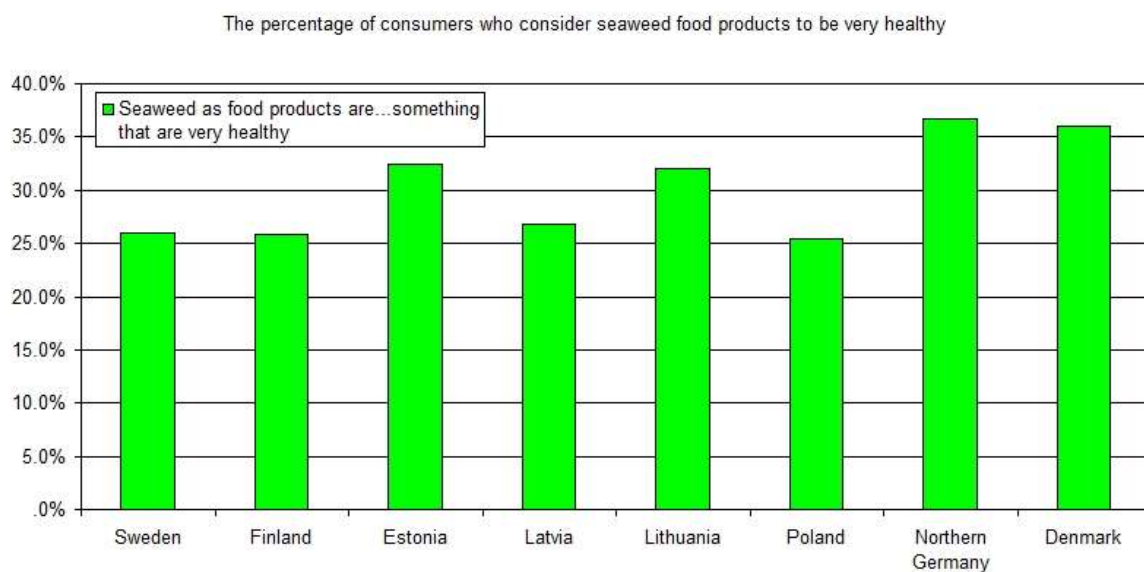
Tabula Nr. 13. To patērētāju proporcija, kuri uzskata, ka jūraszāļu pārtikas produkti ir ļoti veselīgi.

	I.3. Valsts / reģions							
	Zviedrija	Somija	Igaunija	Latvija	Lietuva	Polija	Ziemeļvācija	Dānija
Jūraszāles kā pārtikas produkts ir kaut kas ļoti veselīgs.	26,0%	25,9%	32,4%	26,7%	32,0%	25,4%	36,8%	36,0%

Avots: Baltijas jūras reģiona valstīs veiktais CAWI pētījums, Polijas Nacionālais jūras zivju izpētes institūts, 2019, n=2040



Attēls Nr.36. Karte attēlo to patērētāju proporciju, kuri uzskata, ka jūraszāļu pārtikas produkti ir ļoti veselīgi



Attēls Nr.37. To patērētāju proporcija, kuri uzskata, ka jūraszāļu pārtikas produkti ir ļoti veselīgi.

Avots: Baltijas jūras reģiona valstīs veiktais CAWI pētījums, Polijas Nacionālais jūras zivju izpētes institūts, 2019, n=2040

Interese par kosmētikas produktiem, kuros izmantotas jūraszāles

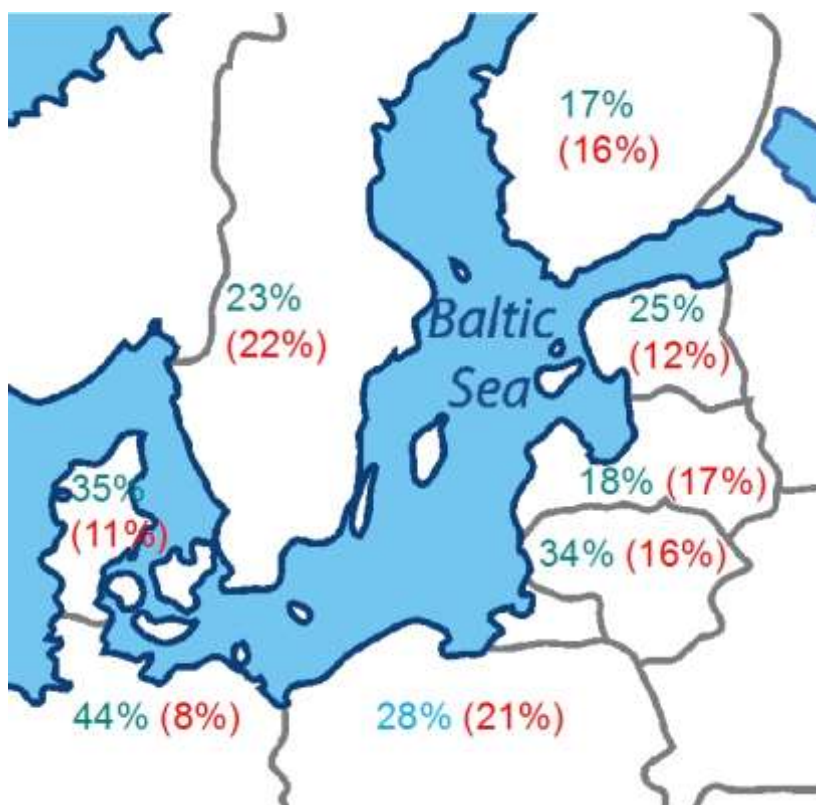
Baltijas jūras reģiona tirgū ir pieejams plašs tādu kosmētikas produktu klāsts, kuros ir izmantotas jūraszāles. Turklāt klienti to ir pamanījuši. Katrs ceturtais respondents (25%) uzskata, ka šie produkti ir ļoti veselīgi ādai, bet 11% atzina, ka ar prieku lieto šādus produktus. Gandrīz 46% patērētāju (ar statistiski nozīmīgu sieviešu pārsvaru) nākotnē vēlas izmēģināt kādus jūraszāļu kosmētikas produktus. Īpašu interesi par šādiem produktiem izrādīja patērētāji Polijā un Vācijā.

Patērētāju viedoklis par Baltijas jūras izcelsmes produktu veselīgumu

Aptaujas beigās respondentiem tika lūgts novērtēt vides stāvokli Baltijas jūrā kā vietā, kur tiek ražotas jūras veltes, tostarp jūraszāles. Šī jautājuma atbilžu struktūra daļēji izskaidro, kāpēc tik maz aptaujāto patērētāju Baltijas jūru norāda kā iecienītāko jūras velšu izcelsmes vietu.

Lai gan vairāk nekā 40% respondentu atzina, ka Baltijas jūra ir interesanta vieta importētajiem produktiem alternatīvu pārtikas produktu ražošanai, 34% patērētāju uzskata, ka Baltijā ražota pārtika būtu jālieto "piesardzīgi", bet 15% ir pārliecināti, ka Baltijas jūrā iegūtās jūras veltes ir piesārņotas / neveselīgas. Bažas par Baltijas jūras vides stāvokli un Baltijas jūrā iegūto jūras velšu nekaitīgumu pauž patērētāji visās reģiona valstīs, bet it īpaši Zviedrijā un Polijā.

Kopumā patērētājiem ir visai pretēji viedokļi par Baltijas jūrā novejoto zivju drošu patēriņu. Secināms, ka tikai tie patērētāji, kuri Baltijas jūru uzskata par augstas kvalitātes, nekaitīgu produktu avotu, var būt uzturā paredzētās jūraszāļu produkcijas mērķauditorija nākotnē. Pozitīvi, ka lielākā daļa cilvēku, kuri Baltijas jūras veltes uzskata par kvalitatīvu un drošu produktu, ir starp gados jaunākajiem patērētājiem.



Attēls Nr.38. To patērētāju proporcija, kuri uzskata, ka Baltijas jūrā iegūtās jūras veltes (ieskaitot jūraszāles) ir labas kvalitātes vietējs produkts (zaļā krāsā) pret patērētājiem, kuri uzskata, ka Baltijas jūras produkti ir piesārņoti / neveselīgi (sarkanā krāsā)

Avots: Baltijas jūras reģiona valstīs veiktais CAWI pētījums, Polijas Nacionālais jūras zivju izpētes institūts, 2019, n=2040

Tabula Nr. 14. To patērētāju proporcija, kuri uzskata, ka Baltijas jūrā iegūtās jūras veltes (ieskaitot jūraszāles) ir labas kvalitātes vietējs produkts.

	Kopā	I.1. Vecums					
		18-24	25-34	35-44	45-54	55-59	60+
Baltijas jūras veltes (ieskaitot jūraszāles) ir labas kvalitātes vietējā pārtika	28,0%	30,5%	31,8%	26,6%	27,2%	28,0%	26,4%

Patērētāju pētījuma rezultātu kopsavilkums

Jānorāda, ka patērētājiem Baltijas jūras reģionā ir pozitīvs priekšstats par jūraszālēm. Puse patērētāju šādus produktus jau ir pamanījuši un pat izmēģinājuši. Katrs desmitais reģiona iedzīvotājs apgalvo, ka viņiem šie produkti patīk, bet katrs trešais uzskata, ka šie produkti dod ieguvumu veselībai. No cilvēkiem, kuri jūraszāles vēl nav pagaršojuši, lielākā daļa pauž gatavību to darīt. Patērētāji pozitīvi izsakās arī par kosmētikas produktiem, kuru ražošanā izmantotas jūraszāles. Šādu pozitīvu jūraszāļu tēlu galvenokārt ir palīdzējuši radīt mediji, arī sociālie mediji, kur atrodama pārsvarā (vai pat tikai) pozitīva informācija par jūraszālēm. Tāpēc, ņemot vērā pieaugošo veģetāriešu proporciju, jūraszāles daudziem patērētājiem ir alternatīva citām jūras veltēm (zivīm, vēžveidīgajiem, gliemjiem), bet citiem — interesants un veselīgs papildinājums ikdienas uzturam.

5. Makroaļģu tirgus lielums Baltijas jūras reģionā

(Tomasz Kulikowski)

5.1. Vietējā produkcija

Kā liecina GRASS projekta ietvaros ievāktie dati, Baltijas jūras reģionā ir 2 ražotāji Zviedrijā (rietumkrastā — akvakultūra), 2 ražotāji Igaunijā (vākšana), 7 ražotāji Dānijā (rietumkrastā — pārsvarā akvakultūra) un 2 uzņēmumi Vācijā (akvakultūra).

Kā liecina Eiropas Komisijas Kopīgā pētniecības centra Bioekonomikas zināšanu centra dati, no 2014. gada līdz 2016. gadam Dānijā tika iegūtas aptuveni 100 tonnas jūraszāļu, bet Igaunijā — aptuveni 500 tonnas (Dos Santos, 2019). Dati varbūt ir nedaudz optimistiski, jo, kā liecina jaunākie avoti, ražošana Igaunijā ir samazinājusies no 450–550 tonnām 2014.–2016. gadā līdz mazāk nekā 70 tonnām 2019. gadā (2018. gadā nav neviena loma) (Kasuk, 2020).



Attēls Nr.39. Makroaļģu vākšana Igaunijā.

Avots: Kärt Lehis / Vetik OÜ

Saskaņā ar FAO datiem Dānijā no 2011. līdz 2015. gadam jūraszāļu audzēšanai tika izsniegtas septiņas licences (lielākā saimniecība aizņēma 1 km²). Komerciālās ražošanas pamatā bija *Saccharina latissima*, bet izmēģinājuma laukos tika audzētas *Palmaria palmata* un *Fucus vesiculosus* aļģes. Akvakultūras ražošanas apmērs Dānijā no 1 tonnas 2009. gadā pieauga līdz 10 tonnām 2014. gadā. Jūraszāļu vākšanā ir iesaistīti aptuveni 20 uzņēmumi, kuri pārsvarā nodrošina iekšējo tirgu. Kā liecina Eiropas Komisijas Kopīgā pētniecības centra Bioekonomikas zināšanu centra dati, no 2014. gada līdz 2016. gadam Dānijā tika iegūtas 100 tonnas jūraszāļu (FAO, 2018; Dos Santos, 2019). Kā liecina FAO statistika, brūnaļģu akvakultūras apmērs Dānijā 2013. gadā bija 1800 tonnu, bet pēc tam tas samazinājās līdz 100 tonnām 2014.–2016. gadā un tikai 10–12 tonnām 2017.–2018. gadā (kā rāda statistika, ražošanas apmērs 2019. gadā bija 0). Iespējams, šos datus ietekmē kļūdaini ziņojumi.

Neskatoties uz pretrunām statistikas datus, ražošanas apmērs Baltijas jūras reģionā irniecīgs un nenodrošina pat 1% pieprasījuma pēc jūraszālēm.

5.2. Imports

ES valstis, kas atrodas Baltijas jūras reģionā, importē gandrīz 100% makroaļģu izejvielu. Statistikas dati par ārējo tirdzniecību attiecībā uz makroaļģu produktiem nav īpaši precīzi. Tomēr starptautiskie muitas kodi (HS/KN kodi) statistikā ļauj izšķirt šādas produktu grupas:

- jūraszāles un citas aļģes — derīgs lietošanai pārtikā (121221);
- jūraszāles un citas aļģes — citi (121229);
- agars (130231);
- karagināns (13023290);
- algīnskābe, tās sāļi un esteri (391310).

Diemžēl daudzi uzņēmumi jūraszāļu produktus, it īpaši pārstrādātu pārtiku, importē ar citu kodu, piemēram, *nori* un jūraszāļu uzkodas tiek importētas ar kodu 200899 (ēdamās sarkanās un zaļās aļģes ar piedevām), 210690 (citur neklasificēti un neiekļauti pārtikas izstrādājumi), u. c. Tas diemžēl neļauj veikt precīzu tirgus novērtējumu, un varam secināt, ka šī tirgus apmērs ir daudz lielāks, nekā to atspoguļo oficiālā statistika.

Tabula Nr.15. Jūraszāļu produktu importa apmērs ES valstīs, kas atrodas Baltijas jūras reģionā.

	Importa apmērs (2020), tonnās			
	Ēdamās jūraszāles	Citas jūraszāles	Agars	Algināti
Dānija	387	7436	58	629
Vācija	1324	1107	475	1913
Igaunija	49	0	1	9
Latvija	42	74	5	3
Lietuva	217	0	40	42
Polija	137	1435	234	479
Somija	56	77	0	32
Zviedrija	193	228	5	89
Baltijas jūras reģions	2405	10 358	817	3196

Avots: Eurostat (datubāze atjaunināta 30.04.2021.)



Attēls Nr.40. No Āzijas importētas jūraszāļu uzskodas lielveikalā Rīgā (Latvija, 2020. gada februāris)

Autors: T. Kulikowski

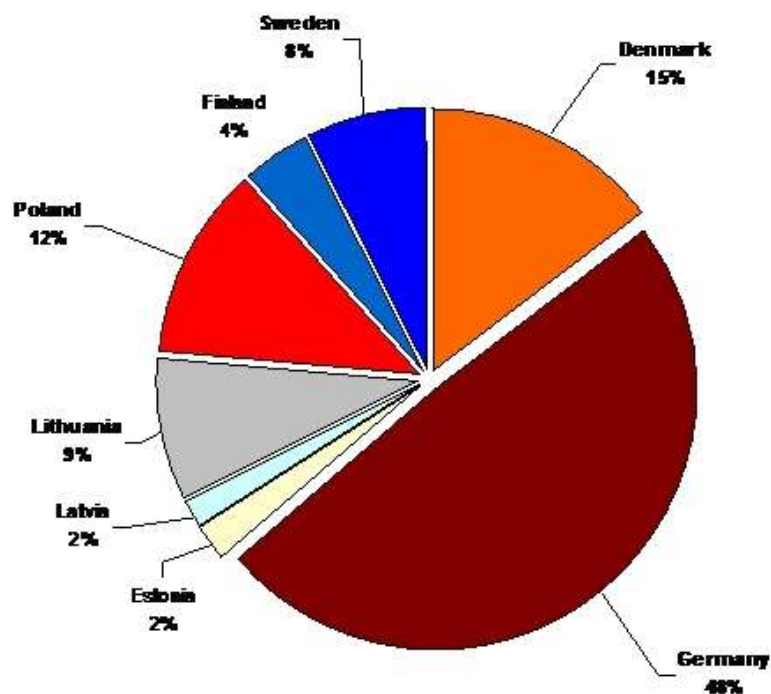
Tabula Nr.16. Jūraszāļu produktu importa vērtība ES valstīs, kas atrodas Baltijas jūras reģionā.

	Importa apmērs (2020), eiro			
	Ēdamās jūraszāles	Citas jūraszāles	Agars	Algināti
Dānija	387	7436	58	629
Vācija	1324	1107	475	1913
Igaunija	49	0	1	9
Latvija	42	74	5	3
Lietuva	217	0	40	42
Polija	137	1435	234	479
Somija	56	77	0	32
Zviedrija	193	228	5	89
Baltijas jūras reģions	2405	10 358	817	3196

Avots: Eurostat (datubāze atjaunināta 30.04.2021.)

Jūraszāļu imports

Lietošanai pārtikā derīgo jūraszāļu (kods 121221) imports ES valstīs, kas atrodas Baltijas jūras reģionā, saskaņā ar Eurostat datiem 2020. gadā ir lēšams 2400 tonnu (17 miljonu eiro) apmērā. Pēdējo piecu gadu laikā par 44% ir pieaudzis ēdamo (svaigu, saldētu, žāvētu, pārstrādātu) jūraszāļu importa vērtības apmērs. Lielākās importētājvalstis ir: Vācija (1100 tonnas), Zviedrija (286 tonnas) un Dānija (214 tonnas).



Attēls Nr.41. Ēdamo jūraszāļu importētāji Baltijas jūras reģiona ES valstīs.

Avots: T. Kulikowski izstrādāts, balstoties uz Eurostat-Comex datiem

Tabula Nr.17. Izmaiņas ēdamo jūraszāļu importa apmērā Baltijas jūras reģiona ES valstīs.

	Izmaiņas importa vērtībā [2020/2016]
Igaunija	+453%
Lietuva	+389%
Vācija	+70%
Dānija	+60%
Somija	+6%
Zviedrija	+1%
Latvija	-8%
Polija	-22%

Avots: T. Kulikowski izstrādāts, balstoties uz Eurostat-Comex datiem

2019. gadā 1212 grupas importēto produktu vidējā cena bija 2188 eiro par tonnu, bet 121221 grupā (tikai lietošanai pārtikā derīgās jūraszāles) cena bija 8048 eiro par tonnu.

Runājot par Baltijas jūras reģionu, ir svarīgi pieminēt arī būtisko jūraszāļu importa apmēru Baltkrievijā un Krievijas Federācijā. Datus par Krieviju gan nevar iekļaut informācijā par Baltijas jūras reģiona tirgu, jo Krievijas dati attiecas uz visu Krievijas Federācijas teritoriju, bet jūraszāļu importa apmērs šajā valstī 2020. gadā bija 2238 tonnas, kuru vērtība lēšama 25,2 miljoni eiro. 2019. gadā Baltkrievija importēja 841 tonnu jūraszāļu, kuru kopējā vērtība sasniedza 2,2 miljonus eiro. [Avots: EUMOFA, piekļūts 21.04.2020.]

Agara imports

Kaut arī agaram ir daudz aizstājēju, tas joprojām ir svarīgs produkts tirgū. Piemēram, Baltijas jūras reģiona ES valstīs 2020. gadā importēja 829 tonnas agara. Šī importa vērtība bija 15 miljoni eiro. Lielākās importētājvalstīs bija: Vācija (590 tonnu) un Polija (305 tonnu).

Iepriekš, 2017.–2019. gadā agara importa apmērs saruka par 22%. Tajā pašā laikā pieauga citu no augu produktiem iegūtu recinātāju un biezinātāju (CN kods 130239) imports.

Ievestā agara vidējā cena bija 17,300 eiro par tonnu, kas ir par 12% mazāk, nekā 2017.–2018. gadā.



Attēls Nr.42. Baltijas jūras reģiona ES valstīs 2018.–2020. gadā ieveda aptuveni 1000 tonnu agara gadā.

Avots: 123rf.com

Algīnskābes, tās sāļu un esteru imports

2020. gadā Baltijas jūras reģiona ES valstis ieveda 3735 tonnas algīnskābes, tās sāļu un esteru. Šī importa vērtība lēšama 56 miljonos eiro.

Galvenie šo vielu importētāji 2019. gadā bija: Vācija (2213 tonnas), Dānija (689 tonnas) un Polija (395 tonnas).

Vidējā alginātu cena 2019. gadā bija 9300 eiro par tonnu, kas ir par aptuveni 3% mazāk, nekā 2017.–2018. gadā. Jāatzīmē, ka Vācijā ievesto alginātu vidējā cena 2019. gadā bija 19 000 eiro/tonna, bet Igaunijā, Somijā un Lietuvā šī cena bija 26 000 eiro/tonna. Tikmēr Polijā ievesto alginātu cena bija tikai 10 500 eiro/tonna. Lielās atšķirības alginātu cenā (uz robežas) var būt saistītas gan ar ievestā produkta kvalitāti, gan ar iepakojuma veidu (iepakojums izplatīšanai mazumtirdzniecībā vai ražošanai paredzēts iepakojums vairumtirdzniecībai).

6. Audzēšanai, ievākšanai un vākšanai no krasta Baltijas jūras reģionā piemērotās makroaļģu sugas

(Magdalena Jakubowska)

6.1. Makroaļģu sugas

Baltijas jūras atklātā daļa un piegulošie baseini

Fucus vesiculosus

Brūnaļģes *Fucus vesiculosus* jau gadsimtiem ilgi ir izmantotas pārtikā un medicīnā, pārsvarā gan tas ir aktuāli Āzijas valstīs (Stansbury et al., 2011). Šīs aļģes ir labi zināms fukoidāna (polisaharīda sulfāta) avots; fukoidānam ir antioksidējošas, imūnsistēmu stimulējošas, pretvēža, pretiekaisumu, antibakteriālas, pretvīrusu un antikoagulanta iedarbība (Fitton, 2011). No šīs sugas aļģēm iegūtais fukoidāns ir pieejams komerciālā mērogā (Nishino et al., 2014; Merck, 2020). Turklāt, pateicoties fukoksantīna un polifenolu augstajam saturam, *F. vesiculosus* ekstraktiem ir ļoti izteiktas antioksidējošas īpašības (Jimenez-Escrig et al., 2001; Diaz-Rubio et al., 2009). *F. vesiculosus* ir arī daudzās pārtikas piedevās izmantots joda avots (Restani et al., 2008). Bet Īrijā šīs sugas aļģes tiek izmantotas algināta ražošanā (Peteiro, 2018). *F. vesiculosus* komerciālos mērogos tiek vāktas Īrijā (Wild Irish Seaweeds, 2020), Francijā (Mesnildrey et al., 2012), Spānijā (Gallardo et al., 1990), Kanādā (Nova Scotia Fisherman, 2020) un ASV (Maine Coast Sea Vegetables, 2020). Baltijas jūras reģionā šo aļģu ieguve nekad nav bijusi mērāma komerciālos apmēros, taču nesen ir īstenotas pāris iniciatīvas šīs sugas kultivēšanai (FucoSan, 2020; Meichssner et al., 2020; Origin by Ocean, 2020). Baltijas jūrā šīs aļģes ir plaši sastopamas uz stingra substrāta un bieži vien dominē seklās makroaļģu audzēs (Torn et al., 2006). Tā kā suga jutīgi reaģē uz vides izmaiņām, dažu pēdējo desmitgažu laikā ir vērojama tās augšanas dziļuma samazināšanās, kas saistāms ar pieaugošo eitrofikāciju un konkurenci ar ātri augošajām šķiedrveidīgajām makroaļģēm (Kautsky et al., 1986; Råberg et al., 2005; Torn et al., 2006; Graiff et al., 2015). Turklāt ir saņemti ziņojumi par šo aļģu bagātīgo krājumu samazināšanos vai pat vietēja mēroga izzušanu atsevišķās teritorijās, savukārt citur atkal ir novērotas sugas atgūšanās pazīmes (Pliński et al., 1992; Berger et al., 2004).



Attēls Nr.43. Brūnaļģe *Fucus vesiculosus* pludmalē, Polijā. Autors: T. Kulikowski

Ulva intestinalis

Ulva intestinalis ir visā pasaulē litorālajās zonās plaši sastopama zaļāļģe, kura labi piemērojas dažādiem ūdens sāļuma līmeņiem (Reed, Russel, 1979). Tā ir arī galvenā makroaļģe, kura aug uz akmeņainās Baltijas piekrastes gultnes un kuras nepiestiprinātās formas veidotie peldošie paklāji bieži vien ir vērojami un pat dominē piekrastes biomasā (Bäck et al., 2000). *U. Intestinalis*, reaģējot uz augstu slāpekļa koncentrāciju, to efektīvi uzņem, tāpēc šīs aļģes masveidā savairojas eitrofiskās teritorijās un it īpaši vasarā (Bäck et al., 2000; Fong et al.,

2004). Turklāt tā kā šīs sugas aļģes labi pacieš dažādus vides apstākļus, sezonālas izmaiņas un uzrāda unikālas fotosintēzes spējas (spēju uzņemt HCO_3), tās ir sastopamas arī teritorijās, kur apstākļi nav labvēlīgi citu sugu aļģēm (Bäck et al., 2000; Bjork et al., 2004). *Ulva* ģintij piederošās aļģu sugas ir ekonomiski vērtīgas, un tās ir derīgas lietošanai pārtikā, jo satur daudz minerālu, būtiskās aminoskābes un hemicelulozi (Aguilera-Morales et al., 2005). Šajās aļģēs ir arī daudz polisaharīdu sulfātu, kam piemīt antioksidējošas un imūnmodulāras īpašības, tāpēc tās var tikt izmantotas komplementārajā medicīnā vai kā funkcionālā pārtika (Peasura et al., 2016). Kaut gan Āzijā daudzas *Ulva* ģints aļģu sugas tiek izmantotas pārtikā vai medicīnā, tieši *U. intestinalis* cilvēki joprojām izmanto reti (Zemke-White, Ohno, 1999). Neraugoties uz to, Japānā šīs aļģes tomēr tiek audzētas (Ohno, Critchley, 1993; McHugh et al., 2003). Taizemē *U. intestinalis* tiek izmantota kā barība un bioloģiskais filtrs akvakultūrā, it īpaši lielo tīģergarneļu audzētavu dīķos (Ruangchuay et al., 2012). Kā liecina līdz šim veiktie eksperimentālie pētījumi, šīs sugas aļģes ir piemērotas arī audzēšanai laboratorijā / recirkulācijas sistēmās (Ruangchuay et al., 2012; Balina et al., 2017). Eksperimentālas *U. intestinalis* audzes ir tikušas ierīkotas arī dabiskā vidē — Somu līcī un Puckas līcī netālu no notekūdeņu attīrīšanas stacijas izplūdes vietām, lai palielinātu šīs aļģes populāciju un atbrīvotos no lielā ūdenī esošā barības vielu daudzuma (Kovaltchouk, 1996; Kruk-Dowgiałło, Dubrawski, 1998). Eksperiments uzrādīja augstu efektivitāti un tā rezultātā tika gūta ļoti liela raža (līdz 82 000 kg svaigas masas uz hektāru no maija līdz septembrim), raža bija īpaši izteikta, ja tika lietots mākslīgais substrāts.



Attēls Nr.44. Zaļā aļģe *Ulva intestinalis*, Polijā. Autors: M. Jakubowska

Furcellaria lumbricalis

Sārtaļģe *Furcellaria lumbricalis* ir vienīgā Baltijas jūras makroaļģu suga, kas tiek iegūta komerciālā mērogā (Weinberger et al., 2020). Šīs lēnu augošās daudzgadīgās aļģes komercvērtība izriet no tās strukturālā polisaharīda — furcellerāna — želēšanas īpašībām. Sākotnēji šo vielu dēvēja par agaru, bet turpmāki pētījumi atklāja, ka tas patiesībā ir cits, unikāls polisaharīds, kurš vairāk līdzinās kapa un beta karagināniem (Bird et al., 1991) un kura želēšanas īpašības to ierindo starp karaginānu un agaru (Laos, Ring, 2005). *F. lumbricalis* ir raksturīga piestiprināta vai nepiestiprināta (brīvi guloša/ *aegagropila*) lapaņa forma, kas ir divi atšķirīgi šīs sugas ekotipi (Austin, 1960; Martin et al., 2006). Brīvi gulošā šo aļģu forma vairojas tikai veģetatīvi (Austin, 1960; Bird et al., 1991), tā bija bagātīgi savairojusies Dānijas ūdeņos (Kategatā), Polijas ūdeņos (Puckas līcī) un Igaunijai piegulošajā

jūras teritorijā (Kasari līcī) un kopš 1900. gadu vidus tika iegūta furcellerāna ražošanai (Austin, 1960; Trokowicz, Skrodzki, 1963, 1964; Ślesieńska, 1977; Martin et al., 2006). Ārpus Baltijas jūras reģiona *F. Lumbricalis* komerciāli ieguva arī Kanādā 1970.–1990. gadā (Bird et al., 1991). Diemžēl 1970.–1980. gadā šīs sugas populācija būtiski samazinājās Puckas līča eitrofikācijas dēļ (Pliński, Florczyk, 1984; Kruk-Dowgiało, 1991) vai arī kā rezultāts intensīvai aļģu vākšanai Kategatā (Weinberger et al., 2020). Mūsdienās, pateicoties šīs sugas lielajai izplatībai Kasari līcī, Igaunija ir vienīgā valsts, kura *F. lumbricalis* furcellerāna ražošanai izmanto komerciālā mērogā, bet nesen šīs aļģes sāktas izmantot arī industriāla mēroga fikoeritrīna ražošanai kosmētikas nozarei (Kersen et al., 2009; EstAgar, 2020; Vetik, 2021). Kopš 2011. gada *F. lumbricalis* krājumi Igaunijā ir stabilizējušies un lēšami 110–120 10³ tonnu apmērā (mitrā biomasa), un aizņem 170–180 km² platību (Martin et al., 2006). Šobrīd gultnes tralēšana *F. lumbricalis* ieguvei ir ierobežota līdz 2000 tonnām mitrās masas gadā (Paalme, 2017). Turklāt komerciālai izmantošanai tiek vākti arī krastā izskalotie un pludmalē atrodami brīvi peldošie un piestiprinātie *F. lumbricalis* lapoņi (Paalme, 2017). Kaut gan aļģu piestiprinātajā formā ir ievērojami augstāks furcellerāna saturs (Kersen et al., 2017 no Tuvikene et al., 2010), šim ekotipam ir raksturīga lēnāka augšana (Martin et al., 2006), tāpēc tas komerciāli nekad nav audzēts. Tomēr Igaunijā ir īstenoti vairāki pilotprojekti, lai izstrādātu gan piestiprinātās, gan nepiestiprinātās formas kultivēšanas tehniku, lai izvērtētu dažādu audzēšanas metožu ietekmi uz vidi (Kersen et al., 2017; Weinberger et al., 2020) un lai uzlabotu pigmentu ieguvi no sauszemes sistēmās audzētas aļģu nepiestiprinātās formas (Eurofish Magazine, 2021). Arī Polijā 1990. gados tika izstrādāta programma, kuras mērķis bija atgriezt *F. lumbricalis* Puckas līcī: tika veikti laboratorijas un *in situ* eksperimenti, kā arī izstrādātas rekomendācijas aļģu audzēšanai (Ciszewski et al., 1992; Kruk-Dowgiało, Ciszewski, 1994).



Attēls Nr.45. Sārtaļģe *Furcellaria lumbricalis*, Polijā. Autors: M. Jakubowska

Ceramium tenuicorne

Nelielā, šķiedrveidīgā sārtaļģe *Ceramium tenuicorne* Baltijas jūrā ir plaši sastopama. Tā salīdzinoši labi jūtas ūdenī ar zemu sāļu saturu (2–3‰), turklāt tai ir augstas vietējās pielāgošanās spējas un dažādos jūras reģionos ir sastopami šīs aļģes vietējie ekotipi (Bergström et al., 2003; Bergström, Kautsky, 2005). Šī sārtaļģe ekoloģiski dominē Baltijas jūras ziemeļu daļā (Bergström et al., 2003). Tā aug tieši uz substrāta kā epifīts uz citām aļģēm

vai kā brīvi peldoša forma driftējošos aļģu paklājos (Bergström, Bergström, 1999; Bäck, Likolammi, 2004). Tā kā *C. tenuicorne* ir jutīga pret dažādiem piesārņotājiem un bagātīgi sastopama dažādās teritorijās, tās lēno augšanu ir rosināts pārbaudīt ar ķīmikāliju un notekūdeņu toksicitātes testu (Eklund, 2017). No pigmentiem šīs sugas aļģes visvairāk satur fikoeritrīnu (70%) (Bäck, Likolammi, 2004). Pateicoties bioloģiski aktīvo vielu, piemēram, fitola, saturam kā arī sinerģijai starp citām aļģu sastāvdaļām, *Ceramium* ģints sugu ekstraktiem ir pierādīta antibakteriāla un pretvīrusu iedarbība (Serkedjieva, 2004; Cortés et al., 2014; Bazes et al., 2016). *Ceramium* sugas aļģes Japānā mēdz izmantot kā agara ieguvei (Turvey, Williams, 1976; Dumitriu, 2004; Sudha et al., 2014). *C. tenuicorne* un neviena cita *Ceramium* ģints suga Baltijas jūras reģionā nekad nav iegūta vai audzēta komerciāli. Tomēr, tā kā šīs sugas aļģu ievākšana dabiskos apstākļos ir sarežģīta, pēdējos gados Igaunijā norit darbs pie sauszemes audzēšanas tehnoloģiju izstrādes tieši *C. tenuicorne* kultivēšanai, lai iegūtu fikoeritrīnu (Eurofish Magazine, 2021).

Citas sugas

Līdz šim veiktie pētījumi liecina, ka no Baltijas jūrā sastopamo *Polysiphonia*, *Ulva* un *Cladophora* ģinšu aļģu sugām iegūtos ekstraktus var izmantot lauksaimniecībā kā bioloģiskos stimulantus, pateicoties augstajai lipīdu koncentrācijai un polifenolu, mikroelementu un makroelementu saturam (Michalak et al., 2015; Godlewska et al., 2016; Michalak et al., 2017a). Turklāt Baltijas jūrā augšās *Ulva prolifera* ekstraktam ir antioksidējošas īpašības un mazliet arī antibakteriāla iedarbība, līdz ar to paveras potenciālas to izmantot pārtikas, kosmētiskajā un farmācijas rūpniecībā (Michalak et al., 2017b). Baltijas jūrā augošās aļģes nolūkā iegūt mēslojumu var kompostēt kopā ar citiem dabiskajiem materiāliem. Michalak et al. (2016, 2017c) veiktais pētījums liecina, ka, pievienojot kompostam vai komposta ekstraktam *Fucus sp.* aļģes, kā arī *Cladophora sp.* un *Ulva sp.* maisījumu, tiek veicināta augu augšana. Jūraszāļu kompostu var izmantot dažādi, piemēram, kā alternatīvu parastajam mēslojumam. Turklāt minētajā pētījumā par Baltijas jūras zaļajām aļģēm (Michalak et al., 2017c) secināts, ka kompostu pozitīvi ietekmē ne tikai driftējošā aļģu biomasa, bet arī piekrastē savāktās aļģes. Arī Filipkowska et al. (2008) veiktajā pētījumā norādīts, ka arī Baltijas jūras piekrastē izskaloto aļģu biomasu (kurā dominē šādas aļģes: *Cladophora sp.*, *Ulva spp.*, *Pilayella littoralis* un *Ceramium spp.*) var izmantot kā mēslojumu. Papildus iespējai iegūt tādus vērtīgus produktus kā mēslojums, piekrastē uzkrājušos makroaļģu izmantošana ekonomiski jēgpilnā veidā var samazināt augstās pludmales uzkopšanas izmaksas. Komerciāli izmantot var arī *Ectocarpales* rindas brūnaļģes (*Pylaiella littoralis* un *Ectocarpus siliculosus*), jo tās ir viegli savākt un pēc žāvēšanas un homogenizācijas tās var izmantot kā bioloģisko mēslojumu vai kā barības sastāvdaļu (Ciszewski et al., 1992; Kruk-Dowgiało, Ciszewski, 1994). Neseni pētījumi arī liecina, ka dažādās Baltijas jūras krasta teritorijās izskalošanās dažādu sugu aļģes var izmantot augsnes uzlabotāju un mēslojuma, bioogļu, komposta materiāla un biogāzes ražošanā (Contra, 2021).

Rietumbaltija / Zviedrija

Laminaria digitata* un *Saccharina latissima

Ir zināms, ka *Laminaria* ģints aļģes labi jūtas ūdenī ar dažādu sāļumu, bet Baltijas jūrā ir sastopamas divas šīs ģints sugas: *Laminaria digitata* un *Saccharina latissima* (iepriekš — *Laminaria saccharina*), kura gan atrodama tikai Kategatā (Nielsen et al., 2016). *L. digitata* aug

augšējā sublitorālajā daļā uz cieta substrāta galvenokārt viļņu iedarbībai pakļautās teritorijās, arī *S. latissima* aug augšējā sublitorālajā daļā, bet, tā kā šīs sugas aļģēm ir nepieciešami noslēgtāki apstākļi, parasti tās ir atrodamas zem *L. digitata* (McHugh et al., 2003). *L. digitata* ir galvenā izejviela algināta ražošanai Francijā (Kain, Dawes, 1987). Arī Islandē to vāc algināta ieguvei, bet Īrijā — gan algināta, gan pārtikas ražošanai (Munda et al., 1987; Zemke-White, Ohno, 1999). Tā kā *S. latissima* bieži aug tuvu *L. digitata*, tās bieži vien vāc kopā (McHugh, 2003). *S. latissima* komerciāla pārstrāde pārtikas ražošanas nolūkos notiek Īrijā, Aļaskā un Kanādā (Zemke-White, Ohno, 1999). Dažāda veida eksperimentālas un komerciālas *S. latissima* audzes, tostarp multitrofiskā akvakultūrā, ir veidotas Spānijā un Norvēģijā, kā arī Vācijā, Zviedrijā un Dānijā (Buck, Buchholz, 2004; Peteiro, et al. 2006; Handā et al., 2013; Marinho et al., 2015; Seafarm, 2020; Nordic SeaFarm, 2021), līdz ar to šī ir vienīgā jūrā komerciāli kultivētā makroaļģu suga Baltijas jūras reģionā.



Attēls Nr.46. Makroaļģe no *Laminaria* ģints. Avots: 123rf.com

Baltijas jūras makroaļģu un tajos esošo savienojumu potenciālais pielietojums ir apkopots 18. tabulā.

Tabula Nr.18. No Baltijas jūras makroaļģēm iegūstamās vērtīgās vielas un to potenciālais pielietojums.

Sugas	Vērtīgais savienojums	Īpašības / potenciālais pielietojums
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	Furcelerāns (40–50% saturs sausnā ^{1/} 19% — nepiestiprinātā formā, 32% — piestiprinātā formā ²⁾)	Recinātājs
	Pigmenti: - R-fikoeritrīns (0,13–0,42% ^{3, 4)} - alofikocianīns (0,07–0,12% ³⁾)	Fluorescējošie pigmenti, krāsvielas (kosmētika, dzērieni, pārtika, krāsas), pretvēža, antioksidējošas īpašības

Sugas	Vērtīgais savienojums	Īpašības / potenciālais pielietojums
	Pigmenti: - luteīns (28,6 µg/g ⁻¹ sausas ⁵) - zeaksantīns (86,8 µg/g ⁻¹ sausas ⁵) - beta-karotīns (28,6 µg/g ⁻¹ sausas ⁵)	Pārtika, barība, kosmētika Antioksidējošas īpašības
	Fenola savienojumi (3,25% saturs sausnā ^{a, 6})	Antioksidējošas īpašības
<i>Ceramium tenuicorne</i>	Pigmenti: - fikocianīns (līdz 0,3 mg/g ⁻¹ mitrās masas ⁷) - fikoeritrīns (līdz 3 mg/g ⁻¹ mitrās masas ⁷) - R-fikoeritrīns (līdz 1,58% ⁴)	Fluorescējošie pigmenti, krāsvielas (kosmētika, dzērieni, pārtika, krāsas), pretvēža, antioksidējošas īpašības
	<u>Citas <i>Ceramium</i> sugas</u> Agars, agara veida polisaharīds (<i>C. rubrum</i> , <i>C. boydenii</i> , <i>C. pacificum</i>) ^{8, 9, 10}	Recinātājs
	Mikosporīnam līdzīgas aminoskābes (MMAs) (<i>Ceramium spp.</i>) ^{11, 12, 13}	Antioksidējošas un žāvējošas īpašības, aizsardzība pret rentgenstariem
	<i>C. rubrum</i> ekstrakti ^{14, 15}	Pretvīrusu, antibakteriālas un pretsēnīšu īpašības
	<i>C. virgatum</i> ekstrakts ¹⁶	Antibakteriālas īpašības
	<i>C. botryocarpum</i> ekstrakts ¹⁷	Pretsārņojuma īpašības
<i>Fucus vesiculosus</i>	Algīnskābe (15 ^{b, 18} /22–26% saturs sausnā ^{e, 19})	Recinātājs (tekstila rūpniecībā, medicīnas preču ražošanā)
	Fukoidāns (16,5–18,2% ^{c, 20})	Pretvīrusu, antioksidējošas, pretiekaisuma, antikoagulanta, pretvēža, antitrombotiskas īpašības
	Laminārīns (3,5% saturs sausnā ^{b, 18})	Antibakteriālas īpašības
	Mannīts (12% saturs sausnā ^{b, 18} / 4–7% saturs sausnā ^{d, 21})	Farmācijā, pārtikā (saldinātājs)
	Pigmenti: - fukoksantīns (101,0 µg/g ⁻¹ sausas ⁵) - violaksantīns (76,8 µg/g ⁻¹ sausas ⁵) - beta-karotīns (42,8 µg/g ⁻¹ sausas ⁵)	Pretvēža, antioksidējošas īpašības Pārtikā, barībā, kosmētikā
	Polifenoli ^{22, 23}	Pretvīrusu īpašības

Sugas	Vērtīgais savienojums	Īpašības / potenciālais pielietojums
	Jods (0,05% saturs sausnā ^{b, 18} /276 µg/g ⁻¹ _{d, 24})	Farmācijā (svara samazināšana, vairogdziedzera stimulēšana)
<i>Ulva intestinalis</i>	Ēdama jūraszāle (<i>Aonori</i>) ^{25, 26}	Pārtikā
	Polisaharīdu sulfāti ^{27, 28} / ulvāns (8% ²⁹)	Antioksidējošas, imūnmodulāras īpašības
	Ekstrakti ^{30, 31, 32, 33}	Antibakteriālas, antiprotozoju, antioksidējošas īpašības
	Ekstrakts / šķidrās mēslojums ³⁴	Mēslojums / augu bioloģiskais stimulants
	Potenciāls resurss bioenerģijas ieguvei ^{35, 36}	
<i>Laminaria digitata</i>	Algīnskābe (21–35 ^{f, 19} /18–26% saturs sausnā ^{h, 37})	Recinātājs (tekstila rūpniecībā, medicīnas preču ražošanā)
	Mannīts (12,8–24,4 ³⁸ /19,4% saturs sausnā ^{g, 40})	Farmācijā, pārtikā (saldinātājs)
	Laminarīns (6,7% saturs sausnā ^{g, 39})	Antibakteriālas īpašības
	Fukoksantīns (0,16–0,49 mg/g ⁻¹ sausnas ³⁸)	Pretvēža, antioksidējošas īpašības
	Ekstrakts ¹⁶	Antibakteriālas īpašības
	Ekstrakti ^{40, 41}	Lauksaimniecībā izmantojamajos produktos (bioloģiskie stimulantu)
<i>Saccharina latissima</i>	Ēdamās jūraszāles ²⁶	Pārtikā
	Algīnskābe (21–27% saturs sausnā ^{f, 19})	Recinātājs (tekstila rūpniecībā, medicīnas preču ražošanā)
	Mannīts (4,9–21,8 ³⁸ /18,6% saturs sausnā ^{g, 39})	Farmācijā, pārtikā (saldinātājs)
	Laminarīns (8,2% ^{g, 39})	Antibakteriālas īpašības
	Fukoksantīns (0,16–0,59 mg/g ⁻¹ sausnas ³⁸)	Pretvēža, antioksidējošas īpašības

Vērtības atņem ārpus Baltijas jūras reģiona:

a — Atlantijas okeāna piekrastē (Francija) augošo *F. lumbricalis* vērtība, **b** — Atlantijas okeāna piekrastē (Skotija) un pie Islandes krastiem augošo *F. vesiculosus* vērtība (attiecīgi), **c** — Atlantijas okeāna piekrastē (Portugāle) augošo *F. vesiculosus* vērtība, **d** — Atlantijas okeāna piekrastē (ASV) augošo *F. vesiculosus* vērtība, **e** — Ziemeļjūrā augošo *F. vesiculosus* vērtība, **f** — Islandes piekrastē augošo *F. vesiculosus* un *L. digitata* vērtība, **g** — Atlantijas okeāna piekrastē (Skotija) augošo *L. digitata* un *S. latissima* vērtība, **h** — Atlantijas okeāna piekrastē (Apvienotā Karaliste) augošo *L. digitata* vērtība.

1. Czapke, 1963, 2. Tuvikene et al., 2010, 3. Saluri et al., 2019, 4. Saluri et al., 2020, 5. Bianchi et al., 1997, 6. Zubia et al., 2009, 7. Back, Likolammi 2004, 8. Turvey, Williams, 1976, 9. Hirase, Araki, 1961, 10. Matsuihiro, 1982, 11. Karsten et al., 1998, 12. Serban et al., 2016, 13. Pandey et al., 2017, 14. Serkedjieva, 2004, 15. Cortés et al., 2014, 16. Dubber, Harder, 2008, 17. Bazes et al., 2016, 18. Black, 1949, 19. Munda, 1987, 20. Rodriguez-Jasso et al., 2011, 21. Munda, Hudnik 1988, 22. Ragan, Jensen, 1978, 23. Beress et al., 1993, 24. Beress et al., 2004, 25. Ohno, Critchley, 1993, 26. Zemke-White, Ohno, 1999, 27. Peasura et al., 2015, 28. Peasura et al., 2016, 29. Rahimi et al., 2016, 30. Spavieri et al., 2010, 31. Abdel-Khaliq et al., 2014, 32. Berber et al., 2015, 33. Srikong et al., 2017, 34. Mathur et al., 2015, 35. Kim et al., 2014, 36. Sabunas et al., 2017, 37. Peteiro, 2018, 38. Nielsen et al., 2016, 39. Schiener et al., 2015, 40. Sharma et al., 2014, 41. Michalak, Chojnacka, 2016.

6.2. Aizvietojamība

***Ulva intestinalis* <=> *Ulva lactuca*, *Ulva prolifera*, citas *Ulva* sugas**

Lai arī *U. intestinalis* aļģes tiek audzētas un, pateicoties uzturvielu saturam, lietotas pārtikā Japānā, *U. lactuca* un *U. prolifera* ir populārāks izejmateriāls augstas uzturvērtības pārtikas ražošanā (Aguilera-Morales et al., 2005). *U. intestinalis* ir līdzīgs lipīdu, ogļhidrātu, makroelementu un mikroelementu, būtisko aminoskābju saturs, turklāt tajās ir pat daudz vairāk olbaltumvielu un diētisko šķiedrvielu, nekā *U. lactuca* (Akköz et al., 2011; Benjama, Masniyom, 2011; Pereira, 2011; Tabarasa, et al. 2012; Abdel-Khaliq et al., 2014). Šo sugu aļģu galvenā atšķirība ir to morfoloģijā. *U. intestinalis* laponis ir tievs un monostromatisks (šūnas izkārtotas vienā slānī), bet *U. lactuca* veido distromatisku lapu. Tomēr, tā kā *U. lactuca* parasti pārdod žāvētā un smalcinātā veidā, tās lapaņa morfoloģija tirgus vērtību visdrīzāk neietekmē.

***Fucus vesiculosus* <=> *Ascophyllum nodosum*, *Saccharina latissima*, *Laminaria* spp.**

F. vesiculosus algīnskābes satura līmenis līdzinās *Ascophyllum nodosum*, *Saccharina latissima* un dažu *Laminaria* sugu rādītājiem, un visas trīs pēdējās tiek komerciāli izmantotas algīnskābes ražošanai (Munda, 1987; Peteiro, 2018). Tā kā no *Fucus* ģints sugu aļģēm, tostarp Baltijas jūrā augošās *F. vesiculosus*, iegūtie algināti ir ar zemāku viskozitāti, to veidotie geli ir ar mazāku stiprību, nekā, piemēram, *Laminaria* ģints sugu alginātu (Truus et al., 2001; Catarino et al., 2018). Tajā pašā laikā nesen ir pierādīts, ka nātrija algināts, kas, pielietojot optimizētu tehnoloģiju, iegūts no Barenca jūrā augošajām *F. vesiculosus* ir ļoti viskozs, un tā kvalitāte ir līdzvērtīga komerciālajam nātrija alginātam, kas iegūts no *Laminaria* ģints aļģēm (Sokolan et al., 2019). Līdz ar to secināms, ka būtu jāturpina pētījumi par ieguves tehnoloģiju un iespēju izmantot Baltijas jūrā augošās *F. vesiculosus* komerciāli ražota algināta ieguvei.

Ceramium tenuicorne* <=> *Gracilaria* spp., citi agarofīti; *Porphyra tenera*, *Gastroclonium coulterii

Pētījumi ir atklājuši, ka no *Ceramium* ģints sugām iegūtajiem agarveidīgajiem polisaharīdiem ir citādāka ķīmiskā struktūra, nekā no citām sārtaļģēm iegūtajiem agariem (Hirase, Araki, 1961; Turvey, Williams, 1976; Miller, 2003). Nelielas atšķirības ir vērojamas arī starp dažādiem *Ceramium* taksoniem (Matsuihiro, 1982; Miller, Blunt, 2002). Atsevišķas *Ceramium* ģints sugas ir vāktas gar Japānas ziemeļu krastu un pēc tam izmantotas agara ieguvei, bet tas ir noticis samērā neregulāri (Turvey, Williams, 1976; Sudha et al., 2014; Dumitriu, 2004). No *Ceramium* ģints sugu aļģēm iegūtais agars tiek raksturots kā viegli kūstošs, stingrs un elastīgs, un tam piemīt lielāka viskoelastība, nekā agaram, kas iegūts no *Gracilaria* vai *Gelidium* aļģēm, un citiem komerciālajiem agariem (Dumitriu, 2004). Tādēļ, lai noskaidrotu, vai Baltijas jūrā augošās *C. tenuicorne* varētu būt labs aizstājējs no *Gelidium* un *Gelidiella* aļģēm komerciāli ražota agara ieguvē, ir nepieciešami detalizēti pētījumi par šī polisaharīda saturu, ķīmisko struktūru un parametriem *C. tenuicorne* aļģēs. Kā liecina nesenī pētījumi, no

C. tenuicorne var iegūt R-fikoeritrīnu (Saluri et al., 2020). Šo sarkano fluorescējošo pigmentproteīnu, kurš ir pieejams komerciāli un tiek izmantots fluorescējošajā konjugācijā (piemēram, histoķīmijā un plūsmas citometrijā), parasti iegūst no citām sarkanajām makroaļģēm (*Porphyra tenera* vai *Gastroclonium coulterii*) (Thermo Fisher Scientific, 2021).

Laminaria digitata*, *Sacharina latissima* <=> *Saccharina japonica

Aļģes *Saccharina japonica* tiek plaši audzētas Japānā, Ķīnā un Korejā. Tās pārsvarā tiek izmantotas kā augstvērtīgs pārtikas produkts, un tikai pārpalikusī produkcija tiek izmantota alginātu ražošanā (McHugh, 2003). Kaut arī *L. digitata* un *S. latissima* pārstrādes apmēri ir visai ierobežoti salīdzinājumā ar Āzijas *S. japonica*, Eiropā augšās *Laminaria* ģints aļģes varētu tikt uzskatītas par *S. japonica* ekvivalentu. *S. latissima* un *L. digitata* uzturvērtības un alginātu satura rādītāji līdzinās *S. japonica* vērtībām (Honya et al., 1993; Jurković et al., 1995; Nielsen et al., 2016). Turklāt šobrīd tiek strādāts pie abu sugu audzēšanas metožu attīstīšanas Baltijas jūras reģionā, līdz ar to šo aļģu masveida kultivēšana varētu būt tikai laika jautājums.

7. Pamatinformācija par jūraszāļu audzēšanas tiesiskajiem un teritoriālajiem aspektiem

(Magdalena Jakubowska)

Lai atbalstītu ES piekrastes valstu centienus sasniegt integrētajā jūras pārvaldības stratēģijā noteiktos mērķus, ir izstrādāti jūras telpiskās plānošanas principi. Līdz ar to ir identificēti teritoriālie konflikti starp dažādiem lietotājiem un starp lietotājiem un vidi visās Baltijas jūras reģiona valstīs. Akvakultūra (tātad arī makroaļģu audzēšana) teritorijās, kuras paredzētas, piemēram, militārajai aizsardzībai, kuģošanai, zemūdens kultūras mantojuma saglabāšanai, ostu infrastruktūrai, jūras tūrismam vai aizsargātām jūras teritorijām, parasti nav atļauta. Tajā pašā laikā ir identificēta sava veida sinerģija starp makroaļģu audzēšanu un cita veida darbībām, piemēram, tāljūras vēja parkiem vai zivju akvakultūru. Detalizēta informācija, ieskaitot kartes, kurās ilustrētas attiecības starp makroaļģu kultivēšanu un citām jūrniecības nozarēm dažās analizētajās situācijās Baltijas jūras reģiona valstīs, ir pieejama:

=> 3.1. nodevums [Kartes, kas ilustrē jūras telpiskās plānošanas pieeju makroaļģu audzēšanai un vākšanai vispiemērotākajās vietās Baltijas jūrā](#)

Vairumā Baltijas jūras reģiona valstu pašlaik nav konkrētu tiesību aktu, kas regulētu makroaļģu audzēšanu un vākšanu. Lai kultivētu jūraszāles, parasti tiek piemērotas vispārīgās akvakultūras atļauju procedūras, kā arī vides un ūdens aizsardzības tiesību akti. Licences iegūšanas process ir garš un sarežģīts. Lielākajā daļā Baltijas jūras reģiona valstu ir jāsaņem vairākas atļaujas no attiecīgajām ministrijām, jūrlietu pārvaldes vai ūdens apsaimniekošanas dienesta, atsevišķos gadījumos ir jāsaņem arī lēmums par vides apstākļiem. Tāpēc ir nepieciešams turpināt uzlabot un skaidrot noteikumus, kuri ir saistīti ar makroaļģu audzēšanas un vākšanas atļaujām. Eiropas un valstu līmeņa tiesību akti, kas tiek piemēroti makroaļģu audzēšanai un vākšanai, detalizēti ir aprakstīti:

=> 3.2. nodevums [Ziņojums par Eiropas un valstu tiesību aktiem, kas regulē jūraszāļu audzēšanu un vākšanu](#)

Uz makroaļģēm, kuras tiek izmantotas pārtikā vai kā barības sastāvdaļas, attiecas arī dažādi noteikumi par bīstamo vielu koncentrāciju, pārtikas marķējumiem un jaunu sugu iekļaušanu tirgū. ES valstīs starp svarīgākajiem pārtikas aprites tiesību aktiem ir Eiropas Parlamenta un Padomes Regula (EK) Nr. 178/2002 (2002. gada 28. janvāris), kuru Baltijas jūras reģiona valstīs īsteno attiecīgās valstu iestādes. Daži aspekti, kas saistīti ar prasībām, lai makroaļģes tiktu atzītas par jaunu pārtikas produktu, ir apkopoti 3. nodaļā (= > 3.2. Juridiskie aspekti aļģu izmantošanai pārtikas rūpniecībā). ES politikas satvars, kas regulē makroaļģu izmantošanu pārtikā un barībā ES dalībvalstīs, detalizēti ir aprakstīts:

=> 3.4. nodevums [Makroaļģes kā pārtikas un barības sastāvdaļas Baltijas jūras reģionā. ES noteikumi](#)

8. Kultivēšanas tehnoloģija, vākšana, apstrāde pēc ievākšanas

(Magdalena Jakubowska, Olga Szulecka)

8.1. Kultivēšanas tehnoloģija un vākšana

Tā kā Zviedrijā un Dānijā ir gan eksperimentālas, gan komerciālas *Saccharina latissima* un, mazākos apjomos, *Laminaria digitata* audzētavas, par šo sugu audzēšanas tehniku diezgan daudz jau ir zināms (KosterAlg, 2020; SEAFARM, 2020; Thomas et al., 2020; Boderskov et al., 2021). Turklāt ir aprēķināti arī *S. latissima* ražošanas izmaksas un ienākumi (Hasselström et al., 2020). Vairāk informācijas par *Laminaria* ģints aļģu iegūvi Baltijas jūrā ir pieejams:

=> 2.2. nodedums [Rokasgrāmata efektīvām makroaļģu audzēšanas metodēm Baltijas jūras reģionā.](#)

Kaut gan audzēšanai Baltijas jūras atklātajā daļā un tai piegulošajos baseinos kā piemērotas ir rekomendētas četras aļģu sugas (=> 6. nodaļa), dati par iespēju audzēt *Ceramium tenuicorne* un *Furcellaria lumbricalis* ir trūcīgi, jo šo sugu kultivēšanai paredzēta tehnoloģija vai nu vēl nav izgudrota, vai arī vēl nav pietiekami pārbaudīta. Ar informāciju, kas sniegta dažādos literatūras avotos, nepietiek, lai komercializētu šo aļģu ražošanu un izstrādātu biznesa plānu. Tāpēc biznesa plāna aprēķinos uzmanība tiks pievērsta divām sugām, proti, *Ulva intestinalis* un *Fucus vesiculosus*. Kaut arī Baltijas jūras reģionā ir bijušas gan eksperimentālas (Lignell, Pedersén, 1986; Haglund, Pedersén, 1988), gan komerciālas (Meeresalgenland UG, intervija) iniciatīvas *Ulva* un *Fucus* aļģu audzēšanā tvertnēs vai caurplūdes sistēmās, pieejamie dati par šo sugu audzēšanu tieši Baltijas jūrā aprobežojas ar zinātniskiem eksperimentiem. Ar šiem datiem pietiek, lai veiktu biznesa plāna aprēķinus.

Fucus vesiculosus

Ne Baltijas jūras reģionā, ne kur citur pasaulē nav *Fucus vesiculosus* komerciālu audzētavu. Tirgū pieejamie produkti pārsvarā nāk no vidē savāktās biomasas. Tomēr ir bijušas pāris eksperimentālas iniciatīvas saistībā ar šo sugu audzēšanu. FucoSan projekta ietvaros notika audzēšanas izmēģinājums (*Interreg Deutschland-Danmark*) Kīles fjordā Vācijā. Izvēlētajā kultivēšanas metodē netika izmantots parastais sēklu materiāls (gametas vai sporas), tā vietā no lauka tika savākti pieauguši indivīdi, tika nogriezti to lapoņa fragmenti, kuri tika ievietoti peldošos grozos (kas tika pārklāti ar plastmasas tīklu un piestiprināti pie plastmasas caurulēm). Šajos grozos aļģes tika atstātas augam visu gadu (FucoSan, 2020; Meichssner et al., 2020). Eksperimenti rāda, ka *F. vesiculosus* augšanas temps ir piemērots šo aļģu komerciālai audzēšanai un ka optimālos apstākļos ir iespējams iegūt 50 tonnas mitrās masas uz hektāru gadā (FucoSan, 2020). Eksperiments ar *Fucus* kultivēšanu zivju audzētavā tika veikts arī 2020. gadā Somijā, bet šī projekta rezultāti vēl nav pieejami (Origin by Ocean, 2020).

Vērtējot iespēju audzēt *Fucus vesiculosus*, ir jāņem vērā divas potenciālas problēmas. Pirmkārt, kaut gan bezdzimuma *F. vesiculosus* populācijas Baltijas jūrā nav plaši sastopamas (Tatarenkov et al., 2005), labāk ir pievērsties to audzēšanai, jo attiecībā uz ienesīgu *Fucus* pavairošanu dzimumceļā ir nepieciešami papildu pētījumi. Saskaņā ar šobrīd pieejamajiem pētījumiem *Fucus* gametas var iegūt laboratorijā vai inkubatoros, kas ļautu kultivēt *Fucus* dzimumceļā, izmantojot garo auklu tehniku (Balina et al., 2018; Mikkelsen, 2019).

Reprodukcijas procesa ietvaros vidē tiek savākti pieaugušie īpatņi vai tikai to reproduktīvie orgāni, ierosināta gametu veidošanās, bet pēc apaugļošanās sporofīti kādu laiku tiek audzēti laboratorijā vai inkubatorā. Viens *Fucus* indivīds var saražot miljonu gametu (Knight, Parke, 1950). Diemžēl mazu sporofītu izdzīvošanas rādītāji gan atklātā laukā, gan laboratorijā ir zemi (Serrao et al., 1999; Al-Janabi, 2016; Mikkelsen, 2019). Sliktos izdzīvošanas rādītājus teorētiski varētu uzlabot, sporas sējot blīvi vai arī sporofītus ilgāk audzējot inkubatorā, bet šajā ziņā ir nepieciešami plašāki pētījumi. Diemžēl citas ar *Fucus* populāciju audzēšanu dzimumceļā saistītas problēmas samazina potenciālo ražu, padarot šāda veida biznesu mazāk ienesīgu, nekā aļģes pavairojot veģetatīvi. Dzimumšūnu attīstība līdz pieaugušam indivīdam, kuru var ievākt, var ilgt līdz pat 2 gadiem (Al Janabi, 2016). FucoSan projekta ietvaros tika atklāts, ka reproduktīvo orgānu izveidošanās un vēlāka deģenerācija būtiski samazina ievācamās biomasas apmēru (FucoSan, 2020). Otra identificētā problēma, kas skar gan dzimuma, gan bezdzimuma *Fucus* populācijas, ir galvenokārt bezmugurkaulnieku sārņi, kas ievāktu biomasu padara nepiemērotu turpmākai apstrādei un komerciālai izmantošanai. Pētījumā tika apstiprināts, ka pastāv risinājumi tādai epifītu biomasas samazināšanai, kas būtiski nemazina *Fucus* biomasu, proti, regulāras žāvēšanas veidā (nodrošinot gaisa piekļuvi) vai skalojot ar saldūdeni (FucoScan, 2020; Meichssner et al., 2020; Meichssner, intervija).

Nemot vērā minētos faktus un apsvērumus, tika izlemts mēģināt izstrādāt biznesa plānu tikai veģetatīvai *F. vesiculosus* pavairošanai, pamatojoties pārsvarā uz Ķīles fjordā veikto eksperimentu datiem (FucoSan, 2020; Meichssner et al., 2020; Meichssner, intervija). Tika pieņemts, ka gada raža ir 5 kg mitrās masas uz vienu grozu (1 m×1 m). Pamatojoties uz FucoSan projekta rezultātiem, secināms, ka teorētiski ir iespējams iegūt 50 tonnu mitrās masas uz hektāru gadā, bet tādā gadījumā ir jāpieņem, ka audzētavas teritorija ir blīvi piepildīta ar audzēšanas groziem. Tāpēc gada raža var būt atkarīga no vākšanas tehnikas, piemēram, vākšanas laivai nepieciešamās vietas. Līdz ar to tika pieņemts, ka gadā iegūstamā *Fucus* raža ir mērāma 10 tonnās mitrās masas uz hektāru. Cīņu ar epifītiem *Fucus* biomasas žāvēšanas vai skalošanas veidā nelielā eksperimentālā audzētavā var īstenot manuāli, piemēram, no laivas, bet industriāla mēroga audzētavā būtu jāizstrādā audzēšanas konstrukcijām piemērota tehnoloģija, kas ļautu izmantotās auklas, grozus u. c. pacelt. Turklāt jāņem vērā, ka trūkst zināšanu, vai sārņojuma apmērs citās Baltijas jūras daļās, kur ūdens ir mazāk sāļš, ir tikpat problemātisks kā Ķīles fjordā. Tāpēc tika izlemts biznesa plānā neiekļaut žāvēšanas procesu.

Ulva intestinalis

Ulva intestinalis komerciālā mērogā audzē Japānā. Nobriedušie lapoņi tiek savākti vidē, lai iegūtu sporas, kuras pēc tam tiek iedēstītas tīklos un novietotas audzēšanas zonā (sēklu vākšanas zonā). Kad jaunās aļģes ir 1–2 cm lielas, tās tiek pārvietotas uz kultūraugsni, kur tās aug visu gadu. Aļģes tiek vāktas 2–3 reizes gan ziemā, gan pavasarī (Ohno, Critchley, 1993). Lai gan Eiropā ir bijuši pāris mēģinājumi kultivēt dažādas *Ulva* ģints aļģu sugas vidē, kā arī sauszemes sistēmās (Kosterlag, 2020; Meeresalgenland UG, intervija), izmēģinājumi ar *U. intestinalis* galvenokārt aprobežojas ar laboratoriskiem pētījumiem (Balina et al., 2017; Sabunas et al., 2017). Tāpēc pašlaik vēl nav izstrādāta tehnoloģija šo sugu komerciālai audzēšanai Baltijas jūrā. Ar *U. intestinalis* audzēšanu Baltijas jūras reģionā gan ir veikti divi lauka eksperimenti — viens Somu līcī (Krievijas daļā) un otrs Puckas līcī (Polija). Šo eksperimentu mērķis bija izvērtēt makroaļģu potenciālu pārmērīgā barības vielu daudzuma samazināšanā, lai cīnītos ar eitrofikāciju (Kovaltchouk, 1996; Kruk-Dowgiało, Dubrawski, 1998). *U. intestinalis* tika audzētas, izmantojot seklās piekrastes teritorijās novietotas

konstrukcijas ar horizontālām virvēm, uz kurām iepriekš tika uzsēdinātas *Ulva* sporas. Abas eksperimentālās audzētavas atradās tuvu notekūdeņu attīrīšanas stacijas izplūdes vietām, tātad teritorijās, kur raksturīga ļoti augsta barības vielu koncentrācija. Pamatojoties uz iegūtajiem rezultātiem, tika aprēķināts, ka vienā audzēšanas sezonā (maijs–oktobris) ir iespējams iegūt no 62 līdz 87 tonnām mitrās masas uz hektāru (Kovaltchouk, 1996).



Attēls Nr.47. *Ulva* makroaļģu audzēšana tvertnēs

Avots: 123rf.com

Plānojot investīcijas, būtu jāņem vērā, ka Baltijas jūras reģionā sezonālātes dēļ *U. intestinalis* ir iespējams audzēt tikai 5–6 mēnešus gadā. Kaut arī var šķist racionālāk audzēt *U. intestinalis* izteikti eitrofiskās piekrastes teritorijās, lai tādējādi gūtu lielu ražu un izmantotu aļģu sniegto iespēju aizvākt liekās barības vielas, jāatceras, ka daudzās teritorijās *U. intestinalis* iespējamo intensīvo augšanu var ierobežot nepietiekama barības vielu pieejamība. Ir pieejami neskaitāmi pētījumi par *Ulva* ģints aļģu sugu, ieskaitot *Ulva intestinalis*, reprodukciju, un šie pētījumi liecina, ka ir izstrādāts paņēmieni zoosporu iegūšanai (Kim, Lee, 1996; Ruangchuay et al., 2012; Li et al., 2014). Līdz ar to var pieņemt, ka komerciālu inkubatoru izveidei nevajadzētu sagādāt problēmas. Tomēr saskaņā ar nesen veiktiem secinājumiem *U. intestinalis* sēšanas efektivitāte ir zemāka, nekā citām *Ulva* sugām, piemēram, *U. lactuca* vai *U. linza*, un šī jautājuma izpētē ir nepieciešams veikt vairāk pētījumu (Kotta pers. novērojumi).

Pamatojoties uz Somu līcī un Puckas līcī veikto eksperimentu parametriem un rezultātiem, tika veikti aprēķini par *U. intestinalis* audzēšanu, dēstot aļģes uz horizontāli novietotām virvēm (5 mm diametrā), atstatums starp virvēm: viens metrs, kuras iekārtas nedaudz zem ūdens virsmas, visai konstrukcijai atrodoties seklā piekrastes teritorijā. Tā kā gada ražu, kura

sasniedz 62–87 tonnas mitrās masas uz hektāru, var iegūt tikai izteikti eitrofiskās teritorijās, tika aplūkoti vairāki scenāriji. Tika izstrādāts arī biznesa plāns teritorijām, kur *Ulva* ģints aļģu sugu augšanu var kavēt nepietiekams barības vielu daudzums. Lai aprēķinātu investīciju izmaksas, tika izmantoti arī aplēses par Ziemeļjūrā izmēģināto *Ulva* aļģu audzēšanas paņēmieni, izmantojot garās auklas (Van den Burg, 2013).

8.2. Apstrāde pēc vākšanas

Jūraszāles var vākt, izmantojot nelielas laivas vai mehāniski ar vākšanas kuģiem. Pēc manuālas vākšanas jūraszāles parasti tiek ievietotas plastmasas kastēs, bet pēc mehāniskās vākšanas jūraszāles tiek transportētas uz ražotnēm maisos vai tīklos (Kadam et al., 2015).

Jūraszāles (piemēram, *Ulva lactuca* un *Fucus vesiculosus*), kuras ir labs uzturvielu avots, var ēst svaigā veidā (skat. 19. tabulu). Tomēr, tā kā aļģes mēdz ātri bojāties un pēc izcelšanas no ūdens ir aprūtināta to apstrāde, aļģes ir jāatdzesē ātri un jātransportē uz pārstrādes rūpnīcu vai līdz gala patērētājam.

Tabula Nr.19. *Ulva lactuca* un *Fucus vesiculosus* uzturvielu un minerālu saturs

Suga	Uzturvielu sastāvs (% sausās masas)					Minerālu saturs (mg 100 g ⁻¹ sausās masas)				
	Olbalto mvielās	Pel ni	Diētiskās šķiedr- vielas	Ogļ- hidrāti	Lipīdi	Na	K	P	Ca	Mg
<i>Ulva lactuca</i>	10-25	12,9	29-55	36-43	0,6- 1,6	–	–	140	840	–
<i>Fucus vesiculosu s</i>	3-14	14- 30	45-59	46,8	1,9	2450- 5469	2500- 4322	315	725- 938	670- 994

Avots: Morais et al., 2020

Uzglabāšanas ilgums visām jūraszāļu sugām netika noteikts. Lai spriestu par jūraszāļu turpmāku pielietojumu, būtu jāpēta to glabāšanas laiks. Būtu arī jāizveido kvalitātes noteikšanas sistēma populārākajām jūraszālēm, lai novērtētu to kvalitāti glabāšanas laikā. Tas varētu būt ļoti svarīgi ražotājiem. Par *Ulva lactuca* svaiguma, kvalitātes un glabāšanas laika novērtēšanu ir pieejami ierobežoti dati, tāpēc pārsvarā tika izmantoti dati par citām jūraszālēm, piemēram, *Ulva rigida*, lai ilustrētu situāciju ar *Ulva* ģints aļģēm.

Liot et al. (1993) ir salīdzinājuši svaigu ēdamo jūraszāļu *Palmaria palmate* un *Ulva rigida* mikrobioloģisko sastāvu un glabāšanas laiku. Eksperimentā, kura laikā jūraszāles tika glabātas 4 °C, tika vērtēta jūraszāļu kvalitāte un pārbaudīts to mikrobioloģiskais sastāvs eksperimenta 0., 3., 7., 14. dienā. Rezultāti rādīja, ka sāļūdenī skalotas un arī bez skalošanas glabātas *Ulva rigida* aļģes neuzrāda izmaiņas aromātā pirmās 7 dienas. 14. dienā abiem paraugiem ir sajūtams izteikts *Ulva* aromāts. Izteiktais *Ulva* aromāts 7. dienā un spēcīgais *Ulva* aromāts tika pētīts krāna ūdenī skalotām *Ulva rigida* aļģēm. Neskalotas un sāļūdenī skalotas *Palmaria palmate* aļģes pēc 14 glabāšanas dienām neuzrādīja nekādas izmaiņas

aromātā. Bet krāna ūdenī skalotajam paraugam bija mīksta, lipīga tekstūra un izteikts *Palmaria* aromāts jau pēc 3 glabāšanas dienām. Pēc 7 dienām paraugā tika konstatēts rozā šķidrums. Līdzīgi rezultāti tika iegūti arī attiecībā uz mikrobioloģisko sastāvu. Mezofilo aerobu skaits neskalotos un sālūdenī skalotos *Ulva rigida* un *Palmaria palmate* paraugos saglabājās relatīvi stabils visā glabāšanas laikā, un sākotnējās floras apmērs bija no 103 līdz 105 šūnām/g⁻¹. Arī rauga daudzums minētajos paraugos bija stabils un nepārsniedza 104 šūnas/g⁻¹. Citādāki rezultāti tika gūti attiecībā uz krāna ūdenī skalotajiem abu sugu paraugiem. Mezofīlie aerobi un raugi 7 dienu laikā uzrādīja ātru augšanu. Arī pēc šī perioda paraugu kvalitāte strauji pasliktinājās. Liot et al. (1993) savā pētījumā secina, ka svaigo ēdamo jūraszāļu gadījumā aukstās uzglabāšanas laikā parasto pārtikas piesārņotāju mikrobu vairošanās notiek lēni. Turklāt paraugu fizikālās kvalitātes agrīnā pasliktināšanās varētu brīdināt patērētāju vēl pirms būtiska mikrobu līmeņa sasniegšanas. Secinājums: krāna ūdens izmantošana jūraszāļu skalošanai ātri pasliktina to kvalitāti, bet skalošana sālūdenī nodrošina nelielu mikrobu daudzumu visā aļģu uzglabāšanas laikā.

Sánchez-Gracia et al. (2021), lai pārbaudītu *Ulva rigida* fizikālās (a_w , pH, krāsa un tekstūra), ķīmiskās (kopējais gaistošais bāziskais slāpekļis (TVB-N) un trimetilamīna slāpekļis (TMA-N)) īpašības, mikroorganismu skaitu un organoleptisko novērtēšanu. *Ulva rigida* svaigums tika vērtēts 12 dienu periodā, glabājot aļģes 4 un 16 °C temperatūrā. Pētījumā gūtie rezultāti rādīja, ka atbilstoši fizikāli ķīmiskajiem un mikrobioloģiskajiem parametriem *Ulva rigida* glabāšanas laiks 16 °C ir 6 dienas, bet 4 °C — 10 dienas. Glabājot *Ulva rigida* 12 dienas 16 °C, aļģu pH bija zemāks, tika konstatēts lielāks mitruma zudums (%), mazāks kraukšķīgums, cietība un saistīgums. TVB-N un TMA-N vērtība *Ulva rigida*, kas glabātas 8 dienas 16 °C, salīdzinājumā ar 4 °C glabātām jūraszālēm bija būtiski lielākas, kas apstiprina — glabājot *Ulva rigida* 16 °C, vēlmais glabāšanas laiks ir 6 dienas (Sánchez-Gracia et al., 2021).

Atšķirīgs jūraszāļu pielietojums (pārtikā, barībā, zāļu ražošanā, nutrimentos, kosmētikā, biodeģvielā) var nozīmēt arī atšķirīgu aļģu apstrādi pēc to savākšanas. Tomēr, ņemot vērā lielo ūdens saturu (ap 80%) visās jūraszālēs (Kadam et al., 2015) un relatīvi īso glabāšanas laiku pēc savākšanas, piemēram, attiecībā uz *Gracilaria coronopifolia*, *G. parvispora*, *G. salicornia* un *G. tikvahiae* šis laiks ir aptuveni 4 dienas (Paull, Chen, 2008), un vienkāršo transportēšanu, svarīgākā un arī populārākā aļģu apstrāde pēc to savākšanas ir žāvēšana.

Pirms žāvēšanas jūraszāles ir kārtīgi jāizskalo, lai nomazgātu sāļus un citus piemaisījumus. Biežāk izmantotā skalošanas metode ietver mērcēšanu ūdens un glicerīna maisījumā (proporcijā 1:1) (Kadam et al., 2015). Tā kā jūraszālēm ir raksturīga ātra bojāšanās, gan ražotāji, gan zinātnieki aktīvi strādā pie to glabāšanas termiņa pagarināšanas. Paull, Chen (2008) norāda, ka, 5 min apstrādājot *Gracilaria parvispora* un *Gracilaria tikvahiae* ar karstu (42 °C) sālūdeni, ieguvumi ir pozitīvi — tika saglabāts aļģu izskats un par 40–60% pagarināts to glabāšanas termiņš. Citas metodes sārtaļģu glabāšanas laika palielināšanai pēc savākšanas ir atkarīgas no konkrētās sugas: glabāšana 15 °C un iemērķšana sālūdenī vai apstrāde 42 °C 5 min. Arī glabāšana tumsā var paildzināt sālūdenī iemērktu jūraszāļu glabāšanas laiku par aptuveni 30 dienām (Paull, Chen, 2008).

Mūsdienās komerciālā mērogā tiek izmantotas divas žāvēšanas tehnoloģijas: žāvēšana tiešā saules gaismā un parastais konvekcijas žāvētājs (Kadam et al., 2015). Žāvēšanas paņēmiens ietekmē jūraszāļu funkcionālās, uzturvērtības un bioloģiskās īpašības. Žāvēšana saulē ir salīdzinoši lēta un vienkārša, tomēr tādējādi produktā, piemēram, *Sargassum hemiphyllum*, samazinās kopējais aminoskābju saturs, kopējais polinepiesātināto taukskābju saturs un kopējais C vitamīna saturs salīdzinājumā ar auksti žāvētajiem produktiem (Chan et al., 1997).

Pretstatā žāvēšanai saulē parastajā karstā gaisa krāsnī ir ierobežota vieta, turklāt pats process ir energoietilpīgs. Līdzīgi žāvēšanai saulē arī žāvējot krāsnī samazinās jūraszāļu uzturvērtība. Tāpēc pēdējā laikā ir pieaugusi interese par saules enerģiju, kas ir arī tīrs un salīdzinoši lēts energoresurss (Kadam et al., 2015). Fudholi et al. (2014) ir izstrādājuši jūraszāļu žāvētāju, kurš darbojas ar saules enerģiju un kura energopatēriņš ir 2,62 kWh/kg, vidējā saules radiācija 500 W/m² un gaisa plūsmas lielums 0,05 kg/s.

Žāvēšanas apstākļi atšķiras atkarībā no pielietotās metodes un jūraszāļu sugas. Silva et al. (2019) vērtēja, kā žāvēšana krāsnī 25, 40 un 60 °C ietekmē Eiropā trīs svarīgas makroaļģu sugas: *Ulva rigida*, *Gracilaria sp.* un *Fucus vesiculosus*. Kā liecina pētījumu rezultāti, *Fucus vesiculosus* mitruma saturs strauji samazinās pēc 2 stundām (no 80% līdz aptuveni 16%), ja žāvēšana notiek 45 °C vai 60 °C. Žāvējot jūraszāles krāsnī 7 stundas 25 °C temperatūrā, mitruma saturu var samazināt tikai līdz 60%. Jūraszāles tiek uzskatītas par izžāvētām, kad to mitruma saturs ir 10% (Silva et al., 2019). Tāpēc žāvēšanai ir jānotiek ilgāk nekā 7 stundas. Moreira et al. (2016) norāda, ka apmēram trīs kilogramu *F. vesiculosus* (ar mitruma saturu 84,4±2,9%) izžāvēšanai bija nepieciešamas 25 h, žāvējot 35 °C, un vismaz 20 h, žāvējot 70 vai 80 °C.

Poeloengasih et al. (2019) analizēja *Ulva lactuca* skalošanas metodes (krāna ūdenī un sāļūdenī) pēc aļģu savākšanas, kā arī to žāvēšanas metodes (saulē un krāsnī 50 °C uz 18 h), lai noteiktu šo zaļāļģu minerālu saturu, morfoloģiju un izskatu pēc šīs apstrādes. Rezultāti rādīja, ka sāļūdenī skalotām *Ulva lactuca* ir lielāks minerālu saturs nekā krāna ūdenī skalotajām aļģēm. Salīdzinot abas žāvēšanas metodes, Poeloengasih et al. (2019) apliecināja, ka, aļģes žāvējot saulē, izbalē to laponis. Publikācijas autori *Ulva lactuca* pārslu ražošanai iesaka skalot jūraszāles sāļūdenī un pēc tam žāvēt tās krāsnī 50 °C karstumā 18 h.

Zinātnieki analizēja arī dažāda veida pirmsžāvēšanas apstrādes pasākumus. Kā liecina Kadam et al. (2015a) veiktais pētījums, žāvēšana prasa pat par 12% mazāk laika (salīdzinājumā ar karsto kontroles žāvēšanu), ja brūnaļģu *A. nodosum* paraugi iepriekš apstrādāti ar ultraskaņu 75,78 W/cm².

Otrs jūraszāļu iepriekšējās apstrādes veids ir saldēšana. Obluchinskaya (2020) salīdzināja, kā *Fucus vesiculosus* apstrāde pēc savākšanas ietekmē to brīvo aminoskābju saturu (tika salīdzināti svaigu, saldētu un ar gaisu žāvētu aļģu paraugi). Viens paraugs tika saldēts - 25±2 °C, bet otrs 5 dienas tika žāvēts siltumnīcā (15 °C naktī un līdz 25 °C dienas vidū, vidējais mitruma līmenis 50±5%), bet pēc tam abi paraugi tika glabāti kontrolētā temperatūrā aptuveni 20 °C pie mitruma līmeņa 45±5%. Svaigās jūraszāles jau bija analizētas, bet abi pārējie paraugi tika analizēti ik pēc 3 mēnešiem gada garumā. Iegūtie rezultāti liecināja, ka brīvo aminoskābju saturs abos paraugos (saldētajā un žāvētajā) glabāšanas laikā palielinājās salīdzinājumā ar svaigajām aļģēm. Bet visaugstākos rezultātus uzrādīja žāvētās jūraszāles.

Tā kā *Fucus vesiculosus* satur daudz fukoidāna, tās var izmantot arī šķīdinātāja ieguves procesā. Tomēr Fletcher et al. (2017) veiktais pētījums uzrāda sezonālas atšķirības fukoidāna līmenī trīs brūnaļģu sugās (*Fucus serratus*, *Fucus vesiculosus* un *Ascophyllum nodosum*). Visvairāk fukoidāna tika iegūts rudenī, bet vismazāk — pavasarī. Fukoidāna saturs *Fucus vesiculosus* bija 8,1% mitrās masas februārī un 12,2% mitrās masas decembrī, *Ascophyllum nodosum*: 6,5–8,9% mitrās masas februārī, oktobrī, bet *Fucus serratus*: 4,2–7,5% mitrās masas aprīlī, novembrī. Lai arī rezultāti nav izteikti atšķirīgi, tie tomēr rāda, ka labākais laiks *Fucus vesiculosus* vākšanai ir vēls rudenis (decembris).

Apkopojot jūraszāļu apstrādes metodes pēc to savākšanas, jāsecina, ka pielietotajām metodēm ir jābūt atbilstošām attiecīgajiem mērķiem, turklāt tās ir jāpielāgo konkrētajai sugai.

Mūsdienīgas žāvēšanas metodes ļauj iegūt labākas kvalitātes jūraszāļu produktus, tomēr tās ir energoietilpīgākas un izmaksu ziņā dārgākas, nekā žāvēšana saulē. Veicot savākto jūraszāļu apstrādes metožu ekonomisko analīzi, ir svarīgi ņemt vērā pieejamo vietu, partijas lielumu, kā arī katras partijas apstrādes izmaksas. Saskaņā ar jūraszāļu pētījumu rezultātiem jūraszāles pēc savākšanas būtu jāskalo sāļūdenī.

9. Biznesa plāns makroaļģu kultivēšanai Baltijas jūras atklātajā daļā

(Joanna Krupska)

9.1. Investīciju un saimnieciskās darbības izmaksu aprēķins

Iepazīstoties ar zinātnisko literatūru, ziņojumiem un intervijām, tika gūts ieskats par pašreizējo un potenciālo situāciju jūraszāļu ražošanā tālējūrā. Tika vākti dati un pārskatīta literatūra, lai savāktu informāciju par plānotās ražošanas izmaksām un ienākumiem. Tā kā trūka uzticamas informācijas par taljūras ražošanas izmaksām, bija jāpaļaujas arī uz nozares ekspertu viedokli. Savāktie dati tika izmantoti aprēķinu modelī.

PIEŅĒMUMI

Lai veiktu aprēķinus, bija jāizdara vairāki pieņēmumi. Tika pieņemts, ka potenciālā audzētava atrodas Baltijas jūras dienvidaustrumu daļā. Šī teritorija tika izvēlēta galvenokārt zemo darbaspēka izmaksu un labvēlīgu audzēšanas apstākļu dēļ. Aprēķini veikti par 1 ha lielu audzētavu. Papildus tika izdarīts pieņēmums, ka valūtas kurss ir 1 eiro pret 4,2693 Polijas zlotiem. Aprēķinu pamatā ir arī pieņēmums, ka vidējā samaksa par stundas darbu lauksaimniecības, mežsaimniecības, medību un zivsaimniecības nozarē ir 7,6 eiro stundā.

Aprēķinos izmantotas divu sugu jūraszāles:

- *Ulva intestinalis*
- *Fucus vesiculosus*

Saccharina latissima audzēšanas izmaksas netika aprēķinātas. Tā vietā attiecībā uz šīm aļģēm tika izmantoti rakstā "Socio-economic perspectives of the bioeconomy of seaweed in Sweden" (Jean-Baptiste Thomas, Jonas Nordström, Gunnar Cervin, Göran M. Nylund, Linus Hasselstrom, Henrik Pavia & Fredrik Gröndahl) sniegtie dati. Šajā rakstā autori izvērtē ekonomisko potenciālu liela mēroga *Saccharina latissima* audzētavai Zviedrijas rietumkrastā.

Tabula Nr.20. Vispārīgi pieņēmumi aprēķiniem

VISPĀRĪGI PIEŅĒMUMI	
JŪRASZĀĻU SUGAS	<i>Ulva intestinalis</i> , <i>Fucus vesiculosus</i>
KULTIVĒŠANAS TERITORIJA	Baltijas jūras dienvidaustrumu daļa: Polija, Latvija, Igaunija
AUDZĒTAVAS PLATĪBA	1 ha
VALŪTAS KURSS	1 € / 4,2693 zł

ATALGOJUMS	7,6 € / h
------------	-----------

ULVA INTESTINALIS KULTIVĒŠANAS IZMAKSAS

Izmaksu aprēķins tika veikts diviem situācijas variantiem: optimistiskam un pesimistiskam scenārijam.

INVESTĪCIJU IZMAKSAS

Tika pieņemts, ka *Ulva* ir jāaudzē uz virvēm (garām auklām). Lai nodrošinātu *Ulva intestinalis* audzēšanu 1 ha plašā teritorijā, ir nepieciešami 10 000 m virvju. Investīciju izmaksas ietver arī šādas pozīcijas: bojas, pietātne, darbaspēks, gumijas laiva (dzinējs ZS 5PS, maksimālā kravnesība 450 kg), projektēšanas izmaksas, atļaujas, licences (tostarp ūdens un vides atļauja). Kopējais investīciju apmērs optimistiskajā variantā ir 33,432 eiro un 83,432 eiro — pesimistiskajā variantā.

Paredzams, ka investīcijas atmaksāsies 10 gados, tāpēc amortizācijas izmaksas ir 10%.

JŪRASZĀĻU RAŽOŠANAS PROGNOZĒTĀS IZMAKSAS

Ražošanas izmaksas ir sadalītas divos posmos:

- sēšana un audzēšana;
- vākšana.

SĒŠANA UN AUDZĒŠANA

Sēšana parasti notiek reizi gadā no aprīļa līdz maijam.

Lai prognozētu *Ulva* sēšanas un audzēšanas posma izmaksas, jāizdara vairāki pieņēmumi. Sporas tiek iegūtas laboratorijā vai inkubatorā no vidē savāktiem pieaugušiem indivīdiem. Tā kā virves ir izvietotas ar 1 m distanci, lai nosegtu 1 ha teritoriju, ir nepieciešams 10 000 m sekundāro auklu ar sēklām. Optimistiskajā scenārijā auklu izmaksas ir 1 €/m [1], bet pesimistiskajā variantā — 1,14 €/m [2]. Šāda audzēšanas sistēma ir resursu un darba ziņā ietilpīga, jo sēklas auklai ir jāpiestiprina manuāli.

Tādēļ šajā ražošanas posmā ir jāpiesaista darbinieki. Sēšanas laikā darbinieki ir vajadzīgi šādu darbu veikšanai: loģistika, uzstādīšana jūrā, apsēto auklu izvietošana. Savukārt audzēšanas laikā ir jānodrošina audzētavas darbība, uzraudzība un apkalpošana. Prognozēts, ka šo darbību veikšanai gadā ir nepieciešamas 158 stundas darba, kas gadā vidēji izmaksātu 1200 eiro.

Audzēšanas laikā ir nepieciešams arī izmantot pontonu, lai uzraudzītu kultivēšanas procesu un lai veiktu nelielus remontdarbus, ja tādi nepieciešami. Šiem mērķiem ir nepieciešami aptuveni 120 litri degvielas. Tika pieņemts, ka pontona darbības nodrošināšana gadā vidējā izmaksā 139 eiro. Līdz ar to kopējās sēšanas un audzēšanas posma izmaksas optimistiskajā variantā ir 11 340 eiro un 12 740 eiro pesimistiskajā variantā.

VĀKŠANAS IZMAKSAS

Nākamie aprēķini skar jūraszāļu vākšanu. Vākšana notiek no septembra līdz oktobrim. Galvenās vākšanas izmaksas ir saistītas ar laivas nomu, darbaspēka nodrošināšanu un iepakojšanu.

Būtībā darbinieku iesaiste ražas vākšanas posmā ir vislielākā.

Laivas noma 4 dienām ir 2811 eiro. Aprēķināts, ka ražas novākšanai ir jāpiesaista darbinieki kopumā 78 darba stundu apmērā, kuriem savāktās jūraszāles ir jāievieto džutas maisos (60×110 cm, ietilpība līdz 50 kg). Tas veido izmaksas 2038 eiro apmērā. Līdz ar to kopējās ražas novākšanas izmaksas ir 5442 eiro.

Aplēšot izmaksas saskaņā ar rakstu "The economic feasibility of seaweed production in the North Sea Sander" (W. K. van den Burg, Arie Pieter van Duijn, Heleen Bartelings, Marinus M. van Krimpen & Marnix), kurā pieņemts, ka izmaksas ir 104 €/t, kopējās ražas novākšanas izmaksas pesimistiskajā variantā ir 9048 €/ha.

ULVA AUDZĒŠANAS KOPĒJĀS IZMAKSAS

Pieņemot, ka ražošanas apmērs ir 87 t/ha [3], 1 kg svaigu *Ulva intestinalis* ieguves izmaksas ir 0,23 eiro optimistiskajā scenārijā un 0,34 eiro pesimistiskajā scenārijā.

Tabula Nr.21. Ulva intestinalis audzēšanas izmaksas (aprēķins balstīts uz literatūras datiem)

<i>Ulva intestinalis</i> kultivēšanas izmaksas	Optimistisks variants	Pesimistisks variants
Amortizācijas izmaksas 10% (€/gadā)	3343,24 €	8343,24 €
Kopējās sēšanas un audzēšanas izmaksas gadā	11 339,79 €	12 739,79 €
Kopējās novākšanas izmaksas	5441,58 €	9048,00 €
<i>Ulva</i> ražošanas kopējās izmaksas	20 124,60 €	30 131,02 €
Ražība	87 t/ha	
1 kg svaigu <i>Ulva</i> saražošanas izmaksas	0,23 €	0,35 €

Analizējot audzēšanas izmaksu struktūru, var pamanīt, ka lielāko izmaksu daļu vispārīgajā izmaksu struktūrā veido audzēšanas posma izmaksas (56%). 27% izmaksu ir saistītas ar novākšanas posmu, bet 17% — ar amortizāciju.

FUCUS VESICULOSUS KULTIVĒŠANAS IZMAKSAS

INVESTĪCIJU IZMAKSAS

Lai aprēķinātu *Fucus vesiculosus* audzēšanas izmaksas, tika pieņemts, ka *Fucus* ir jāaudzē elastīgos un izturīgos HDPE grozos (1 m×1 m×0,18 m) un ka 1 ha lielas platības apsaimniekošanai ir nepieciešami 1700 grozi. Tā kā grozi ir ļoti izturīgi, tika pieņemts, ka projekta ilgums būs 15 gadi. Lai grozi peldētu, tie tiktu piestiprināti polietilēna putu cauruļu izolācijai (Meichssner et al., 2020, FucoSan, 2020, Meichssner, intervija). Grozu sistēmai ir nepieciešams papildu aprīkojums, piemēram, āķis, caurule, enkursistēma, uzstādīšana. Turklāt audzētavai ir nepieciešamas arī bojas (4 bojas (15 l) ar signālgaismām) un gumijas laiva (dzinējs KM 5P, maksimālā kravnesība 450 kg). Investīciju izmaksas ietver arī projektēšanas izmaksas, atļaujas un licences (tostarp ūdens un vides atļauja). Līdz ar to kopējās investīciju izmaksas, veidojot *Fucus* audzētavu ir 23 405,43 eiro.

RAŽOŠANAS IZMAKSAS

Ražošanas izmaksas ir sadalītas trīs posmos:

- sporu sagatavošana;
- sēšana un audzēšana;
- vākšana.

SPORU SAGATAVOŠANA, SĒŠANA UN AUDZĒŠANA

Lai vidē (pludmalē) savāktu veģetatīvos lapoņus, aptuveni 4 dienas ir nepieciešams kvadricikls ar piekabi, degviela un darbinieki (64 darba stundām). Šī posma izmaksas ir 1125 eiro.

Sēšanas un audzēšanas posmā materiāls (brīvi peldošas veģetatīvas galotnes (3–10 cm), kas nogrieztas no savāktajiem indivīdiem) ir jāizvieto grozos, bet pēc tam ir jāveic uzraudzība un, iespējams, kādi nelieli remontdarbi. Šo darbību veikšanai ir nepieciešams pontons un darbaspēks 138 darba stundu apmērā. Līdz ar to šī posma kopējās izmaksas ir 2643 eiro.

VĀKŠANA

Grozo audzēto *Fucus vesiculosus* vākšanas posms ir tehniski sarežģīts, darbietilpīgs un līdz ar to arī dārgs. 1 ha ir 1700 grozu. Tika pieņemts, ka no 1 groza ir iespējams iegūt 6 kg izejvielu, bet 1 kg materiāla ir jāatstāj grozā. Tāpēc materiāls tiek vākts tikai vienu reizi, bet daļa, tas ir, 1 kg no 6 kg, tiek atstāta nākamajam gadam. Līdz ar to pieņemtā ražība ir 10 t/ha. Lai savāktu *Fucus*, uz apmēram 21 dienu ir jāiznomā laiva ar vinču. Šajā posmā nepieciešamais darbaspēks tiek lēsts 384 darba stundu apmērā. Turklāt savāktais materiāls ir jāievieto džutas maisos (60×110 cm, ietilpība līdz 50 kg). Līdz ar to kopējās ražas novākšanas izmaksas ir 18 085 eiro.

Tabula Nr.22. *FUCUS VESICULOSUS* AUDZĒŠANAS PIEŅĒMUMI

TEHNOLOĢIJA	Grozi
PROJEKTA ILGUMS	15 gadi
INVESTĪCIJU IZMAKSAS	Grozi (1700 gb.)

		Bojas, āķis, caurule, enkursistēma, uzstādīšana
		Darbaspēks
		Gumijas laiva ar dzinēju
		Projektēšanas izmaksas, atļaujas, licences
RAŽOŠANAS IZMAKSAS	SPORU SAGATAVOŠANA	Darbaspēks
		Kvadricikls (noma)
	SĒŠANA UN AUDZĒŠANA	Darbaspēks
		Transports — degviela gumijas laivai
	VĀKŠANA	Transportlīdzeklis (noma)
		Darbaspēks
		Iepakojšana (džutas maisi)

FUCUS VESICULOSUS AUDZĒŠANAS KOPĒJĀS IZMAKSAS

Kopējās *Fucus* audzēšanas izmaksas gadā ir 23 413 eiro. Pieņemot, ka ražība ir 10 t/ha [4], 1 kg svaigu *Fucus* saražošanas izmaksas ir 2,34 eiro.

Tabula Nr.23. *Fucus vesiculosus* audzēšanas izmaksas

Amortizācijas izmaksas 10% (€/gadā)	1558,80 €
Sporu sagatavošana	1125,57 €
Kopējās sēšanas un audzēšanas izmaksas gadā	2642,73 €
Kopējās novākšanas izmaksas	18 085,83 €
<i>Ulva</i> ražošanas kopējās izmaksas	23 412,93 €
Ražība	10 t/ha
1 kg svaigu <i>Ulva</i> saražošanas izmaksas	2,34 €

Analizējot *Fucus vesiculosus* izmaksu struktūru, redzams, ka lielāko daļu izmaksu prasa aļģu vākšana (77%). Sporu sagatavošana un audzēšana veido 17% izmaksu, bet amortizācija — tikai 7%.

10. SVID analīze un rekomendācijas

(Tomasz Kulikowski)

Turpinājumā ir apkopotas stiprās un vājās puses, kā arī iespēju un draudu analīze jūraszāļu audzēšanai Baltijas jūras reģionā tuvākajā nākotnē.

Tā kā GRASS projekts liek pamatus jūraszāļu audzēšanas attīstībai Baltijas jūras reģionā nākotnē, iekšējo apstākļu analīzi ir mēģināts sasaistīt ar visu GRASS projekta darba paku rezultātiem.

Stiprās puses

Jūraszāļu audzēšanas potenciālās stiprās puses ir:

- pozitīvs, ekoloģisks tēls un spēja pierādīt, ka šāda veida ekonomiskās aktivitātes radītā negatīvā ietekme uz vidi ir ļoti maza, ka tā rada maz emisiju un ka tā atbilst rekomendācijām par zilās bioekonomikas attīstību Eiropā;
- to vietu noteikšana, kur attiecīgās aļģes uzrādītu optimālu augšanas tempu;
- to vietu noteikšana, kur jūraszāļu akvakultūra ir atļauta, ņemot vērā jūras telpiskos plānus (un arī to vietu noteikšana, kur akvakultūra pat iegūtu no sinerģijas ar citiem ūdenstilpņu lietotājiem).

Vājās puses

Šīs nozares vājās puses ir:

- nepietiekami pārbaudīta (praksē apstiprināta) kultivēšanas tehnika to aļģu sugu audzēšanai, kas ir piemērotas audzēšanai Baltijas jūras atklātajā daļā un tai piegulošajos baseinos;
- nepietiekamas zināšanas par jūraszāļu audzēšanu;
- nepietiekamas zināšanas par jūraszāļu ieguves pēcapstrādi;
- neesošas zināšanas par atsevišķu reģionam piemērotu jūraszāļu sugu apstrādi, kā arī neesošas zināšanas par šo aļģu kvalitātes un tehnoloģiskās piemērotības noteikšanu konkrētiem pielietojuma veidiem.

Starp vājajām pusēm jāmin arī augstās ražošanas izmaksas (gan *Ulva*, gan *Fucus* ģints aļģēm), it īpaši, ja runa ir par neliela apmēra ražotni.

Iespējas

Baltijas jūras reģionā jūraszāļu audzēšanas nozarei nākamajos gados paveras vairākas iespējas. Tās ir:

- patērētāju paradumu maiņa, kā rezultātā pieaug pieprasījums pēc alternatīviem ūdens izcelsmes pārtikas produktiem;
- salīdzinoši labas izredzes iekļūt tirgū, pateicoties pašreiz pieejamajiem jūraszāļu produktiem un skaidri paustai patērētāju gatavībai izmēģināt šāda veida produktus;

- pozitīvs patērētāju viedoklis par jūraszālēm (gan pārtikas produktu, gan kosmētikas produktu veidā) un to veselību veicinošajām īpašībām;
- patērētāju vēlme atrast unikālu un vietēju / reģionālu pārtiku;
- attīstīta zivju pārstrādes nozare, kas varētu būt ieinteresēta pārstrādāt jūraszāles un kas varētu iegūt no ES investīciju atbalsta mehānismiem (tostarp investīcijām jūraszāļu pārstrādē);
- esošais zinātniskais un pētniecības potenciāls, kas ir gatavs atbalstīt jaunus uzņēmumus jūraszāļu audzēšanas jomā, sniedzot pakalpojumus šādās jomās: aļģu bioloģija, audzēšanas tehnikas, produktu ķīmiskā analīze, inovatīvu apstrādes tehniku ieviešana, aktīvo savienojumu iegūšana;
- jūrniecības nozarē strādājošo potenciāls (tostarp jūrnieki, kas pametuši zveju jūrā, bet kam piemīt darbam jūras fermā nepieciešamās prasmes un kvalifikācija).

Potenciāla iespēja (iespējams, pati svarīgākā) jūraszāļu audzētavu attīstībai reģionā būtu tādas ūdens un vides aizsardzības kompensāciju sistēmas izveide, kurā valstis (piemēram, ES fondu ietvaros) jūraszāļu audzētavām maksātu par specifiskiem ekosistēmas pakalpojumiem, kas pārsvarā varētu būt saistīti ar barības vielu daudzuma samazināšanu un Baltijas jūras eutrofikācijas ierobežošanu. Diemžēl šāda iespēja ir tikai potenciāla, jo šādas kompensācijas pašlaik nav ieviestas.

Draudi

Svarīgākie draudi ir konkurence globālajā jūraszāļu izejvielu tirgū. Dienvidaustrumāzijas valstis pasauli apgādā gan ar izejvielām, gan ar gataviem produktiem, un veiktie aprēķini neatstāj vietu ilūzijām — par tādu cenu Baltijas jūras reģiona jūraszāļu audzētavas savus produktus vienkārši nespēs nodrošināt. Tas nozīmē, ka masu tirgū, kur visu nosaka cena (protams, ar pienācīgu produkta kvalitāti), Baltijas jūraszāļu saimniecības nespētu konkurēt.

Vēl viens jāmin šāds fakts: kamēr patērētāji pārtikas tirgū meklē vietējos produktus, nozīmīgam pārtikas produktu tirgus segmentam, proti, Tālo Austrumu virtuves veikaliem un restorāniem, produkta izcelsme nemaz nav svarīga. Ir apšaubāms, vai šādi veikali un restorāni, kas ir aktīvi jūraszāļu patērētāji, būtu īpaši ieinteresēti Baltijas jūras reģionā iegūtu produktu iegādē, piedevām ja šie produkti būtu daudz dārgāki nekā to Āzijas līdzinieki.

Turklāt arī fakts, ka trūkst zināšanu par Baltijas jūras reģionā ražotu pārtikas produktu organoleptisko novērtēšanu attiecībā uz *U. intestinalis* un *F. vesiculosus*, ir jāņem vērā kā drauds.

Rekomendācijas

Ņemot vērā stiprās un vājas puses, kā arī iespējas un draudus, tiek rekomendēts izveidot šādu ceļa karti:

- (1) izveidot eksperimentālas, pusindustriālas saimniecības, lai praksē pārbaudītu aļģu audzēšanas tehniskos risinājumus, kā arī lai pārliecinātos par ietekmi uz vidi (un

noteiktu parametrus barības vielu daudzuma samazināšanai ūdenī, kā arī spējai mazināt Baltijas jūras ūdeņu eitrofikāciju);

- (2) veikt saražotu jūraszāļu kvalitatīvu un tehnoloģisku novērtējumu, izveidot pārtikas produktu piemērus un veikt to testēšanu mērķa grupās;
- (3) turpināt lobēšanas darbu, pierādot Baltijas jūras reģiona valstu attiecīgajām iestādēm, ka ir ieteicams izmantot publiskos līdzekļus (arī kā kompensāciju par sniegtajiem vides pakalpojumiem), lai atbalstītu jūraszāļu audzēšanu;
- (4) izveidot jūraszāļu audzēšanā un pārstrādē ieinteresēto zinātnisko, ieviešanas institūciju un uzņēmumu sadarbības klasteri.

11. Izmantotās literatūras saraksts

- Abdel-Khaliq, A., Hassan, H. M., Rateb, M. E., & Hammouda, O. (2014). Antimicrobial activity of three *Ulva* species collected from some Egyptian Mediterranean seashores. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 2(5), 648-669.
- Abdu-Ilah Al-Saif, S.S., Abdel-Raouf, N., El-Wazanani, H.A., Aref, I.A. (2014). Antibacterial substances from marine algae isolated from Jeddah coast of Red sea, Saudi Arabia Volume 21, Issue 1, 57-64.
- Adams, J. M., Gallagher, J. A., & Donnison, I. S. (2009). Fermentation study on *Saccharina latissima* for bioethanol production considering variable pre-treatments. *Journal of applied Phycology*, 21(5), 569.
- Aguilera-Morales, M., Casas-Valdez, M., Carrillo-Dominguez, S., González-Acosta, B., & Pérez-Gil, F. (2005). Chemical composition and microbiological assays of marine algae *Enteromorpha* spp. as a potential food source. *Journal of food composition and analysis*, 18(1), 79-88.
- Akköz, C., Arslan, D., Ünver, A., Özcan, M. M., & Yilmaz, B. (2011). Chemical composition, total phenolic and mineral contents of *Enteromorpha intestinalis* (L.) Kütz. and *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. seaweeds. *Journal of Food Biochemistry*, 35(2), 513-523.
- Alekseyenko, T. V., Zhanayeva, S. Y., Venediktova, A. A., Zvyagintseva, T. N., Kuznetsova, T. A., Besednova, N. N., & Korolenko, T. A. (2007). Antitumor and antimetastatic activity of fucoidan, a sulfated polysaccharide isolated from the Okhotsk Sea *Fucus evanescens* brown alga. *Bulletin of experimental biology and medicine*, 143(6), 730-732.
- Algaebiomass (2021a). The First European Standard for Algae and Algae Products, accessed 22 April 2021. <<https://algaebiomass.org/blog/10709/first-european-standard-algae-algae-products>>
- Algaebiomass (2021b). Industrial Algae Measurements, accessed 22 April 2021, <<https://algaebiomass.org/blog/10709/first-european-standard-algae-algae-products/>>
- Algea (2015). The Arctic company, accessed 30 March 2020, <<https://www.algea.com/index.php/81-feed-solutions>>
- Al-Janabi, B. (2016). The adaptive potential of early life stage *Fucus vesiculosus* under multifactorial environmental change. Doctoral dissertation, Faculty of Mathematics and Natural Sciences of the Christian Albrecht's University of Kiel
- Alvarado-Morales, M., Boldrin, A., Karakashev, D. B., Holdt, S. L., Angelidaki, I., & Astrup, T. (2013). Life cycle assessment of biofuel production from brown seaweed in Nordic conditions. *Bioresource technology*, 129, 92-99.
- Alves A., Sousa, R.A., Kijjoo, A., Pinto M. (2020). Marine-Derived Compounds with Potential Use as Cosmeceuticals and Nutricosmetics, 2020 Jun; 25(11), accessed 18.06.2021, <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7321322/>>
- Alves, A., Sousa, R. A., & Reis, R. L. (2013). A practical perspective on ulvan extracted from green algae. *Journal of Applied Phycology*, 25(2), 407-424.
- Ambrosio, A. L., Sanz, L., Sánchez, E. I., Wolfenstein-Todel, C., & Calvete, J. J. (2003). Isolation of two novel mannan-and L-fucose-binding lectins from the green alga *Enteromorpha prolifera*: biochemical characterization of EPL-2. *Archives of biochemistry and biophysics*, 415(2), 245-250.
- Armisen, R., & Galatas, F. (1987). Production, properties and uses of agar. *Production and utilization of products from commercial seaweeds. FAO Fish. Tech. Pap*, 288, 1-57.
- ASC (2018). ASC-MSC Seaweed (Algae) Standard, Version 1.01, accessed 22 April 2021, <<https://www.asc-aqua.org/wp-content/uploads/2017/11/ASC-MSC-Seaweed-Algae-Standard-v1.01.pdf>>
- ASC (2021a). ASC-MSC Seaweed Label. User Guide, accessed 21 April 2021, <https://www.asc-aqua.org/wp-content/uploads/2020/05/ASC-MSC-SEAWEED-LABEL-GUIDELINES_FINAL_INTERACTIVE.pdf>

- ASC (2021b). ASC-MSC Seaweed Standard, accessed 21 April 2021, < <https://www.asc-aqua.org/what-we-do/our-standards/seaweed-standard/>>
- ASC (2021c). Get certified! Your guide to the ASC-MSC. Seaweed Standard audit process, accessed 21 April 2021, <<https://www.asc-aqua.org/wp-content/uploads/2017/11/Get-Certified-Guide-Seaweed.pdf>>
- ASC (2021d). The ASC-MSC Seaweed standard. Brochure, accessed 21 April 2021, <https://www.asc-aqua.org/wp-content/uploads/2017/06/BC2146_ASC-MSA4_6pp_ARTWORK_LRES.pdf>
- Austin, A. P. (1960). Observations on *Furcellaria fastigiata* (L.) Lam. forma aegagropila Reinke in Danish waters together with a note on other unattached algal forms. *Hydrobiologia*, 14(3-4), 255-277.
- Bäck, S., & Likolammi, M. (2004). Phenology of *Ceramium tenuicorne* in the SW Gulf of Finland, northern Baltic Sea. *Annales Botanici Fennici* 41: 95-101
- Bäck, S., Lehvo, A., & Blomster, J. (2000). Mass occurrence of unattached *Enteromorpha intestinalis* on the Finnish Baltic Sea coast. *Annales Botanici Fennici* 37:155-161
- Balina, K., Boderskov, T., Bruhn, A., & Romagnoli, F. (2018). Increase of *Fucus vesiculosus* fertilization success: testing of different receptacle drying methods to increase spore release. *Energy Procedia*, 147, 282-287.
- Balina, K., Lika, A., Romagnoli, F., & Blumberga, D. (2017). Seaweed cultivation laboratory testing: effects of nutrients on growth rate of *Ulva intestinalis*. *Energy Procedia*, 113, 454-459.
- Balina, K., Romagnoli, F., & Blumberga, D. (2016). Chemical composition and potential use of *Fucus vesiculosus* from Gulf of Riga. *Energy Procedia*, 95, 43-49.
- Balina, K., Romagnoli, F., & Blumberga, D. (2017). Seaweed biorefinery concept for sustainable use of marine resources. *Energy Procedia*, 128, 504-511.
- Barr, N. G., & Rees, T. A. V. (2003). Nitrogen status and metabolism in the green seaweed *Enteromorpha intestinalis*: an examination of three natural populations. *Marine Ecology Progress Series*, 249, 133-144.
- Bazes, A., Silkina, A., Defer, D., Bernède-Bauduin, C., Quéméner, E., Braud, J. P., & Bourgougnon, N. (2006). Active substances from *Ceramium botryocarpum* used as antifouling products in aquaculture. *Aquaculture*, 258(1-4), 664-674.
- Benjama, O., & Masniyom, P. (2011). Nutritional composition and physicochemical properties of two green seaweeds (*Ulva pertusa* and *U. intestinalis*) from the Pattani Bay in Southern Thailand. *Sonklanakarin Journal of Science and Technology*, 33(5), 575.
- Berber, İ., Avşar, C., & Koyuncu, H. (2015). Antimicrobial and antioxidant activities of *Cystoseira crinita* Duby and *Ulva intestinalis* Linnaeus from the coastal region of Sinop, Turkey. *Journal of Coastal Life Medicine*, 3(6), 441-445.
- Béress, A., Wassermann, O., Bruhn, T., Béress, L., Kraiselburd, E. N., Gonzalez, L. V., ... & Chavez, P. I. (1993). A new procedure for the isolation of anti-HIV compounds (polysaccharides and polyphenols) from the marine alga *Fucus vesiculosus*. *Journal of Natural Products*, 56(4), 478-488.
- Berger, R., Bergström, L., Granéli, E., & Kautsky, L. (2004). How does eutrophication affect different life stages of *Fucus vesiculosus* in the Baltic Sea?—a conceptual model. In *Biology of the Baltic Sea* (pp. 243-248). Springer, Dordrecht.
- Bergström, L., & Bergström, U. (1999). Species diversity and distribution of aquatic macrophytes in the Northern Quark, Baltic Sea. *Nordic Journal of Botany*, 19(3), 375-383.
- Bergström, L., & Kautsky, L. (2005). Local adaptation in *Ceramium tenuicorne* (Ceramiales, Rhodophyta) within the Baltic Sea salinity gradient. *Journal of phycology*, 42(1), 36-42
- Bergström, L., Bruno, E., Eklund, B., & Kautsky, L. (2003). Reproductive strategies of *Ceramium tenuicorne* near its inner limit in the brackish Baltic Sea. *Botanica Marina*, 46(2), 125-131.
- Bianchi, T. S., Kautsky, L., & Argyrou, M. (1997). Dominant chlorophylls and carotenoids in macroalgae of the Baltic Sea (Baltic proper): their use as potential biomarkers. *Sarsia*, 82(1), 55-62.

- Bird, C. J., Saunders, G. W., & McLachlan, J. (1991). Biology of *Furcellaria lumbricalis* (Hudson) Lamouroux (Rhodophyta: Gigartinales), a commercial carrageenophyte. *Journal of Applied Phycology*, 3(1), 61.
- Björk, M., Axelsson, L., & Beer, S. (2004). Why is *Ulva intestinalis* the only macroalga inhabiting isolated rockpools along the Swedish Atlantic coast?. *Marine Ecology Progress Series*, 284, 109-116.
- Björnsäter, B. R., & Wheeler, P. A. (1990). Effect of nitrogen and phosphorus supply on growth and tissue composition of *Ulva fenestrata* and *Enteromorpha intestinalis* (Ulvales, Chlorophyta). *Journal of Phycology*, 26(4), 603-611.
- Black, W. A. P. (1949). Seasonal variation in chemical composition of some of the littoral seaweeds common to Scotland. Part II. *Fucus serratus*, *Fucus vesiculosus*, *Fucus spiralis* and *Pelvetia canaliculata*. *Journal of the Society of Chemical Industry*, 68(6), 183-189.
- Boderskov, T., Nielsen, M. M., Rasmussen, M. B., Balsby, T. J. S., Macleod, A., Holdt, S. L., ... & Bruhn, A. (2021). Effects of seeding method, timing and site selection on the production and quality of sugar kelp, *Saccharina latissima*: A Danish case study. *Algal Research*, 53, 102160.
- Brooke, C. G., Roque, B. M., Shaw, C., Najafi, N., Gonzalez, M., Pfefferlen, A., ... & Hess, M. (2020). Methane Reduction Potential of Two Pacific Coast Macroalgae During in vitro Ruminant Fermentation. *Frontiers in Marine Science*, 7, 561.
- Bruhn, A., Dahl, J., Nielsen, H. B., Nikolaisen, L., Rasmussen, M. B., Markager, S., ... & Jensen, P. D. (2011). Bioenergy potential of *Ulva lactuca*: biomass yield, methane production and combustion. *Bioresource technology*, 102(3), 2595-2604.
- Buck, B. H., & Buchholz, C. M. (2004). The offshore-ring: a new system design for the open ocean aquaculture of macroalgae. *Journal of Applied Phycology*, 16(5), 355-368.
- Buschmann, A. H., Camus, C., Infante, J., Neori, A., Israel, Á., Hernández-González, M. C., ... & Critchley, A. T. (2017). Seaweed production: overview of the global state of exploitation, farming and emerging research activity. *European Journal of Phycology*, 52(4), 391-406.
- Callaway, E. (2015). Lab staple agar hit by seaweed shortage. *Nature* 528:171–172.
- Catarino, M. D., Silva, A., & Cardoso, S. M. (2018). Phycochemical constituents and biological activities of *Fucus* spp. *Marine drugs*, 16(8), 249.
- Chan, J. C. C., Cheung, P. C. K., & Ang, P. O. (1997). Comparative studies on the effect of three drying methods on the nutritional composition of seaweed *Sargassum hemiphyllum* (turn.) C. Ag. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(8), 3056-3059.
- Chemical Book, (2017). CAS DataBase List, accessed 30 March 2020, <www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB6883069.htm>
- Chemodanov, A., Jinjikhshvily, G., Habiby, O., Liberzon, A., Israel, A., Yakhini, Z., & Golberg, A. (2017). Net primary productivity, biofuel production and CO₂ emissions reduction potential of *Ulva* sp.(Chlorophyta) biomass in a coastal area of the Eastern Mediterranean. *Energy Conversion and Management*, 148, 1497-1507.
- Chen, J., Li, H., Zhao, Z., Xia, X., Li, B., Zhang J., Yan, X. (2018). Diterpenes from the Marine *Algae of the Genus*, 16(5): 159.
- Chojnacka K., Saeid, A., Michalak, I. (2012). Możliwości zastosowania biomasy alg w rolnictwie, *Chemik*, Vol. 66 (11), 1235-1248.
- Ciszewski, P., Kruk-Dowgiallo, L., & Zmudzinski, L. (1992). Deterioration of the Puck Bay and biotechnical approaches to its reclamation. In Proc. 12th Baltic Marine Biologists symp. Olsen & Olsen, Fredensborg (pp. 43-46).
- Cole, A. J., Roberts, D. A., Garside, A. L., de Nys, R., & Paul, N. A. (2016). Seaweed compost for agricultural crop production. *Journal of applied phycology*, 28(1), 629-642.
- Commission Implementing Regulation (EU) 2017/2470 of 20 December 2017 establishing the Union list of novel foods in accordance with Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council on novel foods (OJ L 351, 30.12.2017, p. 72, with later amendments).

- Commission Recommendation (EU) 2018/464 of 19 March 2018 on the monitoring of metals and iodine in seaweed, halophytes and products based on seaweed (OJ L 78, 21.3.2018, p. 16).
- Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (OJ L 364, 20.12.2006, p. 5, with later amendments).
- Commission Regulation (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs (OJ L 338, 22.12.2005, p. 1, with later amendments).
- Commission Regulation (EC) No 889/2008 of 5 September 2008 laying down detailed rules for the implementation of Council Regulation (EC) No 834/2007 on organic production and labelling of organic products with regard to organic production, labelling and control (OJ L 250, 18.9.2008, p. 1–84 with later amendments).
- Commission Regulation (EU) No 231/2012 of 9 March 2012 laying down specifications for food additives listed in Annexes II and III to Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council (OJ L 83, 22.3.2012, p. 1, with later amendments).
- CONTRA. (2021). Case studies for innovative solutions of beach wrack use: Report of the Interreg Project CONTRA. Eds. – B. Chubarenko, H. Schubert, J. Woelfel. Rostock, 2021. 81 pp.
- Cortés, Y., Hormazábal, E., Leal, H., Urzúa, A., Mutis, A., Parra, L., & Quiroz, A. (2014). Novel antimicrobial activity of a dichloromethane extract obtained from red seaweed *Ceramium rubrum* (Hudson)(Rhodophyta: Florideophyceae) against *Yersinia ruckeri* and *Saprolegnia parasitica*, agents that cause diseases in salmonids. *Electronic Journal of Biotechnology*, 17(3), 126-131.
- Council Regulation (EC) No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labelling of organic products and repealing Regulation (EEC) No 2092/91 (OJ L 189, 20.7.2007, p. 1–23, with later amendments).
- Czapke, K. (1963). Baltic Furcellaria and agar-agar (in Polish). *Przemysł Spożywczy* 17(1), 22-26.
- Czyrnek-Delêtre, M. M., Rocca, S., Agostini, A., Giuntoli, J., & Murphy, J. D. (2017). Life cycle assessment of seaweed biomethane, generated from seaweed sourced from integrated multi-trophic aquaculture in temperate oceanic climates. *Applied energy*, 196, 34-50.
- Díaz-Rubio, M. E., Pérez-Jiménez, J., & Saura-Calixto, F. (2009). Dietary fiber and antioxidant capacity in *Fucus vesiculosus* products. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(sup2), 23-34.
- Directive 2002/32/EC the European Parliament and of the Council of 7 May 2002 on undesirable substances in animal feed (OJ L 140 30.5.2002, p. 10, with later amendments).
- Dorszewski, P. (2019). Glony jako pasza dla zwierząt? Czemu nie!, accessed 20 may, <https://www.kalendarzrolnikow.pl/>
- Dos Santos F., R., (2019). Brief on algae biomass production, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Duarte, C. M., Wu, J., Xiao, X., Bruhn, A., & Krause-Jensen, D. (2017). Can seaweed farming play a role in climate change mitigation and adaptation?. *Frontiers in Marine Science*, 4, 100.
- Dubber, D., & Harder, T. (2008). Extracts of *Ceramium rubrum*, *Mastocarpus stellatus* and *Laminaria digitata* inhibit growth of marine and fish pathogenic bacteria at ecologically realistic concentrations. *Aquaculture*, 274(2-4), 196-200.
- Dumitriu, S. (2004). *Polysaccharides: structural diversity and functional versatility*. CRC press.
- EFSA (2006). Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals. Scientific Committee on Food Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies, accessed 01 April 2020, <https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/efsa_rep/blobserver_assets/ndatolerabl euil.pdf>
- Eklund, B. (2017). Review of the use of *Ceramium tenuicorne* growth inhibition test for testing toxicity of substances, effluents, products sediment and soil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 195, 88-97.

- EstAgar (2020). Accessed 01 April 2020, < <http://estagar.ee/>>
- EUROFISH Magazine. (2021). EUROFISH Magazine 1 2021. Estonian Marine Institute scientists work with macroalgae to improve the Baltic Sea environment, accessed 06 April 2021, <https://issuu.com/eurofish/docs/eurofish_magazine_1_2021/s/11767389>
- European Parliament (2002). European Parliament and Council (2002) Regulation (EC) No 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002 laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety.
- European Parliament (2014). Directive 2014/89/EU of the European parliament and of the council of 23 July 2014 establishing a framework for maritime spatial planning
- FAO (2011). Technical Guidelines on Aquaculture Certification. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Rome. 2021, accessed 14 April 2021. <<http://www.fao.org/3/i2296t/i2296t00.pdf>>
- FAO. (2016). The State of World Fisheries and Aquaculture 2016 - Contributing to food security and nutrition for all. Rome.
- FAO. (2018). The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Ferdouse, F., Holdt, S., Smith, R., Murua, P., & Yang, Z. (2018). The global status of seaweed production, trade and utilization. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 124 p.
- Fernand, F., Israel, A., Skjermo, J., Wichard, T., Timmermans, K. R., & Golberg, A. (2017). Offshore macroalgae biomass for bioenergy production: Environmental aspects, technological achievements and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 35-45.
- Filipkowska, A., Lubecki, L., Szymczak-Zyla, M., Kowalewska, G., Zbikowski, R., & Szefer, P. (2008). Utilisation of macroalgae from the Sopot beach (Baltic Sea). *Oceanologia*, 50(2), 255-273.
- Fishery and Aquaculture Statistics 2018 (2020). FAO Yearbook Fishery and Aquaculture Statistics. FAO, Rome.
- Fitton, J. H. (2011). Therapies from fucoidan; multifunctional marine polymers. *Marine drugs*, 9(10), 1731-1760.
- Fletcher, H.R., Biller, P., Ross, A.B., & Adams, J.M.M. (2017). The seasonal variation of fucoidan within three species of brown macroalgae. *Algal Research*, 22, 79–86.
- Fleurence, J., Levine, I. (2016) *Seaweed in Health and Disease Prevention*, 7-40.
- Fong, P., Fong, J. J., & Fong, C. R. (2004). Growth, nutrient storage, and release of dissolved organic nitrogen by *Enteromorpha intestinalis* in response to pulses of nitrogen and phosphorus. *Aquatic Botany*, 78(1), 83-95.
- FotS (2021). Friend of the Sea launches new standard for sustainable seaweed, accessed 23 April 2021, <<https://friendofthesea.org/friend-of-the-sea-launches-new-standard-for-sustainable-seaweed/>>
- Freile-Pelegrin, Y., & Murano, E. (2005). Agars from three species of Gracilaria (Rhodophyta) from Yucatán Peninsula. *Bioresource Technology*, 96(3), 295-302.
- Friedlingstein, P., Jones, M. W., O'sullivan, M., Andrew, R. M., Hauck, J., Peters, G. P., ... & Zaehle, S. (2019). Global carbon budget 2019. *Earth System Science Data*, 11(4), 1783-1838.
- FucoSan. (2020). FucoSan project - Result Report. Algae sources, cultivation and collection.
- Fudholi, A., Sopian, K., Othman, M. Y., & Ruslan, M. H. (2014). Energy and exergy analyses of solar drying system of red seaweed. *Energy and Buildings*, 68, 121-129.
- Gallardo, T., Cobelas, M. A., & de Meneses, A. A. (1990). Current state of seaweed resources in Spain. *Hydrobiologia*, 204(1), 287-292.
- GLOBALG.A.P. (2020a). GlobalG.A.P. General Regulations. Aquaculture Rules, accessed 26 April 2021, <https://www.globalgap.org/.content/.galleries/documents/200715_GG_GR_Aquaculture_Rules_V5_4-GFS_en.pdf>
- GLOBALG.A.P. (2020b). GlobalG.A.P. General Regulations. Part I – General Requirements, accessed 26 April 2021,

- <https://www.globalgap.org/.content/.galleries/documents/200715_GG_GR_Part-I_V5_4-GFS_en.pdf>
- GLOBALG.A.P. (2020c). Integrated Farm Assurance. All Farm Base – Aquaculture Module. Control Points and Compliance Criteria, accessed 26 April 2021, <https://www.globalgap.org/.content/.galleries/documents/200715_GG_IFA_CPCC_AQ_V5_4-GFS_en.pdf>
- Godlewska, K., Michalak, I., & Chojnacka, K. (2014). Algae and health (In Polish). *Wiadomości chemiczne*.
- Godlewska, K., Michalak, I., Tuhy, Ł., & Chojnacka, K. (2016). Plant growth biostimulants based on different methods of seaweed extraction with water. *BioMed research international*, 2016.
- Graiff, A., Liesner, D., Karsten, U., & Bartsch, I. (2015). Temperature tolerance of western Baltic Sea *Fucus vesiculosus*—growth, photosynthesis and survival. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 471, 8-16.
- Gubelit, Y. I., Makhutova, O. N., Sushchik, N. N., Kolmakova, A. A., Kalachova, G. S., & Gladyshev, M. I. (2015). Fatty acid and elemental composition of littoral “green tide” algae from the Gulf of Finland, the Baltic Sea. *Journal of applied phycology*, 27(1), 375-386.
- Gupta, S., & Abu-Ghannam, N. (2011). Bioactive potential and possible health effects of edible brown seaweeds. *Trends in Food Science & Technology*, 22(6), 315-326.
- Haglund, K., & Pedersén, M. (1988). Spray cultivation of seaweeds in recirculating brackish water. *Aquaculture*, 72(1-2), 181-189.
- Handå, A., Forbord, S., Wang, X., Broch, O. J., Dahle, S. W., Størseth, T. R., ... & Skjermo, J. (2013). Seasonal- and depth-dependent growth of cultivated kelp (*Saccharina latissima*) in close proximity to salmon (*Salmo salar*) aquaculture in Norway. *Aquaculture*, 414, 191-201.
- Hasselström, L., Thomas, J. B., Nordström, J., Cervin, G., Nylund, G. M., Pavia, H., & Gröndahl, F. (2020). Socioeconomic prospects of a seaweed bioeconomy in Sweden. *Scientific reports*, 10(1), 1-7.
- Hirase, S., & Araki, C. (1961). Isolation of 6-O-methyl-D-galactose from the agar of *Ceramium boydenii*. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 34(7), 1048-1048.
- Honya, M., Kinoshita, T., Ishikawa, M., Mori, H., & Nisizawa, K. (1993). Monthly determination of alginate, M/G ratio, mannitol, and minerals in cultivated *Laminaria japonica*. *Bulletin-Japanese Society of Scientific Fisheries*, 59, 295-295.
- Hou, X., From, N., Angelidaki, I., Huijgen, W. J., & Bjerre, A. B. (2017). Butanol fermentation of the brown seaweed *Laminaria digitata* by *Clostridium beijerinckii* DSM-6422. *Bioresource technology*, 238, 16-21.
- Imeson, A. P. (2009). Carrageenan and furcellaran. In *Handbook of hydrocolloids* (pp. 164-185). Woodhead Publishing.
- Indergaard, M., & Knutsen, S. H. (1990). Seasonal differences in ash, carbon, fibre and nitrogen components of *Furcellaria lumbricalis* (Gigartinales, Rhodophyceae), Norway. *Botanica Marina* 33, 327-334.
- ISO (2021). Standards, accessed 28 April 2021, <<https://www.iso.org/standards.html>>
- Yantovski, E. (2011). Seaweed Ulva photosynthesis and zero emissions power generation. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 2(1), 23-31.
- Jamróz, E., Kulawik P., Krzyściak, P., Talanga-Ćwiecna, K., Juszczak, L. (2019). Intelligent and active furcellaran-gelatin films containing green or pu-erh tea extracts: Characterization, antioxidant and antimicrobial potential. *International Journal of Biological Macromolecules*. Volume 122, 1 February 2019, Pages 745-757.
- Jiménez-Escrig, A., Jiménez-Jiménez, I., Pulido, R., & Saura-Calixto, F. (2001). Antioxidant activity of fresh and processed edible seaweeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(5), 530-534.
- Jongaramruong, J., & Kongkam, N. (2007). Novel diterpenes with cytotoxic, anti-malarial and anti-tuberculosis activities from a brown alga *Dictyota* sp. *Journal of Asian natural products research*, 9(8), 743-751.

- Jumaidin, R., Sapuan, S. M., Jawaid, M., Ishak, M. R., & Sahari, J. (2018). Seaweeds as renewable sources for biopolymers and its composites: a review. *Current Analytical Chemistry*, 14(3), 249-267.
- Jung, H. A., Jin, S. E., Ahn, B. R., Lee, C. M., & Choi, J. S. (2013). Anti-inflammatory activity of edible brown alga *Eisenia bicyclis* and its constituents fucosterol and phlorotannins in LPS-stimulated RAW264. 7 macrophages. *Food and chemical toxicology*, 59, 199-206.
- Jurković, N., Kolb, N., & Colić, I. (1995). Nutritive value of marine algae *Laminaria japonica* and *Undaria pinnatifida*. *Die Nahrung*, 39(1), 63-66.
- Kadam, S. U., Tiwari, B. K., & O'Donnell, C. P. (2015). Effect of ultrasound pre-treatment on the drying kinetics of brown seaweed *Ascophyllum nodosum*. *Ultrasonics sonochemistry*, 23, 302-307.
- Kadam, S.U., Álvarez, C., Tiwari, B.K., & O'Donnell, C.P. (2015). Processing of seaweeds. *Seaweed Sustainability. Food and Non-Food Applications*. Edited by Brijesh K. Tiwari.
- Kain, J. M., & Dawes, C. P. (1987). Useful European seaweeds: past hopes and present cultivation. In *Twelfth International Seaweed Symposium* (pp. 173-181). Springer, Dordrecht.
- Kalev, 2020. In Kalev website, Retrieved May 13, 2020, from <<https://kalev.eu/en/product/mari-marjamaitse-line-marmelaadk-kommid/>>
- Karsten, U., Sawall, T., Hanelt, D., Bischof, K., Figueroa, F. L., Flores-Moya, A., & Wiencke, C. (1998). An inventory of UV-absorbing mycosporine-like amino acids in macroalgae from polar to warm-temperate regions. *Botanica Marina*, 41(1-6), 443-454.
- Kasuk V. (2020). New ways to valorize red seaweed *Furcellaria lumbricalis*, Blue Platform Workshop on Innovative Technologies in Aquaculture, online conference 17.11.2020 (accessible: <https://submariner-network.eu/news/39-aquaculture-news/859-presentations-online-blue-platform-workshop-on-innovative-technologies-in-aquaculture>).
- Kautsky, N., Kautsky, H., Kautsky, U., & Waern, M. (1986). Decreased depth penetration of *Fucus vesiculosus* (L.) since the 1940's indicates eutrophication of the Baltic Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 28(1), 1-8.
- Keith, D. W., Holmes, G., Angelo, D. S., & Heidel, K. (2018). A process for capturing CO₂ from the atmosphere. *Joule*, 2(8), 1573-1594.
- Kerrison, P. D., Stanley, M. S., Edwards, M. D., Black, K. D., & Hughes, A. D. (2015). The cultivation of European kelp for bioenergy: site and species selection. *Biomass and bioenergy*, 80, 229-242.
- Kersen, P., Orav-Kotta, H., Kotta, J., & Kukk, H. (2009). Effect of abiotic environment on the distribution of the attached and drifting red algae *Furcellaria lumbricalis* in the Estonian coastal sea. *Estonian Journal of Ecology*, 58(4).
- Kersen, P., Paalme, T., Pajusalu, L., & Martin, G. (2017). Biotechnological applications of the red alga *Furcellaria lumbricalis* and its cultivation potential in the Baltic Sea. *Botanica Marina*, 60(2), 207-218.
- Kim, K. Y., & Lee, I. K. (1996). The germling growth of *Enteromorpha intestinalis* (Chlorophyta) in laboratory culture under different combinations of irradiance and salinity and temperature and salinity. *Phycologia*, 35(4), 327-331.
- Knight, M., & Parke, M. (1950). A biological study of *Fucus vesiculosus* L. and *F. serratus* L. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 29(2), 439-514.
- Komfeldt, R. A. (1982). Relation between nitrogen and phosphorus content of macroalgae and the waters of northern Öresund. *Botanica Marina*, 15, 197-201.
- Korzen, L., Pulidindi, I. N., Israel, A., Abelson, A., & Gedanken, A. (2015). Single step production of bioethanol from the seaweed *Ulva rigida* using sonication. *RSC Advances*, 5(21), 16223-16229.
- KOSTERALG (2020). Enhancing value from seaweed, accessed 06 April 2021, <<http://www.kosteralg.se/en/homepage/>>
- Kovaltchouk N.A. (1996). Sanitary mariculture of green macroalgae one of the deeutrophication methods of domestic sewage flowing in the Gulf of Finland. In: U. Schiewer (ed.) Sustainable Development in Coastal Regions. Abstr. Int. Symp. April 15 - 20. 1996. Rostock, Germany. Rostock Univ.Press, p.54

- Kruk-Dowgiallo, L. (1991). Long-term changes in the structure of underwater meadows of the Puck Lagoon. *Acta Ichthyologica et Piscatoria. Supplementum*, (21).
- Kruk-Dowgiallo, L., & Ciszewski, P. (1994). Puck Bay – possibility of revaluation (In Polish). IOŚ., Warsaw, 208 pp.
- Kruk-Dowgiallo, L., & Dubrawski, R. (1998). A system of protection and restoration of the Gulf of Gdańsk. *Bulletin of the Maritime Institute in Gdańsk*, 25(1), 45-67.
- Kumar, C. S., Ganesan, P., Suresh, P. V., & Bhaskar, N. (2008). Seaweeds as a source of nutritionally beneficial compounds-a review. *Journal of Food Science and Technology*, 45(1), 1.
- Lahaye, M., & Robic, A. (2007). Structure and functional properties of ulvan, a polysaccharide from green seaweeds. *Biomacromolecules*, 8(6), 1765-1774.
- Langlois, J., Sassi, J. F., Jard, G., Steyer, J. P., Delgenes, J. P., & Hélias, A. (2012). Life cycle assessment of biomethane from offshore-cultivated seaweed. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 6(4), 387-404.
- Laos, K., & Ring, S. G. (2005). Note: Characterisation of furcellaran samples from Estonian *Furcellaria lumbricalis* (Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology*, 17(5), 461-464.
- Leandro, A., Pereira, L., & Gonçalves, A. M. (2020). Diverse Applications of Marine Macroalgae. *Marine Drugs*, 18(1), 17.
- Lee, J. B., Hayashi, K., Hashimoto, M., Nakano, T., & Hayashi, T. (2004). Novel antiviral fucoidan from sporophyll of *Undaria pinnatifida* (Mekabu). *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 52(9), 1091-1094.
- Lee, W. W., Ahn, G., Wijesinghe, W. A. J. P., Yang, X., Ko, C. I., Kang, M. C., ... & Jeon, Y. J. (2011). Enzyme-assisted extraction of *Ecklonia cava* fermented with *Lactobacillus brevis* and isolation of an anti-inflammatory polysaccharide. *Algae*, 26(4), 343-350.
- Li, Y., Cui, J., Zhang, G., Liu, Z., Guan, H., Hwang, H., ... & Wang, P. (2016). Optimization study on the hydrogen peroxide pretreatment and production of bioethanol from seaweed *Ulva prolifera* biomass. *Bioresource technology*, 214, 144-149.
- Li, J., Kangas, P., & Terlizzi, D. E. (2014). A simple cultivation method for Chesapeake Bay *Ulva intestinalis* for algal seed stock. *North American Journal of Aquaculture*, 76(2), 127-129.
- Li, Z., Wang, B., Zhang, Q., Qu, Y., Xu, H., & Li, G. (2012). Preparation and antioxidant property of extract and semipurified fractions of *Caulerpa racemosa*. *Journal of applied phycology*, 24(6), 1527-1536.
- Librenti, E., Ceotto, E., & Di Candilo, M. (2010, November). Biomass characteristics and energy contents of dedicated lignocellulosic crops. In *Third International Symposium of Energy from Biomass and Waste*.
- Lignell, Å., & Pedersen, M. (1986). Spray cultivation of seaweeds with emphasis on their light requirements. *Botanica marina*, 29(6), 509-516.
- Linden, K. (2014). Dutch seaweed. An economic analysis of Dutch seaweed (proteins) in the food and feed industry, 12-14.
- Liot, F., Colin, A., & Mabeau, S. (1993). Microbiology and storage life of fresh edible seaweeds. *Journal of Applied Phycology*, 5, 243-247.
- Luo, H., Wang, B., Yu, C., & Xu, Y. (2010). Optimization of microwave-assisted extraction of polyphenols from *Enteromorpha prolifera* by Orthogonal Test. *Chin. Herb. Med*, 2(4), 321-325.
- Maia, M. R., Fonseca, A. J., Oliveira, H. M., Mendonça, C., & Cabrita, A. R. (2016). The potential role of seaweeds in the natural manipulation of rumen fermentation and methane production. *Scientific reports*, 6(1), 1-10.
- Maine Coast Sea Vegetables. (2020). Accessed 15 April 2020, < <https://www.seaveg.com> >
- Manzo, E., Ciavatta, M. L., Bakkas, S., Villani, G., Varcamonti, M., Zanfardino, A., & Gavagnin, M. (2009). Diterpene content of the alga *Dictyota ciliolata* from a Moroccan lagoon. *Phytochemistry Letters*, 2(4), 211-215.
- Marais, M. F., & Joseleau, J. P. (2001). A fucoidan fraction from *Ascophyllum nodosum*. *Carbohydrate Research*, 336(2), 155-159.

- Marinho, G. S., Holdt, S. L., Birkeland, M. J., & Angelidaki, I. (2015). Commercial cultivation and bioremediation potential of sugar kelp, *Saccharina latissima*, in Danish waters. *Journal of applied phycology*, 27(5), 1963-1973.
- Marinho-Soriano, E., & Bourret, E. (2005). Polysaccharides from the red seaweed *Gracilaria dura* (Gracilariales, Rhodophyta). *Bioresource technology*, 96(3), 379-382.
- Marinho-Soriano, E., Silva, T. S. F., & Moreira, W. S. C. (2001). Seasonal variation in the biomass and agar yield from *Gracilaria cervicornis* and *Hydropuntia cornea* from Brazil. *Bioresource technology*, 77(2), 115-120.
- Marsham, S., Scott, G. W., & Tobin, M. L. (2007). Comparison of nutritive chemistry of a range of temperate seaweeds. *Food chemistry*, 100(4), 1331-1336.
- Martin, G., Paalme, T., & Torn, K. (2006). Growth and production rates of loose-lying and attached forms of the red algae *Furcellaria lumbricalis* and *Coccotylus truncatus* in Kassari Bay, the West Estonian Archipelago Sea. *Hydrobiologia*, 554(1), 107-115.
- Mathur, C., Rai, S., Sase, N., Krish, S., & Jayasri, M. A. (2015). Enteromorpha intestinalis derived seaweed liquid fertilizers as prospective biostimulant for Glycine max. *Brazilian archives of biology and technology*, 58(6), 813-820.
- Matsuhira, B. (1982). Polysaccharides from Chilean Seaweeds. Part XII. Studies on the Soluble Polysaccharide from *Ceramium pacificum*. *Botanica Marina*, 25(3), 139-142.
- McHugh, D. J. (2003). A guide to the seaweed industry FAO Fisheries Technical Paper 441. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome*.
- Meichssner, R., Stegmann, N., Cosin, A. S., Sachs, D., Bressan, M., Marx, H., ... & Schulz, R. (2020). Control of fouling in the aquaculture of *Fucus vesiculosus* and *Fucus serratus* by regular desiccation. *Journal of Applied Phycology*, 32(6), 4145-4158.
- Merck (2020). Fucoidan from *Fucus vesiculosus*, accessed 15 April 2020, <[https://www.sigmaaldrich.com/catalog/substance/fucoidanfromfucusvesiculosus12345907219911?>](https://www.sigmaaldrich.com/catalog/substance/fucoidanfromfucusvesiculosus12345907219911?)
- Mesnildrey, L., Jacob, C., Frangoudes, K., Reunavot, M., & Lesueur, M. (2012). Seaweed industry in France. Report Interreg program NETALGAE.
- Michalak, I., & Chojnacka, K. (2015). Algae as production systems of bioactive compounds. *Engineering in Life Sciences*, 15(2), 160-176.
- Michalak, I., & Chojnacka, K. (2016). The potential usefulness of a new generation of agro-products based on raw materials of biological origin. *Acta Sci. Pol. Hortic*, 15, 97-120.
- Michalak, I., Dmytryk, A., Schroeder, G., & Chojnacka, K. (2017a). The application of homogenate and filtrate from Baltic seaweeds in seedling growth tests. *Applied Sciences*, 7(3), 230.
- Michalak, I., Dmytryk, A., Śmieszek, A., & Marycz, K. (2017b). Chemical characterization of *Enteromorpha prolifera* extract obtained by enzyme-assisted extraction and its influence on the metabolic activity of Caco-2. *International journal of molecular sciences*, 18(3), 479.
- Michalak, I., Miller, U., Tuhy, Ł., Sówka, I., & Chojnacka, K. (2017c). Characterisation of biological properties of co-composted Baltic seaweeds in germination tests. *Engineering in Life Sciences*, 17(2), 153-164.
- Michalak, I., Tuhy, Ł., & Chojnacka, K. (2015). Seaweed extract by microwave assisted extraction as plant growth biostimulant. *Open Chemistry*, 13(1).
- Michalak, I., Tuhy, Ł., & Chojnacka, K. (2016). Co-Composting of Algae and Effect of the Compost on Germination and Growth of *Lepidium sativum*. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(3).
- Mikkelsen S., E. (2019). Developing sustainable strategies for cultivation and harvest of *Fucus vesiculosus*. Master thesis, Aarhus University
- Milledge, J. J., & Harvey, P. J. (2016). Potential process 'hurdles' in the use of macroalgae as feedstock for biofuel production in the British Isles. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 91(8), 2221-2234.
- Milledge, J. J., Smith, B., Dyer, P. W., & Harvey, P. (2014). Macroalgae-derived biofuel: a review of methods of energy extraction from seaweed biomass. *Energies*, 7(11), 7194-7222.

- Miller, I. J. (2003). Evaluation of the structures of polysaccharides from two New Zealand members of the Ceramiaceae. *Botanica marina*, 46(4), 378-385.
- Miller, I. J., & Blunt, J. W. (2002). Evaluation of the structure of the polysaccharides from *Chondria macrocarpa* and *Ceramium rubrum* as determined by ¹³C NMR spectroscopy. *Botanica marina*, 45(1), 1-8.
- Möller T., Georg M. 2020. The red algae *Furcellaria lumbricalis* and its use in Estonia, Power Point Presentation, accessed 15-11-2020 on: <https://www.sdu.dk/~media/0F6BB8D2A58C494AA8B980EDDE3D3234.ashx>
- Morais, T., Inácio, A., Coutinho, T., Ministro, M., Cotas, J., Pereira, L., & Bahcevandziev, K. (2020). Seaweed potential in the animal feed: A review. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(8), 559.
- Moreira, R., Chenlo, F., Sineiro, J., Arufe, S., & Sexto, S. (2016). Drying temperature effect on powder physical properties and aqueous extract characteristics of *Fucus vesiculosus*. *Journal of Applied Phycology*, 28(4), 2485-2494.
- Morskaja Kapusta, 2020. In Wikipedia. Retrieved May 13, 2020, from ru.wikipedia.org/wiki/морская_капуста.
- MSC (2021). First algae-derived omega-3 producer achieves ASC-MSC certification, accessed 21 April 2021, <<https://www.msc.org/media-centre/news-opinion/news/2021/01/19/first-algae-derived-omega-3-producer-achieves-asc-msc-certification>>
- Munda, I. M. (1987). Distribution and use of some economically important seaweeds in Iceland. In *Twelfth International Seaweed Symposium* (pp. 257-260). Springer, Dordrecht.
- Munda, I. M., & Hudnik, V. (1988). The effects of Zn, Mn, and Co accumulation on growth and chemical composition of *Fucus vesiculosus* L under different temperature and salinity conditions. *Marine Ecology*, 9(3), 213-225.
- Nayar, S., & Bott, K. (2014). Current status of global cultivated seaweed production and markets. *World Aquaculture*, 45(2), 32-37.
- Naylor, J. (1976). Production, trade and utilization of seaweeds and seaweed products. *FAO Fisheries Technical Papers (FAO). Documents Techniques FAO sur les Peches (FAO)- Documentos Tecnicos de la FAO sobre la Pesca (FAO). no. 159.*
- Nielsen, M. M., Manns, D., D'Este, M., Krause-Jensen, D., Rasmussen, M. B., Larsen, M. M., ... & Bruhn, A. (2016). Variation in biochemical composition of *Saccharina latissima* and *Laminaria digitata* along an estuarine salinity gradient in inner Danish waters. *Algal Research*, 13, 235-245.
- Nishino, T., Nishioka, C., Ura, H., & Nagumo, T. (1994). Isolation and partial characterization of a novel amino sugar-containing fucan sulfate from commercial *Fucus vesiculosus* fucoidan. *Carbohydrate research*, 255, 213-224.
- Niu, J. F., Chen, Z. F., Wang, G. C., & Zhou, B. C. (2010). Purification of phycoerythrin from *Porphyra yezoensis* Ueda (Bangiales, Rhodophyta) using expanded bed absorption. *Journal of applied phycology*, 22(1), 25-31.
- Nordic SeaFarm. (2021). Organic sugar kelp Plant-based flavours from the sea - Nutritious ingredient - Sustainable cultivation of seaweed from Sweden, accessed 09 April 2021, <<https://en.nordicseafarm.com/sockertang>>
- Nova Scotia Fisherman. (2020). Accessed 15 April 2020, <<https://www.novascotiafisherman.com/>>
- Obluchinskaya, E. (2020). Effect of different post-harvest treatments on free amino acid content in *Fucus vesiculosus*. *KnE Life Sciences*, 386-395.
- Ohno, M., & Critchley, A. T. (1993). Seaweed cultivation and marine ranching.
- Origin by Ocean, 2020. For the Natural Balance of Ocean Life. Refining marine biomass for cleaner oceans, accessed 06 April 2021, < <https://originbyocean.com> >
- Øverland, M., Mydland, L. T., & Skrede, A. (2019). Marine macroalgae as sources of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(1), 13-24.
- Paalme, T. (2017). Estimations on the commercial red algal stock in Kassari Bay. Project report LLTM117261, University of Tartu, Estonia. (in Estonian)

- Pandey, A., Pandey, S., Pathak, J., Ahmed, H., Singh, V., Singh, S. P., & Sinha, R. P. (2017). Mycosporine-Like Amino Acids (MAAs) Profile of Two Marine Red Macroalgae, *Gelidium* sp. and *Ceramium* sp. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 5(1), 12-21.
- Parjikolaie, B. R., Bruhn, A., Eybye, K. L., Larsen, M. M., Rasmussen, M. B., Christensen, K. V., & Fretté, X. C. (2016). Valuable biomolecules from nine north Atlantic red macroalgae: amino acids, fatty acids, carotenoids, minerals and metals. *Natural Resources*, 7(4), 157-183.
- Paull, R.E., & Chen, N. J. (2008). Postharvest handling and storage of the edible red seaweed *Gracilaria*. *Postharvest Biology and Technology*, 48 (2), 302–308.
- Peasura, N., Laohakunjit, N., Kerdchoechuen, O., & Wanlapa, S. (2015). Characteristics and antioxidant of *Ulva intestinalis* sulphated polysaccharides extracted with different solvents. *International journal of biological macromolecules*, 81, 912-919.
- Peasura, N., Laohakunjit, N., Kerdchoechuen, O., Vongsawasdi, P., & Chao, L. K. (2016). Assessment of biochemical and immunomodulatory activity of sulphated polysaccharides from *Ulva intestinalis*. *International journal of biological macromolecules*, 91, 269-277.
- Pechsiri, J. S., Thomas, J. B. E., Risén, E., Ribeiro, M. S., Malmström, M. E., Nylund, G. M., ... & Gröndahl, F. (2016). Energy performance and greenhouse gas emissions of kelp cultivation for biogas and fertilizer recovery in Sweden. *Science of the Total Environment*, 573, 347-355.
- Pedersen, M. F., & Borum, J. (1996). Nutrient control of algal growth in estuarine waters. Nutrient limitation and the importance of nitrogen requirements and nitrogen storage among phytoplankton and species of macroalgae. *Marine Ecology progress series*, 142, 261-272.
- Pereira, H., Leão-Ferreira, L. R., Moussatché, N., Teixeira, V. L., Cavalcanti, D. N., Costa, L. J., ... & Frugulhetti, I. C. P. P. (2004). Antiviral activity of diterpenes isolated from the Brazilian marine alga *Dictyota menstrualis* against human immunodeficiency virus type 1 (HIV-1). *Antiviral research*, 64(1), 69-76.
- Pereira, L. (2011). A review of the nutrient composition of selected edible seaweeds. *Seaweed: Ecology, nutrient composition and medicinal uses*, 15-47.
- Pereira, R., & Yarish, C. (2008). Mass Production of Marine Macroalgae. *Encyclopedia of Ecology*, 2236–2247.
- Pereira-Pacheco, F., Robledo, D., Rodríguez-Carvajal, L., & Freile-Pelegrín, Y. (2007). Optimization of native agar extraction from *Hydropuntia cornea* from Yucatán, México. *Bioresource Technology*, 98(6), 1278-1284.
- Peteiro, C. (2018). Alginate production from marine macroalgae, with emphasis on kelp farming. In *Alginates and Their Biomedical Applications* (pp. 27-66). Springer, Singapore.
- Peteiro, C., Salinas, J. M., Freire, Ó., & Fuertes, C. (2006). Cultivation of the autoctonous seaweed *Laminaria saccharina* off the Galician coast (NW Spain): production and features of the sporophytes for an annual and biennial harvest. *Thalassas*, 22(1), 45-52.
- Piovan, A., Seraglia, R., Bresin, B., Caniato, R., & Filippini, R. (2013). Fucoxanthin from *Undaria pinnatifida*: Photostability and coextractive effects. *Molecules*, 18(6), 6298-6310.
- Pliński, M., & Florczyk, I. (1984). Analysis of the composition and vertical distribution of the macroalgae in western part of the Gulf of Gdansk in 1979 and 1980. *Oceanology*, 19, 101-116.
- Plinski, M., Tarasiuk, J., & Jozwiak, T. (1992). Changes in composition and distribution of benthic algae on the Polish coast of the Baltic Sea [1986-1991]. *Oceanologia*, (33).
- Poeloengasih, C.D., Srianisah, M., Jatmiko, T.H., & Prasetyo, D.J. (2019). Postharvest handling of the edible green seaweed *Ulva lactuca*: mineral content, microstructure, and appearance associated with rinsing water and drying methods. *MarSave*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 253, 012006. IOP Publishing.
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987-992.

- Pulidindi K., Prakash A. (2020). Commercial Seaweed Market. Global Market Insight, <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/commercial-seaweed-market>
- Råberg, S., Berger-Jönsson, R., Björn, A., Granéli, E., & Kautsky, L. (2005). Effects of *Pilayella littoralis* on *Fucus vesiculosus* recruitment: implications for community composition. *Marine Ecology Progress Series*, 289, 131-139.
- Ragan, M. A., & Jensen, A. (1978). Quantitative studies on brown algal phenols. II. Seasonal variation in polyphenol content of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. and *Fucus vesiculosus* (L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 34(3), 245-258.
- Rahimi, F., Tabarsa, M., & Rezaei, M. (2016). Ulvan from green algae *Ulva intestinalis*: optimization of ultrasound-assisted extraction and antioxidant activity. *Journal of applied phycology*, 28(5), 2979-2990.
- Reed, R. H., & Russell, G. (1979). Adaptation to salinity stress in populations of *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 8(3), 251-258.
- Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on food additives (OJ L 354, 31.12.2008, p. 16, with later amendments).
- Regulation (EC) No 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002 laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety (OJ L 31, 1.2.2002, p. 1–24, with later amendments).
- Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin and amending Council Directive 91/414/EEC (OJ L 70, 16.3.2005, p. 1, with later amendments).
- Regulation (EC) No 852/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the hygiene of foodstuffs (OJ L 139, 30.4.2004, p. 1–54, with later amendments).
- Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2015 on novel foods, amending Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council and repealing Regulation (EC) No 258/97 of the European Parliament and of the Council and Commission Regulation (EC) No 1852/2001 (OJ L 327, 11.12.2015, p. 1, with later amendments).
- Regulation (EU) 2018/848 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on organic production and labelling of organic products and repealing Council Regulation (EC) No 834/2007 (OJ L 150, 14.6.2018, p. 1, with later amendments).
- Regulation (EC) No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labelling of organic products and repealing Regulation (EEC) No 2092/91.
- Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers, amending Regulations (EC) No 1924/2006 and (EC) No 1925/2006 of the European Parliament and of the Council, and repealing Commission Directive 87/250/EEC, Council Directive 90/496/EEC, Commission Directive 1999/10/EC, Directive 2000/13/EC of the European Parliament and of the Council, Commission Directives 2002/67/EC and 2008/5/EC and Commission Regulation (EC) No 608/2004 (OJ L 304, 22.11.2011, p. 18 with later amendments).
- Regulation (EU) No 1379/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on the common organisation of the markets in fishery and aquaculture products, amending Council Regulations (EC) No 1184/2006 and (EC) No 1224/2009 and repealing Council Regulation (EC) No 104/2000 (OJ L 354, 28.12.2013, p. 1 with later amendments).
- Restani, P., Persico, A., Ballabio, C., Moro, E., Fuggetta, D., & Colombo, M. L. (2008). Analysis of food supplements containing iodine: a survey of Italian market. *Clinical Toxicology*, 46(4), 282-286.
- Riebesell, U., Zondervan, I., Rost, B., Tortell, P. D., Zeebe, R. E., & Morel, F. M. (2000). Reduced calcification of marine plankton in response to increased atmospheric CO₂. *Nature*, 407(6802), 364-367.
- Roberts, D. A., Paul, N. A., Dworjanyan, S. A., Bird, M. I., & De Nys, R. (2015). Biochar from commercially cultivated seaweed for soil amelioration. *Scientific reports*, 5(1), 1-6.

- Rodriguez-Jasso, R. M., Mussatto, S. I., Pastrana, L., Aguilar, C. N., & Teixeira, J. A. (2011). Microwave-assisted extraction of sulfated polysaccharides (fucoïdan) from brown seaweed. *Carbohydrate Polymers*, 86(3), 1137-1144.
- Ross, A. B., Jones, J. M., Kubacki, M. L., & Bridgeman, T. (2008). Classification of macroalgae as fuel and its thermochemical behaviour. *Bioresource technology*, 99(14), 6494-6504.
- Ruangchuay, R., Dahamat, S., Chirapat, A., & Notoya, M. (2012). Effects of culture conditions on the growth and reproduction of Gut Weed, *Ulva intestinalis* Linnaeus (Ulvales, Chlorophyta). *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 34(5).
- Rudawska D., Wiśniewska J., Drygaś P., Szyszkowska A, Drygaś B. (2/2018). Znaczenie glonów brunatnych (Phaeophyceae) i ich wpływ na organizmy roślinne i zwierzęce
- Rutkowski, A., Gwiazda, S., Dąbrowski, K. (1993) Dodatki funkcjonalne do żywności. *Agro & Food Technology, Katowice*.
- Sabunas, A., Romagnoli, F., Pastare, L., & Balina, K. (2017). Laboratory Algae cultivation and BMP tests with *Ulva intestinalis* from the Gulf of Riga. *Energy Procedia*, 113, 277-284.
- Saluri, M., Kaldmäe, M., & Tuvikene, R. (2019). Extraction and quantification of phycobiliproteins from the red alga *Furcellaria lumbricalis*. *Algal research*, 37, 115-123.
- Saluri, M., Kaldmäe, M., & Tuvikene, R. (2020). Reliable quantification of R-phycoerythrin from red algal crude extracts. *Journal of Applied Phycology*, 1-8.
- Sánchez-García, F., Hernández, I., Palacios, V.M., & Roldán, A.M. (2021). Freshness Quality and Shelf Life Evaluation of the Seaweed *Ulva rigida* through Physical, Chemical, Microbiological, and Sensory Methods. *Foods*, 10, 181.
- Saqib, A., Tabbssum, M. R., Rashid, U., Ibrahim, M., Gill, S. S., & Mehmood, M. A. (2013). Marine macroalgae Ulva: a potential feed-stock for bioethanol and biogas production. *Asian J Agri Biol*, 1(3), 155-63.
- Schiener, P., Black, K. D., Stanley, M. S., & Green, D. H. (2015). The seasonal variation in the chemical composition of the kelp species *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Saccharina latissima* and *Alaria esculenta*. *Journal of Applied Phycology*, 27(1), 363-373.
- Seafarm (2020). Macroalgae for a biobased society, culture, biorefineries and energy extraction (SEAFARM), accessed 06 April 2021, <[https:// http://www.seafarm.se/](https://http://www.seafarm.se/)>
- Seaweed for Europe (2020). Hidden champion of the ocean. Seaweed as a growth engine for a sustainable European future. Seaweed for Europe. (accessible: <https://www.seaweedeurope.com/hidden-champion/>)
- Seghetta, M., Marchi, M., Thomsen, M., Bjerre, A. B., & Bastianoni, S. (2016). Modelling biogenic carbon flow in a macroalgal biorefinery system. *Algal research*, 18, 144-155.
- Seghetta, M., Romeo, D., D'Este, M., Alvarado-Morales, M., Angelidaki, I., Bastianoni, S., & Thomsen, M. (2017). Seaweed as innovative feedstock for energy and feed—Evaluating the impacts through a Life Cycle Assessment. *Journal of Cleaner Production*, 150, 1-15.
- Serban, R. M., Craciun, N., Munteanu, C., Munteanu, D., & Stoian, G. 2016. Ceramium red algae extract enriched in biological active compounds has a radioprotective effect. *HFSP Journal*, 10(2), 205-225.
- Serkedjieva, J. (2004). Antiviral activity of the red marine alga *Ceramium rubrum*. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 18(6), 480-483.
- Serrao, E. A., Brawley, S. H., Hedman, J., Kautsky, L., & Samuelsson, G. (1999). Reproductive success of *Fucus vesiculosus* (Phaeophyceae) in the Baltic Sea. *Journal of Phycology*, 35(2), 254-269.
- Shannon, E., & Abu-Ghannam, N. (2017). Optimisation of fucoxanthin extraction from Irish seaweeds by response surface methodology. *Journal of Applied Phycology*, 29(2), 1027-1036.
- Sharma, H. S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J. R., & Martin, T. (2014). Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of applied phycology*, 26(1), 465-490.
- Silva, A.F.R., Abreu, H., Silva, A.M.S., & Cardoso, S.M. (2019). Effect of oven-drying on the recovery of valuable compounds from *Ulva rigida*, *Gracilaria* sp. and *Fucus vesiculosus*. *Marine Drugs*, 17, 90.

- Ślesińska B. 1977. The species composition of plants when collecting *Furcellaria* from Puck Bay (in Polish). *Zesz. Nauk. UG, ser. Oceanografia* 3: 139-148.
- Sokolan, N., Kuranova, L., Voron'ko, N., & Grokhovskiy, V. (2020). Development of Basic Technology for Obtaining Sodium Alginate from Brown Algae. *KnE Life Sciences*, 1-11.
- Song C. 2016. Kimchi, seaweed, and seasoned carrot in the Soviet culinary culture: the spread of Korean food in the Soviet Union and Korean diaspora. *Journal of Ethnic Foods*. 3(1), 78-84.
- Spavieri, J., Kaiser, M., Casey, R., Hingley-Wilson, S., Lalvani, A., Blunden, G., & Tasdemir, D. (2010). Antiprotozoal, antimycobacterial and cytotoxic potential of some British green algae. *Phytotherapy Research*, 24(7), 1095-1098.
- Srikong, W., Bovornreungroj, N., Mittraparparthorn, P., & Bovornreungroj, P. (2017). Antibacterial and antioxidant activities of differential solvent extractions from the green seaweed *Ulva intestinalis*. *ScienceAsia*, 43, 88-95.
- Stansbury, J., Saunders, P., & Winston, D. (2012). Promoting healthy thyroid function with iodine, bladderwrack, guggul and iris. *Journal of Restorative Medicine*, 1(1), 83-90.
- Sudha, P. N., Gomathi, T., Vinodhini, P. A., & Nasreen, K. (2014). Marine carbohydrates of wastewater treatment. *Marine Carbohydrates: Fundamentals and Applications, Part B*, 103–143.
- Suutari, M., Leskinen, E., Spilling, K., Kostamo, K., & Seppälä, J. (2017). Nutrient removal by biomass accumulation on artificial substrata in the northern Baltic Sea. *Journal of Applied Phycology*, 29(3), 1707-1720.
- Tabarsa, M., Rezaei, M., Ramezanpour, Z., & Waaland, J. R. (2012). Chemical compositions of the marine algae *Gracilaria salicornia* (Rhodophyta) and *Ulva lactuca* (Chlorophyta) as a potential food source. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(12), 2500-2506.
- TARASÓL - The pioneering bio-marine liposomal Sunscreen released to the skin upon sunlight exposure, accessed 18.06.2021, <<https://cordis.europa.eu/article/id/264908-an-edible-sunscreen-product/pl>>.
- Tatarenkov, A., Bergström, L., Jönsson, R. B., Serrão, E. A., Kautsky, L., & Johannesson, K. (2005). Intriguing asexual life in marginal populations of the brown seaweed *Fucus vesiculosus*. *Molecular ecology*, 14(2), 647-651.
- Teas, J., Pino, S., Critchley, A., & Braverman, L. E. (2004). Variability of iodine content in common commercially available edible seaweeds. *Thyroid*, 14(10), 836-841.
- Thermo Fisher Scientific. (2021). R-Phycoerythrin, accessed 12 April 2021, <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/LSG/manuals/MAN0011222_R_Phycoerythrin_UG.pdf>
- Thomas, J. B., Ribeiro, M. S., Potting, J., Cervin, G., Nylund, G. M., Olsson, J., ... & Gröndahl, F. (2020). A comparative environmental life cycle assessment of hatchery, cultivation, and preservation of the kelp *Saccharina latissima*. *ICES Journal of Marine Science*. 78(1), 451-467.
- Tierney, M. S., Smyth, T. J., Hayes, M., Soler-Vila, A., Croft, A. K., & Brunton, N. (2013). Influence of pressurised liquid extraction and solid-liquid extraction methods on the phenolic content and antioxidant activities of Irish macroalgae. *International journal of food science & technology*, 48(4), 860-869.
- Torn, K., Krause-Jensen, D., & Martin, G. (2006). Present and past depth distribution of bladderwrack (*Fucus vesiculosus*) in the Baltic Sea. *Aquatic Botany*, 84(1), 53-62
- Trivedi, N., Gupta, V., Reddy, C. R. K., & Jha, B. (2013). Enzymatic hydrolysis and production of bioethanol from common macrophytic green alga *Ulva fasciata* Delile. *Bioresource technology*, 150, 106-112.
- Trokowicz D., Skrodzki M. (1963). Patent description 51703- The method of obtaining agar-agar from seaweed (in Polish).
- Trokowicz D., Skrodzki M. (1964). Patent description 53780 - The method of obtaining agar-agar from seaweed (in Polish).
- Trowbridge, C. D. (1999). *An assessment of the potential spread and options for control of the introduced green macroalga *Codium fragile* ssp. *tomentosoides* on Australian shores*. Centre for Research on Introduced Marine Pests.

- Truus, K., Vaher, M., & Taure, I. (2001). Algal biomass from *Fucus vesiculosus* (Phaeophyta): Investigation of the mineral and alginate components. *Proc. estonian acad. sci. chem*, 50(2), 95-103.
- Turvey, J., & Williams, E. L. (1976). The agar-type polysaccharide from the red alga *Ceramium rubrum*. *Carbohydrate research*, 49, 419-425.
- Tuvikene, R., Truus, K., Robal, M., Volobujeva, O., Mellikov, E., Pehk, T., ... & Vaher, M. (2010). The extraction, structure, and gelling properties of hybrid galactan from the red alga *Furcellaria lumbricalis* (Baltic Sea, Estonia). *Journal of applied phycology*, 22(1), 51-63.
- Usov, A. I. (2011). Polysaccharides of the red algae. In *Advances in carbohydrate chemistry and biochemistry*. Academic Press, 65. 115-217.
- van den Burg, S. W. K., Stuiver, M., Veenstra, F. A., Bikker, P., Contreras, A. L., Palstra, A. P., ... & van Raamsdonk, L. W. D. (2013). A Triple P review of the feasibility of sustainable offshore seaweed production in the North Sea (No. 13-077). Wageningen UR.
- van den Burg, S. W., van Duijn, A. P., Bartelings, H., van Krimpen, M. M., & Poelman, M. (2016). The economic feasibility of seaweed production in the North Sea. *Aquaculture Economics & Management*, 20(3), 235-252.
- van Oirschot, R., Thomas, J. B. E., Gröndahl, F., Fortuin, K. P., Brandenburg, W., & Potting, J. (2017). Explorative environmental life cycle assessment for system design of seaweed cultivation and drying. *Algal research*, 27, 43-54.
- Vetik. (2021). Vetik OÜ, accessed 09 April 2021, <<https://vetik.eu/>>
- Wallentinus, I. (1984). Comparisons of nutrient uptake rates for Baltic macroalgae with different thallus morphologies. *Marine Biology*, 80(2), 215-225.
- Wang, B., Tong, G. Z., Qu, Y. L., & Li, L. (2011). Microwave-assisted extraction and in vitro antioxidant evaluation of polysaccharides from *Enteromorpha prolifera*. In *Applied mechanics and Materials* (Vol. 79, pp. 204-209). Trans Tech Publications Ltd.
- Weinberger, F., Paalme, T., & Wikström, S. A. (2020). Seaweed resources of the Baltic Sea, Kattegat and German and Danish North Sea coasts. *Botanica Marina*, 63(1), 61-72.
- Wi, S. G., Kim, H. J., Mahadevan, S. A., Yang, D. J., & Bae, H. J. (2009). The potential value of the seaweed Ceylon moss (*Gelidium amansii*) as an alternative bioenergy resource. *Bioresource technology*, 100(24), 6658-6660.
- Wild Irish Seaweeds. (2020). Accessed 15 April 2020, <<https://www.wildirishseaweeds.com/>>
- Xiao, X. H., Yuan, Z. Q., & Li, G. K. (2013). Preparation of phytosterols and phytol from edible marine algae by microwave-assisted extraction and high-speed counter-current chromatography. *Separation and Purification Technology*, 104, 284-289.
- Xiao, X., Agusti, S., Lin, F., Li, K., Pan, Y., Yu, Y., ... & Duarte, C. M. (2017). Nutrient removal from Chinese coastal waters by large-scale seaweed aquaculture. *Scientific reports*, 7(1), 1-6.
- Zemke-White, W. L., & Ohno, M. (1999). World seaweed utilisation: an end-of-century summary. *Journal of applied Phycology*, 11(4), 369-376.
- Zubia, M., Fabre, M. S., Kerjean, V., & Deslandes, E. (2009). Antioxidant and cytotoxic activities of some red algae (Rhodophyta) from Brittany coasts (France). Zubia, M., Fabre, M. S., Kerjean, V., & Deslandes, E. (2009). Antioxidant and cytotoxic activities of some red algae (Rhodophyta) from Brittany coasts (France). *Botanica Marina* 52(3), 268-277