

PROPOSTA PROGETTUALE

SCUOLA DI DOTTORATO TOR VERGATA in Evoluzione, Ecologia e Salute Ambientale – A.A. 2025/2026 – XLI CICLO

TITOLO

Acquacoltura sostenibile e valorizzazione circolare dei sottoprodotti dell'industria olivicolo-olearia

INQUADRAMENTO GENERALE

Nell'ultimo decennio, le pratiche di acquacoltura hanno assunto un ruolo fondamentale, sia in termini economici che come fonte alimentare (Stentiford et al., 2020). Parallelamente, la valorizzazione dei sottoprodotti dell'industria alimentare, ispirata ai principi della "Blue Growth", mediante l'economia circolare e in linea con l'approccio "One Health", rappresenta una sfida cruciale per lo sviluppo futuro del settore.

Se, infatti, da un lato la sicurezza alimentare (*food safety*) rimane un elemento imprescindibile, dall'altro garantire la disponibilità alimentare (*food security*) non è più procrastinabile.

In tale contesto, non deve essere sottovalutata neanche la crescente domanda di alimenti e mangimi aumentati in funzionalità e sostenibilità, formulati in base alle specifiche esigenze delle specie allevate.

A tal fine, il presente progetto di dottorato si propone di valutare i sottoprodotti della filiera olivicolo-olearia, che rappresentano un tema rilevante sia dal punto di vista ambientale, sia per il loro potenziale nutritivo e antiossidante (acqua di vegetazione, sansa disoleata, ecc.), come possibili integratori alternativi nei mangimi destinati all'acquacoltura.

In quest'ambito, il progetto prevede la valutazione degli effetti dell'integrazione dei sottoprodotti della filiera olivicolo-olearia nella dieta di alcune specie target, tra cui il riccio di mare *Paracentrotus lividus*, allevato con il metodo sostenibile del *raking*. Questo metodo consente di ottenere, come prodotto finale, le uova di riccio o "caviale", evitando il sacrificio degli organismi.

Attraverso questo sistema di allevamento sarà possibile valutare l'integrazione di questi sottoprodotti residuali, analizzandone l'impatto sul benessere animale (stress ossidativo) e il vantaggio economico-ambientale derivante da tale sostituzione. Inoltre, saranno studiate le variazioni nei parametri fisiologici e biochimici delle specie target, la composizione nutrizionale e organolettica del caviale, nonché l'effetto della dieta sulla capacità rigenerativa gonadica in animali allevati con cicli produttivi ripetuti.

OBIETTIVI E DESCRIZIONE ANALITICA DEL PROGETTO

L'allevamento dei ricci di mare, noto come "echinocoltura", e l'interesse nello sviluppo di questa pratica, è legato principalmente al consumo delle gonadi, comunemente chiamate "polpa di riccio", molto apprezzate in diverse parti del mondo. Questi invertebrati sono considerati delle prelibatezze gastronomiche, con ottime proprietà nutraceutiche ed elevato contenuto proteico, basso di grassi saturi e per la presenza di importanti micro-elementi e macro-elementi. Grazie a queste qualità nel 2016 il riccio di mare è stato eletto tra i dieci

alimenti più prelibati (Nestlè, 2016). Il commercio dei ricci di mare, in precedenza considerato un prodotto di nicchia stagionale, negli ultimi decenni ha visto un rapido incremento nella distribuzione e nella commercializzazione. Le nuove modalità di conservazione (congelamento, inscatolamento) e di trasporto hanno ampliato la diffusione del mercato e, a seconda delle tradizioni gastronomiche locali, il prodotto viene acquistato fresco, congelato, essiccato, salato o pastorizzato. La maggioranza della produzione globale deriva dalla pesca e il Giappone è tra i più grandi consumatori. In Europa la specie più consumata è il riccio viola, *Paracentrotus lividus*, apprezzato soprattutto nei Paesi che si affacciano sul Mar Mediterraneo come Francia, Spagna, Grecia, e Italia. Solo in Italia, in base ai dati ufficiali, si consumano una media di 2.000 tonnellate l'anno, ma questo dato si ritiene fortemente sottostimato. A causa dell'alta domanda di mercato, in Europa si sta assistendo ad un rapido declino degli *stock* naturali di *P. lividus*, provocato dal prelievo indiscriminato (Guidetti et al., 2004; Addis et al., 2009), situazione che si riscontra anche su scala globale per altre specie di riccio, a causa dello sfruttamento eccessivo (FAO, 2018). La crescente popolarità della polpa di riccio, insieme al collasso di molti *stock* naturali, ha fatto lievitare vertiginosamente le quotazioni di mercato, tanto da renderlo tra i frutti di mare più pregiati e quindi un "luxury seafood". Ad oggi, infatti, il prezzo delle gonadi trasformate di *P. lividus* supera i 150 €/kg in Italia e i 400€/Kg in Giappone. In questo contesto, l'echinocoltura appare come unica soluzione per far fronte a questa richiesta senza il depauperamento delle risorse naturali.

Ad oggi, i ricci di mare possono essere allevati per l'intero ciclo vitale, in impianti d'acquacoltura intensiva (*long-term aquaculture*). Un altro metodo di nuova generazione, messo a punto presso il Laboratorio di Ecologia Sperimentale ed Acquacoltura (Rakaj et al., 2024), impiega un approccio innovativo di produzione. A differenza della metodologia tradizionale che prevede come prodotto di consumo finale la gonade intera, imponendo quindi il sacrificio dei ricci adulti alla fine del ciclo di allevamento, questo metodo prevede come prodotto finale le uova sotto forma di "caviale di riccio". La produzione di caviale con questo metodo è ottenuta allevando lotti di sole femmine che vengono ciclicamente indotte alla deposizione delle uova attraverso stimolazione esterna.

Ciò rende il caviale di riccio un prodotto alternativo e sostenibile per il consumo umano in grado di sostituire pienamente le gonadi intere.

Questo approccio consente di superare problematiche dei metodi tradizionali, come il lungo tempo di allevamento e l'elevata mortalità nelle fasi larvali, dato che non è necessario sacrificare gli esemplari alla maturazione ma possono essere impiegati per diversi cicli riproduttivi. Tuttavia, la qualità del caviale dipende fortemente dalla dieta degli animali, e l'uso di scarti di oli derivati dall'industria olivicola-olearia potrebbe rappresentare un'opzione sostenibile e nutrizionalmente vantaggiosa. Questi scarti (acqua di vegetazione, sansa disoleata, ecc.), contengono alte concentrazioni di polifenoli che possono avere sia un alto potenziale nella riduzione dello stress ossidativo che come integratori di elementi essenziali, fondamentali per specie erbivore come il riccio di mare.

Il progetto prevede l'impiego di *pool* multipli di organismi, replicati in diverse condizioni sperimentali, con l'obiettivo di valutare l'efficacia delle diete formulate con integratori, in confronto a diete di controllo prive di aggiunte.

Tutti gli organismi saranno alimentati con una medesima base dietetica di origine vegetale, arricchita con aliquote differenti di ciascun estratto derivato da co-prodotti della molitura

delle olive. Questo approccio permetterà di ottenere diete sperimentali con concentrazioni crescenti di polifenoli e acidi grassi.

Successivamente sarà indotta la deposizione delle uova e la produzione di caviale, al fine di valutare l'impatto delle diverse formulazioni dietetiche direttamente sul prodotto finale. Durante la fase sperimentale, da ciascun organismo sarà prelevata un'aliquota di liquido celomatico per l'analisi dello stress ossidativo in allevamento, attraverso tecniche di metabolomica e analisi dell'mRNA.

Sulla base di ricerche precedenti in acquacoltura di specie ittiche (Torricelli et al., 2024), si ipotizza che l'integrazione di specifici sottoprodotti della filiera olivicolo-olearia possa avere effetti significativi sulle *performance* di allevamento e sui *pathway* metabolici, immunitari e dello stress ossidativo, migliorando il profilo lipidico del caviale e incrementando il contenuto di acidi grassi polinsaturi.

L'applicazione del metodo del *raking*, associato a un'alimentazione arricchita e al riutilizzo ciclico degli stessi *pool* di organismi, potrebbe rappresentare una strategia efficace per ottenere una valutazione rapida e mirata delle formulazioni ottimali. Questo approccio si inserisce in una prospettiva di sviluppo di un'acquacoltura sostenibile e a basso livello trofico, che ricicla prodotti di scarto dell'industria alimentare, pienamente in linea con i principi della *Blue Growth*.

TIME PLANNING

Semestre	Periodo	Attività principali
1° semestre	Nov 2025 – Apr 2026	<ul style="list-style-type: none">- Revisione della letteratura scientifica- Formazione sui metodi sperimentali- Allestimento vasche e sistema di allevamento- Raccolta e caratterizzazione preliminare dei sottoprodotti oleari
2° semestre	Mag 2026 – Ott 2026	<ul style="list-style-type: none">- Sviluppo delle diete sperimentali- Analisi nutrizionale degli estratti- Test preliminari su tollerabilità delle diete- Ottimizzazione condizioni di allevamento
3° semestre	Nov 2026 – Apr 2027	<ul style="list-style-type: none">- Avvio sperimentazioni su scala pilota- Somministrazione delle diete- Monitoraggio parametri fisiologici e comportamentali- Raccolta campioni biologici (caviale, liquido celomatico)
4° semestre	Mag 2027 – Ott 2027	<ul style="list-style-type: none">- Analisi biochimiche e nutrizionali del caviale- Analisi metabolomiche e mRNA- Secondo ciclo di deposizione uova- Avvio redazione articoli scientifici
5° semestre	Nov 2027 – Apr 2028	<ul style="list-style-type: none">- Elaborazione dati sperimentali- Interpretazione dei risultati- Comparazione con dati da letteratura- Presentazione a congressi o seminari
6° semestre	Mag 2028 – Ott 2028	<ul style="list-style-type: none">- Redazione e revisione tesi di dottorato- Conclusione articoli per pubblicazione- Discussione finale risultati- Preparazione alla discussione finale

Bibliografia:

- Stentiford, G. D., Bateman, I. J., Hinchliffe, S. J., Bass, D. 1., Hartnell, R., Santos & Tyler, C. R. (2020). Sustainable aquaculture through the One Health lens. *Nature Food*, 1(8), 468-474.
- Nestlé. (2016, January 5). Top 10 Food Trends to Watch in 2016. Retrieved from Nestle Professional, Making more possible: <https://www.nestleprofessional.us/trends/top-10-food-trends-watch2016>
- Guidetti, P., Terlizzi, A., & Boero, F. (2004). Effects of the edible sea urchin, *Paracentrotus lividus*, fishery along the Apulian rocky coast (SE Italy, Mediterranean Sea). *Fisheries Research*, 66(2-3), 287-297.
- Addis, P., Secci, M., Manunza, A., Corrias, S., Niffoi, A., & Cau, A. (2009). A geostatistical approach for the stock assessment of the edible sea urchin, *Paracentrotus lividus*, in four coastal zones of Southern and West Sardinia (SW Italy, Mediterranean Sea). *Fisheries Research*, 100(3), 215-221.
- Fao, F. A. O. S. T. A. T. (2018). Food and agriculture organization of the United Nations. Rome, URL: <http://faostat.fao.org>, 403.
- Rakaj, A., Grosso, L., Fianchini, A., & Cataudella, S. (2024). A sustainable no-kill sea urchin aquaculture method to obtain caviar. *Nature Sustainability*, 7(8), 1038-1047.
- Torricelli, M., Felici, A., Branciari, R., Trabalza-Marinucci, M., Galarini, R., Biagetti, M., ... & Agnetti, F. (2024). Gene expression study in gilthead seabream (*Sparus aurata*): effects of dietary supplementation with olive oil polyphenols on immunity, metabolic, and oxidative stress pathways. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(22), 12185

Roma, 5 giugno 2025

Il Proponente del progetto

Igor Calderari

