

Potencijalne mogućnosti uzgoja meduza u akvakulturi

Galić, Ena

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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:226:726762>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-12**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA
PREDDIPLOMSKI STUDIJ BIOLOGIJA I TEHNOLOGIJA MORA

Ena Galić

POTENCIJALNE MOGUĆNOSTI UZGOJA MEDUZA U
AKVAKULTURI

Završni rad

Split, rujan 2022.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA
PREDDIPLOMSKI STUDIJ BIOLOGIJA I TEHNOLOGIJA MORA

POTENCIJALNE MOGUĆNOSTI UZGOJA MEDUZA U
AKVAKULTURI

Završni rad

Predmet: Marikultura I

Mentor:

Doc. dr. sc. Vedrana Nerlović

Student:

Ena Galić

Split, rujan 2022.

Sveučilište u Splitu
Sveučilišni odjel za studije mora
Preddiplomski studij Biologija i tehnologija mora

Završni rad

POTENCIJALNE MOGUĆNOSTI UZGOJA MEDUZA U AKVAKULTURI

Ena Galić

Sažetak

U ovom su radu predstavljene karakteristike uzgoja meduza, tj. slobodno plivajućih oblika žarnjaka, u zatočeništvu i njihov gospodarski značaj. Jednostavna fiziološka građa meduza i odlična prilagodba na uvjete u zatočeništvu čine ih prikladnim vrstama za uzgoj. Primarno tržište predstavljaju azijske zemlje gdje se meduze tradicionalno konzumiraju već tisućljećima. Također, kao glavna prepreka uvođenju meduza u prehranu stanovnika zapadnih zemalja ističe se sklonost gađenju i strah od nepoznate hrane. Brojna istraživanja dokazuju važnost meduza kao izvora vrijednih kemijskih spojeva i nutrijenata za ljudsku prehranu, krmivo te ostale biotehnološke primjene. Ipak, razvoj ove industrije je još u procesu i potrebna su daljnja istraživanja kako bi se usavršile uzgojne metode te uvele nove vrste.

(24 stranica, 10 slika, 1 tablica, 24 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Ključne riječi: meduza, rast, razmnožavanje, uzgoj, gospodarski značaj

Mentor: Doc. dr. sc. Vedrana Nerlović

Ocjenjivači: 1. Doc. dr. sc. Vedran Poljak
2. Izv. prof. dr. sc. Josipa Ferri
3. Doc. dr. sc. Vedrana Nerlović

University of Split
Department of Marine Studies
Undergraduate study Marine Biology and Technology

BSc Thesis

POTENTIAL POSSIBILITIES OF JELLYFISH AQUACULTURE

Ena Galić

Abstract

This paper presents the characteristics of jellyfish breeding, i.e., free-swimming forms of anemones, in captivity and their economic importance. Jellyfish's simple physiological structure and excellent adaptation to conditions in captivity make them suitable species for cultivation. The primary market is represented by Asian countries where jellyfish have been traditionally consumed for millennia. Likewise, the main obstacle to the introduction of jellyfish into the diet of inhabitants of Western countries is their tendency to disgust and fear of unfamiliar food. Numerous studies prove the importance of jellyfish as a source of valuable chemical compounds and nutrients for human nutrition, fodder and other biotechnological applications. However, the development of this industry is still in process and further research is needed to perfect breeding methods and introduce new species.

(24 pages, 10 figures, 1 table, 24 references, original in: Croatian)

Keywords: jellyfish, growth, reproduction, cultivation, economic importance

Supervisor: Vedrana Nerlović, PhD / Assistant Professor

Reviewers:

1. Vedran Poljak, PhD / Assistant Professor
2. Josipa Ferri, PhD / Associate Professor
3. Vedrana Nerlović, PhD / Assistant Professor

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
1.1. Osnovne značajke meduza.....	2
2. RAZRADA TEME.....	4
2.1. Razmnožavanje i životni ciklus	4
2.1.1. Rast polipa i strobilacija.....	5
2.1.2. Briga o meduzama i efirama.....	7
2.1.3. Moguća pojava bolesti u uzgoju	11
2.2. Gospodarski značaj	14
2.2.1. Ishrana ljudi	15
2.2.2. Krmivo	17
2.2.3. Akvaristika	18
2.2.4. Biotehnološke primjene.....	19
3. ZAKLJUČAK	21
4. LITERATURA.....	22

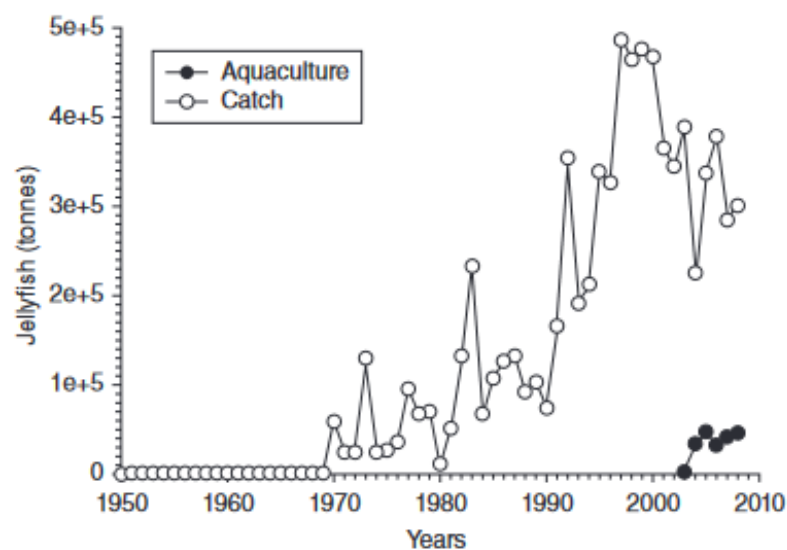
1. UVOD

Akvakultura obuhvaća kontroliran uzgoj ribe ili drugih vodenih organizama (vodeno bilje, rakovi, mekušci i sl.) u slatkoj, slanoj i bočatoj vodi dok je marikultura uži pojam koji podrazumijeva uzgajanje organizama isključivo u morskoj vodi. Danas se u sklopu akvakulture uzgaja preko 550 različitih vodenih organizama, pri čemu vodeću ulogu imaju različite vrste riba i školjkaša (FAO, 2022). Akvakultura kao brzo rastuća industrija proizvodnje hrane, trenutno opskrbljuje skoro 50% svjetske proizvodnje riba, mekušaca, rakova i drugih morskih organizama i dosegla je 87,5 milijuna tona u 2020. godini. Od ukupne količine uzgojenih vrsta 56,3 milijuna tona čine ribe, 17,7 milijuna tona mekušci, 11,2 milijuna tona rakovi, 525 tisuća tona vodeni beskralježnjaci te 537 tisuća tona čine ostali vodeni organizmi. Krajem prošlog desetljeća akvakultura je zabilježila značajnu godišnju stopu rasta s prosječnom vrijednošću od 9-10% te predstavlja najbrže rastuću industriju hrane u svijetu. Za prehranu ljudi se iskorištava 87% ukupne proizvodnje ribarstva i akvakulture. Kina prednjači u akvakulturnoj proizvodnji s visokih 49,6 milijuna tona, isključujući vodeno bilje (FAO, 2022).

Morski plodovi u usporedbi s piletinom, svinjetinom i govedinom imaju najviše proteina. Uz procijenjenih 10 milijardi ljudi za koje se očekuje da će nastanjivati Zemlju do 2050. godine, potražnja za životinjskim proteinima će se povećati za 52% (Global Aquaculture Alliance, 2019). Stagnacija ulova u ribarstvu i prezasićenost tržišta tradicionalnim morskim vrstama, u kombinaciji s rastućom potražnjom za visokokvalitetnim proteinima, potaknuli su uzgajivače na potragu za uvođenjem novih vrsta u uzgoj. Prilikom odabira nove uzgojne vrste jedan od osnovnih kriterija jest mogućnost kontrolirane isplative proizvodnje te tržišna vrijednost iste.

Skupina organizama čiji je uzgoj počeo relativno nedavno su žarnjaci, a u izvješća su FAO-a dodani tek 2003. godine (Slika 1) (Purcell i sur., 2013). Prema najnovijim izvješćima, vrsta žarnjaka koja se najviše uzgaja je plamena meduza *Rhopilema esculentum* s proizvodnjom od čak 90,4 tisuća tona (FAO, 2022). Meduze (primarno se odnoseći na vrste iz koljena Cnidaria, razreda Scyphozoa) su se stoljećima izlovljavale, prerađivale i upotrebljavale u ljudskoj prehrani, naročito u Kini i drugim azijskim zemljama te se često koriste u tradicionalnoj kineskoj medicini (Ding i sur., 2011). Danas se ova vrsta ribolova širi i na druga područja, ponajviše na zapadnu polutku. Sve veći broj znanstvenih istraživanja pokazuje da bi se meduze trebale smatrati vrijednim bioresursima za mnoštvo namjena kao

što su hrana za ljudsku prehranu, krmivo, ornamentalni organizmi u akvaristici te izvor bio aktivnih spojeva za kozmetičke, farmaceutske i druge biotehnološke primjene. Također su važne kao modelni organizmi u istraživanjima u bihevioralnoj biologiji, matematici i biološkom inženjerstvu (Duarte i sur., 2021). Unatoč tome što je njihova konzumacija uglavnom ograničena na azijska tržišta, povećana potražnja za proizvodima od meduza, zajedno s većom brojnošću ovih organizama na mnogim lokacijama diljem svijeta i njihovim brojnim namjenama, uvelike potiče na potencijalno ekonomsko iskorištavanje ovih organizama u ostatku svijeta pa tako i u Hrvatskoj.



Slika 1. Ulov i akvakulturna proizvodnja meduza na svjetskoj razini (izvor: Purcell i sur., 2013).

1.1. Osnovne značajke meduza

Meduze (Slika 2) su slobodno plivajući žarnjaci Cnidaria radijalno simetrična tijela u obliku klobuka, zvona, kišobrana ili rjeđe, diska (Hrvastka enciklopedija, mrežno izdanje, 2021). To su spolni oblici nespolnih bentoskih polipa. Trenutačno je poznato oko 200 postojećih vrsta organiziranih u tri reda: Coronatae, Rhizostomeae i Semaestomeae. Nalazimo ih diljem svijeta, od površinskih voda do dubokih mora te su većinom morske životinje, a samo neke žive u bočatim ili slatkim vodama. Životni im je raspon u prosjeku između jedne do tri godine, no zabilježene su vrste koje žive tek nekoliko dana pa sve do

nekoliko desetljeća. Tijela im prosječno imaju raspon od oko 2 do 40 cm u promjeru dok su neke vrste znatno veće s promjerom do 2 m. Tijelo meduze se sastoji od želatinozne tvari s velikim postotkom vode (do 98%). Na rubu klobuka nalazi se veći ili manji broj lovki između kojih su smješteni mali osjetni organi koji služe za detektiranje svjetla ili za ravnotežu. Usta su im u sredini s donje strane klobuka, na kraćem ili duljem dršku kroz koji vodi ždrijelo u želudac u unutrašnjosti klobuka. Od želuca se zrakasti kanali pružaju do ruba klobuka gdje ih povezuje kružni kanal. Navedeni sustav kanala ima funkciju crijeva i krvnih žila te su ispod kanala smješteni spolni organi. Živčani im je sustav slabo razvijen. U klobuku se nalazi i sustav mišića čijim se stezanjem istiskuje voda ispod klobuka pa se gornjim dijelom klobuka meduza pokreće naprijed. Na lovkama, oko usta, a katkad i na gornjoj površini klobuka smještene su mnogobrojne žarnice, tj. knide. U svakoj žarnici nalazi se mjehurić pun otrova (neurotoksina) i tanka savijena cjevčica. Na podražaj se iz žarnice ispruži cjevčica kroz koju se izbacuje otrov na napadača ili plijen. Meduze su većinom grabežljivci te se hrane kopepodima, ribljim ličinkama i drugim malim životinjama koje hvataju lovkama. Neke se, međutim, jednostavno hrane suspenzijom izvlačeći sitne životinje i fitoplankton iz vode.



Slika 2. Mediteranska meduza - *Cotylorhiza tuberculata* (izvor: www.atlantisgozo.com).

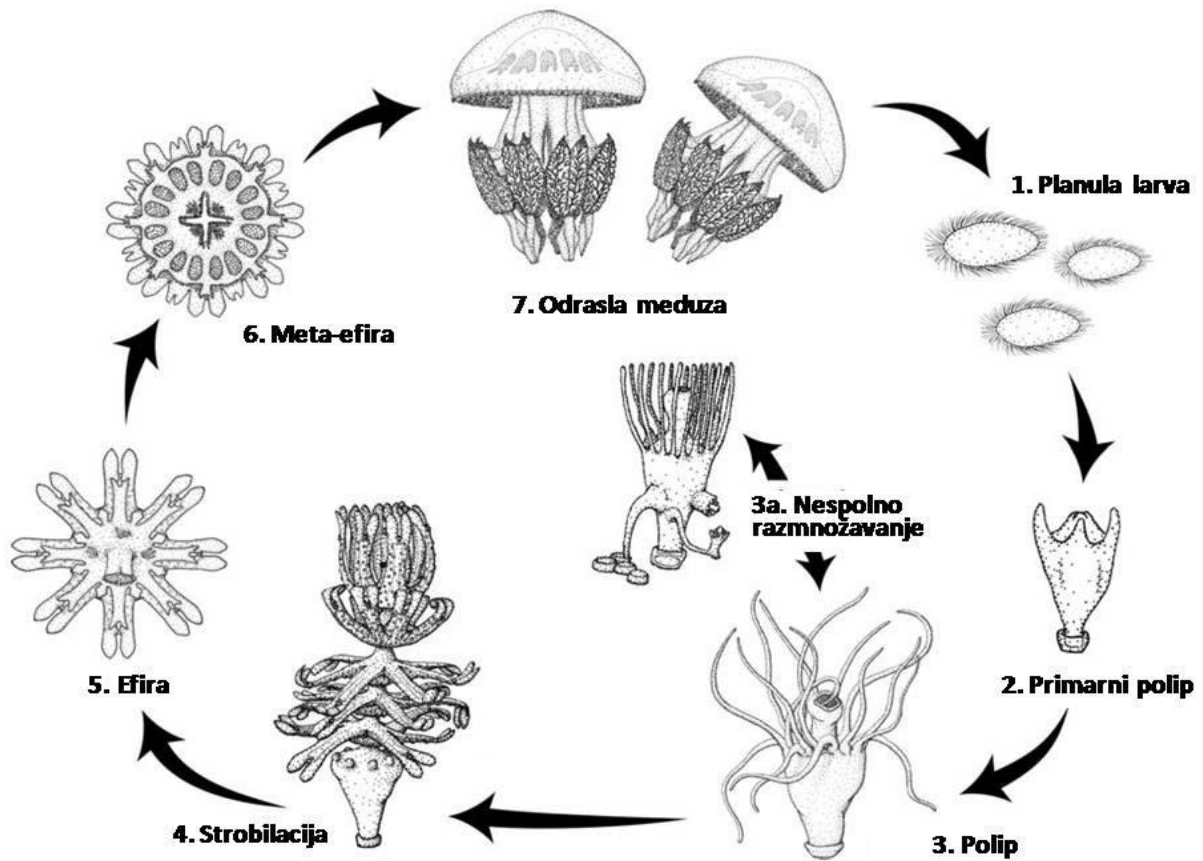
2. RAZRADA TEME

2.1. Razmnožavanje i životni ciklus

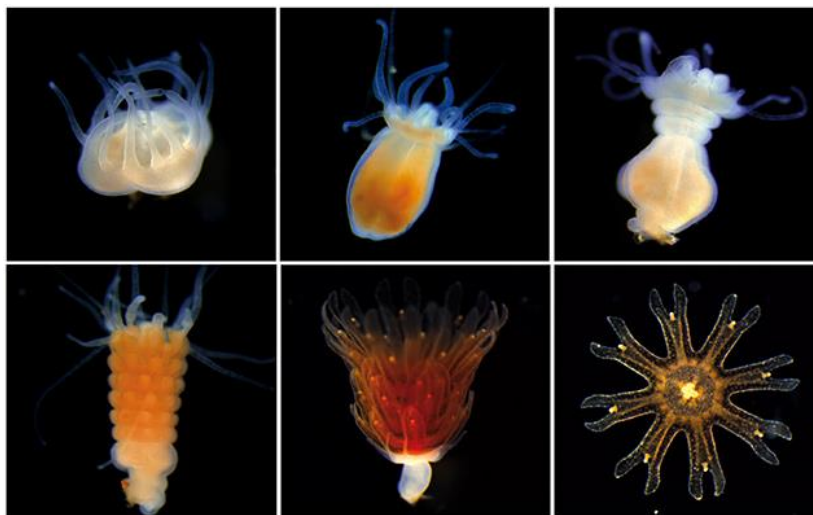
Za uspješni uzgoj meduza u zatočeništvu, u svim fazama njihovog životnog ciklusa, od iznimne je važnosti sveobuhvatno razumijevanje ekologije, kao i znanje iz reproduktivnog ponašanja meduza u njihovom prirodnom okruženju. Većina reznjaka pokazuje dvofazni životni ciklus koji uključuje bentosku (polip) i pelagičku fazu (meduza) (Slika 3). Većina reznjaka je dvodomno, (tj. imaju ili muške ili ženske reproduktivne organe) i razmnožavaju se spolno, s oocitama koje se oplode u stupcu vode, u usnoj šupljini, u gastrovaskularnoj šupljini ženki ili u jajnicima. Nekoliko sati nakon oplodnje, formirane se ličinke planule talože u prikladnom tvrdom supstratu nakon čega se metamorfoziraju u polipe. Kod nekih je vrsta uočeno da se embriji mogu izravno razviti u mlade meduze, kao što je slučaj za *Pelagia noctiluca* i pod rjeđim okolnostima za *Aurelia aurita* (Arai, 1997).

Polipi reznjaka (tj. Scyphistomae) su mali sesilni organizmi (promjera 1-2 mm i visine 1-3 mm, ovisno o vrsti), koji imaju oralni disk (središnja usta) s do 24 pipka (sa žarnim stanicama) oko ruba i stupasta tijela koja se pričvršćuje na tvrdu podlogu na aboralnom disku. Polipi su kolonijalni organizmi koji se mogu razmnožavati nesporno pupanjem i strobilacijom - proces kod kojeg se s gornjeg kraja polipa (oralni dio) odvaja meduza stvarajući efire. Postoje različiti procesi pupanja, a najčešći je formiranje novog polipa koji se odvaja od roditeljskog i smješta u blizini (Crow i sur., 2013).

Proces strobilacije (Slika 4) ima neke varijacije među žarnjacima, prva je kada jedan polip proizvede mnogo efira uzastopno, tzv. *polydisc strobilation* - uobičajeno kod Semaestomeae i druga kada jedan polip proizvede jednu efiru, tzv. *monodisc strobilation* - uobičajeno kod Rhizostomae (Arai, 1997). Efire su nezrele meduze koje nakon oslobađanja iz polipa imaju promjer 1-2 mm. Najčešće imaju 8 rubnih reznjeva svaki s parom preklopa i ropalijem koji predstavlja organ za ravnotežu i osjet svjetlosnih i kemijskih podražaja između njih. Neke jedinke mogu imati nepravilan broj rubnih reznjeva i/ili ropalija (u rasponu od 3 do 16). Tijekom stadija tzv. meta-efire rubni reznjevi efira počinju nestajati i formira se klobuk nalik na disk (promjera 3-5 mm). Kasnije dolazi do rasta usnih dodataka i pojavljivanja lovki, a organizmi dosežu juvenilni stadij (promjera 6-10 mm) te su veoma slični odraslim jedinkama premda od njih mogu varirati u pigmentaciji i obliku (Arai, 1997; Crow i sur., 2013).



Slika 3. Životni ciklus režnjaka (izvor: Fuentes i sur., 2011).

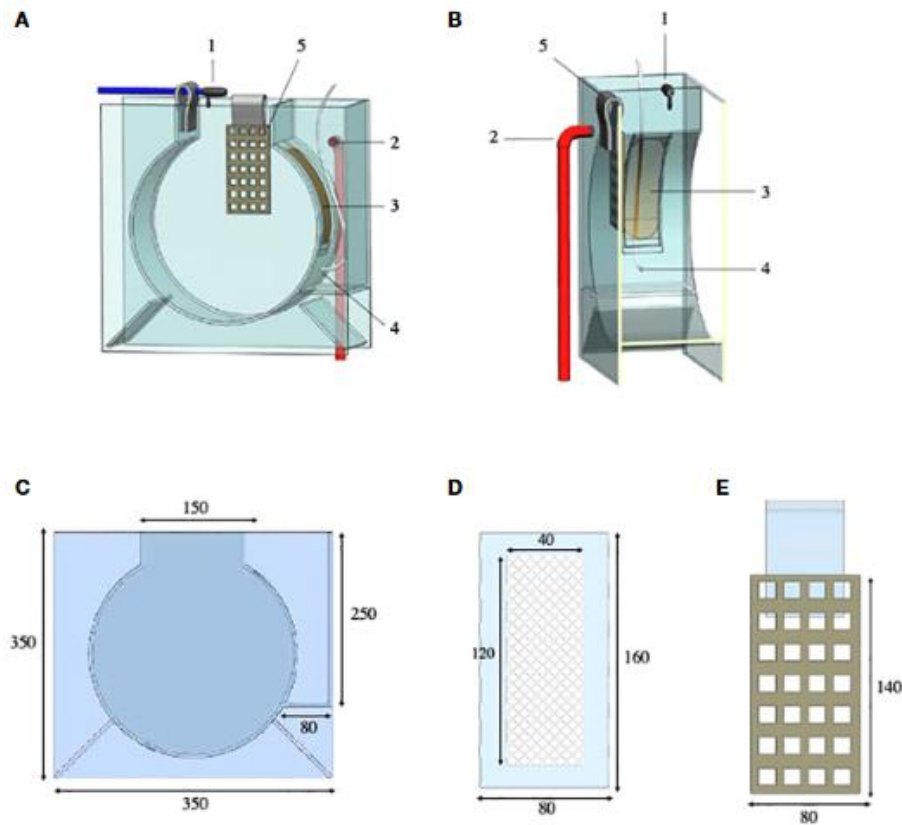


Slika 4. Stadiji procesa strobilacije (izvor: science.org).

2.1.1. Rast polipa i strobilacija

Polipi se mogu dobiti na više načina, a najčešći je ulov zdravih ženki i mužjaka meduza iz prirodnog staništa i poticanje njihovog prirodnog mriještenja u zatvorenom sustavu (Ruskoff i sur., 2003; Purcell i sur., 2013). Za mnoge reznjake prirodni mrijest može biti induciran grupacijom primjeraka oba spola i držanjem u mraku nekoliko sati nakon čega slijedi izlaganje svjetlu ili postepeni rast temperature vode. Oplođena jajašca mogu se prikupiti iz vode, a ona se ubrzo nakon toga razvijaju u ličinke planule. Izvaljene planule se mogu dobiti držanjem ženki u velikoj posudi, sve dok ne oslobode planule ili skupljanjem ličinki izravno iz oralnih lovki ili jajnika ženki. Još jedna uobičajena metoda je *in vitro* oplodnja, tj. gamete se sakupljaju iz spolnih žlijezda ženki i mužjaka te se stavljaju zajedno u posudu s morskom vodom (Crow i sur., 2013; Purcell i sur., 2013). Odrasle meduze, polipi ili ličinke planule također se mogu kupiti od tvrtki koje komercijalno uzgajaju meduze u ornamentalne svrhe (Duarte i sur., 2021).

Kako bi se pokrenula kultura polipa planule se moraju ostaviti 4-7 dana u malim posudama napunjenima filtriranom morskom vodom i održavati na optimalnoj temperaturi, slanosti i svjetlosnim uvjetima specifičnima za pojedine vrste. Dodatna ishrana nije potrebna u ovoj fazi budući da su ličinke reznjaka lecitotrofne (Duarte i sur., 2021). Jednom kad se ličinke pričvrste za supstrat i razvijaju se u mlade polipe, mogu se prenijeti u veće spremnike (Ruskoff i sur., 2003; Purcell i sur., 2013). Kolonije polipa mogu se uzgajati u različitim staklenim i plastičnim posudama, s malim količinama morske vode te malo ili nimalo aeracije. Spremnici s polipima (Slika 5) se mogu dodati male ploče okomito postavljene na tok vode budući da se neki polipi reznjaka radije talože naopako ili postrance. Da bi se uklonio otpad i održala kvaliteta vode potrebno je redovito održavati i tjedno mijenjati vodu, 50% ukupnog volumena (Ruskoff i sur., 2003), uz dnevno hranjenje tek izvaljenim nauplijima *Artemije saline* i/ili rotiferima (*Brachionus* sp.), za promicanje zdravog rasta i razmnožavanja polipa i strobilacije (Crow i sur., 2013).



Slika 5. Shematski prikaz spremnika za uzgoj različitih stadija meduza: (A) spremnik, (B) poprečni, modificirani odjeljak, (C) mjere spremnika, (D) mjere izmjenjivog mrežastog sita (mm) i (E) mjere ploče za polipe (izvor: Ballesteros i sur., 2022).

Ovisno o vrsti i promjenama u uvjetima njihova prirodna okoliša, postoji nekoliko metoda uz pomoć kojih se može potaknuti strobilacija. Za većinu režnjaka regulacija temperature i/ili saliniteta je često dovoljna da inducira strobilaciju. Tehnike restrikcije hranjenja u kombinaciji s povećanim intenzitetom svjetla također mogu potaknuti strobilaciju u nekih vrsta dok se kod nekih ista potiče povećanjem razine joda i upotrebom tiroksina ili indometacina. Točni znakovi strobilacije i trajanje podražaja potrebnog za pokretanje cijelog procesa specifični su za pojedine vrste, pa čak i za cijele populacije (Duarte i sur., 2021).

2.1.2. Briga o meduzama i efirama

Efire, nezrele meduze koje nakon oslobađanja iz polipa imaju promjer 1-2 mm, i juvenilne meduze smatraju se najdelikatnijim fazama životnog ciklusa reznjaka te stoga zahtijevaju posebne uzgojne tehnike. Ovisno o vrsti, zahtjevi se razlikuju u vrsti hrane, smjeru strujanja i protoku vode te u obliku i volumenu uzgojnog spremnika (Crow i sur., 2013). Adekvatna ishrana, kvaliteta vode i uvjeti prilagođenog protoka vode u spremniku su ključni za sprječavanje bolesti i uspješan uzgoj. Nakon što se odvoje od polipa, efire se moraju pažljivo sakupiti iz spremnika te prenijeti u odgovarajuće posude za uzgoj kako bi se izbjegla oštećenja ili čak smrt s obzirom da efire mogu biti plijen polipima. Efire većine reznjaka se mogu uspješno držati pojedinačno u malim posudama s morskom vodom i bez aeracije, uz svakodnevno hranjenje i mijenjanje vode (Raskoff i sur., 2003).

Prehrana meduza ostaje jedan od glavnih izazova pri uzgoju većine reznjaka. Odabir prikladne prehrane u zatočeništvu zahtijeva osnovno znanje o njihovom ponašanju prilikom hranjenja u prirodnom okolišu. Meduze se reznjaka hrane oportunistički sa širokim spektrom plijena i to uglavnom zooplanktonskim organizmima (npr. kopepodi, ličinke beskraljeznjaka, mlade ribe i njihova jaja), u manjoj mjeri drugim želatinoznim organizmima. Meduze su sposobne konzumirati velik broj plijena i postići brzu stopu rasta jer mogu učinkovito hvatati hranu u odsutnosti svjetla i u stanju su se kontinuirano hraniti 24 sata dnevno. Izložene duljim razdobljima bez hrane, meduze počinju katabolizirati vlastito tjelesno tkivo polako se smanjujući, ali nakon hranjenja mogu preokrenuti taj proces i nastaviti s rastom (Duarte i sur., 2021).

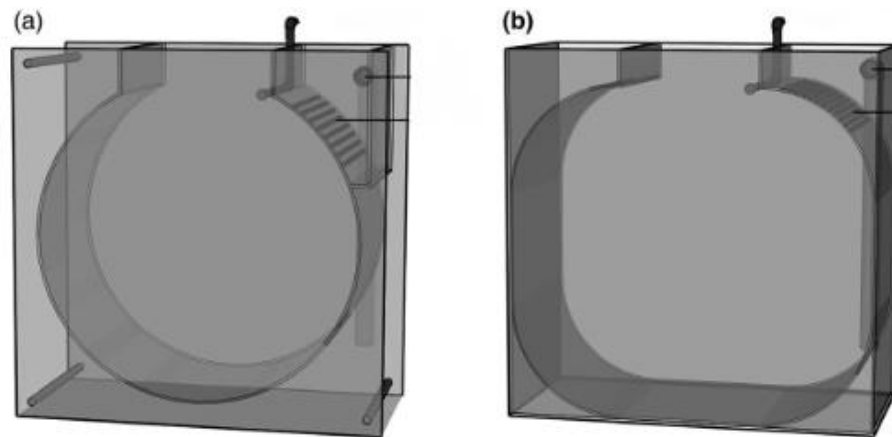
Ipak, velik izbor žive i smrznute hrane uspješno je korišten za uzgoj meduza u zatočeništvu. Tek izleženi naupliji artemije i rotiferi (*Brachionus* sp.) najčešće su korišteni kao živi plijen budući da ih je relativno lako uzgajati te pokazuju odgovarajuću veličinu, pokretljivost i nutritivni sastav što ih čini prikladnom opcijom za hranu različitih životnih faza reznjaka. Živi se plijen može obogatiti prije nego što se da polipima, efirama i meduzama, jer se tim postupkom povećava njihova hranjiva vrijednost. Obogaćivanje se može izvesti mikroalgama (npr. *Nannochloropsis* sp. i *Rhodomonas* spp.) ili komercijalnim proizvodima s visokim sadržajem lipida kao što su ili Algamac 3050 ili Super Selco. Meduze nekih reznjaka u ishrani mogu zahtijevati smrznute rakove npr. kril, miješanu ribu, njihove ličinke i jaja ili zooplankton. Meduze poput *Cyanea* spp., *Chrysaora fuscescens*, *Pelagia noctiluca* i *Phacellophora camtschatica*, potrebno je hraniti drugim želatinoznim organizmima kako bi

pravilno rasle. Mjesečeve meduze *Aurelia* spp. često se koriste kao njihova hrana zbog obilja dostupnih informacija o metodama uzgoja ovih vrsta, što ih čini relativno lakima za uzgoj i rast (Ruskoff i sur., 2003; Crow i sur., 2013; Purcell i sur., 2013).

Efire i juvenilne meduze se mogu uzgajati u protočnim sustavima za rast, u prilagođenim spremnicima u obliku slova V, cilindričnim ili cilindro-koničnim spremnicima. U svim volumenima se mora osigurati kontinuirana aeracija kako bi se organizmi suspendirali u vodenom stupcu (Duarte i sur., 2021). Neke vrste tijekom početnih stadija zahtijevaju jaču aeraciju ili intenzivniji protok vode, budući da ne podnose boravak pri dnu spremnika, npr. *Chrysaora colorata*, dok druge vrste često preferiraju sporiji protok vode koji im omogućuje da plutaju pri dnu dok se hrane, npr. *Cotylorhiza tuberculata* (Ruskoff i sur., 2003; Purcell i sur., 2013). Spremnici za rast zahtijevaju redovito čišćenje i promjenu vode kako bi se održala kvaliteta vode. Tijekom rasta i razvoja, mlade meduze moraju biti premještene u veće spremnike za uzgoj prikladnog dizajna. U navedenoj fazi potrebno je voditi računa o nosivom kapacitetu, tj. jedinke se trebaju držati u rjeđim populacijama u skladu s njihovom vrstom, veličinom i morfološkim značajkama. Meduze iste vrste, a različitih veličina, mogu zahtijevati različite brzine protoka i hranjenje, stoga je potrebno raditi selekciju na veličinu (Ruskoff i sur., 2003; Crow i sur., 2013).

Većina meduza može se uspješno čuvati u varijacijama kreisel spremnika (Slika 6). Tijekom godina je napravljeno nekoliko modifikacija dizajna kreiselova spremnika kako bi se postigli složeniji protoci vode i oponašali prirodni uvjeti okoliša koji bi bili prilagođeni za svaku vrstu. Većina dizajna oslanja se na iste osnovne principe: kružni ili polukružni okvir spremnika, ravnu stražnju i prednju stranu te odvojene ulazne i izlazne komore za vodu s odvodnom mrežom (Slika 6). Navedene specifikacije stvaraju protok vode koji omogućuje organizmima slobodno plivanje bez opasnosti od usisavanja, a smanjuju njihov kontakt s površinama spremnika (Duarte i sur., 2021). Ulaz za vodu obično je osiguran kroz šipku s rupama koja prskanjem stvara kružno kretanje vode. Neke varijante dizajna kreiselova spremnika uključuju pseudokreisel, tj. kvadratni spremnik sa zakrivljenim uglovima i Langmuirov kreisel, odnosno pravokutni spremnik s dvije ulazne i izlazne komore smještene sa svake strane koje osiguravaju strujanje s dva vrtloga (jedan u smjeru kazaljke na satu i jedan suprotno od kazaljke na satu) šaljući tok vode prema gore te trećim ulazom koji se na sredini vrha spremnika. Bez obzira na dizajn spremnika, kombinacija ulaza i izlaza vode trebala bi stvarati Hartfordovu petlju koja onemogućava stvaranje mjehurića zraka koji se

lako mogu zaglaviti u klobuku meduza te ozbiljno oštetiti mlade i odrasle primjerke (Ruskoff i sur., 2003; Purcell i sur., 2013).



Slika 6. Shematski prikaz varijacija spremnika za čuvanje meduza: (A) Kreisel spremnik i (B) pseudokreisel spremnik (izvor: Duarte i sur., 2021).

Parametre kvalitete vode treba redovito pratiti te ih postoji nekoliko koje treba uzeti u obzir, a mogu biti specifični za vrstu i populaciju. Za veliku većinu vrsta razine amonijaka i nitrita trebaju biti ispod 2 ppm, nitrata ispod 20 ppm, pH se treba održavati između 8,0 i 8,4, a razina otopljenog kisika mora biti iznad 75%. Odgovarajuća temperatura, salinitet i svjetlosni uvjeti mogu se značajno razlikovati od vrste do vrste (Tablica 1) (Ruskoff i sur., 2003; Crow i sur., 2013). Varijacije između vrsta i populacija meduza većine reznjaka stvaraju širok raspon idealne temperature vode koja se lako kontrolira hladnjacima i grijačima opremljenima termostatima. Meduze hladnih mora npr. *Cyanea* spp., *Chrysaora colorata* i *Phacellophora camtschatica* preferiraju temperaturu vode u rasponu od 9 do 15°C, dok meduze umjereno toplih mora npr. *Aurelia labiata*, *Chrysaora fuscescens* i *Pelagia noctiluca* mogu boraviti na temperaturi između 10 i 20°C. S druge strane, tropske vrste meduza npr. *Cotylorhiza tuberculata* i *Mastigias papua* treba držati na višim temperaturama, obično između 22 i 28°C (Ruskoff i sur., 2003; Crow i sur., 2013; Purcell i sur., 2013). Salinitet bi trebao ostati stabilan, najčešće između 33 i 35-‰, budući da viša razina saliniteta i velike fluktuacije mogu fiziološki naštetiti organizmima i ograničiti njihovo kretanje što za posljedicu ima gubitak apetita i usporavanje stope rasta. Unatoč tome, neke vrste pokazuju određenu toleranciju na više vrijednosti saliniteta, do 38-‰ ili više, kao npr. *Cassiopea* spp., *C. tuberculata*, i *P. noctiluca* (Crow i sur., 2013; Purcell i sur., 2013).

Tablica 1. Optimalni parametri za uzgoj, frekvencija i količina hranjenja određenih vrsta režnjaka Scyphozoa (izvor: Ballesteros i sur., 2022).

Syphozoan vrste	T (°C)	Salinitet	Protok mjehurića/ seknuda	Veličina mreže		
				P	E	ME
<i>Aurelia</i> spp.	13-25	36-37	2 mjehurića/ seknuda	350 qm	350 qm	1 mm
<i>Cotylorhiza tuberculata</i>	13-25	36-37	2 mjehurića/ seknuda	350 qm	350 qm	1 mm
<i>Phyllorhiza punctata</i>	13-25	36-37	2 mjehurića/ seknuda	350 qm	350 qm	1 mm
<i>Rhizostoma plumo</i>	13-25	36-37	2 mjehurića/ seknuda	350 qm	350 qm	1 mm
<i>Sanderia malayensis</i>	13-25	36-37	2 mjehurića/ seknuda	350 qm	350 qm	1 mm

P – stadij polipa; E – stadij efire; ME- stadij metaefire

Svjetlost, njen intenzitet i fotoperiod također treba kontrolirati kako bi najbolje odgovarali potrebama organizama. Za većinu se vrsta meduza može uspješno koristiti rasvjeta koja se koristi u bazenima koraljnih grebena (npr. kompaktne fluorescentne ili metalhalogene svjetiljke i LED diode), pri čemu se često koristi raznobojna svjetlost kako bi se postigla estetska privlačnost izložbenih primjeraka (Ruskoff i sur., 2003; Crow i sur., 2013).

2.1.3. Moguća pojava bolesti u uzgoju

Vrlo se malo zna o zdravlju meduza, no za razliku od mnogih beskralježnjaka koji se proučavaju u sklopu akvakulture, ipak postoji nekoliko istraživanja o bolestima meduza. Kao i kod ostalih uzgojnih organizama, praćenje kvalitete vode, održavanje spremnika i protočnih sustava uvijek je dobar način za očuvanje zdravlja meduza. One mogu pokazivati različite abnormalne morfologije ili ponašanja koja mogu biti pokazatelji lošeg zdravstvenog stanja, stoga se utvrđivanje problema odvija promatranjem kretanja i prehrambenih navika. S obzirom da meduze nemaju središnji živčani sustav ne postoje ni društveni problemi između populacije i jedinki (Purcell i sur., 2013).

Kao posljedica oštećenja živaca kod meduza dolazi do poremećaja koji se naziva „cupkanje“ meduze, tj. *jellyfish jig*. Navedeno se stanje očituje uvijanjem i kretanjem klobuka u eratičnim pokretima u različitim smjerovima, a može nastati zbog nekoliko uzroka. Glavni

se uzročnici neuobičajenog ponašanja meduza: povišen pH u spremniku, iznenadna promjena temperature te predug boravak meduza na dnu ili na jednoj strani spremnika. Naime, hrana za meduze može biti previše kisela što će rezultirati promjenom pH vrijednosti. Sve navedeno predstavlja nepovoljne uvjete uzgoja i u većini slučajeva jedinke se ne mogu oporaviti te ugibaju (Anonimus, 2018).

Također, moguća je pojava tzv. everzije. Everzija (Slika 7) se definira kao proces okretanja iznutra prema van. Everzija kod meduza se očituje izokretanjem vanjskog ruba klobuka prema gore preko njegova vrha stvarajući oblik tijela nalik na šalicu ili tanjurić. Oralne lovke više nisu uvučene ispod klobuka kao u zdravih meduza već vise s tijela meduze. Uobičajeni uzroci su pothranjenost, previsok ili prenizak protok vode te fizička oštećenja koja nastaju kada se meduze zalijepe za dno ili jednu stranu spremnika na dulje od sat vremena. Pojava everzije se može lako spriječiti pravilnom ishranom i kontroliranjem protoka vode (Anonimus, 2018).



Slika 7. Everzija meduze (izvor: moonjellyfishblog.com).

Paraziti koji se najčešće susreću na meduzama, a ujedno i oni koji najviše zabrinjavaju uzgajivače su rakovi. Vrsta koje najčešće parazitira na meduzama je *Alepas pacifica* i nekoliko vrsta dekapodnih rakova koji se prihvaćaju na meduze, osobito u ranim fazama njihova života. Uglavnom se hrane plijenom koji je uhvatio domaćin, no u nekim slučajevima će jesti i tkivo domaćina. Na jednoj meduzi može boraviti nekoliko jedinki. Kada se uoče na meduzi, račići se vrlo lako uklone tupom pincetom (Purcell i sur., 2013).

Amfipodi iz podreda Hyperiidae su najčešći i najozbiljniji nametnici na meduzama. Glavne karakteristike nametnika su velika glava na kojoj prevladava par očiju. Na meduzama su česti nametnici iz roda *Hyperia*. *Hyperia galba* je jedan od najpoznatijih kozmopolitskih vrsta iz roda *Hyperia* (Slika 8). Vrsta *H. galba* je nađena na *Aurelia aurita*, *Cyanea capillata*, *Pelagia noctiluca* i nekoliko drugih vrsta režnjaka. *Hyperia galba* se, kao i već spomenuti dekapodni rakovi, hrane plijenom meduza, a često i samim tkivom svog domaćina. Ličinke i mlade jedinice nametnika *Hyperia* često se mogu naći u mezogleju, tj. izvanstaničnom matriksu domaćina. Odrasle jedinice nametnika *Hyperia* često lutaju po klobuku ili unutar klobuka te nisu pričvršćeni za meduzu. Lako ih je ukloniti tupom pincetom pazeći da se ne ozlijedi meduza. U slučaju da ozljede nisu prevelike, meduze se lako mogu oporaviti (Purcell i sur., 2013).



Slika 8. *Hyperia galba* na klopas meduzi *Chrysaora hysoscella* (izvor: Lord, 2002).

2.2. Gospodarski značaj

Meduze su se stoljećima izlovljavale, prerađivale i upotrebljavale u ljudskoj prehrani, a posebno na području Azije. Danas se ova vrsta ribolova širi i na druga područja, ponajviše na zapadnu polutku što je posljedica propadanja lokalnih tradicionalnih ribolovnih resursa (npr. lov ribe i škampa). Danas je najmanje 19 država uključeno u komercijalni izlov ovih organizama (Purcell i sur., 2013). Globalna proizvodnja meduza (živih, svježih, ohlađenih, smrznutih, osušenih, soljenih ili u salamuri), procijenjena je na oko 10000-17000 tona godišnje između 2011. i 2015. što predstavlja rastući poslovni trend od 20 do 100 milijuna USD. Komercijalna vrijednost prehrambenih proizvoda od meduza može varirati ovisno o vrsti meduze i vrsti proizvoda, u rasponu od 2000 i 10000 USD/tona. Većina meduza i njihovih dobivenih proizvoda i dalje se isključivo izvoze u Kinu, Japan i Južnu Koreju (Duarte i sur., 2021).

Ulov meduza je na mnogim lokacijama otežan zbog toga što njihove populacije obično karakteriziraju velike međugodišnje fluktuacije u brojnosti i biomasi. Navedena ograničenja, zajedno trenutnim nedostatkom istraživanja o upravljanju ribolova meduza, mogu uzrokovati nestabilnost ulova i prihoda (Duarte i sur., 2021). Opisane karakteristike sprječavaju razvoj tradicionalnog ribolova, ali potencijalno otvara vrata komercijalnom uzgoju. Danas se interes hrvatskih istraživača za meduze odnosi isključivo na njihovo praćenje u prirodnoj sredini zbog čestih pojava najezda meduza koje se u posljednje vrijeme sve češće javljaju uslijed globalnih promjena temperatura i prevelikog izlova ribe. Najezde su meduza posebno česte u sjevernom Jadranu gdje nošene strujama mogu uzrokovati ozbiljne probleme tamošnjim ribarima (Degobbis i sur., 2012; Lučić i sur., 2022).

2.2.1. Ishrana ljudi

Uzgoj meduza u akvakulturi započeo je 1980-ih uz obalu sjeverne Kine kada se krenulo s razvijanjem tehnike masovne proizvodnje i umjetnog uzgoja meduze *Rhopilema esculentum*. Početkom 3 tisućljeća provedeni su se napori pokazali ekonomski uspješnima zbog znatno niskih troškova uzgoja u usporedbi s prihodima od prodaje (oko 18 puta većim) (Purcell i sur., 2013). Ovaj pozitivan ishod potaknuo je akvakulturu meduza u Kini u tolikoj mjeri da se danas meduza smatra važnom vrstom za uzgoj te je čak na određenim lokacijama

zamijenila druge relevantne vrste račića i riba koji se tradicionalno uzgajaju za ljudsku prehranu. Meduze za jelo se uspješno uzgajaju uporabom polikulture, zajedničkog uzgoja više vrsta ili različitih stadija iste vrste u istom sustavu, s drugim komercijalno važnim organizmima u akvakulturi. Međutim, proizvodnja meduza u akvakulturi još uvijek predstavlja mali postotak ukupnog ulova meduza i tek je nedavno dodana u izvješća FAO-a, 2003. (Purcell i sur., 2013).

U ljudskoj se prehrani koristi više od 35 vrsta meduza. Većina od njih pripada redu režnjaka Rhizostomeae i podredu Daktyliophorae (Duarte i sur., 2021). Korištenje meduza u kineskoj kuhinji je veoma popularno te se obično prerađuju u poluosušene i/ili u soli konzervirane proizvode koji se mogu poslužiti kao grickalice ili se koristiti kao sastojak u salatama, juhama i složenijim jelima (Slika 9). Metode i tehnike prerade se mogu razlikovati ovisno o vrsti meduza, proizvođaču i tržišnim preferencijama, a najpoželjnija je hrskavo-elastična tekstura i svjetlija boja proizvoda. Zbog toga se najčešće koriste meduze iz reda Rhizostomeae (npr. *Rhizostoma plumo*, *Rhopilema esculentum* i *R. hispidum*) budući da im je tkivo čvrsto i žilavo s visokim udjelom proteina. Većina se proizvoda meduza na tržištu obrađuje tradicionalnom kineskom metodom: želatinozno se tkivo meduze postupno namače u različitim mješavinama soli (Brotz i sur., 2017).



Slika 9. Salata od meduze (izvor: [amuse.vice.com](https://www.amuse.vice.com)).

Meduze imaju nisku kaloričnu vrijednost (otprilike 36 kalorija hrane na 100 g), zanemariv sadržaj kolesterola, masti i ugljikohidrata, uz visoku razinu proteina (osobito kolagena) i visok udio višestruko nezasićenih masnih kiselina, no nutritivna vrijednost prerađene meduze može varirati ovisno o vrsti, vrsti proizvoda i tehnici obrade. Konzumacija

meduza nudi brojne zdravstvene prednosti te se često koristi u tradicionalnoj kineskoj medicini za liječenje artritisa, hipertenzije, umora i iscrpljenosti, poboljšanje imuniteta te pomlađivanje kože. Premda zdravstveni učinak konzumacije meduza još treba adekvatno istražiti, trenutno znanje o sastavu i bioaktivnosti jestivih meduza potvrđuje njihov pozitivan učinak na zdravlje (Duarte i sur., 2021).

Međutim, kao glavna prepreka uvođenju meduza u prehranu stanovnika zapadnih zemalja, istaknut je njihov otpor. Torri i suradnici (2020) su nedavno proveli istraživanje s ciljem procjene percepcije talijanskih potrošača prema uvođenju meduza u svakodnevnu prehranu. Prilikom ispitivanja su uzeli u obzir osobnosti ispitanika, njihove navike, demografiju, ponašanje, nefobiju - strah od nepoznate hrane i sklonost gađenju. Kao zaključak ovog ispitivanja navedeni autori su uočili neofobiju i sklonost gađenju kao najučestaliji parametar u prihvaćanju nove hrane. Mladi ljudi, stanovnici priobalnih područja, visokoobrazovani ljudi ili studenti te turisti su se pokazali voljnima uvrstiti meduze u svoju prehranu. Kao važan korak prema uspješnom infiltriranju meduza u prehranu zapadnih zemalja, potrebno je educirati potrošače o pozitivnim zdravstvenim učincima konzumacije meduza, uspostaviti sigurne tehnike obrade te osigurati stabilnu i sveukupnu dobru kvalitetu konačnog proizvoda.

2.2.2. Krmivo

Meduze imaju potencijal da se koriste ne samo kao dio ljudske prehrane, već i kao hrana za druge organizme. One su uspješno korištene kao djelomična hrana za mnoge kopnene životinje (npr. kokoši i svinje) te se često koriste kao mamac. U Japanu se komadići meduze *Nemopilema nomurai* obično koriste za lov orade *Pagrus major* (Brotz i sur., 2017), a u Peruu se spolne žlijezde *Chrysaora plocamia* uspješno koriste kao mamac za ribu *Seriolella violacea* (Duarte i sur., 2021).

Osim kao hrana kralježnjacima i beskralježnjacima koji se hrane želatinoznim zooplanktonom, meduze se mogu kokultivirati ili koristiti u integriranim multitrofičkim sustavima s vrstama koje i u moru koegzistiraju s meduzama. Nedavni dokazi pokazuju da režnjaci mogu predstavljati iznimne dodatke prehrani važne za rast i reprodukciju više od 120 vrsta riba, kao što su komarča *Sparus aurata* (Marques i sur., 2016), keta losos *Oncorhynchus keta* (Arai i sur., 2003) i atlantski branik *Chloroscombrus chrysurus* (D'Ambra i sur., 2015).

Također, meduze su važne i za rast drugih kralježnjaka kao što su, na primjer, morske kornjače (González Carman i sur., 2013).

Upotreba meduza u sustavima polikulture može imati i druge svrhe osim izravnog hranjenja organizama u istoj. Meduze su sposobne ubrzati prijenos organske tvari u bentoskim zajednicama i tako potiču rast stope bioakumulacije hranjivih tvari u sedimentu. Prirodnom sedimentacijom čestica koje proizvode pelagične meduze se mogu hraniti bentoski i epibentoski organizmi kao što su školjkaši, škampi i trpovi. Obzirom da se bentoski i epibentoski organizmi uglavnom hrane organskom tvari dostupnom u vodenom stupcu ili sedimentu ne natječući se, nisu kompetitori meduzama za hranu ili prostor. Polikultura kineskog škampa *Penaeus chinensis* s meduzom *Rhopilema esculentum* i školjkašom *Sinonovacula constricta* se često koristi u akvakulturi, u Kini, iskorištavajući prednosti meduza za poboljšanje kruženja bioraspoloživog ugljika, dušika i fosfora (Duarte i sur., 2021).

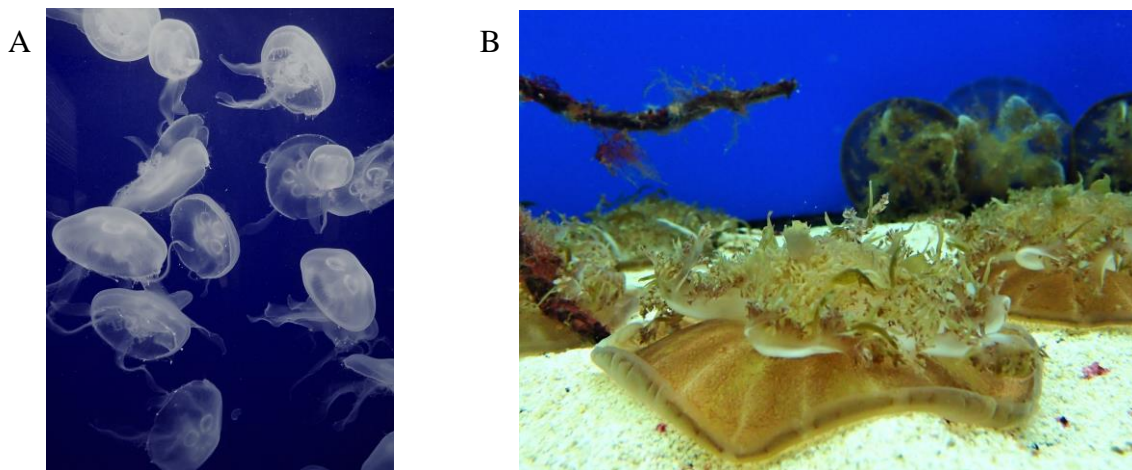
Polikultura meduza s drugim komercijalnim vrstama mogla bi poboljšati ukupni prinos biomase i vrijednost koja se proizvodi, no potrebna su daljnja istraživanja kako bi se uspostavile idealne gustoće kulture za svaku vrstu i procijenile njihove intraspecifične interakcije (Duarte i sur., 2021).

2.2.3. Akvaristika

Interes za držanje meduza u akvarijima započeo je 1960-ih u Japanu, a s početkom 90-ih proširuje se na zoološke vrtove i druge akvatorije u Sjevernoj Americi i Europi (Crow i sur., 2013). Za potrebe izlaganja u akvarijima i uzgoj, mjesечеve meduze *Aurelia* spp. su najopsežnije proučavane vrste meduza. Metode održavanja svih životnih stadija vrste *Aurelia aurita* u laboratorijskim uvjetima, prvi su put opisane 1965. godine s ciljem razumijevanja njihova razvoja i procesa metamorfoze (Duarte i sur., 2021). Zoološki vrt Ueno, u Japanu, je prvi uspješno razvio sustav uzgoja za javno izlaganje mjesечеvih meduza, a svoje su znanje podijelili s mnogim drugim institucijama koje su krenule s istraživanjima uzgoja drugih vrsta meduza (Crow i sur., 2013). Godine 1992. MBA (Monterey Bay Aquarium) je prvi dovršio korištenje modificiranog planktonkreiselova spremnika za čuvanje i izlaganje reznjaka. Uspjeh ove izložbe, a kasnije i drugih, povećao je interes za nabavu meduza, kako za potrebe izlaganja u mnogim zoološkim vrtovima i akvarijima diljem svijeta, tako i za privatne

akvariste u potrazi za novim ornamentalnim organizmima. Od tada se bilježe informacije o tehnikama uzgoja novih vrsta meduza. Navedena otkrića su pomogla učvršćivanju uspješnog uzgajanja meduza za javne izložbe, znanstvena istraživanja i u komercijalne svrhe, kao što je akvaristika. Štoviše, akvaristi posvećeni uzgoju meduza, uključujući i one koji skupljaju vlastite primjerke direktno iz mora, također su svojim znanjem i iskustvom pridonijeli poboljšanju tehnika uzgoja meduza pružajući važne informacije o zemljopisnom položaju i sezonskim obrascima, koji se javljaju kod različitih vrsta (Duarte i sur., 2021).

Preko 50 vrsta meduza, od kojih je 24 Scyphomedusae, danas je izloženo, u mnogim zoološkim vrtovima i akvarijima (Crow i sur., 2013). Pulski je akvarij u lipnju 2015. proširio svoj postav otvorivši nove izložbe pod nazivom „Meduze“ (Radio Labin, 2015). Trenutno se u sklopu izložbe nalaze četiri vrste meduza: uhati klobuk (*A. aurita*), „obrnuta“ meduza (*Cassiopeia andromeda*), morska pluća (*Rhizostoma plumo*) i mediteranska meduza (*Cotylorhiza tuberculata*) (Slika 10) (Aquarium Pula, 2015).



Slika 10. Primjerak uhatog klobuka *Aurelia aurita* (A) i „obrnute“ meduze *Cassiopeia andromeda* (B) u pulskom akvariju (izvor: aquarium.hr).

Zbog velike privlačnosti i očaravajućih karakteristika meduza, posljednjih nekoliko desetljeća raste potražnja za ovim organizmima. Komercijalni se interes za meduzama značajno proširio, od privatnih akvarista koji ih drže u akvarijima kao kućne ljubimce, do vlasnika privatnih tvrtki s ciljem privlačenja kupaca (npr. restorani i hoteli). Idealne su vrste za posjedovanje one meduze koje primamljuju svojim izgledom, imaju jednostavne metode uzgoja, niske prehrambene potrebe i, po mogućnosti, bezopasne za ljude (Crow i sur., 2013). Unatoč sve većem interesu za meduze kao ornamentalne vrste, njihova nabava je još uvijek

izazov budući da ulov iz prirodnih staništa nije uvijek moguć, a postoji samo nekoliko komercijalnih uzgajivača u cijelom svijetu. Danas se samo nekoliko vrsta meduza uzgaja za masovnu proizvodnju za akvaristiku (kao što su *Aurelia* spp. i *Cassiopea* spp.), a većina vrsta još uvijek ima vrlo ograničenu ponudu (Duarte i sur., 2021). Daljnji rad na uzgoju meduza kao ornamentalnih organizama treba biti usmjeren ka poboljšanju učinkovitosti postojećih tehnika i opreme za uzgoj te obrazovanju javnosti o morskim ekosustavima i njihovoj ravnoteži.

2.2.4. Biotehnoške primjene

Morski organizmi imaju niz bioaktivnih spojeva kakvih ne nalazimo na kopnu i od velike su vrijednosti za višestruke biotehnoške primjene. Žarnjaci su među vodećim morskim beskralježnjacima koji sadrže ove bioaktivne spojeve (Merquiol i sur., 2019). Od svih žarnjaka, režnjaci su pod povećanom pozornošću kao potencijalni izvori nekoliko biokemijskih spojeva od kojih neki mogu imati važnu primjenu u istraživanjima biomaterijala, nutraceutika, kozmoceutika i farmacije. Režnjaci sintetiziraju tri glavne skupine biomolekula važnih za biotehnoške primjene: proteini, masne kiseline i komponente neobrađenog otrova prisutnih u žarnim stanicama (Duarte i sur., 2021). Proteini čine većinu biokemijskog sastava Scyphomedusae, dok su ugljikohidrati, lipidi i drugi spojevi manje zastupljeni (Merquiol i sur., 2019).

Proteini pronađeni u Scyphomedusae su primarno organizirani u kompleks kolagena koji čini 40 do 60% njihove suhe tvari (Duarte i sur., 2021). Prinos kolagena dobivenog iz meduza kao što su *Rhopilema esculentum*, *Rhizostoma pulmo* i *Lychnorhiza lucerna*, je veći od onog dobivenog iz drugih morskih organizama, uključujući spužve (Merquiol i sur., 2019). Kolagen dobiven iz meduza dijeli nekoliko sličnosti s kolagenom kralježnjaka te ga to čini biokompatibilnim za biomedicinske primjene. Na temelju biokompatibilnosti između kolagena dobivenog iz meduze *R. pulmo* i ljudskog kolagena, kolagen meduza se trenutno smatra dobrom alternativom kolagena iz drugih izvora (npr. goveđeg i svinjskog) koji se obično koriste kod ljudi. Proteini meduza također imaju veliki potencijal kao antioksidativni aditivi u hrani jer mogu inhibirati oksidaciju lipida redukcijom hiperoksida i uklanjanjem slobodnih radikala (Duarte i sur., 2021).

Toksikološka su svojstva otrova meduza specifična za svaku vrstu i poznato je da imaju širok raspon utjecaja na ljude. Dok je otrov kubomeduza dobro poznat kao potencijalno smrtonosan za ljude, samo se nekoliko vrsta Hydrozoa smatra opasnima, a učinci njihova otrova značajno variraju od vrste do vrste. Ekstrakti neobrađenog otrova Scyphomedusae sadrže nekoliko biomolekula koje mogu biti važne u farmaceutskoj i biomedicinskoj primjeni, a bioaktivni proteini ekstrahirani iz otrova tih organizma se mogu koristiti za razvoj protuotrova koji bi pomogao kod trovanja meduzama (Merquiol i sur., 2019).

Utvrđeno je da nekoliko biospojeva dobivenih iz meduza režnjaka ima važnu primjenu u kozmoceuskoj industriji, tj. u proizvodnji kozmetičkih proizvoda s biološki aktivnim sastojcima koji poboljšavaju učinkovitost njege kože. Kao što je već spomenuto, visoka biokompatibilnost kolagena dobivenog iz meduza i ljudskog kolagena važan je uvjet koji olakšava upotrebu kolagena ekstrahiranog iz Scyphomedusae u industriji vrijednoj više milijuna američkih dolara. Ipak glavni problem iskorištavanja meduza u ovoj industriji predstavlja stalna nabava velikih količina biomase potrebne za ekstrakciju kolagena i drugih spojeva (Brotz i sur., 2017).

Meduze se koriste i u mnoštvu drugih primjena. Steinberger i suradnici (2019) su predložili korištenje 'zelenih' protokola za ekstrakciju kolagena i glikoproteina iz meduza za proizvodnju visoko biorazgradivih materijala sličnih plastici (Duarte i sur., 2021). Tvrtka u Izraelu je razvila upijajući i biorazgradivi materijal iz meduza koji bi se mogao potencijalno koristiti u proizvodima poput pelena, tampona i papirnatih ručnika. Nekoliko je istraživanja istaknulo potencijalnu upotrebu meduza kao gnojiva za razne biljke, drveće i usjeve (Brotz i sur., 2017).

Meduze uzgojene u kontroliranim uvjetima za biotehnoške primjene (ponajviše biomedicinske i farmaceutske) će se preferirati u odnosu na one koje su ulovljene direktno iz mora jer je veća šansa da će ti organizmi biti kontaminirani zagađivačima te će ih biti teže certificirati. Bez obzira na različite svrhe uzgoja, od presudne je važnosti osigurati da niti jedna razvojna faza režnjaka (planula, polip ili meduza) ne bude slučajno puštena u okoliš gdje nije autohtona vrsta jer bi se te meduze mogu ubrzano razmnožiti i postati invazivnim vrstama.

3. ZAKLJUČAK

Meduze su dugo bile proglašavane smetnjom, a njihova se uloga u morskim ekosustavima smatrala gotovo pa nepostojećom. Posljednjih se desetljeća ovaj stav mijenja te ih se danas promatra kao vrijedne morske resurse. Mnogobrojna istraživanja dokazuju važnost ovih organizama kao izvora vrijednih kemijskih spojeva i nutrijenata za ljudsku prehranu, krmivo te ostale biotehnološke primjene. Također, popularnost je meduza značajno narasla i zbog njihova neuobičajena izgleda te su sve traženije kao ornamentalni primjerci u akvaristici. Problem predstavlja ulov zbog velike međugodišnje fluktuacije brojnosti i biomase njihovih populacija što rezultira nestabilnim ulovima i prihodima. Jedno od rješenja predstavlja upravo akvakultura u okviru koje bi se primjenom različitih uzgojnih tehnika koje su prilagođene ciljanim vrstama meduza postigla maksimalna proizvodnja. Njihova jednostavna fiziološka građa te odlična prilagodba na uvjete u zatočeništvu čini ih prikladnim vrstama za uzgoj. Ipak, razvoj ove industrije je još u procesu i potrebna su daljnja istraživanja kako bi se usavršile uzgojne metode te uvele nove vrste.

4. LITERATURA

- Anonimus 2018. Sick Jellyfish. Dostupno sa: <https://moonjellyfishblog.com/category/sick-jellyfish-2/>, pristupljeno: kolovoz, 2022.
- Arai M-A. 1997. A Functional Biology Of Scyphozoa. London: Chapman & Hall, 335 str.
- Arai M-A, Welch D-W, Dunsmuir A-L, Jacobs M-C, Ladouceur A-R. 2003. Digestion of pelagic Ctenophora and Cnidaria by fish. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 60: 825 – 829.
- Aquarium Pula. 2015. Meduze. Dostupno sa: <https://aquarium.hr/Meduze>, pristupljeno: kolovoz, 2022.
- Ballesteros A, Siles P, Jourdan E, Gili J-M. 2022. Versatile aquarium for jellyfish: A rearing system for the biomass production of early life stages in flow-through or closed systems. Frontiers in Marine Science, 9: 1-10.
- Brotz L, Schiariti A, López-Martínez J, Alvarez-Tello J, Hsieh P-Y-H, Jones R-P, Quinones J, Dong Z, Morandini A-C, Preciado M, Laaz E, Mianzan H. 2017. Jellyfish fisheries in the Americas: origin, state of the art, and perspectives on new fishing grounds. Reviews in fish biology and fisheries, 27: 1-29.
- Crow L-G, Howard M, Levesque V, Matsushige L, Spina S, Schaadt M, Sowinski N, Widmer L-C, Upton B. 2013. Jellyfish (Cnidaria/Ctenophora) Care Manual. Association of Zoos and Aquariums, Silver Spring, 79 str.
- D'Ambra I, Graham W, Carmichael R, Hernandez F. 2015. Fish rely on scyphozoan hosts as a primary food source: evidence from stable isotope analysis. Marine Biology, 162: 247 – 252.

- Degobbi D, Gianina M, Djakovac T, Cozzi S, Solidoro C, Fonda Umani S. 2012. Recent changes in the marine ecosystems of the northern Adriatic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 115: 1-13.
- Ding J-F, Li Y-Y, Xu J-J, Su X-R, Gao X, Yue F-P. 2011. Study on effect of jellyfish collagen hydrolysate on anti-fatigue and anti-oxidation. *Food Hydrocolloids*, 25: 1350 – 1353.
- Duarte I-M, Marques S-C, Leandro M-S, Calado R. 2021. An overview of jellyfish aquaculture: for food, feed, pharma and fun. *Reviews in Aquaculture*, 14: 265-287.
- FAO. 2022. The state of world fisheries and aquaculture 2022. Towards blue transformation, Rim, 266 str.
- Fuentes V, Straehler-Pohl I, Atienza D, Franco I, Tilves U, Gentile M, Acevedo M, Olariaga A, Gili J-M. 2011. Life cycle of the jellyfish *Rhizostoma pulmo* (Scyphozoa: Rhizostomeae) and its distribution, seasonality and inter-annual variability along the Catalan coast and the Mar Menor (Spain, NW Mediterranean). *Marine Biology*, 158: 2247–2266.
- Global Seafood alliance. 2019. What is aquaculture and why do we need it?. Dostupno sa: <https://www.globalseafood.org/blog/what-is-aquaculture-why-do-we-need-it/>, pristupljeno: kolovoz, 2022.
- González Carman V, Botto F, Gaitán E, Albareda D, Campagna C, Mianzan H. 2013. A jellyfish diet for the herbivorous green turtle *Chelonia mydas* in the temperate SW Atlantic. *Marine Biology*, 161: 339 – 349.
- Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža. 2021. Meduze. Dostupno sa: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=39792>, pristupljeno: kolovoz, 2022.

- Lučić D, Violić I, Bojanić N, Pestorić B, Gangai Zovko B, Onofri I, Hure M. 2022. Long-term Monitoring of Carnivorous Gelatinous Macrozooplankton in the Area of Dubrovnik-Neretva County (Croatia). *Naše more*, 69: 22-29.
- Marques R, Bouvier C, Darnaude A-M, Molinero J-C, Przybyla C, Soriano S, Tomasini J-A, Bonnet D. 2016. Jellyfish as an alternative source of food for opportunistic fishes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 485: 1-7.
- Merquiol L, Romano G, Ianora A, D'Ambra I. 2019. Biotechnological applications of Scyphomedusae. *Marine Drugs*, 17: 604.
- Purcell J-E, Baxter E-J, Fuentes V-L. 2013. Jellyfish as products and problems of aquaculture. U: Woodhead Publishing Series in Food Science (ur.), Technology and Nutrition, *Advances in Aquaculture Hatchery Technology*, Woodhead, str. 404 – 430.
- Radio Labin. 2015. Meduze i sipe Aquariuma Pula. Dostupno sa: https://radiolabin.hr/news_details.php?id=5346, pristupljeno: kolovoz, 2022.
- Raskoff K-A, Sommer F-A, Hamner W-M, Cross K-M. 2003. Collection and Culture Techniques for Gelatinous Zooplankton. *The Biological Bulletin*, 204: 68–80.
- Steinberger L-R, Gulakhmedova T, Barkay Z, Gozin M, Richter S. 2019. Jellyfish-based plastic. *Advanced Sustainable Systems*, 3: 1-4.
- Torri L, Tuccillo F, Bonelli S, Piraino S, Leone A. 2020. The attitudes of Italian consumers towards jellyfish as novel food. *Food Quality and Preference*, 79: 1-10.