

Áttekintést adunk egy EU projektről, amelyik feltárja a biológiai és szocio-ökonómiai lehetőségét annak, hogyan lehetne az európai akvakultúra ágazat tevékenységét bővíteni új, illetve növekvő jelentőségű halfajok termelésbe vonásával



# DIVERSIFY

# D

IVERSIFY projekt 2013. decemberében kezdődött annak érdekében, hogy megszerezze azt a tudást, amely szükséges ahhoz, hogy az európai akvakultúra termelés diverzifikáltabb, vagyis változatosabb legyen új, illetve növekvő jelentőségű halfajok termelésbe vonásával.

A projekt költségvetése 11,8 millió Euro annak 5 éves időtartamára (2013-2018), amely így az EU által finanszírozott legnagyobb kutatási projekt az akvakultúra területén.

A DIVERSIFY projekt beazonosított számos olyan új, illetve növekvő jelentőségű halfajt, amelyeknek nagy potenciálja lehet az európai akvakultúra ágazat termelésének bővítésében. Ezek a halfajok gyors növekedésűek, nagy méretben, illetve feldolgozásukkal sokféle hozzáadott értékű termékként értékesíthetők, nagyobb halfaj és termékválasztékot kínálva ezzel a fogyasztóknak. Ezek a halfajok a sashal (*Argyrosomus regius*), óriás borostyáncsuka/sárgafarkú fattyúmakréla (*Seriola dumerili*), roncssügér (*Polyprion americanus*) és az óriás laposhal/Atlanti laposhal (*Hippoglossus hippoglossus*). Ezek mellett foglalkozik a projekt a mindenevő laposfejű szürke pérhal (*Mugil cephalus*), amely változatos környezeti feltételek mellett olcsó és kevés hallisztet/halolajat tartalmazó tápokon nevelhető, valamint süllővel (*Sander lucioperca*), amely édesvízi recirkulációs akvakultúra rendszerekben (RAS) jól nevelhető. Ezeknek a DIVERSIFY projekt számára kiválasztott fajoknak jók a piaci értékesítési lehetőségei, különösen, magas hozzáadott értékű feldolgozott termékként. Biológiai és gazdasági potenciáljuk hozzájárulhat az európai akvakultúra ágazat növekedéséhez.

Szerzők: Rocio Robles, A projekt ismeretterjesztési komponenséért felelős vezető, Aquaculture Technological Center of Andalusia (CTAQUA), Muelle Commercial s/n, 11510 El Puerto de Santa María, Cádiz, Spain

és Constantinos C. Mylonas, Projekt koordinátor, Institute of Marine Biology, Biotechnology and Aquaculture, Hellenic Center for Marine Research (HCMR), Iraklion, Crete, Greece

## Szaporodásbiológiai és Genetika

Nagy sikereket ért el a projekt az óriás borostyáncsuka szaporodásának szabályozásában. Spontán természetes ivás történt medencékben Spanyolországban a kanári szigeteken, míg földközi tengeri állományok szaporítása során GnRHa gonadotropin realising hormonok alkalmazásával (1. ábra) tudtak nagy mennyiségű és jó minőségű ikrát nyerni. A 2016. évi szaporítási szezonban több, mint 50 kg ikrát sikerült nyerni három, tengeri ketrechen tartott állományból Görögországban (2. ábra), amely kb. 150.000 ivadék előállítását eredményezte a HCMR lárva-nevelő egységében (3. ábra). Az ivadékot öt kereskedelmi farmon nevelték tovább Görögországban, amely az első üzemi méretű termelése e fajnak a Földközi tenger régiójában (4. ábra). Az óriás laposhallal végzett kísérletek azt mutatták, hogy ha az F1 állományokat GnRHa hormonnal kezelik az ivás hamarabb következik be és az ikratermékenyülési százaléka is jobb volt, mint a kontroll csoporté. A kísérleti munka kiszélesítését, illetve az eredmények megerősítését tervezik az elkövetkezendő években, kereskedelmi farmokról származó nagyobb számú anyahal felhasználásával.

A roncsügérrel végzett kísérletek érdekes eredményt adtak, mind a természetes ivás, mind pedig a GnRHa hormonnal történt kezelés utáni fejest, majd in vitro megtermékenyítést követően (5. ábra). Bár mindeddig csak kis mennyiségű ikrát sikerült nyerni, a lárvanevelési idő elérte a 27 napot is, amely idő alatt fontos eredményeket kaptunk a lárvanevelés kritikus paramétereire vonatkozóan. Bár a sikerek messze elmaradnak attól, amit az óriás borostyáncsukával elértünk, ez volt az első alkalom, amikor jelentős mennyiségű ikrát tudtunk nyerni ettől a mélytengeri halfajtól és lehetőség nyílt lárvanevelési kísérlet végrehajtására. A laposfejű szürke pérrel végzett kísérletek során sikerült növelni a szaporításra alkalmas anyahalak arányát, illetve az ivartermék fejlődés szinkronizálását Fsh (folliculus stimuláló hormon) és metoclopramide kombinált alkalmazásával. Az ovulációt sok ikrás halnál sikerült indukálni GnRHa és metoclopramide kombinált alkalmazásával, amely több millió ika és lárva előállítását tette lehetővé. Tovább kell azonban foglalkozni olyan problémák megoldásával, mint a ovuláció elmaradása sok anyahalnál (kb. 42%) és a megtermékenyülés nagy változékonysága (0-90%).

A sashal és a süllő esetén a genetikai fajtajavításhoz szükséges módszerek kidolgozása érdekében megtörtént a fogságban nevelt anyák genetikai jellemzése, amely alapján megállapítható, hogy megfelelő változatok állnak rendelkezésre a tervezett tenyésztési programhoz, illetve különböző stratégiák kerültek kidolgozásra az állományok genetikai javítása érdekében. A sashallal végzett kísérletek azt is igazolták, hogy lehetséges a páros szaporítás (egyetlen ikrás és egyetlen tejes hallal), annak érdekében, hogy ismert családot állítsunk elő a tenyésztési program számára.

## Takarmányozás

Sashal nevelés során az átmeneti időszakban alkalmazott javított táp etetése bizonyította, hogy fontos az esszenciális zsírsav (HUFA) tartalom emelése 3%-os szintig, illetve az E és C vitaminok koncentrációjának növelése 1500 és 1800 mg/kg fölé. Az óriás borostyáncsuka ivadékának táplálására szolgáló speciális tápok javítása során meghatározásra került a docosahexaen sav megfelelő szintje (DHA, 1-2%) a csont deformációk elkerülése, illetve a maximális növekedés és megmaradás érdekében. Ezen túlmenően az óriás borostyáncsuka takarmányában a hatékony rotatória dúsítás optimális módszere is kidolgozásra került. Az óriás borostyáncsuka és a roncsügér anyaállományok számára speciális tápokot dolgoztunk ki bibliográfiai adatok és analitikai elemzések alapján. Süllő nevelés során alkalmazható „szoktató” táp kifejlesztése is elkezdődött az esszenciális zsírsav igény meghatározásával. Saját nevelésű *Artémia* etetésen alapuló óriás laposhal ivadék nevelési vizsgálatok lezárultak, azonban a kísérletek nem eredményeztek javulást az ivadéknevelés paramétereiben.



2. ábra: Görögországban tengeri ketrecekben tartott óriás borostyáncsuka anyákat GnRHa hormonnal kezelték



1. ábra: Óriás borostyáncsuka anya GnRHa kezelése a szaporítási időszakban (Fotó: HCMR)



3. ábra: A HCMR kísérleti rendszerében 2016-ban felnevelt óriás borostyáncsuka ivadék (fotó: HCMR)

#### Lárvanevelés

A sashallal végzett kísérletek igazolták, hogy a lárva mesterséges tápra szoktatható tápanyag ellátási problémák és gerinc deformáció előfordulása nélkül. Tovább kell vizsgálni azonban a növekedést és a megmaradást. A kannibalizmus a takarmány adagolás gyakoriságának növelésével, a domináns egyedek rendszeres eltávolításával, illetve a lárva táplálékhiány idején történő sötétben tartásával kontrollálható. Az óriás borostyáncsuka lárvá fél-intenzív mezokozmosz módszerrel, illetve intenzív rendszerben történő nevelési technológiáját is sikerült kidolgozni,

amely alkalmazásával nagy mennyiségű ivadék előállítására került sor (3. és 4. ábra). Az ivadékok továbbnevelésre kiválasztott tengeri halfarmokra szállították. Az eddigi eredmények azt mutatták, hogy az intenzív nevelés kedvez az amiláz, az alkalikus proteáz és a pepszin aktivitásoknak a kelést követő 30. napos korig, míg korábban (kelést követő 12. napig) az amiláz aktivitás volt magasabb szemben az alkalikus proteáz és lipáz aktivitással. Süllő lárvá nevelése során válogatott környezeti tényezők (pl. fény intenzitás, vízcseré, vízfolyás iránya és a medence tisztítás ideje) hatását vizsgálták egyedileg és a lárvanevelő rendszer szintjén multifaktoriális kísérleti program szerint.



4. ábra: A HCMR több termelő üzembe szállított óriás borostyáncsuka ivadékokat, ahol azokat tengeri ketrecekben nevelték (Fotó: HCMR)



5. ábra: Roncssügér anya gonád biopsziával történő vizsgálata az ivarérettség állapotának meghatározására (Fotó: Aquarium A Coruna)



6. ábra: (felül) Roncssügér lárva kelés előtt.(középen) A lárva a kelést követő napon, (alul) A lárva a kelést követő 13. napon a spanyolországi A Corunában végzett etetési kísérletben (Fotó: Aquarium A Coruna)



Az óriás laposhallal végzett vizsgálatok jelenleg folyamatban vannak, amelyek célja átfolyó vizes és recirkulációs (RAS) rendszerekben végzett lárva nevelés hatékonyságának összehasonlítása. A lárva mortalitása magasabb volt a RAS-ban a kelést követő egy hét során. Roncssügérrel végzett vizsgálatok célja az volt, hogy megállapítsuk a lárva neveléshez szükséges optimális feltételeket. Bár a lárva megmaradása igen gyenge volt, a zsírsav profil megállapítása céljából a kelés napján, majd a kelést követő 5. és 10. napon vett minták azt mutatták, hogy a zsírsav profil változása nagyon csekély volt a lárva életciklusának első 10 napja során. Ezen túlmenően további vizsgálatokat végeztünk a korai embrionális és lárvafejlődésre vonatkozóan (6. ábra). Bár a lárva nevelés technológiája további fejlesztést igényel, az eddig elvégzett munka nagyon fontos annak érdekében, hogy információkkal szolgáljon e mélytengeri hal üzemi méretekben történő lárva nevelési technológiájának kidolgozásában. A laposfejű szürke pérrel folytatott vizsgálatok kimutatták, hogy a rotatória fogyasztása és a lárva megmaradása a medencében az alga „turbiditásától” függött, és nem az alkalmazott alga fajtától. A magasabb megmaradás nagyobb számú, de kisebb átlagtömegű ivadékokat eredményezett. A kelést követő 29. napon végzett válogatás után a növekedés kiegyenlítődése volt megfigyelhető.

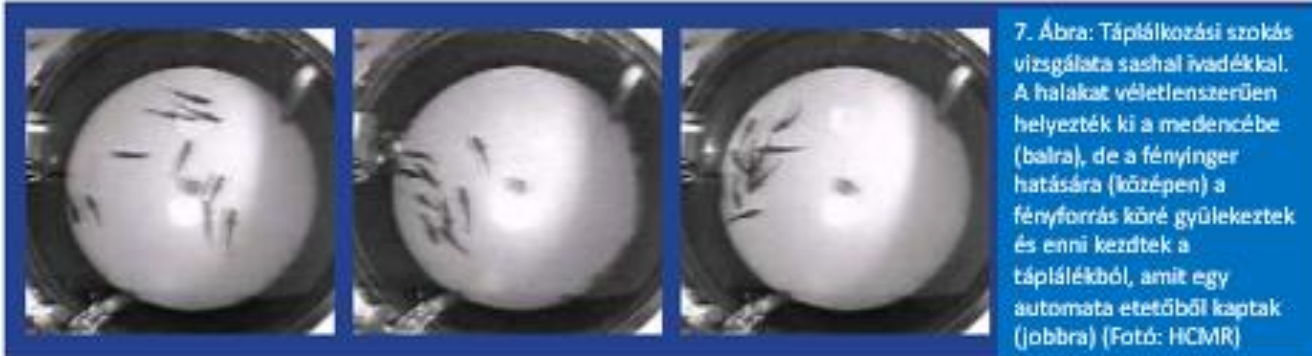
### A továbbnevelés technológiája

A sashal táplálkozási szokásának vizsgálata kimutatta, hogy az ivadék képes volt megtanulni a táplálkozással kapcsolatos specifikus ingereket és emlékezni azokra (7. ábra). 50-100 g testtömegű kis hal igen gyorsan reagált a fényhatásokra (2 nappal a kísérlet kezdetét követően), de igen lassan a mechanikus (légbuborékokkal keltett) ingerekre. Nagyobb hal (200 grammos) azonban igen gyorsan reagált mindkét ingerre. A vizsgálat jól demonstrálta, hogy a légbuborékkal és fényrel keltett hatásos üzemi körülmények között is alkalmazhatók, hiszen azok létrehozásának eszközei, a hatások szabályozásának egyszerű módszerei rendelkezésre állnak tengeri ketreces telepeken. Süllyő esetén a felneveléshez szükséges feltételek megállapítása során a következő hatásokra fókuszáltunk: (a) környezeti paraméterek; (b) a farm adottságai; (c) a háziasítás foka, illetve a földrajzi származás, az immun- és fiziológiai állapot. Végezetül a laposfejű szürke pérhal esetén az első, már lezárult vizsgálatok az optimális szoktató táp, illetve a szoktatás módszerének meghatározására irányultak. Megállapítást nyert, hogy a halliszt helyettesítés nem befolyásolta a halak növekedése során vizsgált egyik paramétert sem, továbbá az, hogy a vad állományokból származó pérhal ivadék (amelyik zooplankton evő) nevelése esetén igen magas százalékban váltható ki a halliszt a táplálékból. Vizsgálatok kezdődtek a pérhal nagyobb méretre történő felnevelésére irányulóan Spanyolországban és Görögországban, amelyek során a természetből befogott ivadékokat neveltek piaci méretűre különböző környezeti feltételek és népesítési sűrűség mellett, a DIVERSIFY projekt keretében kifejlesztett nevelő tápon.

### Halegészégügy

A sashalon (*Argyrosomus regius*) végzett első kísérletek keretében tanulmányozták az immunválasz alakulását a kelést követően, az egyedfejlődés különböző időpontjaiban gyűjtött mintákon.

Az immun válasz kialakításában szerepet játszó gének kifejeződésében történő változások elemzése érdekében az ivadékok különböző szöveteiből gyűjtött mintákat vizsgálták. Elsőként tettek próbálkozásokat a *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida* kísérleti állatmodell felállítására sashal (*Argyrosomus regius*), ill. óriás borostyáncsuka (*Seriola dumerili*) felhasználásával.



7. Ábra: Táplálkozási szokás vizsgálata sashal ivadékkal. A halakat véletlenszerűen helyezték ki a medencébe (balra), de a fényinger hatására (középen) a fényforrás köré gyülekeztek és enni kezdték a táplálékból, amit egy automata etetőből kaptak (jobbra) (Fotó: HCMR)



8. ábra: Sashal anyagból kimutatott *Diplectanum sciaenae* (kis kép) és tengeri ketrecből származó óriás borostyáncsuka kopolyájának *Paradeontacylix* spp. fertőzése (nagy kép) (Fotó: HCMR)

A fenti halakból számos baktérium és parazita faj izolálása és meghatározása is megtörtént (8. ábra), sőt, óriás borostyáncsukában (*Seriola dumerili*) elsőként ismerték fel az epitheliocystis betegség tüneteit. A leggyakrabban előforduló, fertőzést okozó parazitának a *Zeuxapta seriolae* nevű monogena faj bizonyult. E mellett, a görögországi óriás borostyáncsukában (*Seriola dumerili*) egy *Paradeontacylix* vérméltely-faj is kimutatásra került (8. ábra). Ezen parazitát kevésbé ismerjük, életciklusáról is csak töredékes információink vannak. Egy passzív begyűjtő eszközt terveztek és teszteltek „monogean” paraziták fertőzési szintjének a meghatározására óriás borostyáncsuka medencében történő nevelése során. Az óriás laphal (*Hippoglossus hippoglossus*) VNN (Viral Neural Necrosis) vírusos megbetegedése elleni védekezés kidolgozása jól halad. A burokfehérje (capsid protein) génjének beépítése expressziós vektorokba és azok termeltetése *E. coli* baktériumban, dohány növényben és *Leishmania* (ostoros egysejtű) fajokban egyaránt sikeres volt. A különböző konstrukciókra azért volt szükség, mert a bakteriális rendszerek, eltérően az eukarióta rendszerektől, nem glikolizálják a megtermelt fehérjéket, így azok nem feltétlen funkcióképesek.

A különböző rendszerekbe juttatott nodavirus rekombináns burokfehérje gének expressziójával lehetőség nyílik annak meghatározására, hogy a poszttranszlációs modifikációk hogyan befolyásolják a fehérje antigenitását, vagyis az immunválasz indukálásának képességét, mely alapvető elvárás egy lehetséges vakcina jelölt irányában.

### Szocioökonómia

Az elvégzett makro-környezeti összefüggés vizsgálatok kimutatták, hogy a legtöbb EU országnak van programja a halfogyasztás növelésére és így azok többségében növekszik is a haltermékek fogyasztása. Ez a növekedés csak más fehérje források rovására történhet, miután a fehérje piac stabilizálódott az utóbbi néhány évben. A déli országok több friss egész halat fogyasztanak, míg az északi országokban a feldolgozott halat kedvelik. A tenyésztett halakra vonatkozó fogyasztói preferenciák az olyan kényelmi termékek, friss és minősített termékek felé konvergálnak, mint a filé, az adagos és magasan feldolgozott élelmiszerek.

9. ábra: Fogyasztásra kész halsaláta sashal felhasználásával (balra) és hal formájú halburger (sashalból) (Fotó: IRTA)



10. ábra: Füstölt tengeri pér filé (balra) és fogyasztásra kész tengeri pér filé olíva olajban (jobbra) (Fotó: CTAQUA)



Nagybani vásárlók az EU északi régióiban együttműködve megbízható ellátóikkal új termékek fejlesztésén dolgoznak, míg a déli régiókban inkább az eladói piac a meghatározó, ami azt jelenti, hogy az ellátók gyakran ajánlanak új termékeket. A nagybani vásárlók ellátása során a farmereknek teljes körű információt kell biztosítaniuk az egész termelési folyamatra vonatkozóan. A fogyasztói felmérések három fő fogyasztói szegmenst azonosítottak be: (1) „résztevő hagyományos fogyasztó” (29%), aki viszonylag sokat tud a halról és hagyományos haltermékeket vásárol; (2) „résztevő innovátor” (36%): aki szintén viszonylag sokat tud a halról és nyitott új haltermékek vásárlására; (3) „bizonytalan közömbös” (35%): aki viszonylag keveset tud a halról és kevésbé nyitott új termékek vásárlására. A felmérések első megállapítására alapozva az mondható, hogy a kiválasztott öt ország fogyasztóinak több, mint egyharmada a „résztevő innovátor” kategóriába tartozik és ezért nyitott új termékek megvásárlására. A DIVERSIFY halaiból készült 41 feldolgozási koncepcióból 15-öt választottak ki új, hozzáadott értéket képviselő termék előállítására. A kiválasztás során figyelembe vették a termelés és feldolgozás technológiai komplexitásának eltérő fokát, illetve a fajok alkalmasságát

egyes olyan paraméterekre vonatkozóan, mint kiválasztott termékek „belső” (érzékszervi) és „külső” (adott információkon alapuló) tulajdonságai. A kiválasztott termékeket/feldolgozási koncepciókat öt ország fogyasztói értékelték (Egyesült Királyság, Franciaország, Németország, Olaszország és Spanyolország) (9. és 10. ábra).

Az eddig kapott összes eredményt tudományos konferenciákon és az éves koordinációs meetingen mutattuk be. A következő koordinációs meeting 2017 januárjában lesz Barcelonában (<http://www.diversifyfish.eu/2017-annual-coordination-meetingjan.html>). A DIVERSIFY projekt finanszírozása az Európai Unió 7. Keretprogramjának kutatást, fejlesztést és demonstrációt támogató alprogramja keretében történik (KBBE-2013-07 single stage, GA 603121, DIVERSIFY).



[www.diversifyfish.eu](http://www.diversifyfish.eu)

*Ez a kiadvány a DIVERSIFY projektről az International Aquafeed magazin 2016 november/decemberi számában megjelent angol nyelvű cikk magyar nyelvű változata.*

*A projekt magyar partnere a Magyar Akvakultúra Szövetség.*