



Modul 4: Što bi trebalo promijeniti u hrani i hranidbi u akvakulturi zbog globalnog zatopljenja



Zagrijavanje

Rasprava:

- Što je akvakulturna proizvodnja u vašoj zemlji i EU-u?
- Kako klimatske promjene utječu na prehranu akvakulture?
- Što možemo koristiti kao alternativnu hranu za akvakulturu za ublažavanje klimatskih promjena?



Zagrijavanje - činjenice

- Turska je 2023. proizvela 515.000 tona u akvakulturi. Uzgoj akvakulture u EU-u dao je gotovo 1,1 milijun tona vodenih organizama u vrijednosti od 4,8 milijardi eura. Španjolska, Francuska, Grčka i Italija zajedno su proizvele više od dvije trećine obujma proizvodnje u akvakulturi EU-a.
- Globalno zatopljenje smanjit će opskrbu ribljim brašnom i ribljim uljem za prehranu u akvakulturi. Klimatske promjene utjecat će na prehrambene potrebe, brzinu metabolizma, omjer konverzije hrane i kvalitetu proizvoda.
- Sektor akvakulture trebao bi pronaći/proizvoditi alternativnu hranu za životinje kao što su hrana za životinje iz otpada od hrane, upotreba biljnih izvora bjelančevina, upotreba mikroalgi, proizvodnja kukaca u organskom otpadu za proteinsko brašno od kukaca itd.

Source: Lucas et al. (2019)

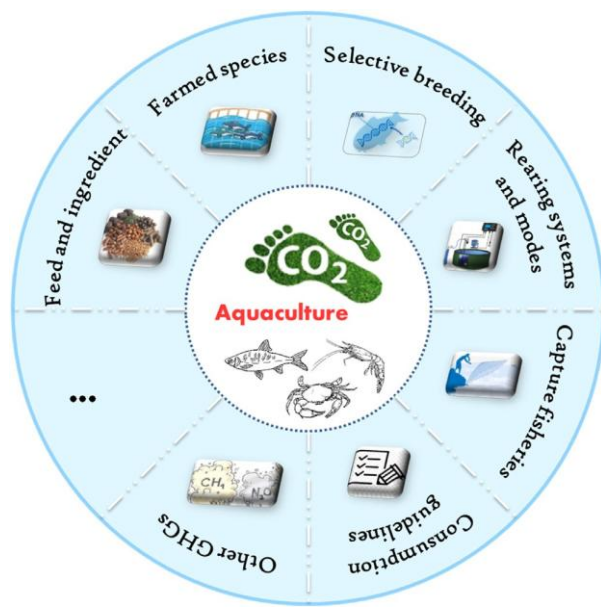


Uvod - Ključne definicije

- **Akvakultura:** Uzgoj i sakupljanje ribe, školjakaša i vodenih biljaka. U osnovi, to je uzgoj u vodi.
- **FER:** Omjer učinkovitosti hrane (dobitak/hrana) ili **FCR:** Omjer konverzije hrane (hrana/dobitak).
- **LCA:** Procjena životnog ciklusa za mjerenje učinaka hrane za akvakulturu na ugljični / vodni otisak.
- **Alternativna hrana:** Alternativna hrana kao što su otpad od hrane, biljni proizvodi (soja), mikroalge, brašno od insekata itd. Za riblje brašno i riblje ulje.
- **Hranjenje na temelju mikrobioma:** Hranjenje u akvakulturi za manipulaciju mikrobiomom radi poboljšanja zdravlja, dobrobiti i proizvodnje.
- **Funkcionalni dodaci hrani za životinje:** Dodaci hrani za životinje koji se ugrađuju u formulacije hrane kako bi se zadovoljile osnovne prehrambene potrebe konvencionalne hrane za životinje te poboljšao rast i zdravlje u akvakulturi.

Uvod

- Predviđa se da će uzgoj ribe porasti za 32% do 2030. Međutim, teško je ispuniti održivu proizvodnju koja će doprinijeti zdravoj prehrani, ispuniti ciljeve održivog razvoja i težiti Net Zero.
- Uzgoj ribe stvara 250 milijuna tona ekvivalenta CO₂ godišnje na globalnoj razini. Uzgoj lososa stvara 10 milijuna tona ekvivalenta CO₂ godišnje.
- U usporedbi sa stočarskom proizvodnjom, posebno govedinom, proizvodnja morskih organizama ima niže emisije ugljika. Osim toga, neke vrste mogu izvući ugljik iz vodenog okoliša, pridonoseći dugom ciklusu ugljika.



Slika. Interventni sektori za smanjenje emisija ugljika u akvakulturi (prilagođeno iz Zhang i sur., 2024).



Dio 1. Prehrambene potrebe i promjene metabolizma



Utjecaj temperature na metabolizam, učinkovitost hrane, probavljivost hranjivih tvari, unos hrane, brzinu metabolizma i mikrobiom

- Na bazalne energetske potrebe riba, koje su poikilotermne životinje, izravno utječe temperatura vode. Kako temperatura raste, povećava se njihova standardna brzina metabolizma, a tako i njihove potrebe za energijom i proteinima.
- Promjene u brzini metabolizma izazvane temperaturom utječu ne samo na energiju hrane, već i na omjer učinkovitosti hrane (FER, dobitak/hrana) ili omjer konverzije hrane (FCR, hrana/dobitak).
- Neke studije pokazuju da na "vrijeme prolaska hrane kroz crijevo" može utjecati toplija voda, ovisno o vrsti. Studije naglašavaju da će visoke temperature vode imati minimalan učinak na hranjive tvari ili probavljivost energije vodenih životinja dok se ne prekorači optimalni raspon.



- Klimatske promjene i promjene u vodenom okolišu također mogu utjecati na fiziologiju i ponašanje riba, kao i na hranjenje i endokrinu kontrolu hranjenja. Ribe, kao ektotermna stvorenja, vrlo su osjetljive na promjene temperature vode. Povećanje temperature vode povećava potrošnju kisika i brzinu metabolizma i, posljedično, energetske potrebe. Iako se ove promjene razlikuju ovisno o vrsti, unos hrane povećava se s umjerenim porastom temperature ribe.
- Mikrobiom je nadaleko prepoznat kao važna komponenta u održavanju cjelokupnog zdravlja riba. Utjecaj toplinskog stresa na morfologiju ribljih crijeva nije u potpunosti shvaćen.
- Stres može poremetiti crijevnu mikrobnu strukturu i tako utjecati na fiziološki i imunološki sustav riba. Osim što mijenja strukturu crijevne mikrobiote, temperatura također može utjecati na metabolizam domaćina i dovesti do promjena u fenotipu.



Dio 2. Održivi sastojci hrane za životinje u akvakulturi



- Akvakultura bi mogla proizvoditi životinjske bjelančevine s nižim emisijama stakleničkih plinova od uzgoja životinja na kopnu. Stoga je akvakultura klimatski prihvatljiviji sektor proizvodnje proteina od ostalih vrsta stoke.
- Hrana za akvakulturu koristi više od 70% svjetskog ribljeg brašna i ribljeg ulja (FMFO). Globalno, od otprilike 17 milijuna tona ulovljene ribe koristi se u hrani za akvakulturu. Stoga se korištenjem alternativnih izvora proteina za hranu za akvakulturu može smanjiti utjecaj akvakulture na okoliš.
- Alternativni izvori proteina kao što je brašno od kukaca nisu novi, ali nedavna ulaganja u ovaj sektor približavaju ga spremnosti za tržište. Trebalo bi dodatno razviti druge izvore hrane, posebno morske alge.



1) Hrana za životinje/ulja bilnog podrijetla i ekološki izazovi



- Posljednjih godina proizvođači hrane za akvakulturu okreću se poljoprivrednim proizvodima, kao što su soja, kukuruz i uljana repica, umjesto FMFO-ima.
- Međutim, upotreba transgenog sjemena, vode, pesticida i gnojiva u proizvodnji ovih proizvoda negativno utječe na održivost okoliša. Stoga se čini da je zamjena FMFO sastojaka sastojcima kopnenih proizvoda daleko od postizanja cilja nultog ugljičnog otiska.
- Također imaju nisku kvalitetu hranjivih tvari, probavljivost i nedostatak aminokiselina te nisku PUFA, kao što su DHA i EPA.
- Slično tome, sastojci hrane bilnog podrijetla sadrže antinutrijente koji mogu promijeniti strukturu korisnih bakterija u probavnom sustavu domaćina i negativno utjecati na metabolizam.
- Još jedan problem s biljnom hranom je taj što je otprilike 70% fosfora u njima vezano za fitat stvarajući potencijal za eutrofikaciju, a također smanjuje probavljivost proteina i povećava izlučivanje dušika.



2) Nusproizvodi kao hrana za akvakulturu

Nusproizvodi prerade ribe

- Svake godine odbačeni ulovi iz svjetskog ribarstva čine 25 % ukupne proizvodnje morskog ribarstva. Najvažnija metoda zbrinjavanja tih nusproizvoda je njihova upotreba u formulacijama hrane za životinje i organizmima u akvakulturi.
- *Enzimaska hidroliza* ribarskog otpada je tehnika prerade otpada u hidrolizate ribljih bjelančevina.
- Uključivanje 50% svježih inćuna u hranu povećalo je rast i unos hrane te dobro zdravlje crijeva (Warwas, 2023).

Otpad od hrane

- Godišnje se proizvede otprilike 1,5 milijardi tona ostataka hrane kod ljudi (1/3 ukupne godišnje hrane). Međutim, kao dio načela "predostrožnosti" koje se primjenjuje u politici sigurnosti hrane EU-a, upotreba otpada od hrane za ribe ili rastuće kukce nije dopuštena.

3) Jednostanični organizmi / proteini (SCO/SCP)

Miroalge (fitoplankton)

Proteini i ulje mikroalgi mogu zamijeniti FMFO u hrani za akvakulturu. Sadržaj sirovih bjelančevina u mikroalgama je 50-70%, a sadržaj lipida je 45-60% u suhoj masi stanica. Među morskim mikroalgama, *Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis* sp. i *Schizochytrium* sp. smatraju se obećavajućim u hrani za akvakulturu.

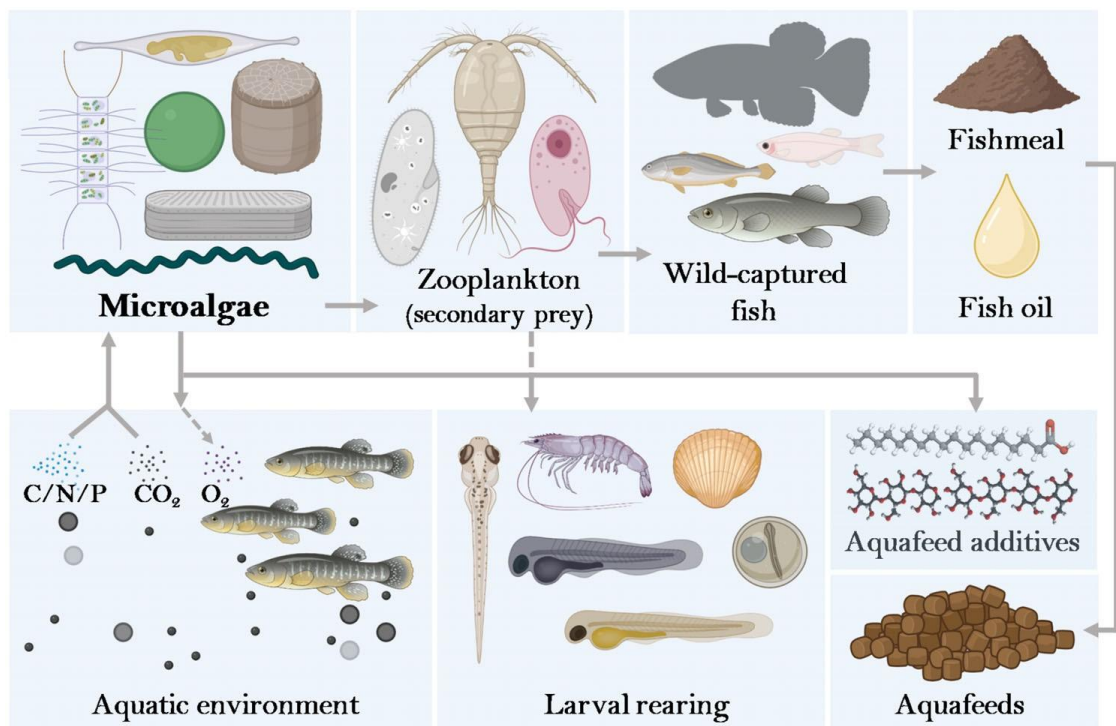


Fig. Uloge mikroalgi povezane s akvakulturom. ([Biorender.com](https://www.biorender.com) (Wu i HU, 2023))



Morske alge (makroalge)

Sadržaj proteina u morskim algama varira 2-38%, a sadržaj lipida varira 1-10% ovisno o vrsti morskih algi. Općenito, navodi se da kada se cijele morske alge dodaju u hranu za ribe u niskoj stopi (<10%) umjesto ribljeg brašna, dolazi do poboljšanja u učinku rasta i pigmentaciji ribe (Ragaza i sur., 2021).

- **Kvasci i bakterije** druge obećavajuće pojednostavnjeni SCO za hranidbu u akvakulturi.



4) Kukci u hrani za akvakulturu

- Kukci mogu biti održivi izvor proteina za akvakulturu koristeći otpad od hrane.
- Utvrđeno je da se najmanje 16 od približno 1 milijun poznatih vrsta kukaca u svijetu mogu koristiti kao alternativni izvori proteina u akvakulturi. Osmam vrsta kukaca pokazalo je vrlo obećavajuće rezultate. Među njima su najvažnije vrste kao što su svilena buba (*Bombyx mori*), *Hermetia illucens*, *Musca domestica*, *Tenebrio molitor* i cvrčci.
- Ova vrsta insekata ima visok udio sirovih proteina u rasponu od 42-60% i usporediva je s ribljim brašnom i sojinim brašnom u smislu esencijalnih aminokiselina. Prednost hrane na bazi kukaca nije samo količina hranjivih tvari koje sadrže, već i smanjeni utjecaj na okoliš u smislu visoke učinkovitosti pretvorbe otpada i pretvorbe nusproizvoda u vrijedne izvore hrane za životinje.
- Europska komisija odobrila je i uključivanje kukaca u prehranu vodenih organizama (Uredba 2017/893/EZ, 2017.). Kao rezultat toga, u Europi su osnovana mnoga poduzeća za uzgoj različitih vrsta kukaca.



5) Niskotrofične morske životinje

- Morske životinje od posebnog interesa zbog njihove potencijalne upotrebe kao zamjene za FMFO uključuju *dagnje*, *amfipode* i *polihete*. Ovi niskotrofični organizmi dobivaju hranjive tvari od primarnih proizvođača kao što su fitoplankton, bakterije i alge, kao i od organskog otpada u morskom okolišu.
- Dagnje, poput zelene (*Perna viridis*) i plave (*Mytilus edulis*), sadrže 50-70% proteina i 5-16% lipida po suhoj težini, slično ribljem brašnu.
- Morski amfipodi imaju potencijal da se upotrebljavaju kao alternativni izvor žive hrane za akvakulturu glavonošaca, kozica i morskih konjića. Sadrže visoku razinu proteina, PUFA (EPA, DHA) i aminokiselina.
- Mnogočetinaši su važan plijen za komercijalno važne ribe i rakove. Tradicionalno se koriste kao živi ribarski mamac ili kao visokokvalitetni izvor hrane. Sadrže velike količine proteina (55-60% suhe mase), lipida (12-28% suhe mase) i PUFA.

	Nutritional Composition	Sustainability			Consumer Perception	Commercial Feasibility
		Environmental	Economic	Social		
F & A by-products	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Food wastes	↓	↑	↓	↓	↓	↓
Insects	↑	↑	↑	↑	↔	↑
SCO	↑	↑	↓	↑	↑	↓
Seaweed	↓	↑	↑	↑	↑	↑
Low-trophic marine animals	↑	↑	↑	↑	↑	↔

Fig. Procjena kvalitativnog potencijala alternativnih sastojaka za hranu za životinje za akvakulturu([prilagođeno iz Shahin i sur.,2023](#))



Smanjenje utjecaja hrane za akvakulturu na okoliš

Pitanja akvakulture i održivosti

Ključne strategije za mjerenje prehrambene i ekološke održivosti u akvakulturi mogu se temeljiti na tri glavna kriterija:

- 1. *Probavljivost sastojaka hrane za životinje:*** Probavljivost sastojaka hrane za akvakulturu važan je parametar za formuliranje ekonomski održive i ekološki održive hrane za životinje.
- 2. *Omjer konverzije hrane (FCR):*** FCR je dobar pokazatelj ekološke učinkovitosti akvakulture jer pruža naznaku mogućih negativnih posljedica proizvodnje otpadnog fosfora i dušika.
- 3. *Procjena životnog ciklusa (LCA) za mjere utjecaja na okoliš:*** LCA se može koristiti za mjerenje utjecaja prehrambenih sustava na okoliš za mjerenje utjecaja akvakulture na okoliš.



Dio 3. Prakse upravljanja hranidbom



Tehnike preciznog hranjenja

Hranjenje na bazi mikrobioma

Mikrobiom je još uvijek nešto poput "crne kutije" u prehrani u akvakulturi. U budućnosti će profiliranje sastava crijevnih mikrobnih zajednica, posebno njihovih funkcija ili funkcionalnih ishoda u crijevima, biti područje za daljnja istraživanja.

- Ovaj pomak će rasvijetliti tekuća istraživačka pitanja kao što je veza između mikrobne raznolikosti i proizvodnje metabolita, te će omogućiti industriji da uspostavi osnovne metrike za zdravlje crijeva.
- U okviru sjecišta genetike i prehrane, genetska selekcija u akvakulturi više nije usmjerena samo na otpornost na bolesti ili poboljšani rast, već i na iskorištavanje hranjivih tvari.
- To će precizne tehnike hranjenja temeljene na njihovim genetskim karakteristikama učiniti još važnijima.



Formulacija hrane za životinje na bazi neto energije (NE)

- U akvakulturi se formulacija hrane uglavnom temelji na probavljivoj energiji (DE). U ovom se sustavu pretpostavlja da se energija koristi na standardni način za rast.
- Stoga, ako se to može odrediti, korištenje metabolizirajućih vrijednosti energije (ME) i neto energije (NE) umjesto vrijednosti DE za hranu za akvakulturu pružit će značajne prednosti.
- Posljednjih godina nutricionisti za akvakulturu bili su relativno uspješni u razvoju modela neto energije za različite vrste riba.
- Budući da je utjecaj hrane za životinje na okoliš u velikoj mjeri određen njezinim sastojcima, postoji mogućnost da se smanji utjecaj akvakulture na okoliš formuliranjem hrane za životinje s manjim utjecajem na okoliš.



Formulacija hrane za životinje s više ciljeva (MO)

- Garcia-Launay i sur., (2018) razvili su formulu s više ciljeva (MO) koja koristi ograničenja formulacije s najjeftinijim troškovima (hranjive tvari i stope dodavanja sastojaka hrane) i izračunava funkciju MO koja uključuje i troškove hrane i pokazatelje utjecaja na okoliš dobivene LCA-om.
- Formula MO može se koristiti kao koristan alat za smanjenje ekološkog otiska proizvodnje akvakulture bez ugrožavanja performansi životinja ili nužnog povećanja troškova proizvodnje.

Tehnologije prethodne obrade i fermentirana hrana za životinje za hranidbu u akvakulturi

- Fermentaciju u čvrstom stanju uglavnom karakterizira upotreba mikroorganizama kao što su *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis*, and *Bacillus licheniformis*. Ovi organizmi mogu utjecati na hranu proizvodeći različite enzime kao što su fitaze, lipaze, proteaze i karbohidraze kao što su celulaze i ksilanaze.



Dio 4. Ublažavanje učinaka zakiseljavanja oceana



- Oceani su prirodni karbonatni puferski sustavi i djeluju kao ponor ugljika u okolišu, mnogo veći od atmosferskog i kopnenog sadržaja ugljika. Kako se više atmosferskog CO₂ otapa u oceanskoj vodi, ugljik se oslobađa iz oceanskog ponora ugljika, čineći oceane kiselijima.
- Oceani apsorbiraju CO₂ iz atmosfere, djelujući kao tampon za atmosferske razine CO₂. Ako oceani apsorbiraju više CO₂, to dovodi do smanjenja pH morske vode, koncentracije karbonatnih iona i minerala kalcijevog karbonata (CaCO₃), stvarajući situaciju koja se naziva "zakiseljavanje oceana".

Puferska sredstva

- *Alge* smanjuju zakiseljavanje oceana i neutraliziraju emisije.
- *Anorganski puferi*: To su obično spojevi kao što su natrijev bikarbonat, kalcijev karbonat ili magnezijev hidroksid.
- *Fitokemikalije i puferi na biljnoj bazi*: Neke biljke proizvode spojeve koji mogu prirodno puferirati razinu pH i pružiti dodatne prednosti.



Prehrambene strategije za ublažavanje adifikacije oceana

- U akvakulturi je poboljšanje otpornosti na kisele uvjete važno pitanje, posebno s obzirom na zakiseljavanje oceana, kako bi se razvile strategije hrane i hranjenja za održivu akvakulturu.
- Neke strategije hranjenja za ublažavanje zakiseljavanja su:
 - *1. Upotreba minerala*
 - *2. Upotreba vitamina*
 - *3. Esencijalne aminokiseline i masne kiseline*
 - *4. Probiotici i prebiotici*
 - *5. Antioksidansi i fitokemikalije*



Dio 5. Poboljšanje učinkovitosti i probavljivosti hrane



Ekstruzijski proces

- Ekstruzijska obrada je metoda koja se primjenjuje za kuhanje i pasterizaciju komponenti hrane za životinje izlaganjem visokim temperaturama i pritiscima na kratko vrijeme, čime se eliminiraju svi ANF-ovi i povećava potrošnja hrane, probavljivost hranjivih tvari, a time i rast riba.
- Ovako ekstrudirani sastojci hrane potiču višu razinu lipida u hrani, želatinizaciju škroba te povećanje proteinske i energetske probavljivosti hrane.

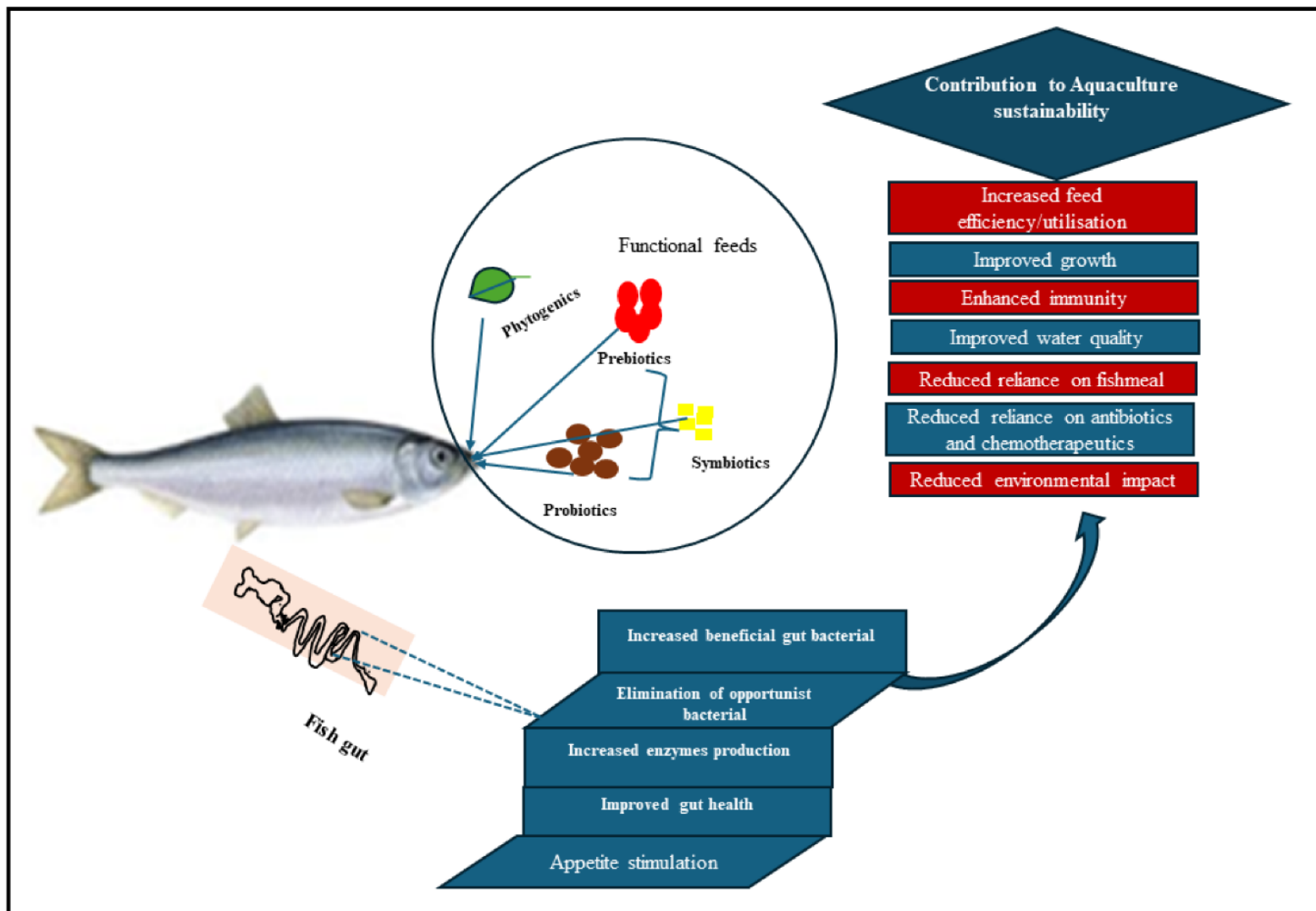
Upotreba enzimskih aditiva

- Korištenje biljne hrane bogate NSP-ovima u probavnom traktu riba, enzima kao što su ksilanaze, glukanaze i celulaze može povećati probavljivost i iskorištavanje hranjivih tvari koje pružaju alternativni sastojci.



Funkcionalni dodaci hrani za životinje

- ***Probiotici, prebiotici i fitogenici*** budući da se funkcionalni dodaci hrani za životinje mogu koristiti za prevenciju/smanjenje bolesti, jačanje imuniteta domaćina i smanjenje anabimikrobne rezistencije koja potječe od upotrebe antibiotika.
- ***Antistresni dodaci hrani:*** Posljednjih godina sve je više studija o smanjenju stresa kod riba. Važno je uključiti neke korisne aditive u njihovu hranu kako bi se smanjio odgovor na stres na tipične čimbenike stresa. Neki od dodataka hrani za smanjenje fiziološkog utjecaja stresa su lipidi i masne kiseline, vitamini, minerali, aminokiseline, nukleotidi, prebiotici i antioksidansi.
- Održive uloge funkcionalnih dodataka hrani za životinje temelje se na njihovih pet glavnih učinaka na akvakulturu: 1. *Povećana iskorištenost hrane*, 2. *Poboljšano održivo korištenje resursa*, 3. *Povećana otpornost na bolesti i imunitet*, 4. *Povećana otpornost na parazite* i 5. *Poboljšana kvaliteta vode*.


uu

Slika. Učinci funkcionalnih dodataka hrani za životinje u akvakulturi(*prilagođeno od Onomu i Okuthe, 2024*)



AKTIVNOST RASPRAVE:

Što bi trebalo promijeniti u hrani i hranidbi u akvakulturi zbog globalnog zatopljenja?

Kakav je okolišni, klimatski i socio-ekonomski utjecaj navedenih pitanja u modulu

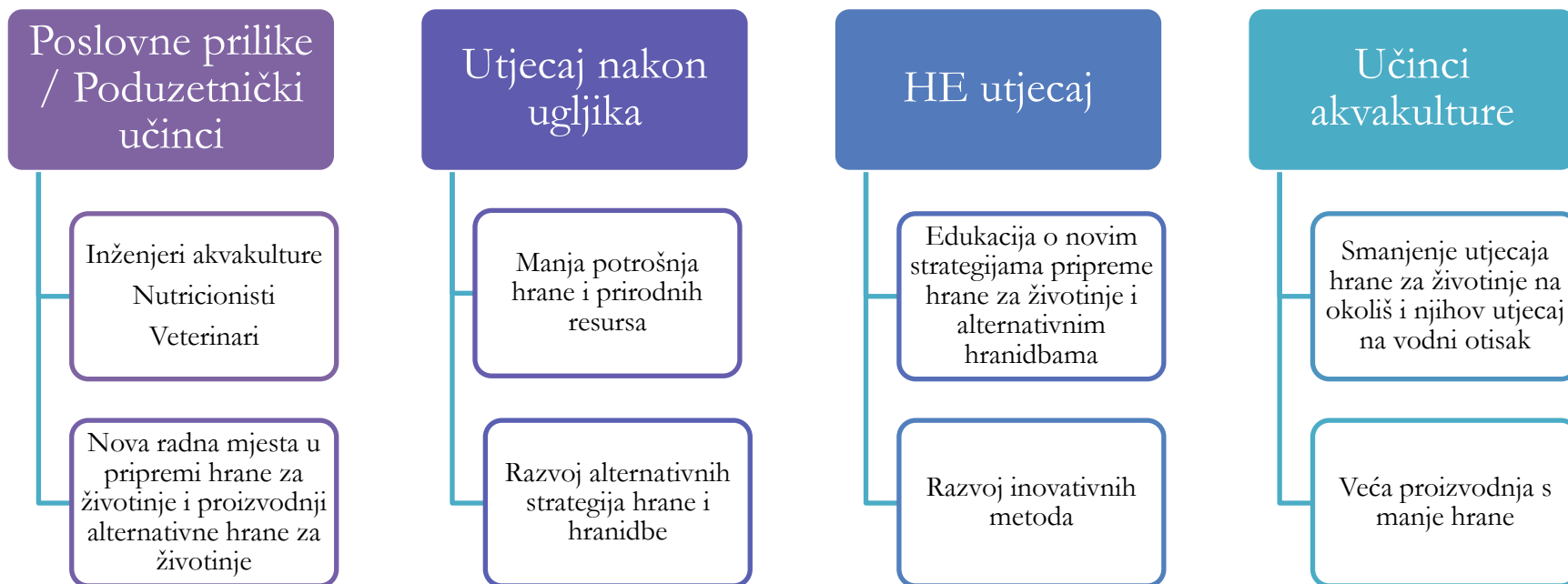


Uvedite radne listove s pitanjima na koja treba odgovoriti

AKTIVNOST STUDIJE SLUČAJA



Kako sadržaj ovog modula može promovirati:





Ideje za aktivnosti:

1. Grupne prezentacije o strategijama hranjenja, studije slučaja
2. Formulacije prehrane za smanjenje negativnog utjecaja klimatskih promjena
3. Evaluacija upotrebe funkcionalnih dodataka hrani za životinje u akvakulturnom uzgajalištu.
4. Čitanje i rasprava o inovacijama u alternativnim hranidbama za ublažavanje klimatskih promjena

AKTIVNOST KRITIČKOG RAZMIŠLJANJA



Budućnost učinaka globalnog zatopljenja na hranu za životinje i hranu u
akvakulturi i praktične primjene

DIO 6



Ideje za aktivnosti:

- Pronađite videozapise koji jednostavno opisuju kako „Učinci globalnog zatopljenja na bolesti u akvakulturi i zaštitnim primjenama "mogu izgledati u bliskoj budućnosti
- U grupama osmisliti društvo koje funkcionira na temelju koncepta „Učinci globalnog zatopljenja na hranu i hranidbu u akvakulturi i praktične primjene,,
- 1. Grupni projekt za razvoj sveobuhvatne strategije hranidbe u akvakulturi protiv globalnog zatopljenja
- 2. Razredna rasprava o mjerama politike za potporu održivim praksama

IGRANJE ULOGA/ISTRAŽIVAČKA AKTIVNOST



Literatura



- 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>

The Digital Blue Carrier for a Post-Carbon Future - Curriculum Innovations in Aquaculture [DiBluCa]"

- Ashour, M., Abo-Taleb, H. A., Hassan, A. K. M., Abdelzaher, O. F., Mabrouk, M. M., Elgohary, M. A., Mansour, A. F., & Elshorbagy, M. (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>