

PROTEINE MICROBICHE DA ACQUE REFLUE, UN'ANALISI LCA

UNA TESI DI LAUREA HA ANALIZZATO LA SOSTENIBILITÀ DI UNA TECNOLOGIA DI VALORIZZAZIONE DI ACQUE REFLUE PER LA PRODUZIONE DI MANGIME PER GAMBERETTI. IL CASO DI STUDIO ANALIZZA IN OTTICA DI ECONOMIA CIRCOLARE L'IMPATTO AMBIENTALE DELL'UTILIZZO DI PROTEINE MICROBICHE IN CONFRONTO ALLE ALTERNATIVE OGGI MAGGIORMENTE UTILIZZATE.

L'economia circolare è una tematica sempre più rilevante per superare il modello tradizionale di economia lineare. L'economia circolare è basata sullo sviluppo di un *design* rigenerativo il cui obiettivo è quello di mantenere il prodotto, i componenti e i materiali utilizzati al loro massimo valore. Fondamentalmente, si possono distinguere due categorie di economia circolare: il "ciclo biologico" e il "ciclo tecnologico" (MacArthur, 2013). In questo articolo il focus è sul "ciclo biologico", in particolare relativo alla valorizzazione di acque reflue. Le prime fasi del ciclo coincidono con quelle dell'economia lineare: le materie prime vengono utilizzate per creare il prodotto che viene venduto e distribuito. Quando il prodotto non può più essere utilizzato per quello per cui era stato creato, viene raccolto. In seguito, le alternative possono essere le seguenti:

1. la biomassa viene processata, ottenendo un volume minore di quello iniziale e l'estrazione delle materie prime biochimiche. Queste, poi, sono utilizzate per produrre svariati prodotti
2. tramite la digestione anaerobica, attraverso batteri anaerobici, è possibile ottenere biogas e compost. Il primo può essere utilizzato come carburante o per produrre elettricità, il secondo può essere applicato a terreni come fertilizzante, chiudendo il ciclo biologico con la produzione di nuove materie prime.

Il caso di studio descritto in questo articolo sviluppa i temi relativi alla valorizzazione dell'azoto, ovvero il

processo di conversione di un prodotto usato in nuovo materiale con maggiore qualità, valore economico e migliore funzionalità (MacArthur, 2013).

Attualmente, ci sono diverse tecnologie microbiologiche per la rimozione, il recupero e la valorizzazione dell'azoto dai flussi di acque reflue ricchi di questo elemento chimico. Ad esempio, l'ossidazione anaerobica dell'ammonio (*anammox*) è una tecnologia che appartiene alla prima categoria ed è un'alternativa più efficiente rispetto alle convenzionali tecniche di nitrificazione-denitrificazione, visto che richiede meno energia, riduce la produzione di fanghi e permette la completa denitrificazione senza l'aggiunta di composti chimici (ad es. carbonio).

La rimozione anaerobica di magnesio e fosfato di ammonio (Map) è una tecnica per il recupero dell'azoto in acque reflue, per poi utilizzarlo come fertilizzante. Infine, l'utilizzo di proteine microbiche (*microbial protein*) consiste nel recupero dell'azoto e nella sua conversione diretta in una farina ricca di proteine edibile, che può essere utilizzata per alimenti e mangimi (Matassa et al., 2015).

L'importanza collegata alle proteine microbiche non attiene solamente alla valorizzazione dell'azoto in una prospettiva di economia circolare, ma è rilevante anche per altri motivi: innanzitutto, è importante sottolineare che attualmente l'acquacoltura fornisce circa la metà dell'approvvigionamento alimentare terrestre a base di pesce. Un

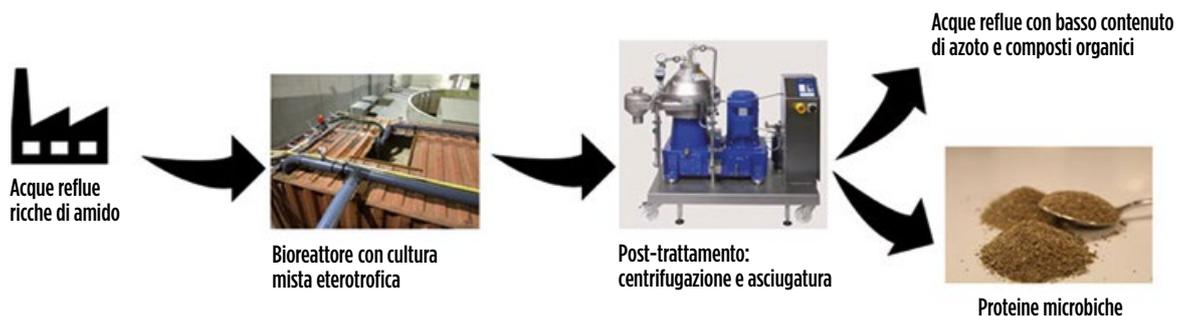
altro importante aspetto è che circa il 73% della farina di pesce prodotta è destinata a soddisfare l'espansione della richiesta alimentare di pesce. Questi dati saranno anche soggetti a ulteriori aumenti, dal momento che la popolazione globale dovrebbe raggiungere oltre 9 miliardi di persone entro il 2050, mentre oggi è di circa 7,7 miliardi e mantenere la produzione dei mangimi comunemente utilizzati in acquacoltura (farina di pesce e di soia), a livelli sufficienti per soddisfare la domanda sta diventando sempre più impegnativo (Msangi, 2013; Huntington, 2009). Tutto ciò incoraggia la comunità scientifica a investire nel perfezionamento della produzione di proteine microbiche da acque reflue.

Sostenibilità delle proteine microbiche

Già più di quarant'anni fa ci furono i primi studi scientifici sulle proteine microbiche (Repaske, 1976). Tuttavia, soltanto recentemente si sta investendo maggiormente nella ricerca e sviluppo aziendale di questo prodotto. Ci sono svariate alternative per la produzione con trattamenti biologici di questa farina ricca di proteine a partire da acque reflue con residui di azoto. Una di queste si sviluppa attraverso l'utilizzo di alcune tipologie di microalghe (Smetana, 2017), con la possibilità di raggiungere circa il 55% di proteine nel prodotto finale essiccato. Un'altra opzione è quella

FIG. 1
PROTEINE
MICROBICHE

Diagramma della produzione di ValProMic (proteine microbiche) a partire da acque reflue.



di utilizzare microrganismi fototrofici come i batteri fototrofici viola (Matassa et al., 2015). Questi generalmente sono efficienti, visto che riescono a costituire proteine anche quando la radiazione solare non è alta. Un'ulteriore alternativa è quella di utilizzare batteri metano-ossidanti o idrogeno-ossidanti. I primi sono metanotrofi, cioè producono proteine consumando molecole di metano, mentre gli ultimi possono essere sia autotrofi, utilizzando idrogeno, sia eterotrofi, quando consumano molecole organiche. I batteri idrogeno-ossidanti hanno mostrato di essere più efficienti dei metano-ossidanti per ciò che riguarda la produzione di biomassa e proteine finali.

Il caso di studio qui presentato si focalizza su un'alternativa specifica per la produzione di proteine microbiche. Il prodotto, il cui nome commerciale è ValProMic, è creato attraverso un trattamento biologico con una cultura mista eterotrofica in un bioreattore. Attualmente, questo è di medio-larga scala (60 m³) e in esso sono immesse, in un ambiente aerobico, acque reflue ricche di amido provenienti da un'azienda belga manifattrice di patate precotte. Successivamente, il prodotto passa a una fase di post-trattamento, in cui viene prima centrifugato con conseguente produzione di acque di scarico a basso contenuto di azoto e composti organici, e infine è essiccato (figura 1).

La metodologia usata per analizzare la sostenibilità ambientale del prodotto è stata quella dell'analisi del ciclo di vita (*life cycle assessment*, Lca), metodologia internazionale e standardizzata che si basa sulle linee guida Ilcd (*International Reference Life Cycle Data System*) e gli standard ISO14040/44. I 4 stadi di questa metodologia sono:

- 1) definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione
- 2) analisi di inventario (Lci, *Life Cycle Inventory*)
- 3) valutazione dell'impatto (Lcia, *Life Cycle Impact Assessment*)
- 4) interpretazione.

Questa metodologia sta diventando sempre più diffusa perché permette di considerare tutto il ciclo di vita del prodotto. Con ciò s'intende che nella valutazione di sostenibilità del prodotto sono incluse le materie prime necessarie per la produzione del prodotto, la distribuzione, l'utilizzo e il suo "fine vita". Inoltre, Lca include molteplici categorie d'impatto, come eutrofizzazione, ecotossicità e cambiamento climatico. Quindi, un vantaggio è quello di avere

una prospettiva olistica. Un ulteriore vantaggio derivante dall'uso della metodologia è che permette di evitare lo "spostamento di oneri", ovvero accertarsi che il costo ambientale di una scelta non peggiori l'impatto ambientale del prodotto in altre fasi del ciclo di vita di esso o altre categorie d'impatto (Hauschild, 2018).

L'obiettivo dello studio è stato quello di valutare la sostenibilità del ciclo di vita delle proteine microbiche utilizzate come mangime per gamberetti prodotti in Europa, Ecuador, Vietnam e Thailandia e compararlo al ciclo di vita dei mangimi per gamberetti più comuni (farina di pesce e soia). Lo studio ha compreso anche un'analisi di sensitività e d'incertezza dei risultati. In particolare, le proteine microbiche studiate sono quelle prodotte a medio-larga scala dalle aziende belga Avecom e Impetus. Questa valutazione ha dimostrato che, complessivamente, il ciclo di vita delle proteine microbiche è più sostenibile di quello dei mangimi tradizionali. In particolare, per la categoria d'impatto collegata all'eutrofizzazione, le proteine microbiche si sono rivelate l'alternativa più sostenibile, in quanto, con questo prodotto, azoto e fosforo vengono riutilizzati con la valorizzazione delle acque reflue. Inoltre, riguardo allo sfruttamento del suolo, le proteine microbiche hanno un minore impatto rispetto alla farina di soia. Per la categoria d'impatto cambiamento climatico, ancora una volta le proteine microbiche sono l'opzione più sostenibile, anche se è da sottolineare che il contributo a questa categoria d'impatto per il prodotto analizzato sono le emissioni di anidride carbonica durante il trattamento con cultura mista eterotrofica nel bioreattore

e il consumo di energia nelle fasi di post-trattamento. Alcuni parametri sensibili, che cioè possono influenzare parecchio l'impatto ambientale complessivo a una piccola variazione del loro valore, sono le acque reflue prodotte dalla centrifugazione dopo la produzione di proteine microbiche e l'energia utilizzate per l'asciugatura. Questi hanno inoltre, il maggiore contributo all'impatto ambientale totale.

In conclusione, con questo studio è stata valutata positivamente la potenzialità delle proteine microbiche anche dal punto di vista dell'impatto ambientale del ciclo di vita rispetto a più tradizionali fonti di proteine come cibo per gamberetti. Restano comunque da investigare le potenzialità del prodotto con un sistema di produzione a scala industriale con tutti i parametri ottimizzati. Probabilmente la domanda di energia per la produzione di proteine microbiche sarebbe più bassa dell'attuale in proporzione alla quantità di proteine microbiche prodotte, ma potrebbero esserci peggioramenti collegati ad altri parametri fondamentali del ciclo di vita.

Valentina Pusateri

L'articolo presenta la tesi magistrale "Relative and absolute environmental sustainability assessments of novel nitrogen recovery/upcycling technologies", corso di laurea in Ingegneria ambientale, specializzazione in Gestione ambientale, Politecnico della Danimarca (Dtu, Danmarks Tekniske Universitet).

L'autrice ringrazia M. Owsianiak (Dipartimento di Tecnologia, management ed economia, Dtu), W. Verstraete e C. Zamalloa (Avecom NV, Wondelgem, Belgio), E. De Gussem (Impetus, Izegem, Belgio) e B. Valverde-Pérez (Dipartimento di Ingegneria ambientale, Dtu).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Hauschild M.Z., 2018, *Life cycle assessment*, Springer.
- Huntington T.H., 2009, "Fish as feed inputs for aquaculture—practices, sustainability and implications: a global synthesis", in M.R. Hasan e M. Halwart (eds), *Fish as feed inputs for aquaculture: practices, sustainability and implications*, Fao Fisheries and Aquaculture Technical Paper n. 518, Rome, Fao, pp. 1-61.
- MacArthur E., 2013, *Towards the Circular Economy: Opportunities for the consumer goods sector*, Ellen MacArthur Foundation.
- Matassa S. et al., 2015, "Can direct conversion of used nitrogen to new feed and protein help feed the world?", *Environ. Sci. Technol.*, 49, 9, 5247-5254.
- Msangi S.K., 2013, *Fish to 2030: prospects for fisheries and aquaculture*, World Bank Report.
- Repaske R., 1976, "Dense autotrophic cultures of *Alcaligenes eutrophus*", *Appl. Environ. Microbiol.*, 32(4), 592-597.
- Smetana S.S., 2017, "Autotrophic and heterotrophic microalgae and cyanobacteria cultivation for food and feed: life cycle assessment", *Bioresource technology*, 245:162-170.