



4 modulis: Kaip dėl pasaulinio atšilimo turėtų keistis žuvų mityba ir šėrimo praktika akvakultūroje?



Ižanga

Diskusija:

- Kiek akvakultūros produkcijos užauginama jūsų šalyje ir ES?
- Kaip klimato kaita veikia akvakultūros gyvūnų šėrimą?
- Ką galime naudoti kaip alternatyvius pašarus akvakultūrai, siekdami sumažinti klimato kaitą?



Ižanga. Faktai

- Turkijoje 2023 m. buvo pagaminta 515000 t akvakultūros produkcijos. Akvakultūros ūkininkavimas Europos Sąjungoje sudarė beveik 1,1 milijono t vandens organizmų, kurių vertė siekė 4,8 mlrd. eurų.
- Ispanija, Prancūzija, Graikija ir Italija kartu pagamino daugiau nei du trečdalius visos ES akvakultūros produkcijos.
- Pasaulinis atšilimas mažins žuvų miltų ir žuvų taukų pasiūlą akvakultūros šėrimui.
 - Klimato kaita paveiks mitybos poreikius, medžiagų apykaitos greitį, pašarų konversijos koeficientą ir produkcijos kokybę.
- Akvakultūros sektorius turi ieškoti ar kurti alternatyvius pašarus, pavyzdžiui:
 - pašarai iš maisto atliekų,
 - augalinės kilmės baltymai,
 - mikrodumbliai,
 - vabzdžių baltymų miltai, pagaminti iš organinių atliekų ir kt.

Šaltinis: Lucas et al. (2019)



Įvadas. Pagrindinės sąvokos

- **Akvakultūra:** žuvų, vėžiagyvių, moliuskų ir vandens augalų veisimas, auginimas ir rinkimas kontroliuojamomis sąlygomis. Tai ūkininkavimas vandenyje, siekiant gauti maisto, išsaugoti biologinę įvairovę ar kitais komerciniais ir aplinkosaugos tikslais.
- **PER:** pašarų efektyvumo rodiklis – rodo prieaugio ir suvartotų pašarų santykį.
- **PKK:** pašarų konversijos koeficientas - rodiklis, parodantis, kiek pašarų reikia tam tikram žuvų ar kitų akvakultūros organizmų kūno masės priaugimui. Kuo jis mažesnis, tuo efektyviau pašarai paverčiami augimu.
- **GCV:** gyvavimo ciklo vertinimas, naudojamas aplinkosaugos poveikiui įvertinti nuo žaliavų iki galutinio produkto..
- **Alternatyvūs pašarai:** alternatyvios pašarų žaliavos, pvz., maisto atliekos, augaliniai pašarai (sojos pupelės), mikrodumbliai, vabzdžių miltai ir kt., žuvų miltai ir žuvų taukai.
- **Mikrobiota pagrįstas šėrimas:** akvakultūros gyvūnų šėrimas siekiant paveikti mikrobiomą, kad pagerėtų organizmo sveikata, gerovė ir produkcija.
- **Funkciniai pašarų priedai:** pašarų priedai, įtraukiami į pašarų receptūras, siekiant patenkinti pagrindinius tradicinių pašarų mitybos poreikius, taip pat pagerinti akvakultūros augimą ir sveikatą.

Įvadas

- Tikimasi, kad iki 2030 m. žuvininkystės ūkių gamyba padidės 32 %. Tačiau pasiekti tvarų gamybos lygį, kuris padėtų užtikrinti sveiką mitybą, atitikti Darnaus vystymosi tikslus ir siekti anglies pusiausvyros (Net Zero), bus sudėtinga.
- Žuvininkystės ūkiai pasaulyje kasmet sukuria 250 mln. tonų CO₂ ekvivalentų. Lašišų ūkiai – 10 mln. tonų CO₂ per metus.
- Palyginti su gyvulininkystės sektoriumi, ypač jautienos gamyba, jūros gėrybių gamyba pasižymi mažesnėmis anglies dioksido emisijomis. Be to, kai kurios rūšys sugeba surinkti anglį iš vandens aplinkos, prisidedamos prie ilgo anglies ciklo.



Akvakultūros sektoriai, kuriuose galima mažinti anglies dioksido emisiją (pagal Zhang et al., 2024).



1 dalis. Mitybos poreikiai ir medžiagų apykaitos pokyčiai



Temperatūros poveikis medžiagų apykaitai

- Pagrindiniai žuvų energijos poreikiai, kadangi jos yra šaltakraujai gyvūnai, tiesiogiai priklauso nuo vandens temperatūros. Kylant temperatūrai, didėja jų bazinis medžiagų apykaitos greitis, taip pat auga jų energijos ir baltymų poreikis organizmo palaikymui.
- Temperatūros sukelti medžiagų apykaitos pokyčiai veikia ne tik pašaro energetinę vertę, bet ir pašaro įsisavinimo efektyvumo koeficientą (PER, prieaugis/pašaras) arba konversijos koeficientą (PKK, pašaras/prieaugis).
- Kai kurie tyrimai rodo, kad „*pašarų virškinimo trukmė žarnyne*“ gali priklausomai nuo rūšies sutrumpėti esant šiltesniam vandeniui. Vis dėlto pabrėžiama, kad aukšta vandens temperatūra nedaro reikšmingos įtakos maisto medžiagų ar energijos įsisavinimui, kol neviršijama optimali temperatūrų riba.



- Klimato kaita ir pokyčiai vandens aplinkoje gali paveikti žuvų fiziologiją ir elgseną, taip pat maitinimosi procesus ir jų hormoninį reguliavimą. Kadangi žuvis yra šaltakraujė, jos itin jautriai reaguoja į vandens temperatūros pokyčius. Kylant vandens temperatūrai didėja deguonies suvartojimas, medžiagų apykaitos greitis ir atitinkamai energijos poreikis. Nors šie pokyčiai skiriasi priklausomai nuo rūšies, pastebima, kad žuvų pašaro suvartojimas didėja esant vidutiniam vandens temperatūros kilimui.
- Mikrobiomas yra plačiai pripažįstamas kaip svarbus komponentas, palaikantis bendrą žuvų sveikatą. Karščio sukeliama streso poveikis žarnyno struktūrai dar nėra iki galo ištirtas.
- Stresas gali sutrikdyti žarnyno mikrobinę struktūrą, todėl paveikiamos žuvų fiziologinės ir imuninės sistemos. Be mikrobiotos struktūros pokyčių, temperatūra taip pat gali paveikti šeimininko medžiagų apykaitą ir lemti fenotipo pokyčius.



2 dalis. Tvarūs pašarų ingredientai akvakultūroje



- Akvakultūroje galime gaminti gyvulinės kilmės baltymus su mažesne šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisija nei sausumoje auginami gyvūnai. Todėl akvakultūra yra klimato atžvilgiu draugiškesnis baltymų gamybos sektorius nei kiti gyvulininkystės tipai.
- Daugiau nei 70 % pasaulyje pagaminamų žuvų miltų ir taukų (ŽMT) sunaudojama akvakultūros pašarams. Visame pasaulyje maždaug 17 mln. t sužvejotų žuvų skiriama akvakultūros pašarų gamybai. Taigi, alternatyvių baltymų šaltinių naudojimas akvakultūroje gali padėti sumažinti jos poveikį aplinkai.
- Tokie alternatyvūs baltymų šaltiniai kaip vabzdžių miltai nėra naujiena, tačiau pastarosios investicijos į šį sektorių artina juos prie rinkos pasirengimo. Kiti pašarų šaltiniai, ypač dumbliai, turėtų būti toliau plėtojami.



1Augaliniai pašarai ir (arba) aliejai ir aplinkosaugos iššūkiai

- Pastaraisiais metais akvakultūros pašarų gamintojai vietoje ŽMT vis dažniau renkasi žemės ūkio produktus, tokius kaip soja, kukurūzai ir rapsai.
- Tačiau genetiškai modifikuotų sėklų, vandens, pesticidų ir trąšų naudojimas šių produktų gamyboje neigiamai veikia aplinkos tvarumą. Todėl ŽMT ingredientų keitimas sausumos produktų ingredientais atrodo gana toli nuo tikslo turėti nulinį anglies pėdsaką.
- Šie augaliniai pašarai taip pat pasižymi menka maistine verte, prastu virškinamumu, jiems trūksta kai kurių aminorūgščių ir polinesočiųjų riebalų rūgščių, tokių kaip DHR ir EPR.
- Be to, augalinės kilmės pašarų ingredientai turi antimaistinių medžiagų, kurios gali pakeisti naudingųjų bakterijų struktūrą žuvų virškinimo sistemoje ir neigiamai veikti jų medžiagų apykaitą.
- Kita problema, susijusi su augaliniais pašarais, yra ta, kad apie 70 % jų fosforo yra susijungęs su fitatu, o tai gali lemti eutrofikaciją, sumažinti baltymų virškinamumą ir padidinti azoto šalinimą.



2) Šalutiniai produktai kaip akvakultūros pašarai

Žuvų perdirbimo šalutiniai produktai

- Kiekvienais metais pasaulinės žvejojimo metu išmetamos žuvys sudaro apie 25% visos jūrų žvejojimo produkcijos. Svarbiausias būdas panaudoti šiuos šalutinius produktus – juos naudoti gyvulių ir akvakultūros organizmų pašarų sudėtyje.
- *Fermentinė žuvininkystės atliekų hidrolizė* – tai metodas, kurio metu atliekos paverčiamos žuvų baltymų hidrolizatais.
- Į pašarą įtraukus 50 % šviežių ančiuvinių atliekų, pastebėtas augimo ir pašaro suvartojimo padidėjimas bei pagerėjusi žarnyno sveikata (Warwas, 2023).

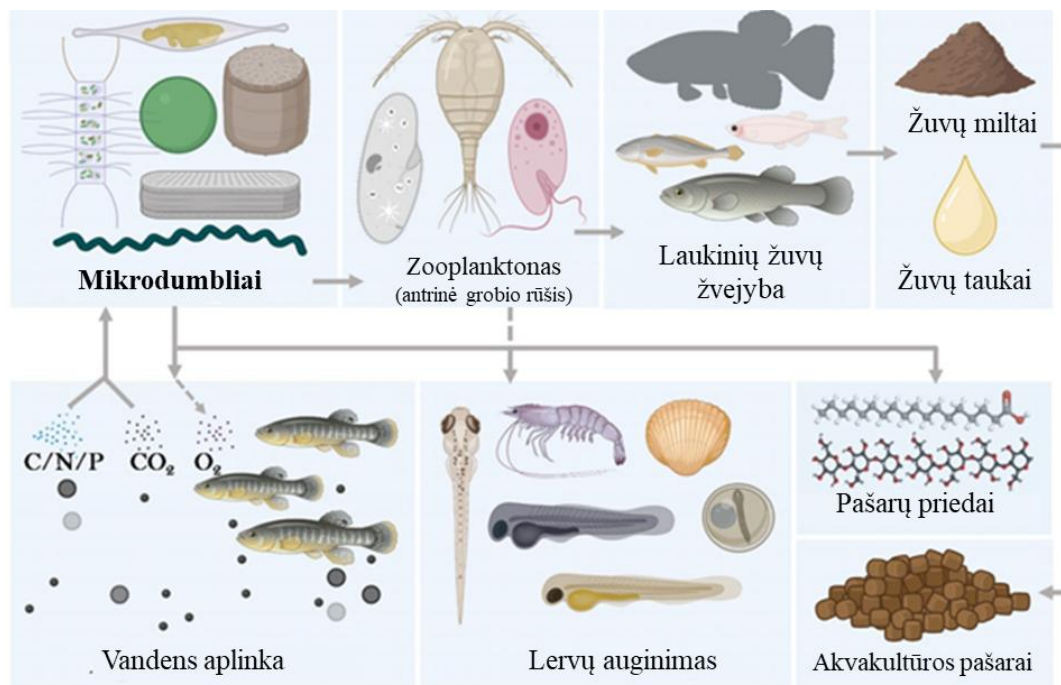
Maisto atliekos

- Kasmet susidaro apie 1,5 mlrd. t žmonių maisto likučių (tai sudaro 1/3 viso metinio žmonių maisto kiekio). Tačiau pagal ES maisto saugos politikos taikomą „atsargumo principą“, maisto atliekų naudojimas maistinių žuvų ar vabzdžių auginimui nėra leidžiamas.

3) Vienaląsčiai organizmai / baltymai

Mikrodumbliai (fitoplanktonas)

- Mikrodumblių baltymai ir aliejus turi potencialą pakeisti ŽMT akvakultūros pašaruose. Mikrodumblių žaliųjų baltymų kiekis sudaro 50–70 %, o lipidų – 45–60 % sausosios ląstelės masės.
- Iš jūrinių mikrodumblių rūšių perspektyviausios akvakultūros pašarams laikomos šios: *Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis sp.* ir *Schizochytrium sp.*



Mikrodumblių vaidmuo
akvakultūroje ([Biorender.com](https://biorender.com)
(Wu ir HU, 2023))



Jūrų dumbliai (makrodumbliai)

- Jūrų dumblių baltymų kiekis svyruoja nuo 2 iki 38 %, o lipidų kiekis – nuo 1 iki 10 %, priklausomai nuo dumblių rūšies. Apskritai teigiama, kad visų dumblių įdėjimas į žuvų pašarus nedideliu kiekiu (<10 %) vietoje žuvų miltų pagerina žuvų augimą ir pigmentaciją (Ragaza et al., 2021).

Mielės ir bakterijos

- Taip pat laikomos perspektyviomis vienaląsčių organizmų rūšimis akvakultūros šėrimui.



4) Vabzdžiai akvakultūros pašaruose

- Vabzdžiai gali būti tvarus baltymų šaltinis akvakultūrai, panaudojant maisto atliekas.
- Nustatyta, kad mažiausiai 16 iš maždaug 1 milijono žinomų vabzdžių rūšių pasaulyje gali būti naudojamos kaip alternatyvūs baltymų šaltiniai akvakultūrai. Aštuonios vabzdžių rūšys parodė labai perspektyvius rezultatus. Tarp jų svarbiausios yra šilkverpis (*Bombyx mori*), *Hermetia illucens*, *Musca Domestica*, *Tenebrio molitor* ir svirpliai.
- Šios vabzdžių rūšys turi daug žalių baltymų (nuo 42 iki 60 %) ir yra palyginamos su žuvų miltais bei sojų miltais pagal esminių aminorūgščių kiekį. Vabzdžiais pagrįstų pašarų pranašumas slypi ne tik maiste esančių maistinių medžiagų kiekyje, bet ir mažesniame aplinkos poveikyje – dėl didelio atliekų konversijos efektyvumo ir šalutinių produktų pavertimo vertingais pašariniais ištekliais.
- Europos Komisija taip pat patvirtino vabzdžių įtraukimą į vandens organizmų racioną (Reglamentas 2017/893/ES, 2017). Dėl to Europoje pradėta auginti įvairias vabzdžių rūšis pramoniniu mastu.



5) Žemo trofinio lygmens jūriniai gyvūnai

- Jūriniai organizmai, kurie ypač domina dėl jų galimo panaudojimo kaip ŽMT pakaitalai, yra midijos, amfipodai ir daugiašerės kirmėlės (*Policheta*). Šie mažo trofinio lygmens organizmai maisto medžiagas gauna iš pirminių gamintojų, tokių kaip fitoplanktonas, bakterijos, dumbliai, taip pat iš organinių atliekų jūrinėje aplinkoje.
- *Moliuskai*, pvz., žaliosios (*Perna viridis*) ir mėlynosios (*Mytilus edulis*), midijos turi 50–70 % baltymų ir 5–16 % lipidų (sausosios masės pagrindu), tai yra panašu į žuvų miltų sudėtį.
- Jūriniai amfipodai turi potencialo būti naudojami kaip alternatyvus gyvas pašaras galvakojų, krevečių ir jūrų arkliukų akvakultūroje. Jie turi daug baltymų, polinesočiųjų riebalų rūgščių (PUFA – EPA, DHA) ir aminorūgščių.
- Daugiašerės kirmėlės (*Policheta*) yra svarbus grobis komerciškai svarbioms žuvims ir vėžiagyviams. Tradiciškai jos naudojamos kaip gyvas masalas arba kaip aukštos kokybės maisto šaltinis specialioms racionams. Jos turi daug baltymų (55–60 % sausosios masės), lipidų (12–28 %) ir PUFA.

Alternatyvių akvakultūros pašarų ingredientų kokybinis potencialo vertinimas (pagal Shahin et al., 2023)

Alternatyva	Maistinė sudėtis	Tvarumas			Vartotojų požiūris	Komeracinis įgyvendinamumas
		Aplinkosauginis	Ekonominis	Socialinis		
Žir G šalutiniai produktai	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Maisto atliekos	↓	↑	↓	↓	↓	↓
Vabzdžiai	↑	↑	↑	↑	↔	↑
Vienaląsčiai organizmai	↑	↑	↓	↑	↑	↓
Jūrų dumbliai	↓	↑	↓	↑	↑	↓
Žemo trofinio lygmens jūriniai gyvūnai	↑	↑	↓	↑	↑	↔



Akvakultūros pašarų poveikio aplinkai mažinimas

Akvakultūra ir tvarumo klausimai

Pagrindinės strategijos, padedančios įvertinti akvakultūros mitybinį ir aplinkosauginį tvarumą, gali būti grindžiamos trimis pagrindiniais kriterijais:

- 1. *Pašarų sudedamųjų dalių virškinamumas:*** Akvakultūros pašarų ingredientų virškinamumas yra svarbus rodiklis, kuriant ekonomiškai pagrįstus ir aplinkos požiūriu tvarius pašarus.
- 2. *Pašarų konversijos koeficientas (PKK):*** yra geras akvakultūros aplinkosauginio veiksmingumo rodiklis, nes padeda įvertinti galimą neigiamą fosforo ir azoto atliekų poveikį aplinkai.
- 3. *Gyvavimo ciklo vertinimas (GCV) ekologiniam poveikiui nustatyti:*** gali būti naudojamas maisto sistemų poveikiui aplinkai vertinti, siekiant įvertinti akvakultūros poveikį aplinkai.



3 dalis. Šėrimo valdymo strategijos



Tiksliojo šėrimo metodai

Mityba, pagrįsta mikrobiomu

- Mikrobiomas vis dar yra tarsi „*juodoji dėžė*“ akvakultūros mityboje. Ateityje žarnyno mikroorganizmų bendrijų sudėties profiliavimas, ypač jų funkcijų ar funkcinių pasekmių žarnyne, taps svarbia tolesnių tyrimų kryptimi.
- Šis pokytis padės atsakyti į svarbius mokslinius klausimus, tokius kaip mikroorganizmų įvairovės ir metabolitų gamybos ryšys, bei leis pramonei nustatyti pagrindinius žarnyno sveikatos vertinimo rodiklius.
- Genetikos ir mitybos sankirtos kontekste genetinė atranka akvakultūroje jau neapsiriboja tik atsparumo ligoms ar augimo gerinimu – ji apima ir maistinių medžiagų įsisavinimą.
- Dėl to tampa dar svarbesnės tikslios šėrimo technologijos, paremtos genetinėmis savybėmis.



Šėrimas, paremtas grynąja energija (GE)

- Akvakultūroje pašarų sudarymas daugiausia grindžiamas virškinamosios energijos (VE) verte. Šioje sistemoje laikoma, kad energija augimui naudojama vienodu būdu.
- Todėl, jei būtų įmanoma nustatyti, metabolizuojamos energijos (ME) ir grynosios energijos (GE) reikšmių taikymas vietoje VE reikšmių akvakultūros pašarams suteiktų didelių privalumų.
- Pastaraisiais metais akvakultūros mitybos specialistams pavyko gana sėkmingai sukurti grynosios energijos modelius skirtingoms žuvų rūšims.
- Kadangi pašarų poveikį aplinkai daugiausia lemia jų sudedamosios dalys, atsiranda galimybė sumažinti akvakultūros poveikį aplinkai, formuluojant pašarus su mažesniu poveikiu aplinkai.



Daugiafunkcis (DF) pašarų formavimas

- Neseniai Garcia-Launay ir kt. (2018) sukūrė daugiafunkčę (DF) formulę, kurioje taikomi minimalios kainos formulavimo (maistinių medžiagų ir pašarų sudedamųjų dalių papildymo normų) apribojimai ir apskaičiuojama DF funkcija, apimanti tiek pašarų kainą, tiek poveikio aplinkai rodiklius, gautus taikant gyvavimo ciklo vertinimą (GCV).
- DF formulavimas gali būti naudingas įrankis siekiant sumažinti akvakultūros gamybos ekologinį pėdsaką nepažeidžiant gyvūnų produktyvumo ir nebūtinai didinant gamybos sąnaudas.

Išankstinio apdorojimo technologijos ir fermentuoti pašarai akvakultūrai

- Kietojo fermentavimo procesui būdinga tai, kad naudojami mikroorganizmai, tokie kaip *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis* ir *Bacillus licheniformis*. Šie organizmai gali paveikti pašarus, gamindami įvairius fermentus, tokius kaip fitazės, lipazės, proteazės bei angliavandenius skaidantys fermentai – celiulazės ir ksilazės.



4 dalis. Vandenynų rūgštėjimo poveikio mažinimas



Vandenynai ir rūgštėjimas

- Vandenynai veikia kaip natūralus anglies rezervuaras, sugeriantis daug daugiau anglies nei oras ar sausuma. Kai į vandenyną patenka daugiau anglies dioksido iš atmosferos, dalis anksčiau sukauptos anglies išsiskiria, todėl vanduo rūgštėja.
- Vandenynai sugeria CO_2 iš atmosferos, veikdami kaip buferis atmosferos CO_2 lygiui. Tačiau kuo daugiau CO_2 absorbuojama, tuo labiau mažėja jūros vandens pH, karbonatų jonų koncentracija ir kalcio karbonato (CaCO_3) kiekis – tai sukelia reiškinį, vadinamą „vandenynų rūgštėjimu“.

Buferinės medžiagos

- ***Dumbliai*** mažina vandenynų rūgštėjimą ir kompensuoja išmetamus teršalus.
- ***Neorganiniai buferiai:*** tai paprastai yra junginiai, tokie kaip natrio bikarbonatas, kalcio karbonatas arba magnio hidroksidas.
- ***Fitocheminės medžiagos ir augaliniai buferiai:*** kai kurie augalai gamina junginius, kurie gali natūraliai stabilizuoti pH lygį ir suteikia papildomą naudą.



Mitybos strategijos atsparumui rūgštėjimui didinti

- Akvakultūroje atsparumo rūgštinėms sąlygoms didinimas yra svarbus klausimas, ypač atsižvelgiant į vandenynų rūgštėjimą. Tam būtina kurti tvarius pašarų ir šėrimo strategijų sprendimus.
- Kai kurios šėrimo strategijos, skirtos rūgštėjimui mažinti, yra šios:
 1. *Mineralų naudojimas*
 2. *Vitaminų naudojimas*
 3. *Esminės amino rūgštys ir riebalų rūgštys*
 4. *Probiotikai ir prebiotikai*
 5. *Antioksidantai ir fitocheminės medžiagos*



5 dalis. Pašarų efektyvumo didinimas



Ekstruzijos apdorojimas

- Ekstruzijos apdorojimas – tai metodas, taikomas pašarų komponentams ar pašarui termiškai apdoroti ir pasterizuoti, trumpam juos veikiant aukšta temperatūra ir slėgiu. Taip pašalinami visi antimaistiniai junginiai (ANF), pagerinamas pašaro virškinamumas ir suvartojimas, o tai skatina žuvų augimą.
- Tokiu būdu ekstruzuoti pašarų ingredientai padidina lipidų kiekį pašaruose, krakmolo želatinizaciją bei baltymų ir energijos virškinamumą.

Fermentų priedų naudojimas

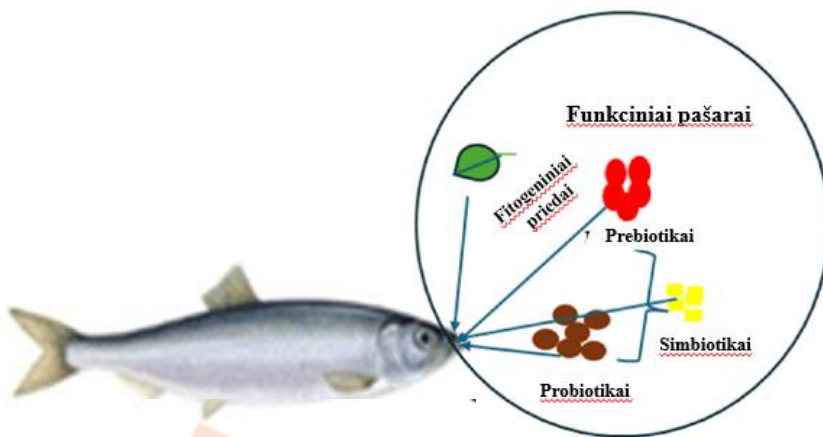
- Naudojant augalinės kilmės pašarus, kuriuose gausu NSP (nesuvirškinamų polisacharidų), žuvų virškinamajame trakte fermentai, tokie kaip ksilanazė, gliukanazė ir celiulazė, gali padidinti alternatyvių ingredientų maistinių medžiagų virškinamumą ir įsisavinimą.



Funkciniai pašarų priedai

- ***Probiotikai, prebiotikai ir fitogeniniai priedai*** – tai funkciniai pašarų papildai, kurie gali būti naudojami ligų prevencijai ar mažinimui, organizmo imuninės sistemos stiprinimui ir antimikrobinio atsparumo, atsirandančio dėl antibiotikų vartojimo, mažinimui.
- ***Antistresiniai pašarų priedai:*** pastaraisiais metais vis daugiau tyrimų skiriama žuvų streso mažinimui. Svarbu į jų pašarą įtraukti tam tikrų naudingų priedų, kad būtų sumažinta organizmo reakcija į įprastus streso veiksnius. Kai kurie iš šių papildų, padedančių mažinti streso fiziologinį poveikį, yra lipidai ir riebalų rūgštys, vitaminai, mineralai, aminorūgštys, nukleotidai, prebiotikai ir antioksidantai.
- Funkcinių pašarų priedų tvarumo nauda pagrįsta penkiais pagrindiniais poveikiais akvakultūrai:
 1. Geresnis pašarų naudojimas.
 2. Didesnis tvarių išteklių naudojimo efektyvumas.
 3. Didesnis atsparumas ligoms ir stipresnė imuninė sistema.
 4. Didesnis atsparumas parazitams.
 5. Geresnė vandens kokybė.

Funkcinių pašarų priedų poveikis akvakultūrai (pagal Onomu ir Okuthe, 2024)



Indėlis į akvakultūros tvarumą

Padidėjęs pašarų pasisavinimo efektyvumas

Pagerėjęs augimas

Sustiprėjusi imuninė sistema

Pagerėjusi vandens kokybė

Sumažinta priklausomybė nuo žuvų miltų

Sumažinta priklausomybė nuo antibiotikų ir kitų vaistų

Sumažintas poveikis aplinkai



DISKUSIJA:

Kaip reikėtų keisti žuvų pašarus ir šėrimo būdus atsižvelgiant į pasaulinį atšilimą?

Kokia yra aplinkosauginė, klimatinė ir socioekonominė šiame modulyje aptartų klausimų įtaka?



Pateikite užduočių lapus su klausimais, į kuriuos reikia atsakyti.

ATVEJO ANALIZĖ



Kaip šio modulio turinys gali skatinti:





Veiklos idėjos:

1. Grupiniai pristatymai apie šėrimo strategijų atvejo analizes
2. Racionų sudarymas siekiant sumažinti neigiamą klimato kaitos poveikį
3. Funkcinių pašarų priedų naudojimo akvakultūros ūkyje vertinimas
4. Skaitymas ir diskusijos apie inovacijas alternatyviuose pašaruose klimato kaitai švelninti

KRITINIO MĄSTYMO UŽDUOTIS



Kaip pasaulinis atšilimas gali pakeisti žuvininkystės pašarus ir šėrimą bei kokie praktiniai sprendimai galimi ateityje?

6 DALIS



Veiklos idėjos:

- Suraskite vaizdo įrašų, kuriuose paprastai paaiškinama, kaip pasaulinis atšilimas gali paveikti ligas akvakultūroje ir kokios apsaugos priemonės gali būti taikomos netolimoje ateityje.
- Grupėse sukurkite modelį, kaip visuomenė galėtų funkcionuoti remiantis idėja „Pasaulinio atšilimo poveikis žuvininkystės pašarams ir šėrimui bei praktiniai sprendimai“.
- Grupinis projektas: sukurkite išsamias žuvininkystės šėrimo strategijas, padedančias prisitaikyti prie pasaulinio atšilimo.
- Grupės diskusija: kokios politikos priemonės galėtų padėti pereiti prie tvarių praktikų?

VAIDMENŲ ŽAIDIMAS/TYRIMO VEIKLA



Literatūra

- Aasen, I. M., Sandbakken, I. S., Toldnes, B., Roleda, M. Y., & Slizyte, R. (2022). Enrichment of the protein content of the macroalgae *Saccharina latissima* and *Palmaria palmata*. *Algal research*, 65, 102727. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102727>
- Abdel-Latif, H. M., Abdel-Tawwab, M., Khafaga, A. F., & Dawood, M. A. (2020). Dietary oregano essential oil improved the growth performance via enhancing the intestinal morphometry and hepato-renal functions of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings. *Aquaculture*, 526, 735432. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735432>
- Ahmad, A., W. Hassan, S., & Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: Food security and circular economy. *Bioengineered*, 13(4), 9521-9547. <https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148>
- Ahmed, N., Thompson, S., & Glaser, M. (2019). Global aquaculture productivity, environmental sustainability, and climate change adaptability. *Environmental management*, 63, 159-172. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1117-3>
- Akbari Nargesi, E., Falahatkar, B., & Sajjadi, M. M. (2020). Dietary supplementation of probiotics and influence on feed efficiency, growth parameters and reproductive performance in female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) broodstock. *Aquaculture Nutrition*, 26(1), 98-108. <https://doi.org/10.1111/anu.12970>
- Albrektsen, S., Kortet, R., Skov, P. V., Ytteborg, E., Gitlesen, S., Kleinegris, D., ... & Øverland, M. (2022). Future feed resources in sustainable salmonid production: A review. *Reviews in aquaculture*, 14(4), 1790-1812. <https://doi.org/10.1111/raq.12673>
- Alfiko, Y., Xie, D., Astuti, R. T., Wong, J., & Wang, L. (2022). Insects as a feed ingredient for fish culture: Status and trends. *Aquaculture and fisheries*, 7(2), 166-178. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.10.004>
- Allegretti, G., Schmidt, V., & Talamini, E. (2017). Insects as feed: species selection and their potential use in Brazilian poultry production. *World's poultry science journal*, 73(4), 928-937. <https://doi.org/10.1017/S004393391700054X>
- Amin, M. N., Barnes, R. K., & Adams, L. R. (2014). Effect of temperature and varying level of carbohydrate and lipid on growth, feed efficiency and nutrient digestibility of brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill, 1814). *Animal feed science and technology*, 193, 111-123. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.04.016>
- Amin, M. N., Carter, C. G., Katersky Barnes, R. S., & Adams, L. R. (2016). Protein and energy nutrition of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) at optimal and elevated temperatures. *Aquaculture nutrition*, 22(3), 527-540. <https://doi.org/10.1111/anu.12274>
- Alloul, A., Wille, M., Lucenti, P., Bossier, P., Van Stappen, G., & Vlaeminck, S. E. (2021). Purple bacteria as added-value protein ingredient in shrimp feed: *Penaeus vannamei* growth performance, and tolerance against *Vibrio* and ammonia stress. *Aquaculture*, 530, 735788. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735788>
- Ang, C. Y., Yong, A. S. K., Azad, S. A., Lim, L. S., Zuldin, W. H., & Lal, M. T. M. (2021). Valorization of macroalgae through fermentation for aquafeed production: A review. *Fermentation*, 7(4), 304. <https://doi.org/10.3390/fermentation7040304>
- Ashour, M., Abo-Taleb, H. A., Hassan, A. K. M., Abdelzaher, O. F., Mabrouk, M. M., Elokaby, M. A., Mansour, A. T. (2021). Valorization use of amphipod meal, *Gammarus pulex*, as a fishmeal substitute on growth performance, feed utilization, histological and histometric indices of the gut, and economic revenue of grey mullet. *Journal of marine science and engineering*, 9(12), 1336. <https://doi.org/10.3390/jmse9121336>
- Becker, E. W. (2013). Microalgae for aquaculture: nutritional aspects. *Handbook of microalgal culture: applied phyecology and biotechnology*, 671-691. ISBN:9780470673898.
- Behrenfeld, M. J., O'Malley, R. T., Siegel, D. A., McClain, C. R., Sarmiento, J. L., Feldman, G. C., Boss, E. S. (2006). Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature*, 444(7120), 752-755. <https://doi.org/10.1038/nature05317>
- Blacher, E., Levy, M., Tatirovsky, E., & Elinav, E. (2017). Microbiome-modulated metabolites at the interface of host immunity. *The journal of immunology*, 198(2), 572-580. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.1601247>
- Boyd, C. E., McNevin, A. A., & Davis, R. P. (2022). The contribution of fisheries and aquaculture to the global protein supply. *Food security*, 14(3), 805-827. <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01246-9>



Literatūra

- Bozkurt, M., Aysul, N., Küçükyılmaz, K., Aypak, S., Ege, G., Catli, A. U., ... & Çınar, M. (2014). Efficacy of in-feed preparations of an anticoccidial, multienzyme, prebiotic, probiotic, and herbal essential oil mixture in healthy and Eimeria spp.-infected broilers. *Poultry science*, 93(2), 389-399. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03368>
- Bunting, M., 2021. Making fish feed greener: by-products the key to a sustainable aquaculture industry. 22 September 2021. <https://disruptr.deakin.edu.au/environment/making-fish-feed-greener-by-products-the-key-to-a-sustainable-aquaculture-industry/>
- Cheung, W.W.L., Maire, E., Oyinlola, M.A., Robinson, J.P.W., Graham, N.A.J., Lam, V.W.Y., McNeil, M.A., Hicks, C.C. (2023). Climate change exacerbates nutrient disparities from seafood. *Nature Climate Change*, 13: 1242–1249. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01822-1>
- Cottrell, R. S., Blanchard, J. L., Halpern, B. S., Metian, M., & Froehlich, H. E. (2020). Global adoption of novel aquaculture feeds could substantially reduce forage fish demand by 2030. *Nature food*, 1(5), 301-308. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0078-x>
- Cowieson, A. J., & Ravindran, V. (2008). Effect of exogenous enzymes in maize-based diets varying in nutrient density for young broilers: growth performance and digestibility of energy, minerals and amino acids. *British poultry science*, 49(1), 37-44. <https://doi.org/10.1080/0007166070181298>
- Davani-Davari, D., Negahdaripour, M., Karimzadeh, I., Seifan, M., Mohkam, M., Masoumi, S. J., Ghasemi, Y. (2019). Prebiotics: definition, types, sources, mechanisms, and clinical applications. *Foods*, 8(3), 92. <https://doi.org/10.3390/foods8030092>
- Delamare-Deboutteville, J., Batstone, D. J., Kawasaki, M., Stegman, S., Salini, M., Tabrett, S., Hülsen, T. (2019). Mixed culture purple phototrophic bacteria is an effective fishmeal replacement in aquaculture. *Water research* X, 4, 100031. <https://doi.org/10.1016/j.wroa.2019.100031>
- Demir, E., Sarica, Ş., Özcan, M. A., & Sui Mez, M. (2003). The use of natural feed additives as alternatives for an antibiotic growth promoter in broiler diets. *British poultry science*, 44(S1), 44-45. <https://doi.org/10.1080/713655288>
- Ding, D. S., Wang, S. H., Sun, W. T., Liu, H. L., & Pan, C. H. (2022). The effect of feeding on *briareum violacea* growth, survival and larval development under temperature and salinity stress. *Biology*, 11(3), 410. <https://doi.org/10.3390/biology11030410>
- Ebenezzar, S., Singh, D. K., Sahoo, S., Prabu Linga, D., & Pal, A. K. (2023). Outlook of Climate Change and Fish Nutrition. Editors: Archana Sinha, Shivendra Kumar, Kavita Kumari. Springer, ISBN 978-981-19-5499-3, (eBook).
- Eissa, E. S. H., Ahmed, R. A., Abd Elghany, N. A., Elfeky, A., Saadony, S., Ahmed, N. H., Sakr, S. E. S., Dayrit, G. B., Tolenada, C. P. S., Atienza, A. A. C., Mabrok, M., & Ayoub, H. F. (2023). Potential symbiotic effects of β -1,3 glucan, and fructooligosaccharides on the growth performance, immune response, redox status, and resistance of pacific white shrimp, *litopenaeus vannamei* to *Fusarium solani* infection. *Fishes*, 8(2), 105. <https://doi.org/10.3390/fishes8020105>
- Elabd, H., Wang, H. P., Shaheen, A., Yao, H., & Abbass, A. (2016). Feeding Glycyrrhiza glabra (liquorice) and Astragalus membranaceus (AM) alters innate immune and physiological responses in yellow perch (Perca flavescens). *Fish & shellfish immunology*, 54, 374-384. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.04.024>
- El-Kady, A. A., Magouz, F. I., Mahmoud, S. A., & Abdel-Rahim, M. M. (2022). The effects of some commercial probiotics as water additive on water quality, fish performance, blood biochemical parameters, expression of growth and immune-related genes, and histology of Nile tilapia (Oreochromis niloticus). *Aquaculture*, 546, 737249. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737249>
- FAO. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in Action; FAO: Rome, Italy, 2020; ISBN 978-92-5-132692-3.
- Field, C. B., Behrenfeld, M. J., Randerson, J. T., & Falkowski, P. (1998). Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science*, 281(5374), 237-240. <https://doi.org/10.1126/science.281.5374.237>
- Fowles, T. M., & Nansen, C. (2020). Insect-based bioconversion: value from food waste. *Food waste management: solving the wicked problem*, 321-346. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20561-4_12



Literatūra

- Froehlich, H. E., Jacobsen, N. S., Essington, T. E., Clavelle, T., & Halpern, B. S. (2018). Avoiding the ecological limits of forage fish for fed aquaculture. *Nature sustainability*, 1(6), 298-303. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0077-1>
- Garcia-Launay, F., Dusart, L., Espagnol, S., Laisse-Redoux, S., Gaudre, D., Meda, B., Wilfart, A., (2018). Multiobjective formulation is an effective method to reduce environmental impacts of livestock feeds. *British journal nutrition*, 120, 1298–1309. <https://doi.org/10.1017/s0007114518002672>.
- Gardiner, G. E., Metzler-Zebeli, B. U., & Lawlor, P. G. (2020). Impact of intestinal microbiota on growth and feed efficiency in pigs: A review. *Microorganisms*, 8(12), 1886. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8121886>
- Gasco, L., Acuti, G., Bani, P., Dalle Zotte, A., Danieli, P. P., De Angelis, A., ... & Roncarati, A. (2020). Insect and fish by-products as sustainable alternatives to conventional animal proteins in animal nutrition. *Italian journal of animal science*, 19(1), 360-372. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1743209>
- Geda, F., Rekecki, A., Decostere, A., Bossier, P., Wuyts, B., Kalmar, I. D., & Janssens, G. P. J. (2012). Changes in intestinal morphology and amino acid catabolism in common carp at mildly elevated temperature as affected by dietary mannanoligosaccharides. *Animal feed science and technology*, 178(1-2), 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.09.008>
- Ghafari-farsani, H., Hoseinifar, S. H., Javahery, S., & Van Doan, H. (2022). Effects of dietary vitamin C, thyme essential oil, and quercetin on the immunological and antioxidant status of common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 553, 738053. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738053>
- Giannenas, I., Triantafyllou, E., Stavrakakis, S., Margaroni, M., Mavridis, S., Steiner, T., & Karagouni, E. (2012). Assessment of dietary supplementation with carvacrol or thymol containing feed additives on performance, intestinal microbiota and antioxidant status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 350, 26-32. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.027>
- Glencross, B. D., Huyben, D., & Schrama, J. W. (2020). The application of single-cell ingredients in aquaculture feeds-a review. *Fishes*, 5(3), 22. <https://doi.org/10.3390/fishes5030022>
- Godoy M.G., Amorim G.M., Barreto M.S., Freire D.M.G. (2018). Chapter 12—Agricultural Residues as Animal Feed: Protein Enrichment and Detoxification Using Solid-State Fermentation. In: Pandey A., Larroche C., Soccol C.R., editors. *In Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*. pp. 235–256. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63990-5.00012-8>
- Groot, R., Lyons, P., & Schrama, J. W. (2021). Digestible energy versus net energy approaches in feed evaluation for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Animal feed science and technology*, 274, 114893. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114893>
- Guillen, A. C., Borges, M. E., Herreras, T., Kandalski, P. K., de Arruda Marins, E., Viana, D., ... & Donatti, L. (2019). Effect of gradual temperature increase on the carbohydrate energy metabolism responses of the antarctic fish notothenia rossii. *Marine environmental research*, 150, 104779. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.104779>
- Guerreiro, I., Castro, C., Antunes, B., Coutinho, F., Rangel, F., Couto, A., ... & Enes, P. (2020). Catching black soldier fly for meagre: Growth, whole-body fatty acid profile and metabolic responses. *Aquaculture*, 516, 734613. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734613>
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *The Journal of applied bacteriology*, 66(5), 365-378. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1989.tb05105.x>
- Herrera, M., Mancera, J. M., & Costas, B. (2019). The use of dietary additives in fish stress mitigation: comparative endocrine and physiological responses. *Frontiers in endocrinology*, 10, 447. <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00447>
- Hilborn, R., Banobi, J., Hall, S. J., Pucylowski, T., & Walsworth, T. E. (2018). The environmental cost of animal source foods. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 16(6), 329-335. <https://doi.org/10.1002/fee.1822>
- Hanachi, P., Karbalaei, S., Walker, T. R., Cole, M., & Hosseini, S. V. (2019). Abundance and properties of microplastics found in commercial fish meal and cultured common carp (*Cyprinus carpio*). *Environmental science and pollution research*, 26, 23777-23787. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-0563>



Literatūra

- Howell, M. (2022). An insider's view of advances in aquaculture nutrition. 23 September 2022. <https://thefishsite.com/articles/an-insiders-view-of-advances-in-aquaculture-nutrition-alltech-coppens>
- Hua, K., Cobcroft, J. M., Cole, A., Condon, K., Jerry, D. R., Mangott, A., ... & Strugnell, J. M. (2019). The future of aquatic protein: implications for protein sources in aquaculture diets. *One earth*, 1(3), 316-329. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.018>
- Huertas, I. E., Rouco, M., Lopez-Rodas, V., & Costas, E. (2011). Warming will affect phytoplankton differently: evidence through a mechanistic approach. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(1724), 3534-3543. <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.0160>
- Huguet, C. T., Norambuena, F., Emery, J. A., Hermon, K., & Turchini, G. M. (2015). Dietary n-6/n-3 LC-PUFA ratio, temperature and time interactions on nutrients and fatty acids digestibility in Atlantic salmon. *Aquaculture*, 436, 160-166. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.11.011>
- Idenyi, J. N., Eya, J. C., Nwankwegu, A. S., & Nwoba, E. G. (2022). Aquaculture sustainability through alternative dietary ingredients: Microalgal value-added products. *Engineering microbiology*, 2(4), 100049. <https://doi.org/10.1016/j.engmic.2022.100049>
- Jones, S. W., Karpol, A., Friedman, S., Maru, B. T., & Tracy, B. P. (2020). Recent advances in single cell protein use as a feed ingredient in aquaculture. *Current opinion in biotechnology*, 61, 189-197. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.12.026>
- Jusadi, D., Ekasari, J., Suprayudi, M. A., Setiawati, M., & Fauzi, I. A. (2021). Potential of underutilized marine organisms for aquaculture feeds. *Frontiers in marine science*, 7, 609471. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.609471>
- Khan, M. A., Das, S. K., & Bhakta, D. (2018). Food and feeding habits, gastro-somatic index and gonado-somatic index of *Scylla serrata* from Hooghly-Matlah estuary of West Bengal, India. *Journal of the marine biological association of india*, 60(1), 14. <https://doi.org/10.6024/jmbai.2018.60.1.1994-02>
- Lazzarotto, V., Médale, F., Larroquet, L., & Corraze, G. (2018). Long-term dietary replacement of fishmeal and fish oil in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effects on growth, whole body fatty acids and intestinal and hepatic gene expression. *PLoS One*, 13(1), e0190730. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190730>
- Legrand, T. P., Wynne, J. W., Weyrich, L. S., & Oxley, A. P. (2020). A microbial sea of possibilities: current knowledge and prospects for an improved understanding of the fish microbiome. *Reviews in aquaculture*, 12(2), 1101-1134. <https://doi.org/10.1111/raq.12375>
- Li, Y., Kortner, T. M., Chikwati, E. M., Belghit, I., Lock, E. J., & Krogdahl, Å. (2020). Total replacement of fish meal with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal does not compromise the gut health of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 520, 734967. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734967>
- Lock, E. J., Biancarosa, I., & Gasco, L. (2018). Insects as raw materials in compound feed for aquaculture. *Edible insects in sustainable food systems*, 263-276. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9_16
- Ma, M., & Hu, Q. (2024). Microalgae as feed sources and feed additives for sustainable aquaculture: prospects and challenges. *Reviews in aquaculture*, 16(2), 818-835. <https://doi.org/10.1111/raq.12869>
- Mackenzie, S. G., Leinonen, I., Ferguson, N., & Kyriazakis, I. (2016). Towards a methodology to formulate sustainable diets for livestock: accounting for environmental impact in diet formulation. *British journal of nutrition*, 115(10), 1860-1874. <https://doi.org/10.1017/S0007114516000763>
- Mancuso, T., Pippinato, L., & Gasco, L. (2019). The European insects sector and its role in the provision of green proteins in feed supply. *Calitatea*, 20(S2), 374-381. <https://www.researchgate.net/publication/332504133>
- Messeder, T., 2021. Innovation opportunities in European Aquaculture. KTN AgriFood and EIT Food. March 2021.
- Ma, M., & Hu, Q. (2024). Microalgae as feed sources and feed additives for sustainable aquaculture: prospects and challenges. *Reviews in aquaculture*, 16(2), 818-835. <https://doi.org/10.1111/raq.12869>
- MacLeod, M. J., Hasan, M. R., Robb, D. H., & Mamun-Ur-Rashid, M. (2020). Quantifying greenhouse gas emissions from global aquaculture. *Scientific reports*, 10(1), 11679. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68231-8>



Literatūra

- Matassa, S., Papirio, S., Pikaar, I., Hülsen, T., Leijenhorst, E., Esposito, G., ... & Verstraete, W. (2020). Upcycling of biowaste carbon and nutrients in line with consumer confidence: the “full gas” route to single cell protein. *Green chemistry*, 22(15), 4912-4929. <https://doi.org/10.1039/D0GC01382J>
- Mo, W. Y., Cheng, Z., Choi, W. M., Man, Y. B., Liu, Y., & Wong, M. H. (2014). Application of food waste-based diets in polyculture of low trophic level fish: Effects on fish growth, water quality and plankton density. *Marine pollution bulletin*, 85(2), 803-809. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.01.020>
- Nadermann, N., Seward, R. K., & Volkoff, H. (2019). Effects of potential climate change-induced environmental modifications on food intake and the expression of appetite regulators in goldfish. *Comparative biochemistry and physiology part a: molecular & integrative physiology*, 235, 138-147. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2019.06.001>
- Nagappan, S., Das, P., AbdulQuadir, M., Thaher, M., Khan, S., Mahata, C., ... & Kumar, G. (2021). Potential of microalgae as a sustainable feed ingredient for aquaculture. *Journal of biotechnology*, 341, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.09.003>
- Nasser, N., Abiad, M. G., Babikian, J., Monzer, S., & Saoud, I. P. (2018). Using restaurant food waste as feed for Nile tilapia production. *Aquaculture research*, 49(9), 3142-3150. <https://doi.org/10.1111/arc.13777>
- Nathanailides, C., Kolygas, M., Choremi, K., Mavraganis, T., Gouva, E., Vidalis, K., & Athanassopoulou, F. (2021). Probiotics Have the Potential to Significantly Mitigate the Environmental Impact of Freshwater Fish Farms. *Fishes*, 6(4), 76. <https://doi.org/10.3390/fishes6040076>
- Nielsen, T. B., Würtz, A. M. L., Tjønneland, A., Overvad, K., & Dahm, C. C. (2022). Substitution of unprocessed and processed red meat with poultry or fish and total and cause-specific mortality. *British Journal of Nutrition*, 127(4), 563-569. <https://doi.org/10.1017/S0007114521001252>
- NOAA Fisheries, (2022). Climate Resilience and Aquaculture. Fact Sheet 2022. www.fisheries.noaa.gov/aquaculture
- Ojeda, J., 2021. Can sustainable aquaculture help to achieve the UN SDGs? <https://www.eitfood.eu/blog/can-sustainable-aquaculture-help-to-achieve-the-un-sdgs> 17 August, 2021. Officials.
- Onomu, A. J., & Okuthe, G. E. (2024). The Role of Functional Feed Additives in Enhancing Aquaculture Sustainability. *Fishes*, 9(5), 167. <https://doi.org/10.3390/fishes9050167>
- Oscar, E. V., Joshua, E. O., Felix, E., & Eyerituvie, A. F. (2020). A Review on the Application and Benefits of Probiotics Supplements in Fish Culture. *Oceanography & Fisheries Open Access Journal*, 11(4), 62-65. <https://doi.org/10.19080/OFOAJ.2020.11.555817>
- Parker, L. M., Scanes, E., O'Connor, W. A., Dove, M., Elizur, A., Pörtner, H. O., & Ross, P. M. (2024). Resilience against the impacts of climate change in an ecologically and economically significant native oyster. *Marine pollution bulletin*, 198, 115788. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115788>
- Pombo, A., Baptista, T., Granada, L., Ferreira, S. M., Gonçalves, S. C., Anjos, C., ... & Costa, J. L. (2020). Insight into aquaculture's potential of marine annelid worms and ecological concerns: a review. *Reviews in aquaculture*, 12(1), 107-121. <https://doi.org/10.1111/raq.12307>
- Porteus, C. S., Hubbard, P. C., Uren Webster, T. M., van Aerle, R., Canário, A. V., Santos, E. M., & Wilson, R. W. (2018). Near-future CO2 levels impair the olfactory system of a marine fish. *Nature climate change*, 8(8), 737-743. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0224-8>
- Puvanasundram, P., Chong, C. M., Sabri, S., Yusoff, M. S., & Karim, M. (2021). Multi-strain probiotics: Functions, effectiveness and formulations for aquaculture applications. *Aquaculture reports*, 21, 100905. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100905>
- Qiu, X., Neori, A., Kim, J. K., Yarish, C., Shpigel, M., Guttman, L., ... & Davis, D. A. (2018). Evaluation of green seaweed *Ulva* sp. as a replacement of fish meal in plant-based practical diets for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of applied phycology*, 30, 1305-1316. <https://www.researchgate.net/publication/320042463>
- Ragaza, J. A., Hossain, M. S., Koshio, S., Ishikawa, M., Yokoyama, S., Kotzamanis, Y., ... & Kumar, V. (2021). Brown seaweed (*Sargassum fulvellum*) inclusion in diets with fishmeal partially replaced with soy protein concentrate for Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) juveniles. *Aquaculture nutrition*, 27(4), 1052-1064. <https://doi.org/10.1111/anu.13246>



Literatūra

- Rasidi, R., Jusadi, D., Setiawati, M., Yuhana, M., Zairin Jr, M., & Sugama, K. (2021). Dietary Supplementation of humic acid in the Feed of juvenile asian seabass, *Lates calcarifer* to counteract possible negative effects of Cadmium Accumulation on Growth and Fish Well-being when Green Mussel (*Perna viridis*) is used as a Feed ingredient. *Aquaculture research*, 52(6), 2550-2568. <https://doi.org/10.1111/are.15104>
- Reid, G.K., Gurney-Smith, H., Marcogliese, D.J., Knowler, D., Benfey, T., Garber, A.F., Forster, I., Chopin, T., Brewer-Dalton, K., Moccia, R.D., Flaherty, M.S., Smith, C.T., de Silva, S., (2019). Climate change and aquaculture: considering biological response and resources. *Aquaculture environment interactions*, 11, 569-602. <https://doi.org/10.3354/aei00332>
- Rimoldi S, Torrecillas S, Montero D, Gini E, Makol A, Valdenegro V. V, et al. (2020). Assessment of dietary supplementation with galactomannan oligosaccharides and phytogenics on gut microbiota of European sea bass (*Dicentrarchus Labrax*) fed low fishmeal and fish oil based diet. *PLoS ONE* 15(4): e0231494. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231494>
- Ritala, A., Häkkinen, S. T., Toivari, M., & Wiebe, M. G. (2017). Single cell protein—state-of-the-art, industrial landscape and patents 2001–2016. *Frontiers in microbiology*, 8, 2009. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02009>
- Sandblom, E., Gräns, A., Axelsson, M., & Seth, H. (2014). Temperature acclimation rate of aerobic scope and feeding metabolism in fishes: implications in a thermally extreme future. *Proceedings of the royal society b: biological sciences*, 281(1794), 20141490. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.1490>
- Sarker, P. K., Fournier, J., Boucher, E., Proulx, E., de la Noüe, J., & Vandenberg, G. W. (2011). Effects of low phosphorus ingredient combinations on weight gain, apparent digestibility coefficients, non-fecal phosphorus excretion, phosphorus retention and loading of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Animal feed science and technology*, 168, 241-9. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.086>
- Sarker, P. K., Kapuscinski, A. R., McKuin, B., Fitzgerald, D. S., Nash, H. M., & Greenwood, C. (2020). Microalgae-blend tilapia feed eliminates fishmeal and fish oil, improves growth, and is cost viable. *Scientific reports*, 10(1), 19328. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75289-x>
- Sarker, P. K. (2023). Microorganisms in fish feeds, technological innovations, and key strategies for sustainable aquaculture. *Microorganisms*, 11(2), 439. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020439>
- Šelo, G., Planinić, M., Tišma, M., Tomas, S., Kocova Komlenić, D., & Bucić-Kojić, A. (2021). A comprehensive review on valorization of agro-food industrial residues by solid-state fermentation. *Foods*, 10(5), 927. <https://doi.org/10.3390/foods10050927>
- Sepulveda, J., & Moeller, A. H. (2020). The effects of temperature on animal gut microbiomes. *Frontiers in microbiology*, 11, 384. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00384>
- Shahin, S., Okomoda, V. T., Ma, H., & Ikhwanuddin, M. (2023). Sustainable alternative feed for aquaculture: state of the art and future perspective. *Planetary sustainability*, 1(1), 62-96. <https://www.researchgate.net/publication/373874626>
- Sharma, J., Singh, S. P., & Chakrabarti, R. (2017). Effect of temperature on digestive physiology, immune-modulatory parameters, and expression level of Hsp and LDH genes in *Catla catla* (Hamilton, 1822). *Aquaculture*, 479, 134-141. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.05.031>
- Suikavuopio, S.I., James, P., Lysne, H., Saather, B.J. (2012). Effects of size and temperature on growth and feed conversion of juvenile green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*). *Aquaculture*, 354–355:27–30. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.036>
- Smáráson, B.Ö., 2023. Why are sustainable feed need? Eit Food. <https://www.eitfood.eu/blog/fish-feed-why-we-need-sustainable-alternatives>, 01.07.2023.
- Stumpp, M., Hu, M., Casties, I., Saborowski, R., Bleich, M., Melzner, F., & Dupont, S. (2013). Digestion in sea urchin larvae impaired under ocean acidification. *Nature climate change*, 3(12), 1044-1049. <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2028>
- Tait, J. (2021). New approach to feed production can transform climate impact of industries including fish farming. <https://www.sps.ed.ac.uk/news-events/news/new-approach-feed-production-can-transform-climate-impact-industries-including>



Literatūra

- Tocher, D. R., Betancor, M. B., Sprague, M., Olsen, R. E., & Napier, J. A. (2019). Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids, EPA and DHA: Bridging the gap between supply and demand. *Nutrients*, 11(1), 89. <https://doi.org/10.3390/nu11010089>
- Trinh, L. T., Bakke, I., & Vadstein, O. (2017). Correlations of age and growth rate with microbiota composition in Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae. *Scientific reports*, 7(1), 8611. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09073-9>
- Van Doan, H., Hoseinifar, S. H., Tapingkae, W., Seel-Audom, M., Jaturasitha, S., Dawood, M. A., Esteban, M. Á. (2020). Boosted growth performance, mucosal and serum immunity, and disease resistance Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings using corn-cob-derived xylooligosaccharide and *Lactobacillus plantarum* CR1T5. *Probiotics and antimicrobial proteins*, 12, 400-411. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100953>
- Vieira, L., Filipe, D., Amaral, D., Magalhães, R., Martins, N., Ferreira, M., ... & Peres, H. (2023). Solid-state fermentation as green technology to improve the use of plant feedstuffs as ingredients in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Animals*, 13(17), 2692. <https://doi.org/10.3390/ani13172692>
- Volkoff, H. (2019). Feeding and its regulation. In *Climate change and non-infectious fish disorders* (pp. 87-101). Wallingford UK: CABI. <https://doi.org/10.1079/9781786393982.0087>
- Warwas, N., (2023). Novel Marine Ingredients for Aquaculture - Fish Nutrition, Physiology and Intestinal Health. Doctoral thesis, University of Gothenburg Faculty of Science, Department of Biological and Environmental Sciences; Institutionen för biologi och miljövetenskap, ISBN 978-91-8069-513-8 978-91-8069-514-5
- Widanarni, W., Taufik, A., Yuhana, M., & Ekasari, J. (2019). Dietary mannan oligosaccharides positively affect the growth, digestive enzyme activity, immunity and resistance against vibrio harveyi of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) larvae. *Turkish journal of fisheries and aquatic sciences*, 19, 271-278. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v19_4_01
- Wilfart, A., Garcia-Launay, F., Terrier, F., Soudé, E., Aguirre, P., & Skiba-Cassy, S. (2023). A step towards sustainable aquaculture: Multiobjective feed formulation reduces environmental impacts at feed and farm levels for rainbow trout. *Aquaculture*, 562, 738826.
- Yadav, S., & Jha, R. (2019). Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. *Journal of animal science and biotechnology*, 10, 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0310-9>
- Yousefi, M., Ghafarifarsani, H., Hoseinifar, S. H., Rashidian, G., & Van Doan, H. (2021). Effects of dietary marjoram, *Origanum majorana* extract on growth performance, hematological, antioxidant, humoral and mucosal immune responses, and resistance of common carp, *Cyprinus carpio* against *Aeromonas hydrophila*. *Fish & shellfish immunology*, 108, 127-133. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.11.019>
- Zengin, M., Sur, A., İlhan, Z., Azman, M. A., Tavşanlı, H., Esen, S., Bacaksız, O.K., Demir, E. (2022). Effects of fermented distillers grains with solubles, partially replaced with soybean meal, on performance, blood parameters, meat quality, intestinal flora, and immune response in broiler. *Research in veterinary science*, 150, 58-64. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.06.027>
- Zhang, Z., Liu, H., Jin, J., Zhu, X., Han, D., & Xie, S. (2024). Towards a low-carbon footprint: Current status and prospects for aquaculture. *Water biology and security*, 3: 1-15, 100290. <https://doi.org/10.1016/j.watbs.2024.100290>
- Ziv-Douki, H., (2020). Combining strengths for greater impact. *Cargill aqua nutrition sustainability report 2020. Healthy seafood for future generations.* <https://www.cargill.com/doc/1432196768685/cargill-aqua-nutrition-sustainability-report-2020.pdf>