



IL VALORE NASCOSTO DEL PESCE A SPRECO ZERO

Ogni anno l'industria del pesce, sia esso di cattura o di acquacoltura, genera tonnellate di sottoprodotti - teste, pinne, ossa, pelle e ritagli - spesso smaltiti o sottoutilizzati, con conseguenze economiche e ambientali rilevanti. Ma cosa succederebbe se queste biomasse indifferenziate potessero trasformarsi in ingredienti preziosi per nutraceutica, cosmetica e persino per packaging sostenibile? La ricerca dimostra che questa visione è possibile.



Introduzione

La produzione alimentare globale è in costante aumento e, parallelamente, cresce in modo significativo la quantità di scarti generati lungo le diverse fasi delle filiere produttive. Secondo le stime della FAO e dell'UNEP [1, 2], ogni anno oltre un miliardo di tonnellate di alimenti viene sprecato a livello mondiale, con impatti rilevanti sotto il profilo ambientale, economico e sociale.

Il settore ittico rappresenta uno degli ambiti più critici in questo contesto. Dal 1961, la produzione globale di pesce ha registrato un tasso medio di crescita pari a circa il 3% annuo, con un conseguente incremento dei sottoprodotti generati durante le fasi di trasformazione industriale. Nel 2025, la produzione mondiale di prodotti ittici - comprendente sia la pesca di cattura sia l'acquacoltura - è stata stimata dalla FAO in circa 197 milioni di tonnellate, con un aumento dell'1,7% rispetto al 2024 [3].

I sottoprodotti derivanti dalla lavorazione ittica comprendono sia catture indesiderate o accessorie, sia frazioni comunemente considerate non edibili o di basso valore commerciale, quali teste, pelli, lisce, ossa, viscere e residui di sfilettatura. In funzione della specie, del metodo di pesca e delle tecnologie di trasformazione adottate, tali biomasse residue possono rappresentare dal 20% fino al 70% del peso iniziale del pesce.

Nonostante il loro elevato potenziale nutrizionale e funzionale - dovuto alla presenza di proteine strutturali e bioattive (come collagene, gelatina, chitina ed enzimi), lipidi di alta qualità nutrizionale (in particolare acidi grassi mono- e polinsaturi), minerali essenziali (calcio, fosforo e ferro), vitamine liposolubili (A e D) e numerosi composti bioattivi (tra cui peptidi e carotenoidi) - questi materiali risultano ancora prevalentemente destinati ad applicazioni a basso valore aggiunto. Tra le principali destinazioni figurano la produzione di mangimi, fertilizzanti e biogas [4, 5].

A livello internazionale, solo una frazione limitata dei composti bioattivi o funzionali recuperati trova impiego in applicazioni ad alto valore aggiunto destinate al consumo umano, quali i settori nutraceutico, farmaceutico e cosmetico.

I livelli più avanzati di recupero si riscontrano in aree a forte vocazione industriale, in particolare in Asia (con la Cina tra i principali attori) e in Nord America;



EcoeFISHent project

Demonstrable and replicable cluster implementing systemic solutions through multilevel circular value chains for eco-efficient valorization of fishing and fish industries side-streams

Funding instrument and scheme
Horizon 2020 - Innovation Action

Grant agreement ID:
101036428

Call for proposals:
H2020-LC-GD-2020 (Building a low-carbon, climate resilient future: Research and innovation in support of the European Green Deal)

Topic:
LC-GD-3-2-2020 - Demonstration of systemic solutions for the territorial deployment of the circular economy

Start date
1 October 2021

End date
30 September 2026

Total cost: € 18 583 714,47

EU contribution: € 15 145 267,12

As the horizon 2020 program defined several priority challenges where targeted investment in research and innovation can have a real impact benefitting the citizen, the project was funded under the "Climate action, Environment, Resource Efficiency and Raw Materials" one.

34 PARTNERS 7 COUNTRIES 5 YEARS

SCAN ME

Fig. 1 - Il progetto EcoeFISHent <https://ecofishent.eu/>

in Europa, la Norvegia rappresenta un caso di riferimento. Complessivamente, le analisi di settore indicano che solo circa un terzo dei sottoprodotti ittici generati a livello globale viene effettivamente recuperato e riutilizzato, evidenziando un ampio margine di miglioramento in termini di efficienza, sostenibilità e valorizzazione delle risorse [6].

Le principali limitazioni alla valorizzazione di tali residui sono riconducibili alla loro elevata instabilità microbiologica e chimico-fisica, legata principalmente all'alto contenuto di acqua, nonché ai costi operativi associati alle fasi di raccolta, stoccaggio e logistica. A queste criticità si aggiungono vincoli normativi, la necessità di separare le diverse frazioni anatomiche - operazioni che incidono significativamente sulla sostenibilità economica dei processi - nonché l'elevata variabilità compositiva dei sottoprodotti. Ulteriori ostacoli derivano infine dalla persistenza di modelli produttivi prevalentemente lineari o ad elevato impatto ambientale [7, 8].

In tale contesto, emerge con forza la necessità di sviluppare strategie e soluzioni tecnologiche innovative in grado di trasformare una criticità ambientale in una risorsa, in linea con i principi dell'economia circolare e dei modelli di bioraffineria a spreco zero.

Il progetto EcoeFISHent per la valorizzazione delle biomasse ittiche sottoutilizzate

In questo contesto si colloca EcoeFISHent, un progetto europeo finanziato nell'ambito del programma Horizon 2020 - Green Deal (Grant Agreement n. 101036428), finalizzato alla valorizzazione dei residui ittici ancora sottoutilizzati attraverso l'implementazione di modelli avanzati di economia circolare. L'iniziativa coinvolge 34 partner provenienti da 8 Paesi europei, con FI.L.S.E. SpA nel ruolo di capofila, e rappresenta un esempio concreto di integrazione tra ricerca, industria e politiche europee (Fig. 1). Il progetto adotta un approccio integrato basato su sei *Cluster Value Chains*, ciascuno volto al recupero, riutilizzo e valorizzazione dei sottoprodotti, e all'ottimizzazione dei flussi collaterali lungo la filiera ittica, con l'obiettivo di massimizzare l'efficienza delle risorse e ridurre gli sprechi.

Le prime tre catene di valore si concentrano, in particolare, sulla conversione delle biomasse organiche in prodotti ad alto valore aggiunto, quali integratori alimentari, ingredienti cosmetici e materie prime per la produzione di imballaggi bioplastici compostabili. Tali catene sono state sviluppate e validate attraverso due casi studio rappresentativi di produzio-



Fig. 2 - Prodotti ad alto valore aggiunto ottenuti nel progetto EcoeFISHent

ni tipiche italiane, ma potenzialmente replicabili in altri contesti geografici: l'industria conserviera del tonno e la filiera dell'acquacoltura di orate e spigole. Nel caso del tonno, le più recenti stime indicano che fino al 70% del prodotto lavorato viene scartato durante le fasi di trasformazione industriale, generando circa 22 milioni di tonnellate di sottoprodotti ogni anno [9].

Uno degli elementi chiave del progetto EcoeFISHent è lo sviluppo di processi innovativi di lavorazione e

conservazione progettati per preservare le proprietà dei sottoprodotti ittici non separati, evitando la necessità di distinguere le diverse frazioni anatomiche. Questo approccio consente di stabilizzare le biomasse nel tempo e al contempo di semplificarne la gestione logistica, che rappresenta uno dei principali ostacoli alla valorizzazione dei residui organici quando le fasi di produzione e trasformazione non sono co-localizzate.

Grazie a tali soluzioni tecnologiche, biomasse altamente deperibili possono essere efficacemente recuperate e potenzialmente impiegate in una pluralità di ambiti applicativi, secondo una logica di *upcycling* (Fig. 2).

Le biomasse organiche oggetto di studio vengono infatti recuperate integralmente - senza separazione tra pelle, teste e lisce - e sottoposte a un processo industriale di disidratazione *mild*, brevettato da uno dei partner del progetto e realizzato mediante macchinari dedicati [10]. Questo trattamento consente di ottenere una matrice stabile sotto forma di polvere o pasta, la cui sicurezza e qualità sono verificate attraverso un rigoroso monitoraggio microbiologico e chimico, condotto in conformità alle *Good Manufacturing Practices* (GMP) delle filiere di potenziale destina-



Fig. 3 - Il processo di valorizzazione dei flussi collaterali delle filiere ittiche

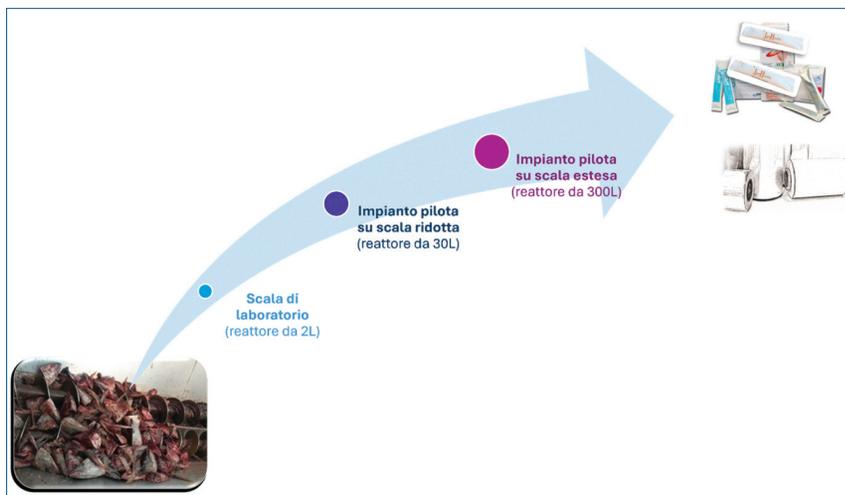


Fig. 4 - Lo scale-up del processo estrattivo

zione, in particolare quelle alimentare e cosmetica. A partire da questa matrice, mediante un impianto appositamente progettato nell'ambito del progetto EcoeFISHent, vengono estratti composti bioattivi ad elevato valore aggiunto. Dopo adeguati processi di purificazione, caratterizzazione e formulazione, tali composti sono valutati sia per la loro bioattività - inclusi effetti antiossidanti, *anti-aging*, antiipertensivi ed epatoprotettivi - sia per le loro proprietà tecnologiche, quali capacità emulsionanti e schiumogene, nonché caratteristiche reologiche funzionali alla filmatura, allo stampaggio e ad altre applicazioni industriali. Tutte le fasi (Fig. 3) sono controllate microbiologicamente e chimicamente per garantire sicurezza e qualità.

Estrazione ecocompatibile assistita con enzimi per l'isolamento di proteine e lipidi di alto valore aggiunto

Approfondendo la fase estrattiva, nei primi anni del progetto la collaborazione tra i partner di EcoeFISHent ha permesso lo sviluppo di processi innovativi e sostenibili per valorizzare i sottoprodotti ittici, basati su due approcci complementari: la trasformazione dei residui di tonno pinna gialla (*Thunnus albacares*) in ingredienti proteici ad alto valore aggiunto [11-13] e la produzione di idrolizzati proteici a basso peso molecolare e di oli ricchi in acidi grassi omega-3 dai sottoprodotti dell'acquacoltura di orata (*Sparus aurata*) e spigola (*Dicentrarchus labrax*) [7, 14, 15].

L'innovazione principale consiste nella messa a punto di un processo di estrazione "a cascata"

assistito da enzimi, capace di recuperare in modo efficiente ed eco-compatibile diverse frazioni funzionali dalla biomassa ittica disidratata e non selezionata, confermata dal laboratorio alla scala pilota (Fig. 4). Il processo consente di isolare quattro frazioni: proteine non collageniche (concentrati, isolati e idrolizzati proteici), gelatina, peptidi idrolizzati di gelatina/collagene e oli di pesce. Questo approccio valorizza integralmente la biomassa, in linea con i principi dell'economia circolare e della chimica verde. L'efficienza e la sostenibilità, comprese estrazione

enzimatica (EAE), purificazione a membrana e *spray-drying*, sono state confermate da studi di *Life Cycle Assessment* (LCA), che hanno identificato l'EAE quale tecnologia più vantaggiosa rispetto ad altre metodologie investigate nell'ambito del progetto, tra cui l'estrazione con fluidi supercritici (SFE), l'estrazione assistita da ultrasuoni (UAE) e l'estrazione assistita da microonde (MAE).

La caratterizzazione chimico-fisica dei prodotti ottenuti, sia dai sottoprodotti del tonno sia da quelli dell'acquacoltura di orata e spigola, mostra elevata qualità proteica e ampia versatilità applicativa [11-15]. Le frazioni proteiche presentano contenuti proteici molto elevati (90-93% per gelatina e peptidi di collagene del tonno, >80% per idrolizzati proteici di orata e spigola) e un profilo amminoacidico equilibrato, con circa il 40% di amminoacidi essenziali, inclusi i BCAA, fondamentali per il metabolismo muscolare. Il basso contenuto di ceneri indica purezza elevata e rimozione efficace delle componenti minerali indesiderate.

La gelatina marina estratta dai residui di tonno mostra struttura compatibile con un'origine collagenica e buone proprietà reologiche, come viscosità e capacità gelificante. Negli idrolizzati proteici di orata e spigola, le frazioni ad alto peso molecolare (retentati da filtrazione a membrana) presentano eccellenti proprietà tecnologiche, tra cui attività emulsionante, capacità schiumogena e legante con i lipidi, rendendole promettenti come ingredienti funzionali alimentari. Queste caratteristiche le rendono inoltre interessanti per applicazioni non alimentari, come il *packaging* biodegradabile.

Le frazioni a basso peso molecolare (permeati) e i peptidi idrolizzati del tonno, più facilmente digeribili e assorbibili, mostrano profili cromatici chiari e profili olfattivi più neutri, ideali per applicazioni nutraceutiche e cosmetiche. Questi peptidi possiedono significative attività biologiche, tra cui effetti antiossidanti, epatoprotettivi, inibizione dell'enzima ACE e promozione della cicatrizzazione, supportando il loro potenziale impiego come ingredienti nutraceutici o attivi cosmetici.

Un ulteriore aspetto di rilievo riguarda la sicurezza dei prodotti ottenuti: le analisi condotte dimostrano che essi risultano non solo microbiologicamente sicuri, ma anche pienamente conformi ai limiti europei per i contaminanti chimici, inclusi metalli pesanti, diossine e PCB, confermandone l'idoneità potenziale per applicazioni alimentari, nutraceutiche e cosmetiche.

Dal laboratorio allo scale-up industriale

Nell'ambito del progetto EcoeFISHent sono stati progettati e realizzati impianti pilota su scala estesa, attualmente in una fase avanzata di ottimizzazione, in grado di integrare tutte le fasi del processo di valorizzazione delle biomasse ittiche sottoutilizzate. Questi impianti rappresentano un passaggio cruciale nel percorso di trasferimento tecnologico, consentendo la validazione dei processi sviluppati in laboratorio in condizioni operative prossime a quelle industriali. L'ultima fase del progetto sarà dedicata alla piena operatività delle linee pilota e alla produzione di prototipi su scala pre-industriale, destinati alla valutazione tecnica, economica e applicativa nei diversi settori target.

Sebbene la presenza di alcune barriere regolatorie possa rallentare, nel breve termine, l'immissione sul mercato dei prodotti sviluppati, il livello di maturità tecnologica raggiunto (TRL elevato) e i risultati ottenuti in termini di qualità, sicurezza e sostenibilità indicano un significativo potenziale di sfruttamento industriale. Le soluzioni sviluppate nell'ambito di EcoeFISHent si configurano come tecnologie scalabili e replicabili, adattabili a differenti contesti produttivi e specie ittiche.

Nel suo complesso, EcoeFISHent dimostra come un'azione coordinata tra ricerca, industria e politiche europee possa trasformare i sottoprodotti ittici in risorse strategiche ad alto valore aggiunto, in linea con l'Agenda ONU 2030 e i principi della *blue circular economy*.

BIBLIOGRAFIA

- [1] FAO, Global Facts and Figures on Food Loss and Waste, 2023.
- [2] UNEP, Food Waste Index Report 2024: Think Eat Save, Tracking Progress to Halve Global Food Waste, 2024.
- [3] FAO, Fish and Other Aquatic Products: Market Trends and Outlook, Food Outlook - Biannual Report on Global Food Markets, 2025.
- [4] R.E. Olsen, L. Peñarubia, K. Kousoulaki, *Waste Management Bulletin*, 2024, **2**, 84.
- [5] A. Nawaz, E. Li *et al.*, *Trends Food Sci. Technol.*, 2020, **99**, 34.
- [6] FAO, The State of World Fisheries and Aquaculture, 2020.
- [7] M. Jenssen, J. Matic *et al.*, *Front. Mar. Sci.*, 2025, **12**, 1572015.
- [8] S. Advaita, K.V. Sunooj *et al.*, *Sustainable Food Technol.*, 2025.
- [9] A. Honrado, P. Ardila *et al.*, *Foods*, 2023, **12**, 4437.
- [10] M. Romano, M. Romano, WO2015181769A1, 2015.
- [11] F. Grasso, D. Méndez-Paz *et al.*, *Gels*, 2023, **9**, 760.
- [12] F. Grasso, D. Méndez Paz *et al.*, *Gels*, 2024, **10**, 246.
- [13] F. Grasso, M.M. Alonso Martínez *et al.*, *Antioxidants*, 2024, **13**, 1011.
- [14] M. Jenssen, I. Sone *et al.*, *Front. Nutr.*, 2025, **12**, 1663294.
- [15] L. Dondero, G. De Negri Atanasio, *et al.*, *Mar. Biotechnol.*, 2025, **27**, 63.

The Hidden Value of Zero-Waste Fish

Every year, the fishing and aquaculture industry generates tons of by-products - heads, fins, bones, skin, and trimmings - often discarded or underused, with significant economic and environmental consequences. But what if these undifferentiated biomasses could be transformed into valuable ingredients for nutraceuticals, cosmetics, and even sustainable packaging? Research shows that this vision is possible.