

Potencijalne mogućnosti umjetnog mriješta plavoperajne tune *Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758)

Iglić, Antonio

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split / Sveučilište u Splitu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:226:592123>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-04**



Repository / Repozitorij:

[Repository of University Department of Marine Studies](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA
PREDDIPLOMSKI STUDIJ MORSKO RIBARSTVO**

Antonio Igljć

**POTENCIJALNE MOGUĆNOSTI UMJETNOG MRIJESTA
PLAVOPERAJNE TUNE *THUNNUS THYNNUS* (LINNEAUS,
1758)**

ZAVRŠNI RAD

Split, rujan 2019.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA
PREDDIPLOMSKI STUDIJ MORSKO RIBARSTVO

**POTENCIJALNE MOGUĆNOSTI UMJETNOG MRIJESTA
PLAVOPERAJNE TUNE *THUNNUS THYNNUS* (LINNEAUS,
1758)**

Završni rad

Kolegij: Marikultura

Mentor:

Doc. dr. sc. Vedrana Nerlović

Student:

Antonio Igljić

Split, rujan 2019.

Sveučilište u Splitu
Sveučilišni odjel za studije mora
Preddiplomski studij Morsko ribarstvo

Završni rad

**POTENCIJALNE MOGUĆNOSTI UMJETNOG MRIJESTA PLAVOPERAJNE TUNE
THUNNUS THYNNUS (LINNEAUS, 1758)**

Antonio Iglčić

Sažetak

Akvakultura atlantske plavoperajne tune (*Thunnus Thynnus*) najvećim se dijelom temelji na ribolovu, iako posljednjih godina bilježimo različite pokušaje i istraživanja u svrhu postizanja umjetnog mrijesta. Visoka tržišna vrijednost i potražnja za tunom dovela je do dugogodišnjih prelova i velikog pritiska na divlje populacije, što je rezultiralo uvođenjem regulative i ograničenja na ulove putem propisanih kvota. Cilj ovog završnog rada je predstaviti razvoj događaja u akvakulturi atlantske plavoperajne tune (*T. thynnus*), s naglaskom na dosadašnje rezultate istraživanja umjetnog mrijesta koji se potican putem oslobađajućeg hormona (GnRH α).

(20 stranica, 6 slika, 2 grafa, 22 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Ključne riječi: *Thunnus thynnus*, marikultura zatvorenog ciklusa, inducirani mrijest, GnRH α

Mentor: Doc. dr. sc. Vedrana Nerlović

Ocjenjivači: Doc. dr. sc. Marin Ordulj

Prof. dr. sc. Svjetlana Krstulović Šifner

Doc. dr. sc. Vedrana Nerlović

University of Split
Department of Marine Studies
Undergraduate study Marine Fisheries

BSc Thesis

POSSIBILITIES OF ARTIFICIAL SPAWNING OF BLUEFIN TUNA (*THUNNUS THYNNUS*, LINNEAUS 1758)

Antonio Iglčić

Abstract

Aquaculture of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) is largely based on fishing, although in the last years we have various experiments and researches for the purpose of achieving artificial spawning. The high market value and market demand for tuna has led to the long-term overfishing and high pressure on wild populations, which led to deployment of measures of regulation and restriction on the catch. The aim of this thesis was to present the development of aquaculture of the Atlantic bluefin tuna (*T. thynnus*), with special emphasis being placed on the results of an artificial spawning which was stimulated by the Gonadotropin-Releasing Hormon Agonist (GnRH_a).

(20 pages, 6 figures, 2 graphs, 22 references, original in: Croatian)

Keywords: *Thunnus thynnus*, closed-cycle mariculture, induced spawning, GnRH_a

Supervisor: Vedrana Nerlović, PhD/Assistant Professor

Reviewers: 1. Marin Ordulj, PhD/ Assistant Professor

2. Svjetlana Krstulović Šifner, PhD/ Full Professor

3. Vedrana Nerlović, PhD/ Assistant Professor

SADRŽAJ:

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Uvod..... | 1 |
| 2. Biološko-tehnološka obilježja atlantske plavoperajne tune (<i>Thunnus thynnus</i>) | 2 |
| 2.1. Obilježja vrste | 2 |
| 2.2. Područje i kretanje tune..... | 2 |
| 2.3. Hranidba..... | 3 |
| 2.4. Reprodukcijska tune | 4 |
| 3. Tehnologija uzgoja tune | 5 |
| 3.1. Uzgoj temeljen na ribolovu..... | 6 |
| 3.2. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas | 7 |
| 3.3. Uzgoj temeljen na umjetnom mrijestu | 7 |
| 3.4. Tržište tuna..... | 8 |
| 4. Mogućnosti umjetnog mrijesta tune (<i>Thunnus thynnus</i>) | 10 |
| 4.1. Hormonalna manipulacija | 10 |
| 4.2. Značajni projekti umjetnog mrijesta tune | 10 |
| 4.2.1. DOTT | 10 |
| 4.2.2. REPRODOTT | 11 |
| 4.2.3. SELFDOTT..... | 13 |
| 4.3. Spontani mrijest..... | 16 |
| 4.4. Budućnost akvakulture zatvorenog ciklusa..... | 16 |
| 5. Zaključci..... | 18 |
| 6. Literatura | 19 |

1. Uvod

Tuna je jedna od najpoznatijih i visoko cijenjenih vrsta riba iznimnog komercijalnog značaja za ribarstvo. Pripada porodici Scombridae ili skušovke sa 32 vrste i podvrste. Rod *Thunnus* (South, 1845) obuhvaća osam vrsta od kojih se tri uzgajaju: atlantska plavoperajna tuna (*Thunnus thynnus*), južna plavoperajna tuna (*Thunnus maccoyii*) i pacifička plavoperajna tuna (*Thunnus orientalis*). Od svih navedenih vrsta atlantska plavoperajna tuna je tržišno najvrijednija zbog kvalitete mesa i cijene koju postiže. Visoka tržišna vrijednost tune dovela je do povećanog ribolovnog pritiska, što je rezultiralo drastičnim smanjenjem brojnosti divljih populacija. Visoke cijene i snažna potražnja na tržištu stvaraju poticaj u razvijanju marikulture temeljene na umjetnom mrijestu.

Marikultura tune najvećim se dijelom temelji na ribolovu (Ottolenghi i sur., 2004), iako posljednjih godina bilježimo pokušaje umjetnog uzgoja tune. Akvakultura temeljena na ribolovu smatra se dugoročno neodrživom jer je stopa eksploatacije znatno iznad mogućnosti prirodne obnove divljih stokova, a i zbog izlova velikih količina male pelagičke ribe kojom se tuna hrani. Dugoročno rješenje bi bilo zatvaranje reproduktivnog ciklusa u zatočeništvu i dobivanje umjetno uzgojene tune. Trenutačno se akvakultura temeljena na umjetnom mrijestu suočava s mnogo problema, ali s razvojem tehnologija samo je pitanje vremena kada će se za to pronaći rješenja. Glavni problem uzgajivača tune je pronaći ekološku i ekonomski prihvatljivu ishranu koja bi zadovoljila prehrambene potrebe tuna, a pritom se istovremeno smanjio pritisak na divlje populacije. Uzimajući u obzir veliku potrošnju male pelagičke ribe (16 kg da tuna iz uzgoja dobije 1 kg), postoji hitna potreba za istraživanje i razvoj umjetno uzgojene hrane koja može podržati prehrambene navike tune (Ottolenghi i sur., 2004).

Prema Međunarodnoj komisiji za zaštitu atlantskih tuna (engl. ICCAT - *International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas* =) uzgoj Atlantske plavoperajne tune se može klasificirati kao tov u kratkom vremenu (6-7 mjeseci) uz nasad ribe veće od 30 kilograma ili tzv. poluuzgoj koji traje duže vrijeme (do 2 godine), jer su jedinke koje se stavljaju u uzgoj manje mase (8-30 kg) (ICCAT, 2008a). Zbog prevelikog iskorištavanja prirodnih populacija plavoperajnih tuna u Sredozemnom moru, ICCAT je 1990. proveo sustav kvota pod nazivom ukupni dopušteni ulov (engl. TAC- *Total Allowable Catch*) s ciljem ograničavanja ulova nedorasle tune koja se stavlja na daljnji uzgoj. Glavni cilj ICCAT-a je zaštititi divlje populacije od pretjeranog izlovljavanja i obnoviti prirodne zalihe plavoperajne tune.

2. Biološko-tehnološka obilježja atlantske plavoperajne tune (*Thunnus thynnus*)

2.1 Obilježja vrste

Plavoperajnu tunu kao vrstu je znanstveno opisao i imenovao Carl Linne (Linnaeus) 1759. godine, a svoje je ime dobila još u davno antičko doba. Već je tada atlantska plavoperajna tuna bila poznata po brzom plivanju i dugim migracijama. Ime *thynnus* prevedeno sa starogrčkog znači "žurni lualica". U Hrvatskoj se za opisanu vrstu koriste nazivi: tunj, tuna, obična tuna, plavoperajna tuna.

Atlantska plavoperajna tuna je najveća iz roda *Thunnus*. Može doseći masu preko 600 kg i starost do 50 godina. Do sada je najveća zabilježena masa odrasle tune 648 kg i ukupna duljina tijela 458 cm.

Plavoperajna tuna je velika pelagička morska riba. Stalno se kreće u potrazi za hranom te tako zadovoljava potrebe za kisikom i održava visoku temperaturu tijela.

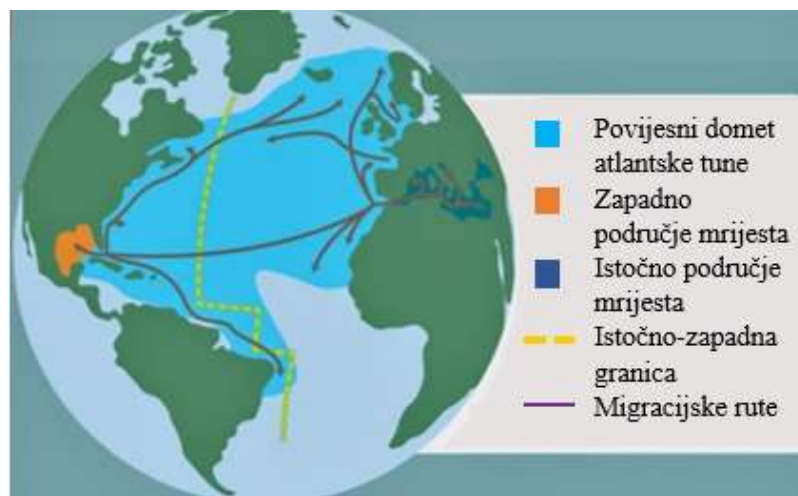
Kao i kod ostalih brzo plivajućih riba, usta tune moraju biti neprekidno otvorena kako bi more kontinuirano dolazilo do škrga i opskrbljivalo tijelo kisikom. Kruto tijelo, snažni zamasi peraja i torpeidni – hidrodinamičan oblik tijela omogućava tuni brzo plivanje (Dickson, 1995). Tuna se ubraja među najbrže plivače (80 km/h) u morskom svijetu te može plivati dulje vrijeme, jer imaju sposobnost apsorbirati i iskoristiti velike količine kisika. Za učinkovito prenošenje kisika iz škrga u druga tjelesna tkiva ima veliki srčani mišić (10 puta veći u odnosu na druge ribe).

Tuna ima dvije vrste mišića, bijele i crvene. Bijeli mišići djeluju tijekom kratkih i eksplozivnih aktivnosti dok crveni mišići imaju veliku masu i omogućuju jedinki plivanje velikom brzinom tijekom duljeg razdoblja (Joseph i sur., 1988).

2.2 Područje kretanja i mriješta

Atlantska plavoperajna tuna sezonski se seli na velike udaljenosti između umjerenih voda gdje se hrane i tropskih voda gdje se mrijeste. Mrijest se uglavnom odvija na relativno ograničenim područjima, u umjerenim i tropskim vodama.

Mrijest je do sada otkriven na dva područja: u Mediteranu (istok) i u Meksičkom zaljevu (zapad) (Slika 1.). U Meksičkom zaljevu mrijest se javlja od travnja do lipnja na temperaturi od 25°C do 30°C, a u Mediteranu od svibnja/lipnja do kolovoza na temperaturi od 19°C do 21 °C (Karakulak i sur., 2004a).



Slika 1. Područje rasprostranjenost atlantske plavoperajna tune
(Izvor: Van Beijnen, 2017).

Tuna spolno sazrije krajem treće i početkom četvrte godine (Abascal i sur., 2003), kada dosegne dužinu 1-1.2 m i masu od 16-27 kg. To se odnosi na tunu s istoka, dok tuna sa zapada spolnu zrelost dosegne nešto kasnije, u dobi od 5 do 8 godina.

Mrijest se odvija u otvorenim morima bliže obali gdje su stabilniji uvjeti kako bi ličinke i mlađ imali veće izgleda za preživljavanje. Dubina mrijesta je 8-10 metara. Tuna ima jako veliki fekunditet, spolno zrela ženka može osloboditi 10 do 30 milijuna jaja. Ikra je pelagična, i promjera 1-1,2 mm. Ličinke se izvaljuju iz jaja nakon 4-7 dana i vrlo brzo rastu (FAO, 2015).

2.3 Hranidba

Ličinke tune žive u toplim površinskim vodama i hrane se prvenstveno zooplanktonom, uključujući male rakove te ličinke rakova, riba, mekušaca i meduza. Dok se odrasle jedinke kreću u dubljim i hladnijim vodama i hrane se malom pelagičkom ribom, rakovima i glavonošcima. Za svaki plijen imaju različitu metodu ulova. Za lov inćuna služe se svojom brzinom zalijećući se u njihova jata, te naglim ubrzanjem i promjenom smjera izazivaju dezorijentaciju kod inćuna i tako love plijen (Webb, 1984). Sporije kretanje koriste za lov rakova i glavonožaca.

U blizini obale hrani se morskim zvijezdama, kelpom i manjim obalnim vrstama ribe. Osim navedenih vrsta tuna se još hrani skušama i haringom. Glavni kompetitori za hranu su im druge velike ribe (igluni) dok su im predatori morski psi, kitovi ubojice i ostale velike predatorske vrste.

2.4 Reprodukcija tune

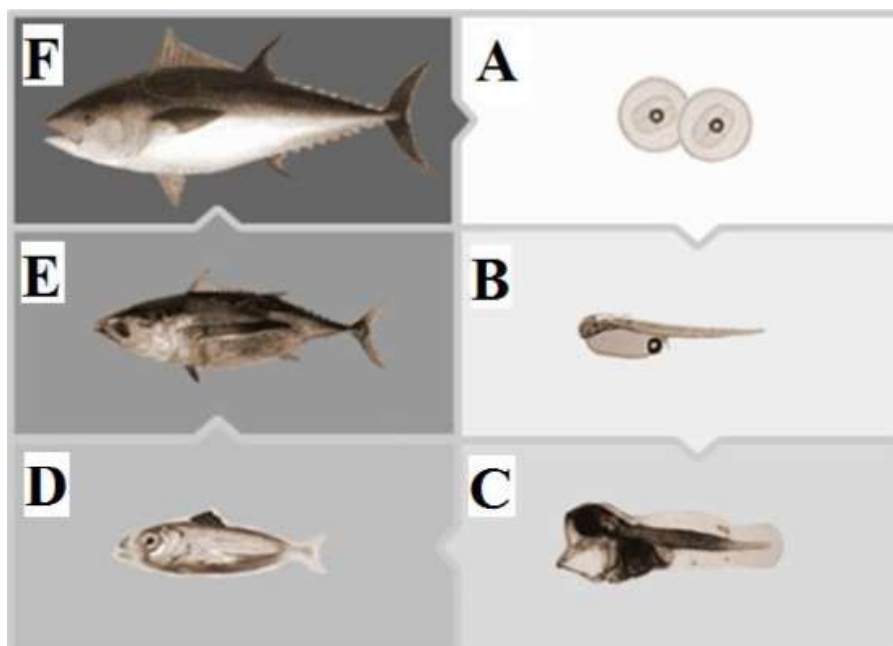
Kod tune oplodnja je vanjska. Dolaskom na područje mrijesta i udovoljavanjem specifičnim uvjetima, u tijelu tune se razvijaju hormoni koji jedinke navode na izlučivanje spolnih stanica. Mužjak prelijeva spermu (mliječ) preko jaja (ikre) dok se one otpuštaju iz ženkinog tijela. Mliječ je vrlo gusta, što spriječava prebrzo raspršivanje spermija. Jaja plutaju zahvaljujući kapljicama ulja i slobodno lebde u vodi kao dio planktona (pelagička ikra).

Broj otpuštenih jajnih stanica po sezoni mrijesta odražava broj otpuštenih jajnih stanica po jednom mrijestu i broju mrijesta u jednoj sezoni. Broj otpuštenih jajnih stanica ovisi o veličini ribe, okolišu i jedinki. Istraživanja procjenjuju da divlje populacije imaju seriju plodnosti od oko 93.000 jaja po kg tjelesne mase što znači da ženka od 100 kg može proizvesti 9 milijuna jaja u jednom mrijestu. Procijenjena je učestalost mrijesta od 1,2 dana, ali koliko puta se može mrijestiti, bilo jedinka iz divlje populacije ili iz matičnog jata koje se uzgaja u zatočeništvu, u ovom trenutku nije poznato.

Oplodnjom jajne stanice spermijima počinje embrionalni razvoj. Jedinka se hrani žumanjkom iz jajeta, jer nije sposobna uzimati hranu iz okoline. Nakon izvaljivanja jedinke, počinju se formirati organi i uzimati hranu iz okoline. Prelazi u razdoblje ličinke i tijelo počinje poprimati osobine odrasle jedinke. Ličinke i poslijeličinke se hranu zooplanktonom uključujući male rakove te ličinke rakova, riba, mekušaca i meduza. Formiranjem (metamorfozom) svih organa jedinka prelazi u juvenilno razdoblje te tuna dobiva potpuni

izgled odrasle jedinke (Slika 2.). Iako u juvenilnom razdoblju tuna nalikuje odrasloj jedinki, tek s spolnom zrelošću postaje odrasla ili adultna jedinka. Prvu spolnu zrelost mužjak najranije doseže s oko 3 godine (90 cm ili 15 kg), a ženka u 4. godini pri težini od 20-25 kg (Katavić i sur., 2012). Iako je vanjska oplodnja održivi način razmnožavanja tune, izgledi za preživljavanje embrija do odraslog stadija prilično su mali.

Najvažniji faktori koji utječu na reguliranje reproduktivnog ciklusa su: temperatura mora, koncentracija otopljenog kisika, svjetlosni režim, prisutnost specifične podloge za reprodukciju i strujanje vode.



Slika 2. Životni ciklus tune: A) oplođeno jaje B) embrij C) ličinka D) postličinački stadij E) juvenilna jedinka F) odrasla jedinka (Izvor: Van Beijnen, 2017).

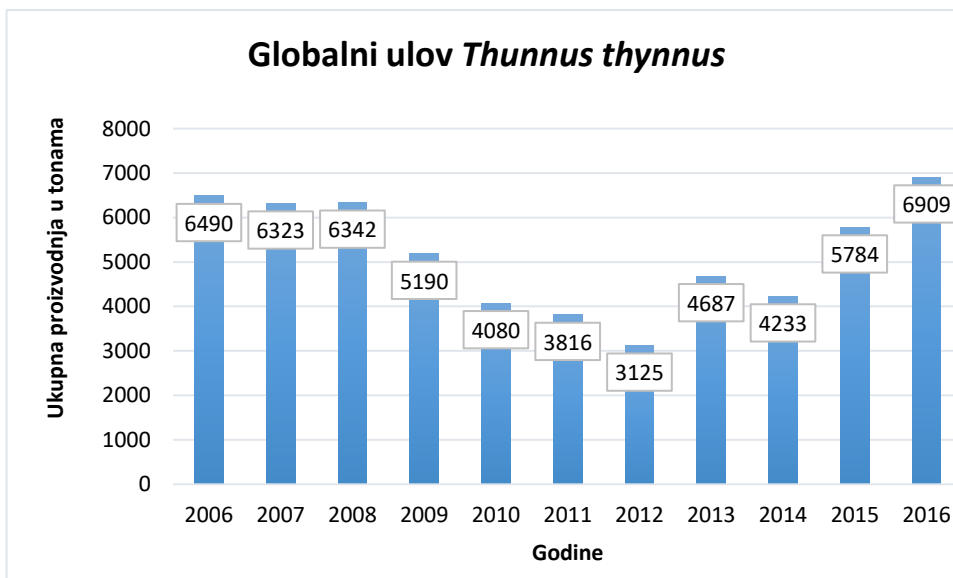
3.TEHOLOGIJA UZGOJA TUNE (*THUNNUS THYNNUS*)

3.1. Uzgoj temeljen na ribolovu

Iako se tov tuna prakticira nekoliko tisućljeća, tek se početkom 1990-ih marikultura razvila u modernu industriju kakva je danas. Kao i u prošlosti marikultura tune se najvećim dijelom temelji na ribolovu iako posljednjih godina bilježimo pokušaje tune uzgojene iz umjetnog mrijesta (Ottolenghi i sur., 2004).

Uzgoj koji se temelji na ribolovu je najstarija metoda u akvakulturi, ali i danas je zastupljenija od umjetnog mrijesta zbog reprodukcijских zahtjeva tune. Ulov temeljen na ribolovu se obavlja tunolovcima, odnosno okružujućom mrežom (tunarom) i prenosi u transportne kaveze okružujućeg oblika, veličine 50 m ili heksagonalne veličine 22 m, a isti su u teglju do uzgojnih (tovnih) kaveza. Kako bi izbjegli stres i smanjili mortalitet ulovljene tune, kavezi se tegle brzinom od 1-1.5 nautičke milje. Nakon transporta tuna se prebacuje u tovne kaveze promjera 30-50 m i dubine 25-55 m.

Tov tuna traje 6 mjeseci i ribe se uglavnom hrane prethodno zamrznutom hranom, uglavnom malom pelagičkom ribom (srdele, incuni, haringa) i u manjoj mjeri glavonošcima.



Graf 1. Prikaz globalnog ulova atlantske plavoperajne tune (*T. thynnus*) od 2006. do 2016. godine (Izvor: FAO, 2015).

3.2. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas – ICCAT

Zbog prevelikog iskorištavanja prirodnih populacija plavoperajne tune u Sredozemnom moru, Međunarodna komisija za zaštitu atlantskih tuna (ICCAT) (engl. *International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas*) je 1990. uvela sustav kvota pod nazivom ukupni dopušteni ulov (TAC – engl. *Total Allowable Catch*) čiji je zadatak bio ograničiti ulov u Sredozemnom moru i obnoviti divlje populacije plavoperajne tune.

Tijekom godina kvote dodijeljena tunolovcima u Sredozemnom moru su se postepeno smanjivale te je sa 38.000 t u 2014. pao na 12.900 t u 2012 (Graf 1). ICCAT je 2006. proveo novi 15-ogodišnji plan s ciljem oporavka stokova tune. Plan ICCAT-a je bio dodatno revidiran 2008. godine kako bi uključio više razina praćenja, kontrole i nadzora. Međunarodna komisija je 2009. godine uvela ograničenje na mjesec dana ribolova godišnje (u razdoblju od 15. svibnja do 15. lipnja) i tako je ostalo do danas. Plan oporavka donio je dobre rezultate te se do 2019. godine kvota povećala na 32.240 t (FAO, 2015).

Kako u svijetu tako i u Hrvatskoj kvota za tune se smanjivala i povećavala zadnjih 20 godina. Posljednjih godina bilježimo rast kvota te se izlovna kvota sa 461,16 t u 2015. godini povećala na 551,22 t u 2016. te na 862,79 t za 2019. godinu.



Graf 2: Prikaz dodijeljene kvote za atlantsku plavoperajnu tunu u Sredozemnom moru (2007-2017. god) (Izvor: FAO, 2015).

3.3 Uzgoj temeljen na umjetnom mrijestu

Pojava i širenje tovnih i uzgojnih djelatnosti tune tijekom posljednja 4 desetljeća dovela je do prelaska s tradicionalnog ribolova na marikulturu zatvorenog ciklusa. Marikultura tune zatvorenog ciklusa podrazumijeva mrijest u zatočeništvu, sakupljanje jaja, inkubaciju, uzgoj ličinki i dosezanje prodajne veličine. Razvoj održive metode uzgoja je jedan od načina da se smanji ribolovni pritisak na divlje populacije i zadovolji potrebe rastućeg tržišta tune.

Pioniri umjetnog mrijesta su Japanci, odnosno tim Ribarskog laboratorija Sveučilišta Kinki koji je 2002. godine prvi put uspješno zatvorio životni ciklus pacifičke plavoperajne tune *T. orientalis*. Do 2011. godine Sveučilište Kinki je uzgojilo 3 generacije tuna koje se prodaju na japanskom tržištu, dok su u 2013. godini izvezli 2000 uzgojnih jedinki.

U Europi su također posljednjih desetljeća provedena intenzivna istraživanja u svrhu reprodukcije atlantske plavoperajne tune *T. thynnus* u zatočeništvu, a najznačajniji je projekt DOTT (engl. *Domestication of Thunnus thynnus*). DOTT je 1990. godine okupio istraživače iz glavnih europskih istraživačkih institucija za akvakulturu čiji je cilj bio prilagoditi jedinke na uzgojne uvjete. Istraživanje je podijeljeno na tri projekta: DOTT, REPRODOTT (engl. *Reproductive Biology and Domestication of Thunnus thynnus*) i SELFDOTT (engl. *SELF-sustained aquaculture and Domestication of Thunnus thynnus*) koji su se provodili u

Mediteranu (Španjolska, Italija-projekt ALLOTUNA i Malta) u razdoblju od 2001.-2009.godine.

Također, Španjolski institut za oceanografiju (IEO- engl. *Spanish Institute of Oceanography*) posljednjih 20 godina radi na istraživačkim projektima (uključujući SELFDOTT) koji su usmjereni na razvoj prikladnih tehnika za dobivanje oplodjenih jaja i juvenilnih tuna u svojim objektima u Mazarronu (Španjolska).

3.4. Tržište tuna

Akvakultura tune danas je usmjerena na plavoperajnu tunu zbog visokih cijena na japanskom tržištu i globalnog rasta potražnje. Uzgoj tune znatno se proširio u posljednjem desetljeću. Međutim, razvoj će se održati na istoj razini ukoliko se postigne reproduktivni ciklus u zatočeništvu.

Proizvodnju tune pokreću dva glavna tržišta u globalnoj trgovini morskim plodovima. Tradicionalno tržište konzervirane tune i nova razvijena sushi i sashimi tržišta, koja su dobila nazive po specifičnim gastronomskim recepturama spremanja tune. Industrija konzervirane tune u cijelosti se opskrbljuje tradicionalnim ribolovom divljih populacija (Hamilton i sur., 2011). Najznačajnije tržište uzgojene atlantske plavoperajne tune nalazi se u Japanu, a osim Japana posljednjih godina se pojavljuju nova tržišta u jugoistočnoj Aziji, Europi i Sjedinjenim Američkim Državama. Prodajna cijena tune ovisi o različitim čimbenicima kao što je količina masti, boja i tekstura mesa kao i o tome da li je riba svježja ili smrznuta.

4. MOGUĆNOST UMJETNOG MRIJESTA

4.1 Hormonalna manipulacija

Jedan od preduvjeta za uspostavljanje održive industrije opisane akvakulture je sposobnost kontrole reproduktivnih procesa u zatočeništvu i stjecanju visokokvalitetnih gameta (jaja i sperme) i sjemena (oplođena jaja i ličinke) za uzgoj do proizvoda koji se može prodati (Mylonas i sur., 2010b).

Kao i mnoge druge ribe koje se uzgajaju u zatočeništvu, Atlantska plavoperajna tuna se ne mrijesti dosljedno kada se nalazi u kavezima, što zahtjeva upotrebu egzogenih hormona. Rane studije su pokazale da su ulovljene divlje jedinke koje su bile najmanje godinu dana u morskim kavezima doživjele potpunu gametogenezu tijekom reproduktivne sezone u svibnju i srpnju (Corriero i sur., 2007; Mylonas i sur., 2007; Gordo i sur., 2009). Dok su neki mužjaci proizvodili spermije dobre kvalitete, nisu sve ženke uspjele u sazrijevanju oocita, a time i u ovulaciji i mriještenju. Navedeno je tipična disfunkcija riba u zatočeništvu, ali kod ove vrste se može prevladati egzogenom primjenom GnRHa (gonadotropin - oslobađajući hormon).

U nekim slučajevima nakon godina prilagođavanja na uvjete zatočeništva, legla tune spontano završavaju svoje reproduktivno sazrijevanje i proizvode velike količine visokokvalitetnih jaja bez uporabe bilo kojeg egzogenog hormona (Gordo i sur, 2009).

Hormonalna manipulacija reproduktivnih funkcija uključuje poboljšanje proizvodnje sperme i indukciju dozrijevanja oocita, ovulacije i mriještenja. Također je razvijen specifičan sustav za implantiranje s kontroliranim otpuštanjem GnRH-a u razdoblju od 2 do 3 tjedna za poticanje sazrijevanja i mriještenja.

4.2. Projekti koji su odrađivali umjetni mrijest tune

4.2.1. DOTT

Krajem 1990-ih Izraelski oceanografski i limnološki centar (IOLR – engl. *Israel Oceanographic and Limnological Research Center*) predložio je formiranje istraživačke skupine koja bi se posvetila pitanju umjetnog mrijesta tune (Anon, 2003). Istraživački tim je bio zadužen za razvoj novih tehnologija u marikulturi zatvorenog ciklusa te kaveza za uzgoj mlađi proizvedene u laboratoriju. U okviru istraživanja projekt je nazvan DOTT (engl.

Domestication of Thunnus thynnus) –(2001.-2002.), a sredstva su bila osigurana iz fondova Europske unije. Znanstvenici su prikupili najnovije opise ove industrije koji su tada postojali u svijetu, i raspravljali o nekoliko problema koji su ograničavali puni potencijal ove vrste marikulture.

Radne skupine znanstvenika bile su iz različitih stručnih područja uključujući genetiku, reprodukciju, uzgoj ličinki, prehranu, prevenciju bolesti, marikulture te su uzeti u obzir ekološki aspekti koji okružuju uzgoj tune. Na kraju prvog radnog sastanka projekta ponuđeno je nekoliko preporuka:

1. Tehnologija marikulture zatvorenog ciklusa je obećavajuća alternativa za dobivanje tune i plasiranje na tržište. Ako je ekonomski isplativo, ova tehnologija bi potaknula proizvodnju i smanjila ribolovni pritisak na divlje populacije.
2. Troškovi su veći i skuplji od onoga što svaka istraživačka institucija može priuštiti. Najizglednije rješenje za postizanje cilja je suradnja između ribarske industrije, uzgajivača APPT i akademskih institucija.
3. DOTT grupa je prepoznala da je uspješna i održiva akvakultura APPT moguća samo ako je ekološki i društveno prihvatljiva.
4. DOTT je predložio osnivanje centra za umjetan mrijest tune.

4.2.2. REPRODOTT

Za istraživanje REPRODOTT-a (Reproductive Biology and Domestication of *Thunnus thynnus*) dodijeljena su trogodišnja sredstva (2002.-2005.) od strane EU. Istraživanje je koordinirao Španjolski institut za oceanografiju (IEO), a uključivao je još devet partnera (Garcia i sur. 2013). Opći cilj je bio povećati razumijevanje reproduktivne fiziologije kroz 4 cilja:

1. Procijeniti endokrini i reproduktivni status migracija APPT
2. Dokumentirati da li tuna reproduktivne veličine može postići spolnu zrelost i razmnožavati se u zatočeništvu
3. Dobiti oplođena/održiva jaja kao i uzorke sperme kako bi procijenili izvedivost umjetne oplodnje
4. Razviti prikladne tehnike rukovanja reproduktivnim veličinama tune

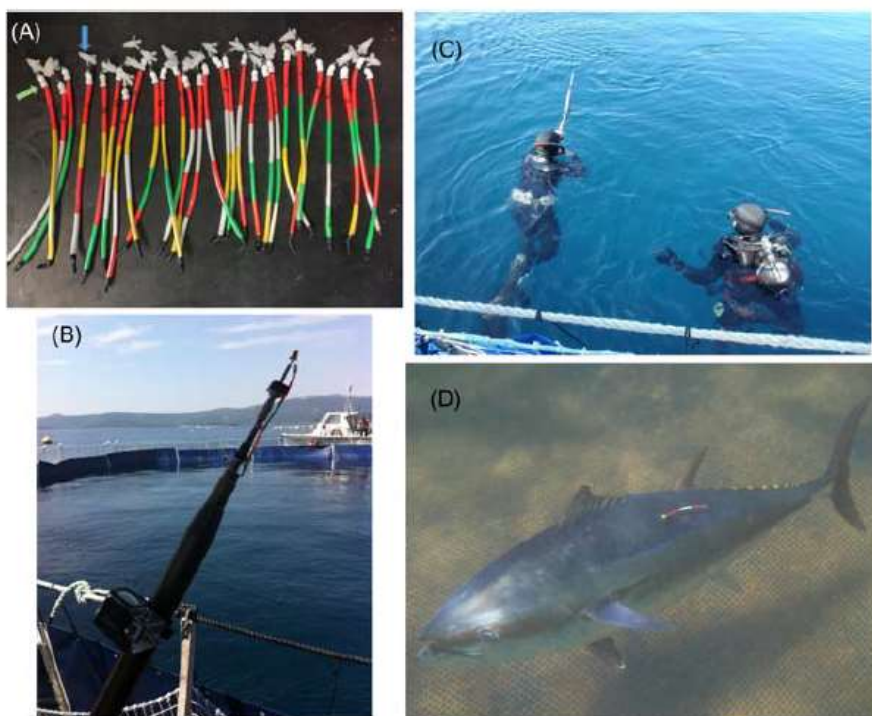
Rezultati istraživanja su bili:

- Ulovljene su dvije tune (120 i 80-120 kg) i zatvorene u eksperimentalne kaveze kako bi se unaprijedile tehnike rukovanja
- Više od 800 divljih tuna iz različitih mediteranskih regija je uzrokovano od travnja do svibnja tijekom 3 godine projekta
- Provedena je histološka procjena prikupljenih gonada, završeni su testovi za cirkulaciju spolnih i zrelih hormona
- Dobiven je potpun cDNA slijed za pod jedinice gonadotropnih hormona i gonadotropin - oslobađajućih enzima
- Razvijen novi ELISA test specifičan za GrRH α APPT
- Razine kortizola (hormon stresa), laktata (mliječna kiselina) i kateholamina (adrenalin) ocjenjene su kao pokazatelj stresa u zatočeništvu i divljini
- Razvijen je novi sustav za implantaciju GnRH α hormona
- Dobivene su prve ličinke iz umjetne oplodnje sakupljanjem jaja iz hormonalnih induciranih legla ali nakon ubijanja odrasle jedinke

Pokušaj inducirano mrijesta - projekt REPRODOTT

Budući da je sezona mriještenja u zatočeništvu APPT vrlo kratka (1-2 mjeseca) i nije dosljedna, predvidljiva i pouzdana, inducirani mrijest neophodan je za širenje ove industrije (Corriero i sur., 2007, 2009). U prvim pokušajima poticaja mrijesta u Sredozemnom moru uhvaćene su odrasle jedinke (5-12 godina) i uzgajane u plutajućim kavezima. Tijekom mjeseci odvijanja prirodnog mrijesta u Mediteranu (lipanj-srpanj), GnRH α je implantiran maticama (i mužjacima i ženjkama) putem sustava za kontrolirano otpuštanje (implantati), koji su se ubrizgavali pomoću harpuna. Na vrh igle harpuna postavljena su 2-3 GnRH α implantata (promjera 2-3 mm) i zajedno s vidljivom pločom ronoci su ih ubrizgavali u plivajuću ribu unutar kaveza (Slika 3.). Implantati su dizajnirani za oslobađanje GnRH-a u ribi u razdoblju od 2 do 3 tjedna, uz ukupnu dozu od 50-75 mikrograma hormona po kg tjelesne mase.

Tijekom dvije uzastopne godine u razdoblju umjetnog mrijesta (lipanj-srpanj), GnRH α - implantirana riba je žrtvovana u različito vrijeme nakon tretmana kako bi se pratio učinak hormonskih implantanata na poticanje konačnog sazrijevanje oocita i ovulacije u ženke i spermija kod mužjaka (Mylonas i sur., 2007).



Slika 3. Indukcija mrijesta pomoću GnRH-a hormona s kontroliranim otpuštanjem: (A) GnRH-a implantat postavljen na glavu strjelice (B). Mreža od sitnog oka u svrhu zadržavanja jaja. (C) Ronioci sa harpunom spremni implantirati GnRH-a hormon matičnom jatu (D) Implantirana tuna u kavezu (izvor: Daniel i sur., 2016).

Kod mužjaka implantati GnRH-a nisu rezultirali nikakvim razlikama u histološkom izgledu testisa i gotovo sve ribe (i GnRH-a tretirane i kontrolirane) sadržavale su spermatozoide unutar testisa. Međutim, došlo je do povećanja spermija: kod kontroliranih mužjaka bilo je samo 12% u usporedbi s 26% kod mužjaka implantiranim GnRH-a hormonom. Mnogo jači i konačni učinak zabilježen je kod ženke, gdje je implantacija GnRH-a inducirala konačno sazrijevanje oocita 2 do 8 dana nakon tretmana u 63% riba, njih 88% je imalo postovulacijske folikule u jajnicima, u usporedbi s 0% odnosno 21% kod kontroliranih ženki (Corriero i sur., 2007).

Osim toga pronađene su dvije ženke koje su imale ovulirana jajašca u jajnicima za vrijeme uzorkovanja, i nakon *in vitro* oplodnje sa spermom od mužjaka, prvi put su u zatočeništvu proizvedeni embriji i ličinke sposobne za život.

4.2.3 SELFDOTT

Nakon oba projekta poraslo je zanimanje za „pripitomljenje“ atlantske plavoperajne tune i Europska komisija je 2007. godine pokrenula novi projekt. Osigurana je nova financijska potpora za trogodišnji projekt pod nazivom SELFDOTT (From capture based to SELF - sustained aquaculture and Domestication od *Thunnus thynnus*). Ovaj projekt je također bio povjeren vodstvu IEO-a.

Oslanjajući se na rezultate REPRODOTT-a, SELFDOTT je imao za cilj razviti tehnologiju uzgoja ličinki i pronaći odgovarajuću ishranu. Divlja mlađ i odrasle jedinke uzgajani su u kavezima na dva mjesta u Sredozemlju, a koristili su ih za proučavanje gametogeneze i utjecaja prehrane na reproduktivno sazrijevanje i kvalitetu gameta. Zrele ribe bile su potaknute na mrijest pomoću hormonskih implantata, a jaja su prikupljena pomoću uređaja posebno izrađenih za kaveze. SELFDOTT istraživački ciljevi su bili sljedeći:

1. Poboľšati znanje o reprodukciji plavoperajne tune za uzgoj temeljen ra ribolovu
2. Unaprijediti znanje potrebno za razvoj oplodjenih jaja i uzgoj ličinki
3. Razviti odgovarajuću i ekološki prihvatljivu ishranu

Nezavisna regionalna inicijativa u talijanskoj pokrajini Apuliji (ALLOTUNA) također je dopunjavala istraživanja SELFDOTT-a.

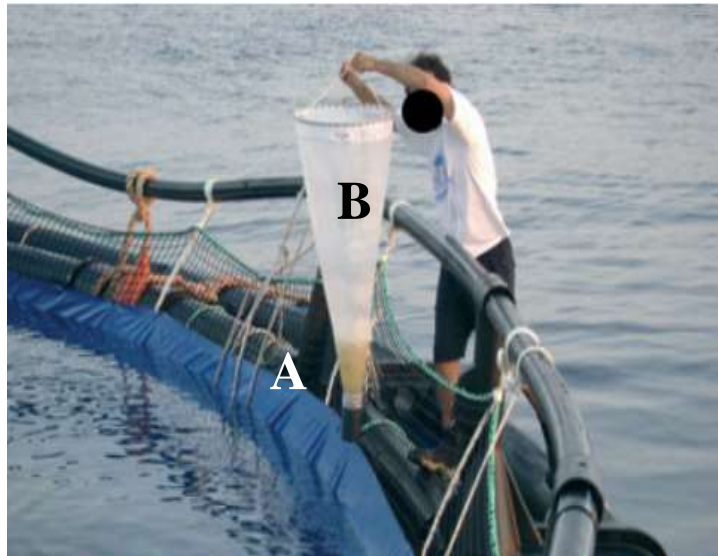
Pokušaji induciranog mrijesta - projekt ALLOTUNA

U talijanskom projektu ALLOTUNA potaknut je mrijest pomoću iste terapije, korištenjem implantiranog GnRHa, koji su ribama ubrizgavali ronioci. Navedena metoda je rezultirala s 20 milijuna jaja tijekom 4 uzastopna dnevna mrijesta.

Za navedeni projekt je ulovljeno 90 jedinki (50-60 kg) koje su se čuvale i održavale u kavezima godinu dana. Nakon implantacije hormona na kavez je postavljena 3 metra duboka PVC zavjesa kako bi zadržala plutajuća živa jaja (Slika 4A.). Uočena jaja su sakupljena sa planktonskom ručnom mrežom (slika 4B.) i lagano prenesena u bazene napunjene morskom vodom i kisikom.

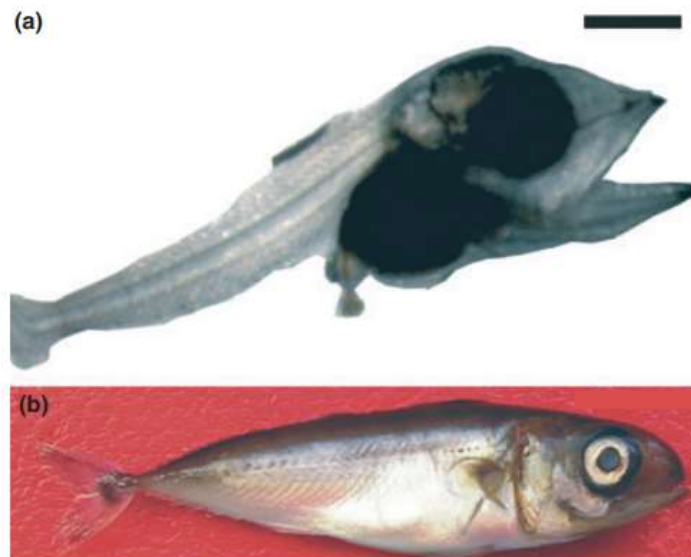
Tri dana nakon primjene tretmana s GnRHa prikupljeno je približno 5 milijuna jaja u razdoblju od četiri dana. Uspjeh oplodnje za prva dva dana iznosio je 80%, dok je za treći i četvrti dan smanjen na 30%. Prikupljanje velike količine oplodjenih jaja otvorilo je vrata

prvim pokusima za transport, izvaljivanje i uzgoj ličinki za ovu vrstu. Ličinke su se hranile obogaćenim rotiferom 2,5 dana nakon izvaljivanja.



Slika 4. A) Ručna planktonska mreža (500 μm) za prikupljanje jaja B) Plava PVC zavjesa pričvršćena na mrežu unutar kaveza kako bi se zadržala jaja (izvor: De Metrio i sur., 2010).

Tijekom prva 3 tjedna brzina rasta je bila prilično spora. Razdoblje brzog rasta započelo je kada je ličinkama ponuđena obogaćena *Artemia* - nauplii i ličinke orade (Slika 5a). Nakon 25 dana, prvi put je uočen kanibalizam. Zadnji primjerak je uginuo nakon 65 dana starosti s ukupnom dužinom od 87 mm (Slika 5b.). Korišteni su različiti uzgojni uvjeti: različita gustoća nasada i intezitet svjetlosti. Međutim nije se mogla izbjeći masivna smrtnost između 4. i 10. dana starosti, dok je samo 1% preživjelo do 7. dana starosti (Mylonas i sur., 2010a).



Slika 5. (A) Ličinka tune stara 25 dana **(B)** Mlađ tune stara 65 dana s ukupnom dužinom tijela 87 mm (izvor: De Metrio i sur., 2010).

kanibalizam i lomovi kralježnice zbog zabijanja u uzgojni spremnik.

4.3 Spontani mrijest

U okviru europskog projekta SELFDOTT kojeg je koordinirao Španjolski institut za oceanografiju (IEO), 38 divljih tuna je ulovljeno i uzgajano u morskim kavezima. Divlje jединke su se dobro prilagodile uvjetima u zatočeništvu uz nisku stopu smrtnosti (5 %) tijekom 4 godine uzgoja. U 2009. godini, nakon primjene GnRHa implantata započeo je masivni mrijest u trajanju od 17 dana s ukupnom proizvodnjom od 140 milijuna jaja.

U sljedećoj godini spontani mrijest se dogodio prije planirane implantacije GnRHa hormona. Tijekom reproduktivne sezone 2010. godine ukupno je prikupljeno 48 milijuna jaja. U 2011. godini jaja su ponovno spontano proizvedena bez ikakvog tretmana GnRHa, mrijest je trajao 37 dana i ukupno je sakupljeno 162 milijuna jaja.

Kao rezultat spontanog mrijesta divljih tuna, jaja su oplodena i održavana komercijalnim tovnim operacijama tijekom 5 godina. Pokusi uzgoja ličinki napokon su uspjeli u proizvodnji visokokvalitene mlađi unutar morskih kaveza. U 2014. godini, prvi ikad primjerci tune proizvedeni na uzgajalištu su poslani na tržište nakon 3 godine uzgoja mase 20 kg. S tim je dokazana izvedivost zatvaranja ciklusa u zatočeništvu, od ulova do mrijesta i uzgoja (Gordoa i sur., 2009).

U većini slučajeva spontani mrijest je kratak (3-4 tjedna), nije dosljedan i sadrži mali broj jaja. Dok se ne postigne bolja ekološka kontrola uzgoja, implantati GnRHa se mogu uspješno koristiti za pokretanje masivnog mrijesta i poboljšanje opskrbe jajima za daljnja istraživanja.

4.4. Budućnost akvakulture zatvorenog ciklusa

Očekuje se da će uzgoj u zatočeništvu u vrlo bliskoj budućnosti dovesti do zatvaranja životnog ciklusa plavoperajne tune u akvakulturi, naročito zbog uspješnog spontanog mrijesta. Naime, divlje jединke uzgajane u morskim kavezima su uspješno zatvorile svoj reproduktivni ciklus i proizvele veliki broj jaja visoke kvalitete. Za uspješan spontani mrijest

potrebno je prilagoditi prehranu i uvjete okoliša (uglavnom temperaturu vode), jer zatočena jata ne mogu migrirati i birati željene temperature za mrijest.

Zbog sigurnosti u provođenju postupka mrijesta i dalje će se koristiti terapija indukcije mrijesta kako bi se povećala učinkovitost i produktivnost istog.

U uzgoju implementiranih tuna, treba poboljšati hranu koja se daje ličinkama (idealna bi bila hrana s visokom razinom DHA (omega-3 masna kiselina)). Osim poboljšanja hrane, promjene u struji vode također mogu poboljšati ishranu i preživljavanje ličinki. S obzirom na kanibalizam, sortiranje po veličini je jedini način prevencije. Također treba izbjegavati neočekivanu svjetlost, zvukove i udarce kako se ličinke izlagale stresu, jer panično plivanje uzrokuje zabijanje u uzgojni spremnik, a time smrt ili deformaciju.

5. ZAKLJUČCI

Akvakultura temeljena na ribolovu smatra se dugoročno neodrživom radi daljnjeg iskorištavanja prirodnih populacija i velikim tržišnim zahtjevima. Također veliki problem stvara hranidba tune tijekom tovnog i uzgojnog ciklusa. Odrasle tune se hrane malom pelagičkom ribom te je potrebna velika količina kako bi se zadovoljili prehrambeni zahtjevi, što stvara veliki ribolovni pritisak na njihove populacije. Drugo i bolje rješenje, o kojem su već provedena razna istraživanja je proizvodnja i formiranje inertne hrane koja bi mogla zadovoljiti prehrambene zahtjeve tune.

S ciljem provođenja održive akvakulture, posljednjih godina su provedeni različiti pokušaji zatvaranja reproduktivnog ciklusa u zatočeništvu i postizanja tune iz umjetnog mrijesta. Unatoč reprodukcijским zahtjevima uspješno su uzgojena prva legla tune što je postignuto hormonalnom manipulacijom i induciranim mrijestom pomoću GnRHa hormona. Dobivena legla su bila podložna masivnoj smrtnosti između 4-10 dana starosti, a glavni razlozi su bili stres, gladovanje, kanibalizam i deformiteti na kralježnici.

Visoka tržišna cijena i potražnja za tunom snažan su poticaj daljnjem razvoju akvakulture temeljene na umjetnom mrijestu koja se suočava s mnogo problema, ali razvojem tehnologije i ulaganjem u daljnja istraživanja samo je pitanje vremena kada će se pronaći odgovarajuća rješenja.

6. LITERATURA

- Abascal FJ, Megina C, Medina A. 2003. Histological and stereological assessment of batch fecundity spawning frequency and maturation of female Atlantic northern bluefin tuna around the Balearic Islands. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 60: 13–14.
- Anonimus 2008. Eastern Atlantic and Mediterranean bluefin tuna: moving in a good direction and how long will it take to get there. *Collective Volume of Scientific Papers. ICCAT 62 4*: 1291-1297.
- Bridges RC, Garcia-Gomez A, Gordin H. 2002. Domestication of *Thunnus thynnus* – DOTT, Proceeding of the first international Symposium held at the University of Cartagena, Sain, 194 str.
- Corriero A, Medina A, Mylonas C C, Abascal F J, Deflorio M, Arago'n L, i sur. 2007. Histological study of the effects of treatment with gonadotropin-releasing hormone agonist (GnRHa) on the reproductive maturation of captive-reared Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.). *Aquaculture*, 272: 675-686.
- Daniel D Benetti, Gavin J Partridge i Alejandro Buentella 2016. *Advance in Tuna Aquaculture: From Hatchery to Market*. Nikki Levy. The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, 225 Wyman Street, Waltham MA 02451, 360 str.
- Dickson K A. 1995. Unique adaptations of the metabolic biochemistry of tunas and billfishes for life in the pelagic environment. *Environmental Biology of Fishes*, 42: 65–97.
- De Metrio G, Bridges C R., Mylonas C C, Caggiano M, Deflorio M, Santamaria N, i sur. 2010. Spawning induction and large-scale collection of fertilized eggs in captive Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) and the first larval rearing efforts. *Journal of Applied Ichthyology*, 26: 596-599.
- De la Gandara F, Ortega A., Belmonte A, Mylonas C C, 2011 Spontaneous spawning of Atlantic bluefin tuna *Thunnus thynnus* kept in captivity. EAS2011, Rhodes (Greece), str. 249-250.
- FAO. 2006. *FAO yearbook. Fishery Statistics: capture production 2004*. FAO Fisheries Series No. 98/1. Rome, Italy: pristupljeno: travanj, 2019
- FAO, 2015. *Fishstat J*. Dostupna sa: <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>, pristupljeno: lipanj, 2019.

- Gordoa A, Olivar MP, Arevalo R, Vin~as J, Moli, B, Illas X. 2009. Determination of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) spawning time within a transport cage in the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*. 66: 2205-2210.
- Hamilton A, Lewis A, McCoy M A, Havice E, Campling L. 2011. Market and Industry Dynamics in the Global Tuna Supply Chain. Pacific Islands Forum Fisheries Agency (FFA), 393 str.
- Joseph J, Klawe W & Murphy P. 1988. Tuna and Billfish – fish without a country. Fourth edition, Inter-American Tropical Tuna Commission (ed), La Jolla, California, 69 str.
- Katavić I, Grubišić L, Tičina V, Šegvić-Bubić T. 2012. Životni stil plavoperajne tune u Jadranu s posebnim osvrtom na interakciju s ulovom sitne plave ribe. *Riba Hrvatske - jedi što vrijedi*. 84 str.
- Karakulak S, Oray I, Corriero A, Deflorio M, Santamaría N, Desantis S i De Metrio G. 2004a. Evidence of a spawning area for the bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) in the Eastern Mediterranean. *Journal of Applied Ichthyology*, 20: 318–320.
- Mylonas C C, Bridges C, Gordin H, Rios A B, Garcia A, de la Gandara F, i sur. 2007. Preparation and administration of gonadotropin-releasing hormone agonist (GnRHa) implants for the artificial control of reproductive maturation in captive-reared Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *Reviews in Fisheries Science*, 15: 183-210.
- Mylonas C C, De La Gandara F, Corriero A, Rios AmB. 2010a. Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) farming and fattening in the Mediterranean Sea. *Reviews in Fisheries Science*, 18: 266-280.
- Mylonas C C, Fostier A, Zanuy S. 2010b. Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction. *General and Comparative Endocrinology*, 165:516-534.
- Mylonas C C, Zohar Y. 2001. Use of GnRHa-delivery systems for the control of reproduction in fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 10: 463-491.
- Ottolenghi, F, Silvestri C, Giordano P, Lovatelli A. & New M B. 2004. Capture-based aquaculture – The fattening of eels, groupers, tunas and yellowtails. Rome, FAO. 2004, 308
- Van Beijnen, Jonah. 2017. The closed cycle aquaculture of Atlantic Bluefin Tuna in Europe: current status, market perceptions and future perspectives. 10.13140/RG.2.2.14033.53601., 95 str.
- Webb P W. 1984. Body form, locomotion and foraging in aquatic vertebrates. *American Zoologist*, 24: 107–120.

