



3 modulis: Pasaulinis atšilimas ir veisimas, biotechnologijų taikymas akvakultūroje



Ižanga

Diskusija :

- Kaip pasaulinis atšilimas veikia vandens ekosistemas ir žuvų veisimą?
- Kokie biotechnologiniai sprendimai gali padėti sušvelninti klimato kaitos poveikį akvakultūrai?
- Kaip genų inžinerija, pavyzdžiui, CRISPR/Cas9, gali pagerinti žuvų veisimą ir atsparumą aplinkos pokyčiams?
- Kokie etiniai klausimai gali kilti taikant biotechnologijas akvakultūroje?
- Kaip, Jūsų nuomone, selekcinis veisimas ir genomų atranka prisideda prie tvarios akvakultūros?



Įžanga – faktai

- Daugiau nei 50 % pasaulinės jūros gėrybių produkcijos yra gaunama iš akvakultūros, todėl tai – itin svarbi maisto saugumo industrija.
- Kylančios vandenynų temperatūros keičia žuvų neršto sezonus, o tai daro poveikį populiacijų stabilumui.
- Selekcinis veisimas akvakultūroje taikomas jau dešimtmečius siekiant pagerinti augimo greitį ir atsparumą ligoms.
- CRISPR/Cas9 technologija leidžia tiksliai keisti žuvų genus, galimai pagerinant tokias savybes kaip atsparumas ligoms ir augimo efektyvumas.
- Kai kurios rūšys gali genetiškai prisitaikyti prie klimato kaitos, tačiau pokyčių tempas gali viršyti jų natūralaus prisitaikymo galimybes.



Įvadas – pagrindinės sąvokos

- **Pasaulinis atšilimas:** vidutinės Žemės paviršiaus temperatūros kilimas, susijęs su didėjančia šiltnamio dujų koncentracija, lemiantis jūros lygio kilimą, ekstremalius orus ir ekosistemų pokyčius.
- **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.
- **Selekcinis veisimas:** procesas, kurio metu parenkami tėviniai organizmai su pageidaujamomis savybėmis, siekiant palikuonių, turinčių tokias pačias ar geresnes savybes (pavyzdžiui, greitesnį augimą ar atsparumą ligoms).
- **Genominė selekcija:** genetiniai žymekliai naudojami palankiomis savybėmis pasižyminčių individų identifikavimui ir dauginimui, siekiant pagreitinti veisimo tobulinimą.
- **CRISPR/Cas9:** revoliucinis genų redagavimo įrankis, leidžiantis tiksliai keisti DNR sekas, siekiant sustiprinti pageidaujamas akvakultūros rūšių savybes, tokias kaip atsparumas ligoms ar augimo greitis.



Įvadas



- Pasaulinis atšilimas trikdo vandens ekosistemas, paveikdamas žuvų veisimą, medžiagų apykaitą ir populiacijas. Temperatūros kilimas, rūgštėjimas ir deguonies kiekio mažėjimas kelia grėsmę tiek laukinėms, tiek auginamoms rūšims, todėl akvakultūrai reikalingos naujos.
- Biotechnologijos, įskaitant selekcinį veisimą, genomų atranką ir CRISPR technologiją, stiprina žuvų atsparumą ir tvarumą, mažindamos priklausomybę nuo laukinių išteklių.
- Klimato kaita vyksta greičiau nei natūralus rūšių prisitaikymas, todėl būtini ekologiniai tyrimai ir biotechnologiniai sprendimai. Genetinio atsparumo pažinimas padeda kurti karščiui ir ligoms atsparias akvakultūros rūšis.
- Kadangi jūros gėrybių poreikis auga, pažangaus veisimo ir tvarių praktikų integracija padeda užtikrinti maisto saugumą ir biologinę įvairovę.

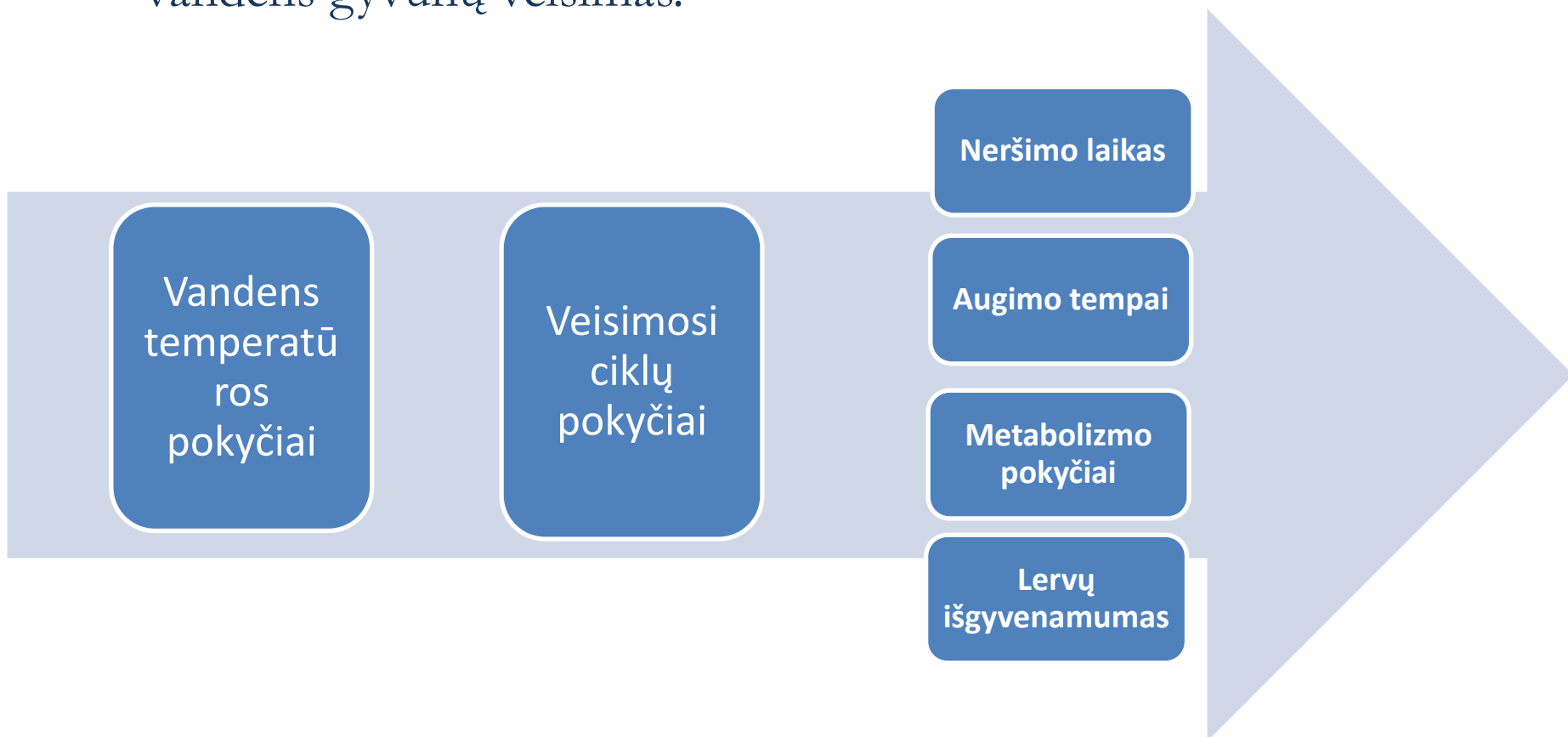


1 dalis. Klimato kaita ir vandens rūšių reprodukcija



Veisimo ciklą pokyčiai

- Žmogaus veiklos sukeltas klimato atšilimas daro didelį poveikį ekosistemoms visame pasaulyje, įskaitant vandens aplinką. Viena iš svarbiausių sričių, kurią veikia temperatūros kilimas, yra vandens gyvūnų veisimas.





Genetinis prisitaikymas

- Genetinis prisitaikymas prie kintančių sąlygų
- Prisitaikymo prie kylančios temperatūros pavyzdžiai
- Genetinės adaptacijos ribos
- Sumažėjusi reprodukcinė sėkmė ir populiacijos mažėjimas.
- Įvairiapusis pasaulinio atšilimo poveikis vandens gyvūnų veisimui
- Tolesnių tyrimų poreikis



2 dalis. Pažangūs veislininkystės metodai



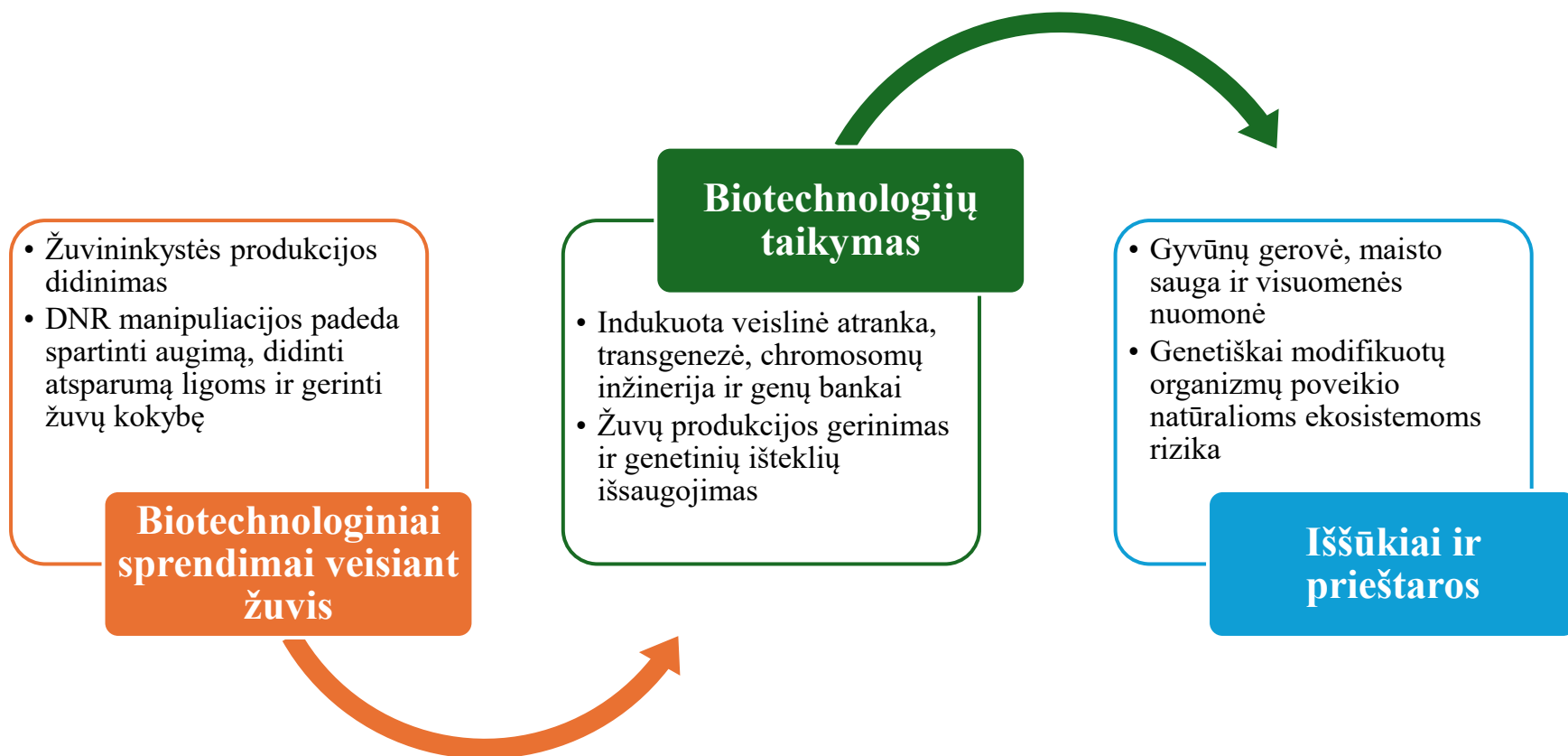
Selekcinis veisimas

- Selekcinio veisimo vaidmuo akvakultūroje
- Klimato kaitos keliami uždaviniai akvakultūrai
- Atsparumo karščiui didinimas selekcinio veisimo būdu
- Elgesio bruožai ir atsparumas klimato kaitai
- Ilgalaikio tvarumo užtikrinimas



Genominė atranka

- Akvakultūra susiduria su klimato kaitos keliamais iššūkiais: karščio stresu, ligomis ir aplinkos grėsmėmis.
- Genominė atranka paspartina veisimą, identifikuoja tokias savybes kaip atsparumas karščiui ir ligoms.
- Biotechnologijos gerina žuvų kokybę, didina produkciją ir užtikrina tvarumą, laikantis griežtų saugumo reikalavimų.



Biotechnologijos vaidmuo žuvų gamybos didinime (Yang et al., 2021).



Biotechnologijos leidžia padidinti žuvų produkciją pasitelkiant:

- Genetinę modifikaciją
- Patobulintas veisimo technikas
- Aplinkosauginį tvarumą

Integruotos su kitomis maisto gamybos technologijomis, jos padeda patenkinti miesto gyventojų poreikius.

Reikalauja tvirto tyrimų pagrindo genetikos, fiziologijos ir patologijos srityse.



Genominė atranka – žingsnis į priekį

- Naudojami genominiai įrankiai, siejantys genetinius žymenis su pageidaujamomis savybėmis
- Leidžia veiksmingiau atrinkti ir veisti
- Spartina veisimo programas, siekiant atsparumo aplinkos poveikiui
- Padeda identifikuoti žuvis, turinčias geriausią genetinį potencialą



Selekcinio veisimo ir genominės atrankos integravimas

- Selektinis veisimas gerina augimo tempą ir atsparumą ligoms
- Genominė atranka didina tikslumą ir spartina pažangą
- Taikoma atlantinėms lašišoms siekiant padidinti atsparumą temperatūros pokyčiams ir ligoms

(Gjøen et al., 2018)



3 dalis. Genų inžinerija ir CRISPR



Genų inžinerija akvakultūroje

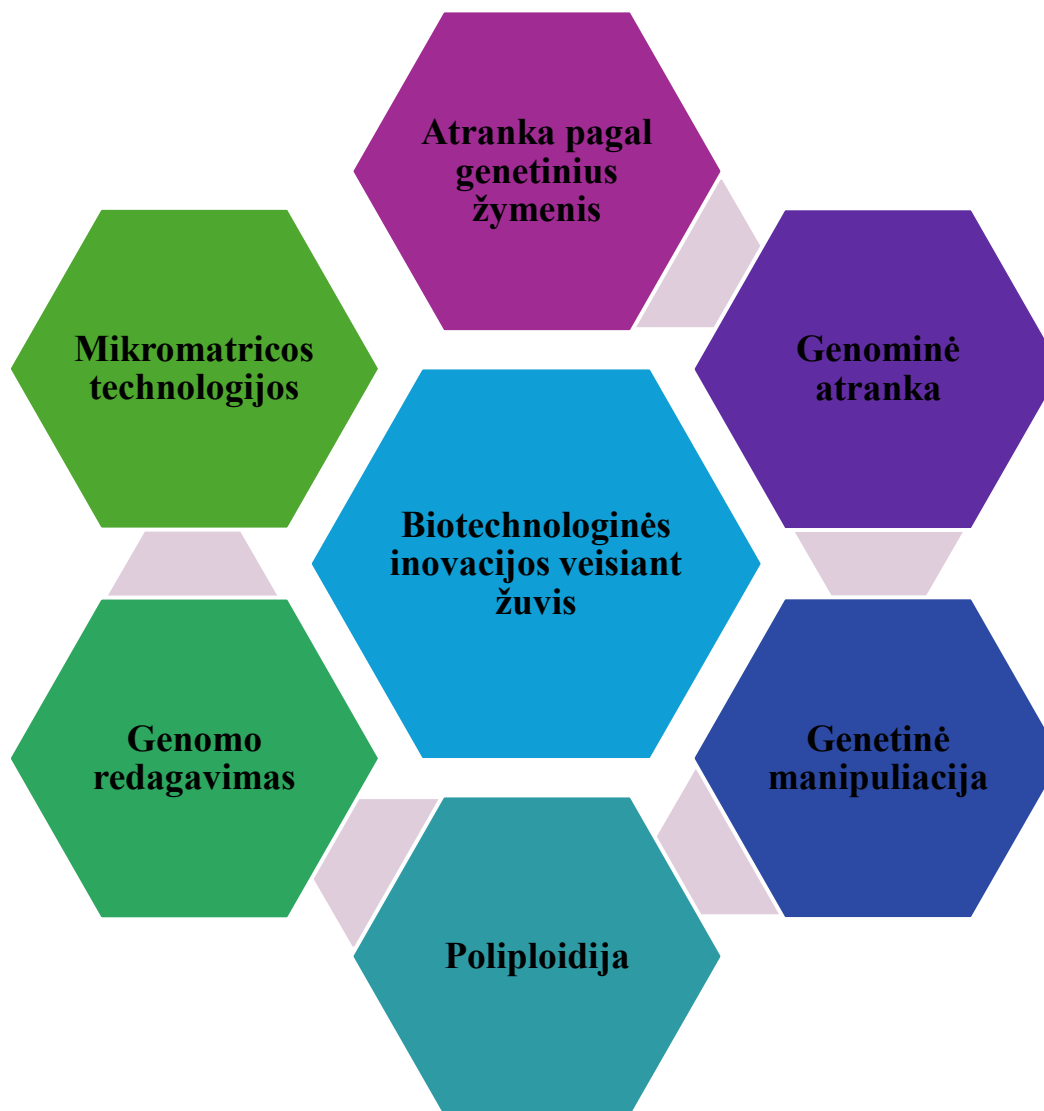
- Biotechnologijos stiprina akvakultūrą gerindamos organizmų sveikatą, didindamos produktyvumą ir saugodamos ekosistemas.
- Pagrindiniai metodai: vakcinos, probiotikai, fagų terapija, genų terapija ir RNR slopinimas.
- Genetinė pažanga padidina produktyvumą, sumažina sąnaudas ir aplinkos poveikį.



Genų inžinerijos metodai akvakultūroje

Žuvų genomų redagavimo metodai apima:

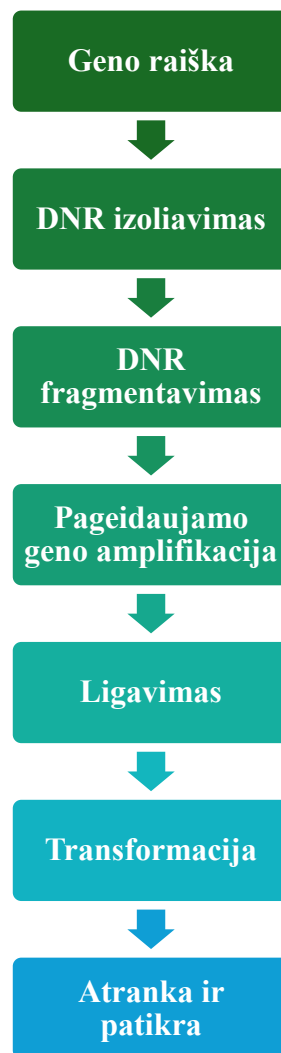
- **CRISPR-Cas9** – leidžia tiksliai redaguoti genus, siekiant pagerinti savybes
- **Transkripcijos aktyvatorių tipo efektorinės endonukleazės (TALEN)** – genų modifikavimas tikslingam veisimui
- **Cinko pirštų endonukleazės (ZFN)** – DNR sekų keitimas



Biotechnologinės inovacijos žuvų veisimo srityje (Sankaran & Mandal, 2024).



Organizmo genomas gali būti modifikuojamas įterpiant sintetinę DNR iš įvairių šaltinių. Šis procesas apima:



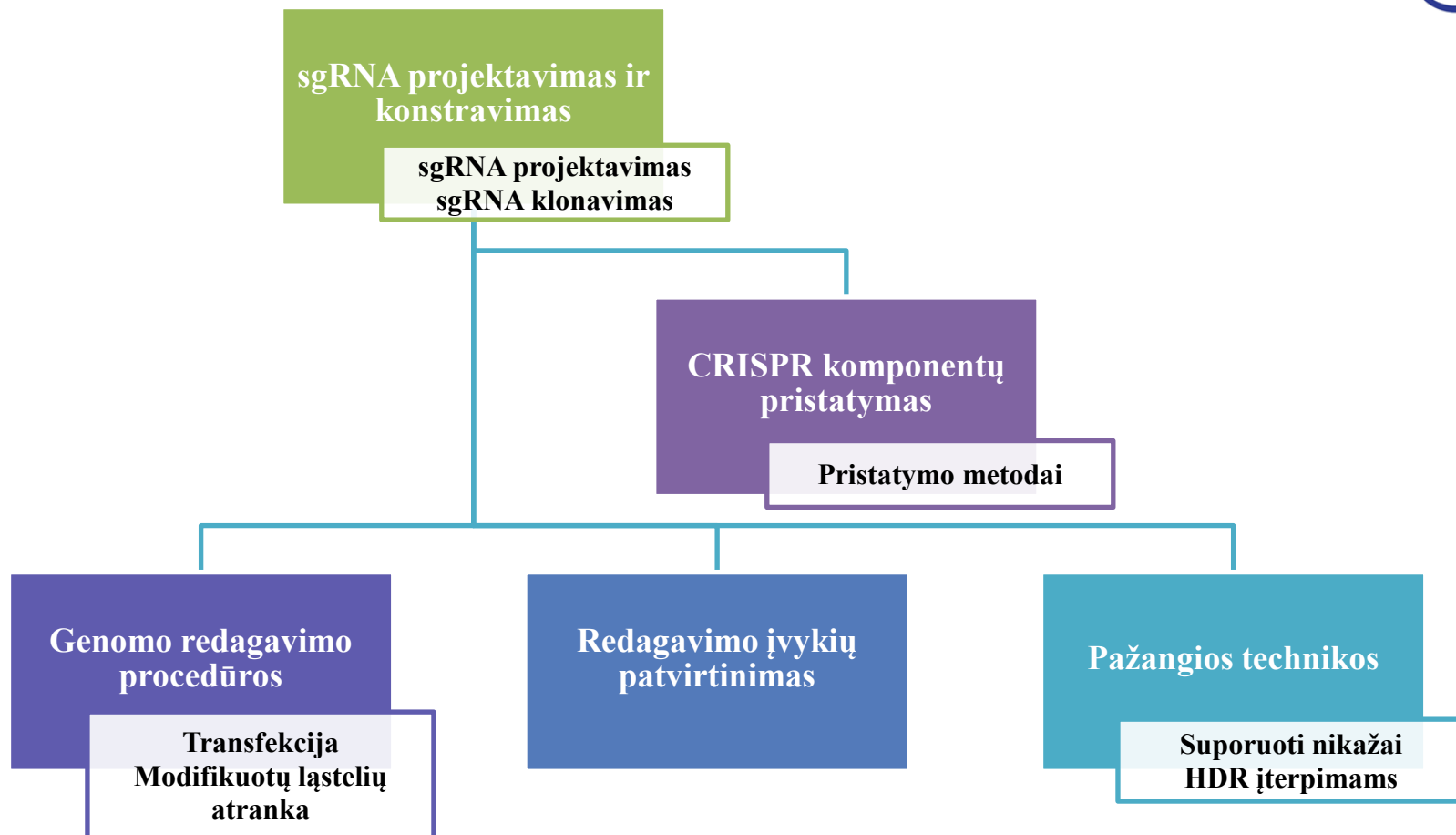
Pagrindiniai rekombinantinės DNR technologijos etapai (Sankaran & Mandal, 2024)



CRISPR akvakultūroje

Kaip revoliucinis žuvų veisimo genetinio tobulinimo įrankis:

- CRISPR/Cas9 yra pažangus genų redagavimo įrankis, leidžiantis tiksliai modifikuoti DNR.
- Iš esmės keičia akvakultūrą, pagerindamas augimą, raumenų kokybę, atsparumą ligoms ir lyties nustatymą.
- Efektyvesnis, ekonomiškesnis ir tikslesnis nei tradiciniai veisimo metodai.
- Leidžia tikslines genų modifikacijas, sumažinant nepageidaujamų mutacijų tikimybę.



CRISPR/Cas9 genų redagavimas (Sankaran & Mandal, 2024)



CRISPR/Cas9 taikymo genų redagavimui poveikis

skirtingoms žuvų rūšims

- CRISPR/Cas9 padeda spręsti akvakultūros iššūkius:
 - ligų protrūkius, lėtas augimas ir neigiamas poveikis aplinkai.
- Taikymas akvakultūroje:
 - Invazinių rūšių kontrolė.
 - Mikroorganizmų inžinerija vandens kokybei gerinti.
 - Genetiškai modifikuotos žuvys tvarumui užtikrinti.
- Transgeninės žuvys, kurių pašarų konversijos efektyvumas padidintas, padeda sumažinti išteklių naudojimą.
- Palaiko aplinkai nekenksmingą akvakultūrą.



CRISPR/Cas9 poveikis žuvų rūšių biologiniams ir aplinkos aspektams



Taikymo sritis	Poveikis
Atsparumas ligoms	Sumažina azijinės paltusžuvės natūralių embrionų (HINAE) ląstelių užsikrėtimą virusiniu hemoraginiu septicemijos virusu (VHSV)
	Leidžia redaguoti tokių rūšių kaip lašiša, tilapija ir krevetės genus, siekiant padidinti jų atsparumą ligoms
	Padeda iš baltųjų amūrų ląstelių pašalinti JAM-A geną, taip reikšmingai padidinant atsparumą reovirusui (GCRV)
	Pagerina žuvų ląstelių linijų atsaką į infekcijas ir genetinį atsparumą, naudojant atlantinę lašišą ir vaivorykštinį upėtakį kaip modelines rūšis akvakultūroje
Prisitaikymas aplinkos	Padedą redaguoti žuvų rūšių, pavyzdžiui, ūkiuose auginamų lašių, genus, susijusius su prisitaikymu prie kintančių aplinkos sąlygų
Augimo tempas ir raumenų masė	Didina raumenų augimą išjungiant melanokortino (<i>mc4r</i>) receptorių genus: eksperimentai atlikti su kanaliniu šamu ir japoninėmis medakomis
	Pagerina augimo tempą ir padidina kanalinių šamų raumenų masę, modifikuojant miostatino geną jų embrionuose
	Vuchanginio karšio (<i>Megalobrama amblycephala</i>) atveju dėl <i>mstna</i> geno sutrikdymo skatinamas raumenų masės augimas



CRISPR/Cas9 taikymas įvairioms žuvų rūšims ir poveikis

Žuvų rūšys	Technologinis poveikis
<i>Nilo tilapija</i>	Naudojama sterilioms Nilo tilapijų populiacijoms sukurti, taip sumažinant aplinkos pažeidimo riziką dėl į laisvę patekusių žuvų
<i>Atlantinė lašiša</i>	Padedą redaguoti genus, siekiant sukurti rūšis, itin atsparias virusinėms infekcijoms (pavyzdžiui, lašišoms)
<i>Danija</i>	Leidžia mokslininkams tirti mutacijas ir genetinius variantus
	Gali būti naudojama integruoti sudėtinius žymenis į embrionus, leidžiant tiksliai pažymėti ir vizualizuoti ląstelines struktūras ar baltymus. Tai atveria galimybes tirti baltymų dinamiką, genų raišką ir kitus biologinius procesus šiame modeliniame organizme
<i>Vaivorykštinis upėtakis</i>	Įrodyta, kad sumažina <i>igfbp-2b</i> geno raišką vaivorykštiniuose upėtakiuose, kas turi įtakos augimui ir vystymuisi, tačiau poveikis bendrai žuvų būklei ir endokrinei sistemai lieka neaiškus
<i>Atlantinė lašiša ir vaivorykštinis upėtakis</i>	Naudota tikslinei genų, susijusių su augimu ir imunitetu, modifikacijai atlantinių ir koho lašišų, vaivorykštinių upėtakių ląstelėse
<i>Japoninė medaka</i>	Gali pagerinti auginamų žuvų rūšių, tokioms kaip medaka, raumenų augimą ir padidinti kūno svorį. Tačiau reikia tolesnių tyrimų, norint nustatyti poveikį produkcijos derliui ir žuvų sveikatai
<i>Azijinė paltusžuvė</i>	Gali būti naudojama miostatino genui sutrikdyti, siekiant padidinti kūno svorį ir raumenų masę, bet būtini tolesni tyrimai dėl efektyvumo ir poveikio žuvų sveikatai
<i>Baltoji katžuvė</i>	Naudota miostatino geno modifikacijai, siekiant pagerinti raumenų augimą ir kokybę, tačiau reikia daugiau tyrimų, kad būtų iki galo suprastas poveikis



4 dalis. Kriokonservavimas ir pagalbinis apvaisinimas



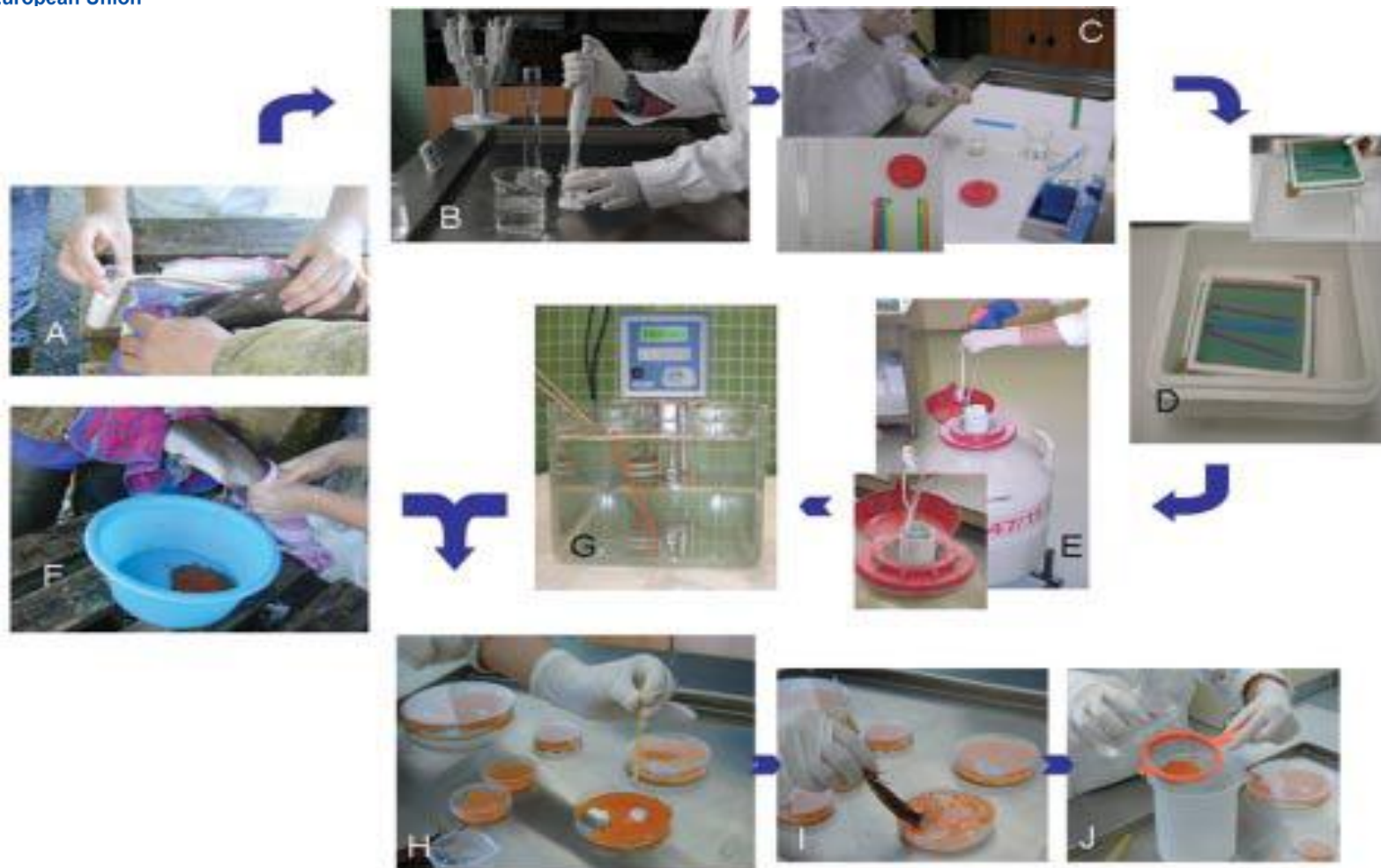
Akvakultūra ir kriokonservavimas

- Akvakultūra atlieka lemiamą vaidmenį užtikrinant pasaulinį maisto saugumą ir saugant biologinę įvairovę.
- Reprodukcinis efektyvumas yra gyvybiškai svarbus žuvų populiacijų palaikymui ir veisimo rezultatų gerinimui.
- Kriokonservavimas siūlo technologinį sprendimą žuvų genetinių išteklių išsaugojimui ir stiprinimui.



Kriokonservavimo pagrindiniai principai

- Kriokonservavimas – tai biologinių mėginių laikymas itin žemoje temperatūroje (-130°C ar žemesnėse).
- Pagrindiniai privalumai – metabolizmo sustabdymas ir genetinės degradacijos prevencija.
- Plačiai taikomas reprodukcinės biologijos ir išsaugojimo programose.
- Žema temperatūra sustabdo biochemines reakcijas ir apsaugo ląsteles nuo pažeidimų.
- Ledo susidarymas kelia didelį iššūkį, todėl būtini kontroliuojamo šaldymo protokolai.
- Krioprotektantai padeda išvengti osmosinio streso ir ledo kristalų susidarymo ląstelėse.



Spermos šaldymo procesas: (A) upėtakių spermos išgavimas kaniuliacija, (B) praskiedimas krioprotektoriumi papildytu prailgikliu, (C) užpildymas į 0,5 ml prancūziškus šiaudelius (įterptas su skirtingais šiaudeliais, kriovialais ir PVA milteliais sandarinimui), (D) šaldymas ant plūduriuojančio įtaiso polistireninėje dėžėje su skystu azotu $N_2(l)$, (E) laikymas $N_2(l)$ talpykloje, (F) patelių ikrų išspaudimas, (G) atšildymas vandens vonelėje, (H–J) apvaisinimas



Kriokonservavimo privalumai

Kriokonservavimo technologija buvo sukurta daugeliui žuvų rūšių ir turi daug privalumų:

- **Spermos konservavimas** užtikrina prieinamumą ištisus metus ir veisimą ne sezono metu.
- **Gametų mainai** užkerta kelią giminingų individų poravimui ir supaprastina veislinių žuvų išteklių valdymą.
- **Kriobankai** palaiko genetinę atranką, išsaugojimą ir hibridizaciją.
- **Genetinių išteklių saugojimas** leidžia kontroliuoti kryžminimą ir pažangą moksliniuose tyrimuose.



5 dalis. Etiniai, aplinkosaugos ir reguliavimo aspektai



Etiniai akvakultūros biotechnologijos klausimai

- **Gyvūnų gerovė:** Genų redagavimas ir transgenezė gali pagerinti augimą ir atsparumą ligoms, tačiau gali sukelti stresą, deformacijas, imuninės sistemos slopinimą ar medžiagų apykaitos sutrikimus. Didelio tankumo žuvininkystės ūkiai dar labiau sustiprina šiuos poveikius, todėl būtina taikyti specializuotus gerovės vertinimo metodus.
- **Ekologinis poveikis:** : Genetiškai modifikuotos žuvys gali sutrikdyti ekosistemas išstumdamos vietines rūšis, keisdamos mitybos tinklus ir keldamos pavojų biologinei įvairovei. Taip pat kyla etinių klausimų dėl žmogaus įtakos natūraliai evoliucijai.



Reglamentavimo sistemos

Pasauliniai standartai ir gairės

- Tokios organizacijos kaip FAO ir Biologinės įvairovės konvencijos Šalių konferencija taiko atsargumo principą, kuris reikalauja rizikos vertinimo, poveikio aplinkai tyrimų ir stebėsenos prieš patvirtinant GMO. Derintos taisyklės yra itin svarbios dėl vandens ekosistemų tarptautinio pobūdžio.

Nacionaliniai reguliavimo metodai

- Teisiniai požiūriai skiriasi: tokios šalys kaip JAV ir Kanada taiko griežtas vertinimo procedūras, o kitose šalyse priežiūra gali būti nepakankama. Patvirtinimo procesai apima laboratorinius tyrimus, lauko bandymus ir poveikio aplinkai vertinimus, vis daugiau dėmesio skiriant skaidrumui ir visuomenės įtraukimui.



Akvakultūros biotechnologijų poveikis aplinkai

Ekosistemų dinamika ir genetinė tarša

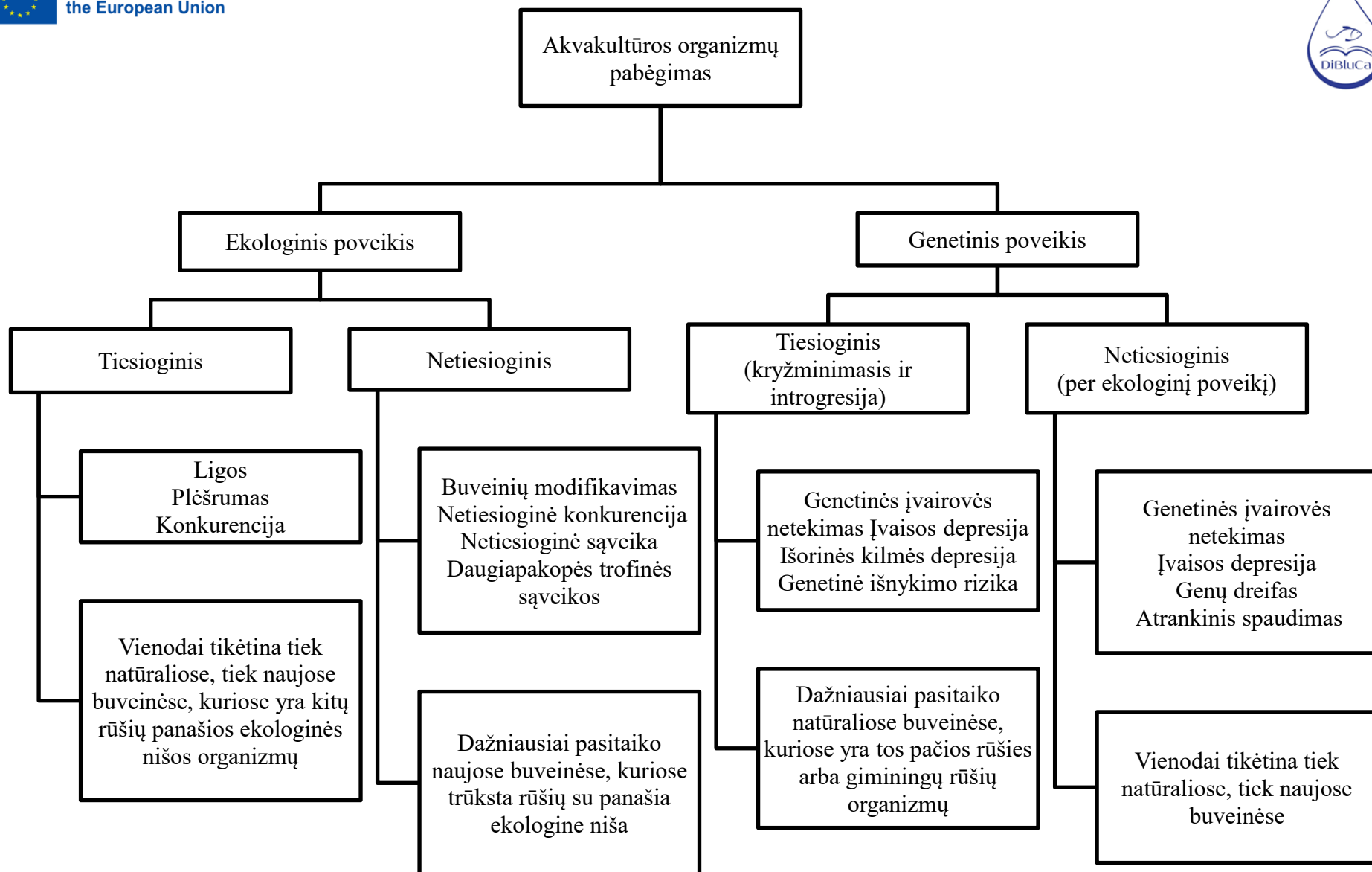
- Kryžminimasis su laukinėmis žuvimis gali sumažinti prisitaikymo galimybes, o žuvis, pabėgusios iš ūkių, gali išstumti vietines rūšis ir platinti ligas.

Sąveika su laukinėmis populiacijomis

- Genetiškai modifikuotos žuvis su sustiprintais požymiais gali trikdyti ekosistemas, keisdamos konkurencijos ir plėšrūnų bei grobio santykius.

Ilgalaikis tvarumas

- Svarbu mažinti buveinių nykimą, didinti išteklių naudojimo efektyvumą, saugoti laukines populiacijas ir kurti aplinkai draugiškus pašarus bei atliekų tvarkymo sistemas.



Galimas iš akvakultūros ūkių pabėgusių organizmų poveikis aplinkai



Pažangos ir atsakomybės pusiausvyra

- Biotechnologijos padeda užtikrinti maisto saugą ir biologinę įvairovę, tačiau būtinos etinės, teisinės ir aplinkosauginės apsaugos priemonės.
- Bendradarbiavimas tarp mokslininkų, politikos formuotojų, pramonės ir visuomenės užtikrina atsakingą plėtrą.
- Reglamentavimas turėtų būti vertinamas kaip tvarios inovacijos skatintojas, o ne kliūtis.



DISKUSIJA:

TEMA: *BIOTECHNOLOGIJOS AKVAKULTŪROJE: SPRENDIMAS AR RIZIKA?*

Diskusijos klausimai:

- Ar biotechnologija turėtų būti plačiai naudojama žuvų rūšių modifikavimui, siekiant padidinti jų atsparumą klimato kaitai?
- Kokie yra pagrindiniai etiniai klausimai, susiję su CRISPR/Cas9 naudojimu akvakultūroje?
- Ar genetiškai modifikuotos žuvys gali kelti pavojų narūtaliosioms ekosistemoms?
- Kaip reguliavimo sistemos veikia biotechnologijų diegimą akvakultūroje?

Instrukcijos:

Padalinkite klasę į dvi grupes. Viena grupė argumentuos, kad biotechnologijos yra sprendimas klimato kaitos keliamoms akvakultūros problemoms, o kita grupė aptars galimus pavojus (etinius, aplinkosaugos, ekonominius). Kiekviena grupė turėtų pateikti savo argumentus, po to vyks atvira diskusija, kurioje studentai galės ginčytis dėl vieni kitų nuomonių.



ATVEJO ANALIZĖ

ATVEJO ANALIZĖ: *GENETIŠKAI MODIFIKUOTA LAŠIŠA*

SĖKMĖ AR GRĖSMĖ?

Mažose grupėse studentai apibendrins pagrindinius punktus ir pateiks politikos rekomendacijas dėl genetiškai modifikuotų žuvų plataus naudojimo.

Pateikite studentams atvejo analizę apie „AquaBounty“ genetiškai modifikuotą atlantinę lašišą, kuri auga greičiau nei jos laukinės rūšies atstovės. Studentai analizuos:

- enetiškai modifikuotos lašišos (GM) naudas maisto saugumo užtikrinimui.
- Aplinkosaugos rizikas ir galimą poveikį laukinių žuvų populiacijoms.
- Visuomenės nuomonę ir reguliavimo iššūkius.
- Alternatyvias strategijas akvakultūros tvarumui gerinti.



KRITINIO MĄSTYMO UŽDUOTIS

SCENARIJUS: *ATEITIES KLIMATO KAITOS IŠŠŪKIAMS* *ATSPARI AKVAKULTŪRA*

Kiekvienas studentas arba grupė turi įvertinti kiekvienos galimybės privalumus ir trūkumus, atsižvelgdami į ekologinius, etinius ir ekonominius veiksnius. Vėliau jie pristatys strateginį planą, kaip paversti akvakultūros ūkį atsparesnį klimatui.

Pateikite studentams scenarijų, kuriame žuvų ūkis susiduria su problemomis dėl kylančios vandens temperatūros, ligų protrūkių ir mažėjančių žuvų išteklių. Studentai turi įvertinti skirtingus sprendimus:

- Atrankinis veisimas
- Genominė atranka
- CRISPR pagrįstos modifikacijos
- Pagerintos ūkio valdymo strategijos



VAIDMENŲ ŽAIDIMAS/TYRIMO VEIKLA

VEIKLA: SUSITIKIMAS DĖL AKVAKULTŪROS POLITIKOS

Studentai apmąsto, kaip skirtingi suinteresuotieji subjektai daro įtaką sprendimų priėmimui biotechnologijų ir akvakultūros srityse:

- Kiekvienas studentas išnagrinėja savo vaidmens poziciją.
- Jie parengia pareiškimus, pagrįstus moksliniais ir etiniais argumentais.
- Diskusiją moderuoja dėstytojas, o jos pabaigoje priimamas bendras politikos sprendimas.

Studentai įsijaučia į vaidmenis (vyriausybės pareigūnas, akvakultūros įmonės vadovas, aplinkosaugos aktyvistas, mokslininkas, vartotojų teisių gynėjas) ir dalyvauja simuliuotame politikos formavimo susitikime. Jų tikslas – nuspręsti, ar šalis turėtų leisti plataus masto genetinę modifikaciją akvakultūroje.



Veiklos idėjos

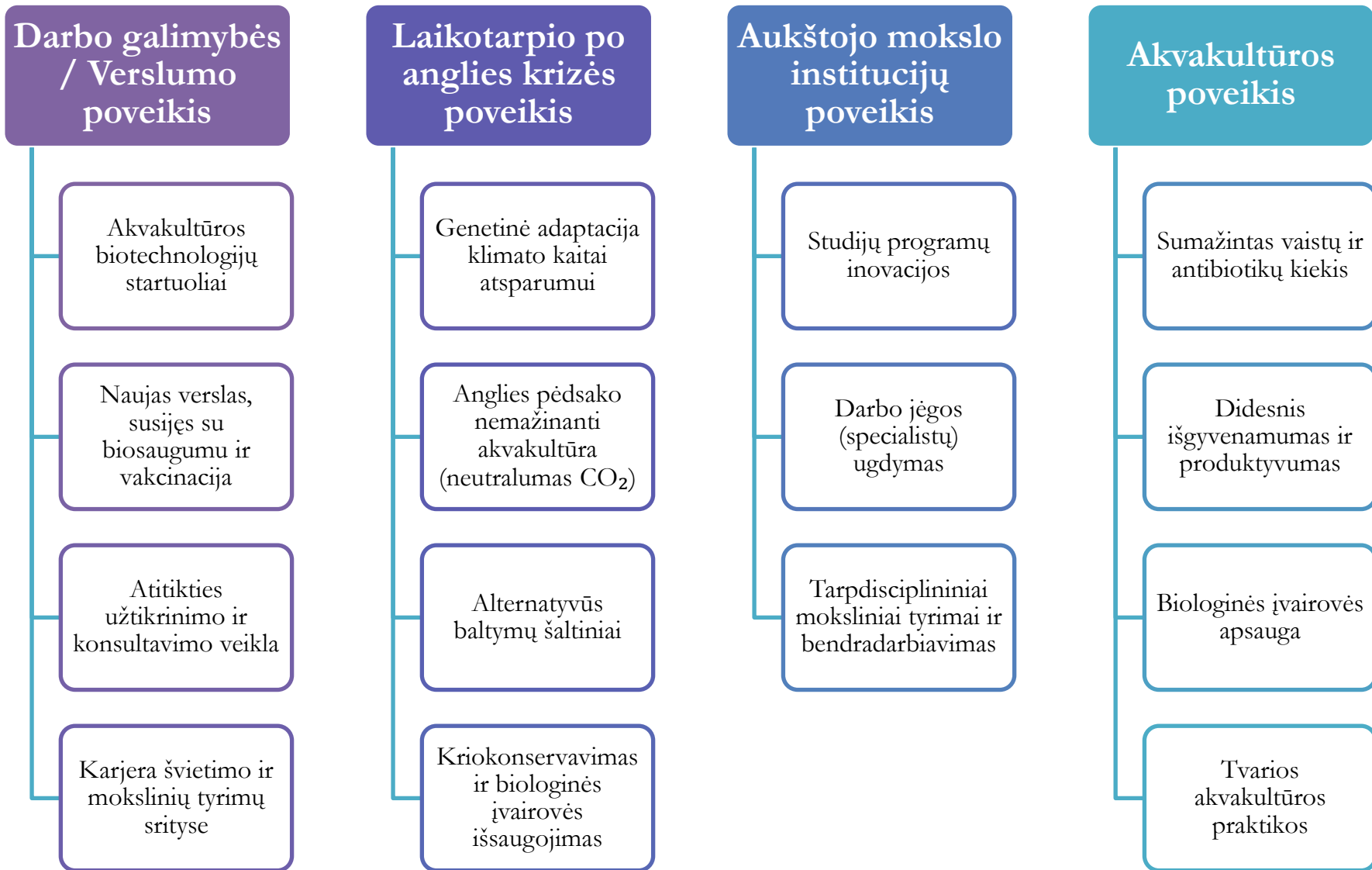
- **Diskusija apie biotechnologijas akvakultūroje** – studentai dalyvauja struktūruotoje diskusijoje, ar genetinės modifikacijos turėtų būti plačiai taikomos žuvų veisime siekiant kovoti su klimato kaita.
- **Atvejo analizė: genetiškai modifikuota lašiša** – grupės analizuoja „AquaBounty“ GM lašišos atvejį, vertindamos naudą, rizikas ir reguliacinius iššūkius.
- **Strateginis planavimas klimato kaitai atspariai akvakultūrai** – Studentai vertina skirtingus biotechnologinius sprendimus (atrankinis veisimas, genomų atranka, CRISPR) ir kuria prisitaikymo strategiją žuvų ūkiui.
- **Politikos formavimo susitikimo simuliacija: genetinė inžinerija akvakultūroje** – dalyviai atstovauja suinteresuotąsias šalis (mokslininkus, vyriausybės pareigūnus, aplinkosaugininkus, pramonės lyderius) simuliuotame sprendimų priėmimo procese.
- **Etiniai biotechnologijų dilemos** – grupės analizuoja realias etines dilemas, susijusias su CRISPR/Cas9 ir atrankiniu veisimu, diskutuodamos apie galimus sprendimus.



Veiklos idėjos

- **Tyrimas ir pristatymas apie biotechnologines naujoves** – studentai tiria naujausius pasiekimus (pvz., Genų redagavimą, ligoms atsparių veislių kūrimą) ir pristato jų taikymo galimybes akvakultūroje.
- **Tradicinio ir biotechnologinio veisimo palyginamoji analizė** – komandos įvertina atrankinio veisimo ir genomų atrankos privalumus ir trūkumus žuvininkystės rūšims.
- **Diskusija apie genetiškai modifikuotų žuvų reguliacinę sistemą** – studentai nagrinėja pasaulines nuostatas ir siūlo politikos priemones tvariam ir atsakingam biotechnologijų taikymui akvakultūroje.
- **Simuliacija: klimato paveikto žuvų ūkio valdymas** – studentai veikia kaip akvakultūros ūkio vadovai ir turi įgyvendinti strategijas klimato kaitos poveikiui mažinti pasitelkdami biotechnologijas.
- **Interaktyvus skaitymas ir diskusija apie ateities akvakultūros tendencijas** – studentai analizuoja mokslinius straipsnius apie inovacijas žuvų veisime ir diskutuoja apie jų ilgalaikį poveikį sektoriui.

Kaip šio modulio turinys gali skatinti:





Nuorodos

- **Yang, Z., et al. (2021).** "Genome Editing and Its Applications in Genetic Improvement in Aquaculture." *Reviews in Aquaculture*.
DOI: [10.1111/raq.12591](https://doi.org/10.1111/raq.12591)
- **Sankaran, G. B., & Mandal, A. (2024).** "Genetic Improvements in Aquaculture." *The Trout Journal of Atatürk University*.
DOI: [10.62425/tjau.1570599](https://doi.org/10.62425/tjau.1570599)
- **Zhu, M., et al. (2024).** "CRISPR/Cas9 Technology for Enhancing Desirable Traits of Fish Species in Aquaculture." *International Journal of Molecular Sciences*.
DOI: [10.3390/ijms25179299](https://doi.org/10.3390/ijms25179299)
- **Betsy, C. J., et al. (2022).** "Cryopreservation and Its Application in Aquaculture." *IntechOpen*.
DOI: [10.5772/intechopen.99629](https://doi.org/10.5772/intechopen.99629)