

**PROGETTO
 P.R.I.S.M.A.-MED
 “PIANO RIFIUTI E SCARTI IN MARE DI PESCA, ACQUACOLTURA E DIPORTO
 NEL MEDITERRANEO”**

COMPONENTE T2.2 “Studio di fattibilità residui organici – circular economy”

**Prodotto T2.2.3
 “Studio sperimentale ed analisi del ciclo di vita (LCA)
 della filiera individuata per l'estrazione di collagene
 dagli scarti organici della pesca”**



ph. Antonello Giua

Indice

| | |
|--|----|
| Premessa | 3 |
| Introduzione | 5 |
| Tecniche di estrazione “green” | 6 |
| Studio sperimentale: processo innovativo per estrazione di collagene | 7 |
| Analisi del ciclo di vita: metodi di estrazione a confronto | 14 |
| Conclusioni | 38 |

Premessa

Lo **studio sperimentale** e la **valutazione del ciclo di vita** di un processo innovativo per l'estrazione di collagene da materiale organico proveniente dai rifiuti della pesca rientra nell'ambito del "progetto pilota rifiuti organici – circular economy" che, nel complesso, si prefigge l'obiettivo di garantire il recupero del materiale organico attraverso il riutilizzo come alimento, o per la produzione di farine animali, o altri utilizzi alternativi e innovativi (industria cosmetica, nutraceutica e farmaceutica) attraverso la realizzazione delle seguenti attività:

1. Caratterizzazione del rifiuto organico, necessaria per definirne, a partire dalla variabilità del materiale di partenza: quantità e volume (possibilmente anche su scala temporale), qualità microbiologica e ambientale, al fine di definirne la corretta destinazione;
2. Elaborazione di uno studio di fattibilità mirato a tracciare i requisiti di impianti di lavorazione del materiale organico proveniente da rifiuti che possa adattarsi alle tipologie di materiale che viene conferito.

In particolare, lo *studio sperimentale* e l'*analisi del ciclo di vita* costituiscono un prodotto che ha lo scopo di potenziare la seconda attività, in quanto i risultati provenienti da tali studi possono essere di supporto nell'individuazione di scenari di miglioramento in termini ambientali della filiera studiata, al fine di renderla sostenibile anche da questo punto di vista.

L'analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment – LCA), infatti, ha avuto lo scopo di valutare i potenziali impatti ambientali legati all'attività di estrazione di collagene da scarti organici studiata a livello sperimentale.

Il presente prodotto parte dalle considerazioni emerse dalle analisi precedenti riguardanti la caratterizzazione degli scarti organici (prodotto T2.2.1 – Rapporto di caratterizzazione) e dallo studio precedente riguardante la filiera innovativa di valorizzazione dello scarto basata sull'analisi dello stato dell'arte e la normativa vigente (prodotto T2.2.2 - Studio di fattibilità – circular economy).

Le principali conclusioni scaturite da suddetti prodotti risultano essere le seguenti:

- Il Regolamento Comunitario 1380 del 2013 sulla riforma della Politica Comune della Pesca, all'Articolo 15, prevede **l'obbligo per i pescatori di sbarcare gli «scarti»** delle specie soggette a taglia minima (Reg. UE 1967/2006);
- Questi «scarti» non potranno essere destinati al consumo umano diretto, ma potranno essere destinati alla produzione di mangimi o prodotti affini, oppure dovranno essere smaltiti come rifiuti, purché

questi utilizzi non creino economia rilevante per i pescatori.

- Secondo le dichiarazioni degli operatori, l'ottemperanza al nuovo regolamento comporterà un sicuro aggravio di lavoro a bordo stimato in un incremento medio del carico di lavoro di almeno 2 ore al giorno per assolvere alle operazioni aggiuntive di smistamento e stoccaggio degli scarti destinati ad essere sbarcati;
- Risulta fondamentale **valorizzare lo scarto per compensare i costi** dovuti alla gestione del Regolamento e allestire sul territorio un sistema che garantisca con continuità il ritiro e lo stoccaggio degli scarti facendo in modo che questo non si trasformi in rifiuto;
- La fase preliminare di caratterizzazione ha evidenziato (soprattutto se la conservazione dello scarto avviene in maniera corretta) che, dal punto di vista microbiologico, non si incontrano impedimenti ad un riutilizzo in ambito mangimistico e come fertilizzanti degli scarti derivati da attività di acquacoltura, di pesca e di molluschicoltura;
- La biomassa ittica di scarto può rappresentare un'importante **fonte potenziale di composti bioattivi**, con importanti proprietà funzionali che potrebbero essere isolate e concentrate, conferendo loro un valore aggiunto nei mercati di fascia più alta, come ad esempio nutraceutici e cosmetici.
Tra i diversi composti bioattivi estraibili, è stato selezionato il collagene per il quale esiste un'elevata domanda di mercato, soprattutto per quello di provenienza marina;
- La disamina dello stato dell'arte tecnologico si è rivolta principalmente ad **innovative tecnologie estrattive "green"** che costituiscono un'alternativa più efficiente in termini di migliore preservazione del prodotto di partenza, migliore qualità finale degli estratti, maggiore efficienza di estrazione, minimizzazione delle perdite di proprietà funzionali dei composti bioattivi estratti, proprietà tecnologiche e igienico-sanitarie più elevate dei prodotti ottenuti.

Lo studio sperimentale è stato commissionato dal partner TICASS a Micamo S.r.l., a valle di opportuna procedura di selezione. Analogamente, la realizzazione dello studio LCA è stata commissionata dal partner TICASS a Tetis Institute s.r.l.

Introduzione

Nel contesto del progetto P.Ri.S.Ma-MED, è stato condotto uno studio sperimentale con l'obiettivo di valutare l'impiego di innovativi processi, vantaggiosi economicamente e non dannosi per l'ambiente, di estrazione di molecole bioattive ad alto valore aggiunto da scarti della pesca.

Questi processi potrebbero portare ad un utilizzo virtuoso di predetti scarti, con il risultato di ridurre il materiale da smaltire e conseguentemente le pratiche di smaltimento negative.

Dagli anni 2000, il problema della gestione dei rifiuti è diventato nel mondo sempre più rilevante. L'aumento della popolazione, l'incremento dei consumi e dell'urbanizzazione hanno accresciuto in modo massiccio la produzione di rifiuti e il conseguente problema del loro trattamento o deposito. Tale situazione è inoltre aggravata da cattive abitudini e comportamenti irresponsabili.

Anche la produzione di residui alimentari è in aumento e, se consideriamo i residui generati dai processi produttivi del settore alimentare nel campo ittico, ci accorgiamo che questi sono ancora largamente sottoutilizzati e contengono ancora sostanze preziose ed utilizzabili.

Abitualmente, questi residui "marini" vengono conferiti in discarica, oppure rigettati in mare o addirittura abbandonati. Tutto questo comporta diversi impatti negativi sull'ambiente, sulla biodiversità e sulla salute umana.

Lo scarico eccessivo di nutrienti organici nell'ambiente marino può provocare, attraverso l'azione di decomposizione della materia da parte dei batteri aerobici presenti nell'acqua, una riduzione dell'ossigeno disciolto in essa che porta all'anossia, ad un aumento delle concentrazioni di ammoniaca, ad un sovraccarico di azoto (N) e di fosforo (P) che causa una crescita eccessiva delle piante, ad una variazione del pH e ad un aumento della torbidità dell'acqua.

Sversare in mare scarti della filiera ittica, potrebbe, inoltre, causare la modificazione degli habitat. Ad esempio, in alcuni gusci e conchiglie di scarto potrebbero essere rimaste all'interno uova di alcuni organismi, che rigettate in mare in una zona diversa da quella originaria, possono introdurre specie aliene che, a loro volta, possono modificare l'ecosistema e influire anche sull'economia locale.

Secondo il nuovo rapporto dell'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Alimentazione e l'Agricoltura (FAO), lo sviluppo sostenibile dell'acquacoltura e la gestione efficace delle risorse ittiche saranno fondamentali per mantenere l'incremento della produzione ittica globale.

Il Regolamento Comunitario 1380 del 2013 sulla riforma della Politica Comune della Pesca, all'Articolo 15, prevede l'obbligo per i pescatori di sbarcare gli scarti delle specie soggette a taglia minima (Reg. UE 1967/2006). Questi pesci non potranno essere destinati al consumo umano diretto, ma potranno essere destinati alla produzione di mangimi o prodotti affini, oppure dovranno essere smaltiti come rifiuti, purché, questi utilizzi non creino economia rilevante per i pescatori.

Attualmente in Liguria la gestione di questo materiale, che si attesta essere di 350 ton/anno come riportato in Fig.1, risulta decisamente inefficiente, anche a causa della mancanza di spazi per lo stoccaggio e di

modalità corrette per attuare il recupero e lo smaltimento, comportando così un ulteriore incremento delle problematiche ambientali.

| Compartimento | Porto | Numero di m/p | kg/giorno | Ton/anno |
|---------------|-------------------------|---------------|-------------|---------------|
| Imperia | Bordighera | 4 | 118.0 | 19.5 |
| | Sanremo | 9 | 265.5 | 43.8 |
| | Imperia | 8 | 236.0 | 38.9 |
| Savona | Finale Ligure | 1 | 29.5 | 4.9 |
| | Savona | 4 | 118.0 | 19.5 |
| Genova | Genova | 4 | 118.0 | 19.5 |
| | Camogli | 1 | 29.5 | 4.9 |
| | Chiavari | 1 | 29.5 | 4.9 |
| | Lavagna | 1 | 29.5 | 4.9 |
| | Santa Margherita Ligure | 16 | 472.0 | 77.9 |
| | Sestri Levante | 4 | 118.0 | 19.5 |
| La Spezia | La Spezia | 16 | 472.0 | 77.9 |
| | Lerici | 3 | 88.5 | 14.6 |
| | Totale | 72 | 2124 | 350.46 |

Figura 1. Ipotetica produzione di biomassa organica scartata della pesca a strascico suddivisa per i vari porti della Liguria.

In un'ottica di sostenibilità ambientale, quindi, stabilire metodi efficienti e sicuri per estrarre nutrienti dagli scarti della lavorazione del pesce, permetterebbe di impiegare le risorse ittiche in modo responsabile ed efficiente ottenendo oltre a farine e olii, anche composti di più alto valore aggiunto quali chitina, collagene, gelatina, peptidi, carotenoidi ed elementi inorganici che possono essere utilizzati come ingredienti nutraceutici o additivi nelle industrie alimentari, farmaceutiche e cosmetiche.

Tecniche di estrazione “green”

Oltre alle catture accessorie (UWC), gli scarti ottenuti dalla lavorazione del pesce sono stimati avere le seguenti proporzioni in peso percentuale del pesce intero: testa 9% –12%, pelle 1% –3%, viscere 12% –18%, pinne e lische 9% –15%, squame ca. 5% .

Questi sottoprodotti di trasformazione possono essere classificati in due tipologie: un primo gruppo che include prodotti facilmente degradabili con alto contenuto di enzimi, come le viscere e il sangue, e un secondo gruppo che include i prodotti meno deperibili dei precedenti (pinne e lische, testa e pelle).

Inutile sottolineare il fatto che la tempestiva raccolta degli scarti, così come l'opportuno trattamento iniziale di stabilizzazione, siano passi fondamentali per preservarne la qualità e renderli recuperabili come materia prima di prodotti ad alto valore aggiunto.

Inoltre, la selezione di metodi di estrazione adeguati è uno step fondamentale per ottenere composti naturali da queste fonti marine con tutti i requisiti utili alle richieste del mercato quali: buone proprietà organolettiche, nutrizionali, funzionali/salutistiche e possibilmente eco-compatibili.

Ad oggi, la lavorazione di tale biomassa comprende tecniche convenzionali (ad esempio estrazioni con

solventi organici, con soluzioni acide e basiche, etc..) già ampiamente consolidate per la produzione di farine e oli di pesce o derivati quali acidi grassi della serie omega-3.

Questi metodi, sebbene efficienti, presentano alcuni svantaggi importanti, come l'elevato consumo di energia, la possibile degradazione termica dei prodotti finali (data dalle elevate temperature di lavorazione), l'utilizzo di solventi organici di estrazione (i cui eventuali residui possono comportare rischi per la salute umana e dell'ambiente) e i lunghi tempi di lavorazione (Al Khawli et al., 2019, <https://www.mdpi.com/1660-3397/17/12/689>).

Per ovviare a queste problematiche, negli ultimi anni, numerose tecnologie estrattive "green" sono state impiegate in campo alimentare, come ad esempio: l'estrazione assistita dagli ultrasuoni (UAE), l'estrazione con fluidi supercritici (SFE), l'estrazione assistita con microonde (MAE), l'estrazione con i campi elettrici pulsati, l'estrazione assistita con le alte pressioni, l'estrazione con acqua subcritica (SWE), la filtrazione con membrane, l'estrazione enzimatica. Queste tecnologie innovative sono diventate un'alternativa più sicura ed efficiente rispetto ai metodi convenzionali nell'isolamento di composti preziosi dai sottoprodotti e dagli scarti del pesce e dei molluschi. Esse presentano numerosi vantaggi rispetto ai metodi tradizionali, preservando e persino migliorando la qualità e l'efficienza di estrazione, nonché minimizzando le perdite di proprietà funzionali dei composti bioattivi estratti dai sottoprodotti marini. Oltre alle loro attività biologiche, i composti bioattivi ottenuti da tecnologie alternative innovative possono presentare proprietà tecnologiche e igienico-sanitarie più elevate, consentendone persino l'utilizzo in altri alimenti.

Queste nuove tecnologie si basano sui "Sei Principi dell'Estrazione Green di Prodotti Naturali", descritti e proposti come step innovativi per le industrie:

- 1° Principio - Utilizzo di risorse rinnovabili e non a rischio di estinzione: la crescente domanda di prodotti ed estratti naturali sta portando ad un eccessivo sfruttamento delle risorse naturali e quindi all'estinzione di alcune specie.
- 2° Principio - Utilizzo di solventi alternativi, principalmente acqua o agro-solventi come l'etanolo. Questi hanno il vantaggio di essere biodegradabili, non tossici e non infiammabili, a differenza della maggior parte dei solventi organici che sono tra le principali cause dell'inquinamento ambientale.
- 3° Principio - Riduzione del consumo di energia attraverso l'ottimizzazione dei processi esistenti, il recupero dell'energia liberata durante il processo di estrazione, eventuali innovazioni di processo.
- 4° Principio - Produzione di co-prodotti anziché di rifiuti.
- 5° Principio - Riduzione delle operazioni unitarie attraverso l'innovazione tecnologica favorendo processi sicuri e controllati. Diminuire il numero di passaggi in un processo industriale comporta, infatti, un abbattimento dei costi e una migliore efficienza energetica.

Studio sperimentale: processo innovativo per estrazione di collagene

Lo studio sperimentale svolto all'interno del presente progetto si è concentrato sull'estrazione di collagene: proteina di largo impiego nei settori farmaceutico, cosmetico e nutraceutico.

L'utilizzo del collagene di origine marina sta crescendo rapidamente grazie alle sue proprietà uniche rispetto al collagene di origine bovina e/o suina, come l'assenza di rischio di trasmissione di malattie, il suo facile assorbimento da parte del corpo umano, la biocompatibilità, un processo conveniente e l'assenza di vincoli religiosi.

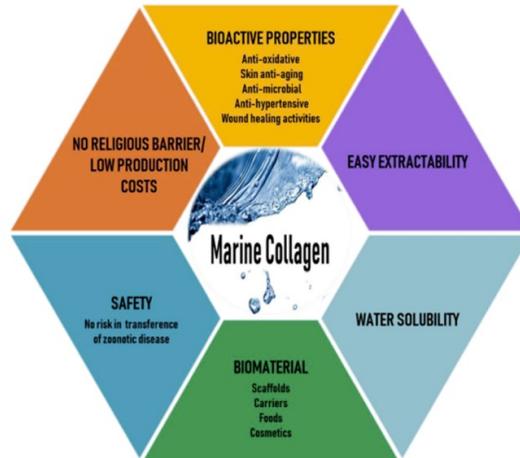


Figura 2. Vantaggi dell'impiego di collagene marino.

(Sadowska, M.; Kolodziejska, I.; Nicikowska, C. Isolation of collagen from the skins of Baltic cod (*Gadus morhua*). Food Chem. 2003, 81, 257–262).

È stato chiaro fin dall'inizio dello studio che era necessaria una tempestiva azione per bloccare i processi degradativi. Negli scarti del pesce vi sono microorganismi che in presenza di acqua possono degradare istidina presente in quantità soprattutto in alcune tipologie di pesce. Se l'istidina viene degradata, si produce istamina che risulta essere un grave problema perché ingerendo cibi ricchi di istamina si può incorrere in intossicazione e sindrome sgombroide.

Nella prima fase dello studio, è stata, quindi, confrontata la refrigerazione degli scarti rispetto ad una veloce disidratazione.

Successivamente ci si è focalizzati sulla fase di estrazione ed è stato messo a punto un processo ecocompatibile per l'estrazione del collagene solubile in acido (Acid Soluble Collagen, ACS), utilizzando l'estrazione pulsata ad ultrasuoni (Pulsed Ultrasound-Assisted Extraction, PUAE)), confrontandolo con un protocollo estrattivo convenzionale.

Sono state effettuate numerose prove ed i dati riportati rappresentano il valore medio ottenuto nell'estrazione con ultrasuoni (Prove A) rispetto al valore medio ottenuto con l'estrazione classica (Prove B).

Tutte le prove sono partite da pelle di cefalo congelata e conservata a -20 °C fino al successivo utilizzo all'interno di un congelatore modello Liebherr MedLine LGEX 910 7082 273-00

tempo medio prima dell'inizio del processo estrattivo è stato di 3 giorni di congelamento.

Protocollo sperimentale

Il protocollo sperimentale seguito è schematizzato in Tabella 1 e descritto successivamente.

| Estrazione Acid Soluble Collagen (ACS) da pelle di cefalo | | |
|---|--|---------------------------|
| Step | Solvente/Trattamento | Tempo |
| 0 - Congelamento | - | 3 giorni |
| 1 - Pretrattamento | lavaggio con H ₂ O, sminuzzamento | |
| 2 - Rimozione delle proteine non collageniche | 0.1 M NaOH: campione/soluzione 1:10 (w/v), in agitazione | 24 h, 3 cambi |
| 3 - Neutralizzazione | lavaggio con H ₂ O | |
| 4 - Rimozione frazione lipidica | 10% Alcool butilico: campione/soluzione 1:10 (w/v), in agitazione | 24 h, 3 cambi |
| 5 - Lavaggio | lavaggio con H ₂ O | |
| 6 - Estrazione | 0.5 M Acido acetico: campione/soluzione 1:10 (w/v), in agitazione | 3 g |
| | Prove A: estrazione assistita con gli ultrasuoni in modalità pulsata (PUAE). Prove B: Estrazione convenzionale, senza attivazione con ultrasuoni. | 30 minuti |
| | Sopranatante | |
| 7 - Centrifugazione | 18.000 giri 4 °C | 1 h |
| 8 - Precipitazione | precipitazione con NaCl 2.3 M finale in 0.05 M Tris-HCl (pH 7.5) | 18 h |
| 9 - Centrifugazione | 18.000 giri 4 °C | 1h |
| 10 - Risospensione del precipitato | Il pellet è risospeso in 10 ML di Acido acetico 0.5 M | |
| 11 - Dialisi | Tubi da dialisi: Merck, # D6191, Dialysis sacks Avg. flat width 25 mm (1.0 in.), MWCO 12,000 Da) contro 5 L di 0.1 M acido acetico a 4°C | 4 cambi di 3 ore |
| | | 18 ore di congelamento |
| 12 - Congelamento a -80°e liofilizzazione | | 24 ore di liofilizzazione |

Tabella 1. Protocollo sperimentale.

Step 1.

La pelle congelata viene sciacquata sotto acqua corrente e tamponata su carta assorbente. Successivamente, viene manualmente sminuzzata in pezzi della dimensione di circa 1 cm.

Utilizzando una termobilancia, viene preliminarmente valutato il contenuto di umidità della pelle che è

risultato pari al $62.75\% + 0.10$.

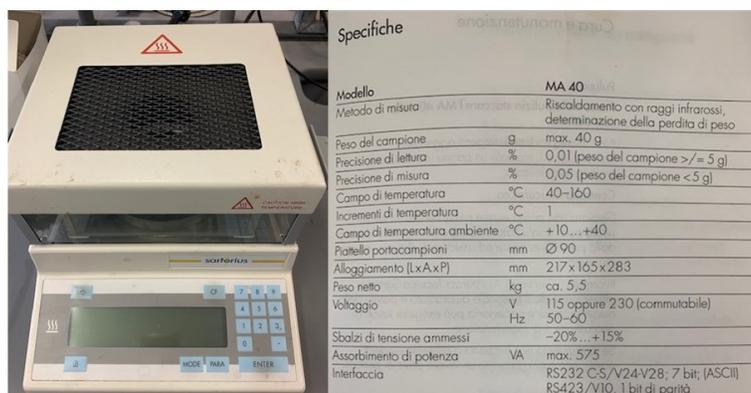


Figura 3. Termobilancia modello MA40 Sartorius (Goettingen,Germany).

Step 2.

La pelle sminuzzata (5 g) viene trattata con una soluzione di NaOH 0.1 M (50 mL) al fine di rimuovere le proteine non collageniche (rapporto soluto/solvente = 1/10 w/v) in agitazione continua per 24 h, effettuando cambio di soluzione ogni 8 h (vedi Figura 4).

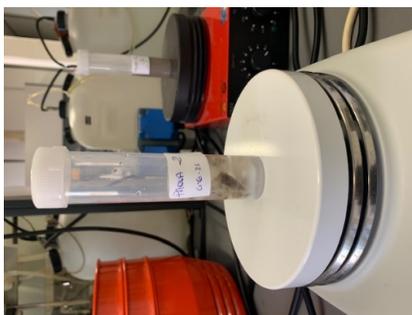


Figura 4. Pelle sminuzzata in soluzione di NAOH 0.1 M su agitatore magnetico riscaldante modello AREX F20500413 (www.velp.com).

Step 3.

La soluzione viene filtrata su filtro Buchner, sottovuoto con pompa da vuoto Vacuumbrand, per circa 20 secondi e lavata con acqua (50 mL) fino al raggiungimento di un pH neutro.

Step 4.

La pelle viene trattata con una soluzione di alcool butilico al 10% al fine di rimuovere la frazione lipidica (rapporto soluto/solvente= 1/10 w/v) in agitazione continua per 24 h, effettuando cambio di soluzione ogni 8 h. Successivamente, la soluzione viene filtrata e la pelle viene lavata con acqua (50 mL) per rimuovere la fase butanolica.

Step 5.

L'estratto butanologico viene portato a secco in rotavapor e il contenuto lipidico viene determinato per via gravimetrica (contenuto lipidico pari a 354 mg, ossia 7%).

Step 6.

La pelle viene estratta con una soluzione di acido acetico 0.5 M (rapporto soluto/solvente= 1/10 w/v).

Essendo questo step dedicato all'estrazione vera e propria, si è proceduto al confronto tra un processo estrattivo ecocompatibile per l'estrazione del collagene solubile in acido (Acid Soluble Collagen, ACS) (Prove A) ed un protocollo estrattivo convenzionale (Prove B).

Prove A: il processo consiste in un'estrazione del collagene assistita con gli ultrasuoni in modalità pulsata (PUAE) e prevede, quindi, l'utilizzo di un sonicatore avente una frequenza operativa pari a 26 kHz, output pari a 200 W e munito di un sonotrodo (probe) in titanio di 7 mm. L'apparecchiatura che è stata utilizzata è un potente omogeneizzatore ad ultrasuoni da laboratorio (Hielscher Ultrasonics UP200 St - Germany).

Le condizioni estrattive utilizzate sono riportate in Figura 5.

| | <i>Condizioni sperimentali</i> |
|---------------------------------|--------------------------------|
| <i>Solvente estrattivo</i> | CH ₃ COOH 0.5 M |
| <i>Tempo di estrazione</i> | 30 minuti |
| <i>Rapporto solido/solvente</i> | 1:10 w/v |
| <i>Amplitude</i> | 80% |
| <i>Duty cycle</i> | 50% |
| <i>Temperatura</i> | Max 30°C |



Figura 5. Condizioni sperimentali PUAE.

L'estrazione con ultrasuoni viene effettuata in bagno di ghiaccio, al fine di controllare l'innalzamento della temperatura e mantenerla per tutto il processo al di sotto dei 30°C (sono stati utilizzati 6 cubetti di ghiaccio per ciascuna estrazione).

Concluso il processo di sonicazione, l'estratto ottenuto viene mantenuto in agitazione continua per 3 giorni prima degli step successivi.

Prove B: il processo convenzionale prevede l'estrazione con una soluzione di acido acetico 0.5 M (rapporto soluto/solvente= 1/10 w/v), in agitazione continua per 3 giorni, senza l'utilizzo degli

ultrasuoni.



Figura 6. Estratti ottenuti a seguito dello Step 6.

Step 7.

Gli estratti ottenuti vengono centrifugati a 18.000 giri per 1 h, mantenendo la temperatura a 4°C. Il modello di centrifuga utilizzato è Thermo Scientific™ Sorvall™ RC 6 Plus (www.fishersci.it)

Step 8.

La fase liquida (sopranatante), che si separa a seguito della centrifugazione (Step 7), viene precipitata con una soluzione di NaCl 2.3 M in 0.05 M Tris-HCl (pH 7.5) e mantenuta in agitazione per 18 h prima della successiva centrifugazione (Step 9).

Step 9.

Gli estratti vengono centrifugati a 18.000 giri per 1 h, mantenendo la temperatura a 4°C (vedi Figura 7).

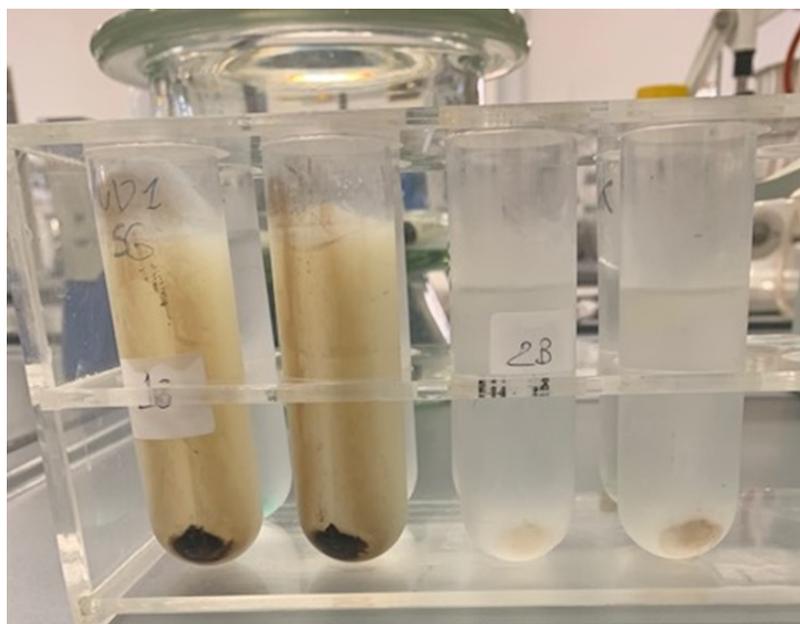


Figura 7. Estratti centrifugati: formazione precipitato (Step 9).

Step 10.

Il precipitato ottenuto nello step precedente viene risospeso in 10 mL di acido acetico 0.5 M e conservato in frigorifero (Liebherr MedLine FKEX 2600) fino ai successivi step analitici (dialisi, liofilizzazione e caratterizzazione).

Step 11.

Le sospensioni di collagene ottenute nello step 10 vengono dializzate (Tubi da dialisi: Merck, # D6191, Dialysis sacks Avg. flat width 25 mm (1.0 in.), MWCO 12,000 Da) con 5 L di 0.1 M acido acetico, a 4°C, su agitatore magnetico (vengono fatti 4 cambi dopo un minimo di 3 h).

Step 12.

I campioni dializzati vengono recuperati, congelati a -80°C per 18 ore (Angelantoni PLATILA 500 V-3-STD) e, quindi, liofilizzati a freddo in Freeze Dryer Edwards per 24 ore.

Le polveri ottenute vengono pesate su bilancia analitica (Gibertini Europe 60) per il calcolo della resa e conservate a 4°C.

Confronto metodi di estrazione

Al fine di confrontare i diversi metodi di estrazione è stato effettuato un dosaggio quantitativo dei collagene estratti attraverso l'uso del *Sircol Kit assay*: limite di rilevamento: 1,0 µg; tempo richiesto: 1,5 h.

Il *Sircol Kit assay* è una procedura colorimetrica, pertanto i materiali di prova per l'analisi devono essere

esenti da materiale particolato, come detriti e frammenti insolubili, il campione deve, inoltre, essere completamente trasparente poiché la torbidità può causare assorbimento e dispersione della luce.

Poiché, talvolta, i campioni provenienti dai diversi esperimenti presentavano dei particolati o delle torbidità ed i risultati ottenuti evidenziavano sì una maggiore quantità di collagene nelle prove effettuate con ultrasuoni, ma i dati ottenuti con il *Sircol Kit assay* non erano riproducibili se i test venivano ripetuti, per valutare precisione e accuratezza del dato, si è preferito inserire un ulteriore test dosando l'idrossiprolina.

Quest'ultima è un amminoacido non standard, componente del collagene e si trova quasi esclusivamente in questa proteina, a seconda della specie presa in esame ne costituisce circa il 11-14%. Nel collagene i ponti idrogeno tra i gruppi ossidrilici dell'idrossiprolina e dell'idrossilisina stabilizzano la struttura.

Come risulta evidente dalle Figure 8 e 9, i test effettuati su due campioni delle Prove A e su due campioni delle Prove B mostrano che vi è un incremento in quantità di collagene estratto se si utilizza la tecnologia innovativa ad ultrasuoni. Con quest'ultimo metodo, infatti, l'estrazione di collagene, valutando a parità di peso iniziale (2,5 g), la quantità di idrossiprolina presente passa da 3,7 mg a quasi 6 mg.

Figura 8. Andamento dell'assorbanza a 550 nm vs quantità di idrossiprolina.

Figura 9. Quantità di collagene estratto in funzione del metodo di estrazione utilizzato.

Il processo innovativo (prove A), quindi, permette di estrarre circa 6 mg di collagene per 2.5 g di pelle trattata con una resa circa 1.6 volte maggiore di quella del processo tradizionale (prove B), con il quale è possibile estrarre mediamente 3.7 mg di collagene per 2.5 g di pelle trattata.

Analisi del ciclo di vita: metodi di estrazione a confronto

Il confronto tra il metodo di estrazione innovativo con quello tradizionale è stato supportato anche da un'analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment – LCA) di tali processi.

Lo studio LCA si è, quindi, focalizzato sulla valutazione comparativa dei potenziali impatti ambientali legati all'estrazione di collagene marino dalla biomassa organica scartata della pesca utilizzando sia la tecnologia PUAE che il processo estrattivo convenzionale.

Poiché, al momento, il processo innovativo è implementato a scala di laboratorio, la resa, la tipologia ed il numero dei macchinari impiegati non sono da considerarsi rappresentativi di un potenziale processo a scala semi-industriale, così come gli impatti derivanti.

La metodologia LCA

In tema di sostenibilità ambientale, l'Analisi del Ciclo di Vita rappresenta lo strumento ampiamente

ricosciuto dalla comunità scientifica per misurare in termini oggettivi i costi ed i benefici di prodotti e servizi. Ampliare l'ottica con la quale si effettua la progettazione permette di considerare tutti gli aspetti ambientali lungo l'intera filiera produttiva, senza trasferire impatti ambientali da una fase a quelle successive.

La metodologia LCA costituisce, infatti, un processo oggettivo di valutazione dei carichi ambientali connesso con un prodotto, un processo o un'attività, attraverso l'identificazione e quantificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente, per valutarne l'impatto e per valutare le opportunità di miglioramento ambientale. La caratteristica fondamentale di questa tecnica, che segue per le linee generali gli standards ISO 14040 e ISO 14044, è costituita dal metodo innovativo con cui affronta l'analisi dei sistemi industriali: dall'approccio tipico dell'ingegneria tradizionale, che privilegia lo studio separato dei singoli elementi, si passa ad una visione globale del sistema produttivo, in cui tutti i processi di trasformazione, a partire dall'estrazione delle materie prime fino allo smaltimento dei prodotti a fine vita, sono presi in considerazione.

L'LCA rappresenta un elemento chiave delle politiche UE quali la politica integrata dei prodotti, IPP (COM/2003/0302), la direttiva quadro sui rifiuti (Direttiva 2008/98/CE), il piano d'azione per la produzione e il consumo sostenibili (PCS) e la politica industriale sostenibile (PIS) (COM(2008) 397). Inoltre, le informazioni rese disponibili dall'LCA possono anche sostenere l'elaborazione di politiche pubbliche fornendo criteri di eco progettazione, contribuendo ad esempio al raggiungimento di obiettivi relativi alle prestazioni nell'ambito del Piano d'azione per le tecnologie ambientali (ETAP - Environmental Technologies Action Plan) adottato dalla Commissione Europea il 28/01/2004.

Lo studio dei processi in ottica "life-cycle" consente così di ottenere il quadro globale integrato degli effetti ambientali per effettuare valutazioni comparative tra le diverse strade alternative finalizzate alla riduzione dei potenziali impatti ambientali ed in particolare delle emissioni di gas serra.

Obiettivo dello studio

L'**obiettivo dello studio** è stato, quindi, quello di valutare i **principali impatti ambientali associati al ciclo di vita** dell'estrazione di collagene marino dalla pelle di cefalo comparando i due diversi processi:

- (A) un'innovativa tecnologia pulsata ad ultrasuoni;
- (B) una metodologia di estrazione tradizionale.

Campo di applicazione dello studio

Unità funzionale

Per questa analisi è stata considerata, quale **unità funzionale**, **un grammo di collagene solubile in acido (Acid Soluble Collagen, ACS) estratto**.

Confini del sistema

Questo studio è definito “dalla culla al cancello” (“from-cradle-to-gate”), perché considera le fasi di approvvigionamento delle materie prime e dell’energia e la produzione del prodotto finale, escludendo le fasi di distribuzione, utilizzo, e fine vita.

I confini del sistema sono rappresentati in rosso tratteggiato in **Figura 10**.

I confini del sistema includono solitamente le seguenti tre fasi del ciclo di vita:

- Upstream processes (from cradle-to-gate);
- Core processes, manufacturing processes (from gate-to-gate);
- Downstream processes (from gate-to-grave).

Poiché l’analisi qui presentata è di tipo “from cradle-to-gate”, i processi downstream (from gate-to-grave) non vengono modellati all’interno dell’analisi del ciclo di vita.

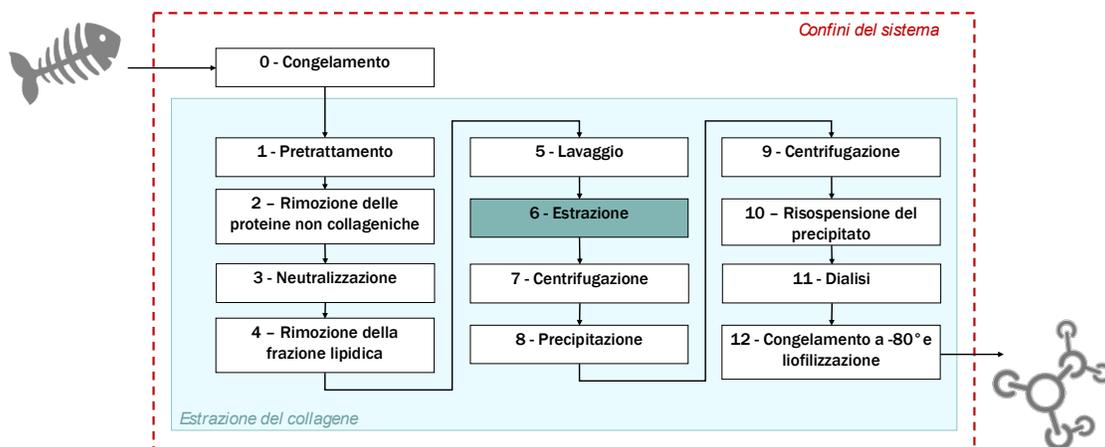


Figura 10. Schema del processo di estrazione del collagene a partire dalla biomassa organica scartata dalla filiera ittica, suddiviso nelle sue fasi, e confini del sistema (indicati in rosso tratteggiato).

Lo schema del processo considera gli Upstream e Core processes, in accordo con le norme ISO 14040-14044.

Analisi di inventario

L’analisi d’inventario comprende la raccolta dei dati ed i procedimenti di calcolo che consentono di quantificare i flussi in entrata ed in uscita dal sistema. I dati raccolti si riferiscono al processo di estrazione del collagene implementato alla scala di laboratorio e descritto in precedenza. I dati sono da riferirsi all’anno 2021.

Raccolta dati

Input principale per la produzione del collagene è la **pelle di cefalo**, ottenuta dagli scarti della filiera ittica. Oltre a questa, i flussi in ingresso al sistema includono acqua, sostanze chimiche necessarie ad

alcune delle fasi di trattamento e l'energia richiesta per l'alimentazione dei macchinari impiegati. Di seguito sono elencati i dati raccolti, suddivisi in acqua, materiali ed energia. I dati sono riferiti a **5 grammi di pelle di cefalo utilizzati in input all'intero processo**.

Il processo di estrazione del collagene alla scala di laboratorio prevede l'impiego di acqua, come consumo diretto, in quattro diverse fasi: pretrattamento, neutralizzazione, lavaggio ed estrazione (nel caso di estrazione con ultrasuoni – processo A). Gli input relativi al consumo idrico, suddivisi per fase, sono riportati in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

| Fase | Quantità [ml] |
|---|---------------|
| 0 - Congelamento | - |
| 1 - Pretrattamento | 100 |
| 2 - Rimozione delle proteine non collageniche | |
| 3 - Neutralizzazione | 50 |
| 4 - Rimozione frazione lipidica | - |
| 5 - Lavaggio | 50 |
| 6 - Estrazione (processo A) | 40,50 |
| 6 - Estrazione (processo B) | - |
| 7 - Centrifugazione | - |
| 8 - Precipitazione | - |
| 9 - Centrifugazione | - |
| 10 - Risospensione del precipitato | - |
| 11 - Dialisi | - |
| 12 - Congelamento a -80°e liofilizzazione | - |

Tabella 2. Dati di input relativi al consumo idrico diretto, suddivisi per fasi.

Il processo di estrazione del collagene implementato richiede l'impiego di una serie di sostanze chimiche, necessarie a sei delle dodici fasi di trattamento, inclusa la fase di estrazione vera e propria (per entrambe le metodologie applicate, con o senza ultrasuoni).

Gli input relativi all'utilizzo di sostanze chimiche, suddivisi per fase, sono riportati in **Tabella 1**. Le quantità riportate (**Tabella 1**, colonna 'Quantità soluzione [ml]') si riferiscono alla soluzione di acqua e altre sostanze, nelle concentrazioni riportate nella colonna 'Soluzione' di **Tabella 1**.

| Fase | Soluzione | Quantità soluzione [ml] |
|--------------------|-----------|-------------------------|
| 0 - Congelamento | - | - |
| 1 - Pretrattamento | - | - |

| | | |
|---|-------------------------|--------|
| 2 – Rimozione delle proteine non collageniche | Idrossido di sodio 0.1M | 150 |
| 3 - Neutralizzazione | - | - |
| 4 - Rimozione frazione lipidica | Alcool butilico al 10% | 50 |
| 5 - Lavaggio | - | - |
| 6 - Estrazione (processo A) | Acido acetico 0.5 M | 50 |
| 6 - Estrazione (processo B) | Acido acetico 0.5 M | 50 |
| 7 - Centrifugazione | - | - |
| 8 - Precipitazione | NaCl 2.3 M in tris-HCl | 15 |
| 9 - Centrifugazione | - | - |
| 10 - Risospensione del precipitato | Acido acetico 0.5 M | 10 |
| 11 - Dialisi | Acido acetico 0.1 M | 20,000 |
| 12 - Congelamento a -80°e liofilizzazione | - | - |

Tabella 1. Dati di input relativi all'impiego di sostanze chimiche, suddivisi per fasi.

Il processo di estrazione del collagene alla scala di laboratorio prevede l'impiego di una serie di apparecchiature elettriche, i cui consumi, suddivisi per fase, sono riportati in **Tabella 2**.

| Fase | Macchinario | Tempo di funzionamento | Consumi |
|---|---------------------|------------------------|-----------|
| 0 – Congelamento | congelatore | 72 h | 3.929 kWh |
| 1 - Pretrattamento | - | - | - |
| 2 – Rimozione delle proteine non collageniche | agitatore | 24 h | 15.12 kWh |
| 3 - Neutralizzazione | pompa da vuoto | 20 sec | 1 Wh |
| 4 - Rimozione frazione lipidica | - | - | - |
| 5 - Lavaggio | - | - | - |
| 6 – Estrazione (processo A) | sonicatore | 60 min | 200 Wh |
| | agitatore | 72 h | 45.36 kWh |
| 6 – Estrazione (processo B) | agitatore | 72 h | 45.36 kWh |
| 7 - Centrifugazione | centrifugatore | 1 h | 6 kWh |
| 8 - Precipitazione | agitatore | 18 h | 11.34 kWh |
| 9 - Centrifugazione | centrifugatore | 1 h | 6 kWh |
| 10 - Risospensione del precipitato | frigo | 24 h | 0.786 kWh |
| 11 - Dialisi | agitatore magnetico | 12 h | 48 Wh |
| | frigo | 12 h | 0.573 kWh |
| 12 - Congelamento a -80°e liofilizzazione | freezer | 18 h | 28.98 kWh |
| | liofilizzatore | 24 h | 46.08 kWh |

Tabella 2. Dati di input relativi al consumo di energia elettrica, suddivisi per fasi.

Per quanto riguarda il congelatore utilizzato nella fase 0, così come il frigo impiegato nelle fasi 10 e 11, i consumi riportati in tabella sono stati poi allocati considerando la quota parte di volume occupato dalle provette utilizzate nel processo di estrazione del collagene rispetto al volume totale disponibile. Questa scelta si basa sull'assunzione che tali apparecchiature possano essere impiegate contemporaneamente anche per altri utilizzi diversi da quello di estrazione del collagene.

Valutazione dell'impatto del ciclo di vita

Categorie di impatto e indicatori di impatto

Dopo aver effettuato l'Analisi dell'Inventario, è necessario imputare i consumi e le emissioni ottenuti in questa fase a specifiche categorie di impatto riferibili ad effetti ambientali conosciuti (classificazione) e nel quantificare, con opportuni metodi di caratterizzazione, l'entità del contributo complessivo che il processo arreca agli effetti considerati.

Le categorie d'impatto considerate nel presente studio sono le seguenti:

- **Impatto sul cambiamento climatico:** potenziale di riscaldamento globale (**GWP**), misurato in kg di CO₂ equivalente;
- **Consumo di risorse energetiche: Cumulative Energy Demand (CED)**, misurato in MJ ;
- **Consumo idrico (Water use)**, misurato in kg di acqua consumata.

Cambiamenti Climatici: potenziale di riscaldamento globale (GWP)

L'anidride carbonica rappresenta il principale gas serra di origine antropica. Gli altri gas che contribuiscono all'effetto serra sono il metano (CH₄), il protossido di azoto (N₂O), i cloro-fluoro-carburi (CFC) e gli idro-cloro-fluoro-carburi (HCFC).

Il GWP (Global Warming Potential) di una sostanza è dato dal rapporto tra il contributo all'assorbimento della radiazione calda che viene fornito dal rilascio istantaneo di 1 kg di tale sostanza e quello fornito dall'emissione di 1 kg di CO₂. Tali contributi sono valutati per un periodo di 100 anni di permanenza dei gas nell'atmosfera.

Per il GWP sono stati utilizzati i fattori IPCC 2013 (Fifth Assessment Report - Climate Change 2013 – IPCC, metodo CML v. 4.7 Gennaio 2016).

Cambiamenti Climatici: potenziale di riscaldamento globale (GWP)

I consumi di risorse comprendono le risorse rinnovabili e non rinnovabili sia energetiche che materiali (materie prime).

Un indicatore specifico delle prime è rappresentato dal consumo di risorse energetiche, valutato secondo il metodo CED (Cumulative Energy Demand). Questo indicatore considera la richiesta di energia primaria per l'intero ciclo di vita del prodotto considerato, tenendo conto, ad esempio, della trasformazione dei materiali combustibili in energia elettrica. A questo indicatore contribuiscono, quindi, i materiali combustibili con il loro contenuto di energia primaria. Il fattore di caratterizzazione è in questo caso il potere calorifico del materiale considerato e l'indicatore è espresso in MJ.

Per quanto riguarda il consumo di energia elettrica diretto ed indiretto, per tutte le materie prime e i processi che avvengono sul territorio italiano, viene fatto riferimento in questo studio ad uno specifico mix elettrico, costituito in parte da produzione interna nazionale ed in parte da energia acquistata dall'estero. Quest'ultima, principalmente acquistata dalla Svizzera, risulta essere per la maggior parte energia di tipo nucleare.

Il mix elettrico italiano è illustrato schematicamente in Figura 11.

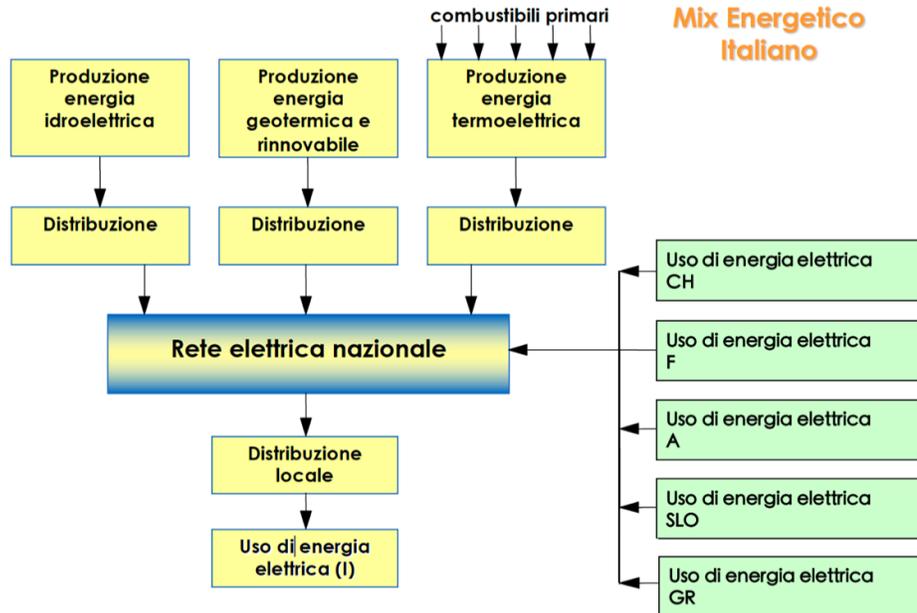


Figura 11. Schematizzazione delle diverse componenti che contribuiscono alla creazione del mix energetico italiano di riferimento.

La composizione in termini percentuali dei diversi contributi è quella fornita da Ecoinvent per l'anno di riferimento 2014 ed è riportata in

Tabella 3. Attualmente, non risultano presenti all'interno del database Ecoinvent dati successivi all'anno 2014. I dati del 2014 possono essere considerati rappresentativi dello scenario energetico attuale.

| FONTE | PERCENTUALE |
|--------------------|-------------|
| Carbone | 13.29% |
| Gas naturale | 25.52% |
| Olio combustibile | 3.71% |
| Lignite | 0.30% |
| Geotermico | 1.87% |
| Idroelettrico | 19.40% |
| Eolico | 4.95% |
| Biomassa | 5.26% |
| Solare | 10.30% |
| Import da Austria | 0.51% |
| Import da Svizzera | 8.04% |
| Import da Francia | 5.11% |
| Import da Grecia | 0.04% |
| Import da Slovenia | 1.70% |

Tabella 3. Composizione percentuale del mix energetico italiano (fonte: Ecoinvent, 2014).

Un indicatore specifico delle risorse materiali è rappresentato da tutte le materie prime impiegate lungo tutto il ciclo di vita. Non esistono per questo indicatore dei fattori di caratterizzazione ed ogni materia prima impiegata, intesa come materiale estratto dalla terra, viene sommata alle altre semplicemente tenendo conto della quantità consumata in massa. Il consumo idrico è riportato separatamente ed è espresso in kg.

Risultati ambientali

Nel seguito sono riportati i risultati relativi alla quantificazione degli indicatori ambientali associati all'estrazione di un grammo di collagene solubile in acido (Acid Soluble Collagen, ACS) utilizzando la tecnologia pulsata ad ultrasuoni (Processo A) (Tabella 4) e la metodologia di estrazione tradizionale (Processo B) (Tabella 4. Risultati ambientali associati all'estrazione di un grammo di collagene solubile in acido (Acid Soluble Collagen, ACS) utilizzando la tecnologia pulsata ad ultrasuoni.). I risultati sono presentati sia per il processo completo che separati per le diverse fasi.



**Analisi del Ciclo di Vita del collagene marino estratto dalla
biomassa organica scartata della pesca**

Revisione 0.3

| | <i>Indicatore U.M.</i> | GWP kg CO ₂ eq | CED MJ | Cons. idrico kg acqua |
|--|----------------------------|-------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| 0 – Congelamento | | 0.000 | 0.003 | 0.003 |
| 1 - Pretrattamento | | 0.000 | 0.000 | 0.008 |
| 2 – Rimozione delle proteine non collageniche | | 0.524 | 10.919 | 10.201 |
| 3 - Neutralizzazione | | 0.000 | 0.001 | 0.005 |
| 4 - Rimozione frazione lipidica | | 0.003 | 0.107 | 0.156 |
| 5 - Lavaggio | | 0.000 | 0.000 | 0.004 |
| 6 – Estrazione | | 1.583 | 32.962 | 30.763 |
| 7 - Centrifugazione | | 0.208 | 4.333 | 4.043 |
| 8 - Precipitazione | | 0.393 | 8.192 | 7.646 |
| 9 - Centrifugazione | | 0.208 | 4.333 | 4.043 |
| 10 – Risospensione del precipitato | | 0.000 | 0.007 | 0.007 |
| 11 - Dialisi | | 0.020 | 0.572 | 2.172 |
| 12 - Congelamento a -80°e liofilizzazione | | 1.758 | 36.603 | 34.154 |
| TOTALE | | 4.698 | 98.031 | 93.205 |

Tabella 4. Risultati ambientali associati all'estrazione di un grammo di collagene solubile in acido (Acid Soluble Collagen, ACS) utilizzando la tecnologia pulsata ad ultrasuoni.

| | <i>Indicatore U.M.</i> | GWP kg CO ₂ eq | CED MJ | Cons. idrico kg acqua |
|--|----------------------------|-------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| 0 – Congelamento | | 0.000 | 0.005 | 0.004 |
| 1 - Pretrattamento | | 0.000 | 0.000 | 0.014 |
| 2 – Rimozione delle proteine non collageniche | | 0.850 | 17.706 | 16.542 |
| 3 - Neutralizzazione | | 0.000 | 0.001 | 0.008 |



Revisione 0.3

| | | | |
|---|--------------|----------------|----------------|
| 4 - Rimozione frazione lipidica | 0.005 | 0.173 | 0.253 |
| 5 - Lavaggio | 0.000 | 0.000 | 0.007 |
| 6 - Estrazione | 2.551 | 53.126 | 49.577 |
| 7 - Centrifugazione | 0.337 | 7.026 | 6.556 |
| 8 - Precipitazione | 0.638 | 13.285 | 12.399 |
| 9 - Centrifugazione | 0.337 | 7.026 | 6.556 |
| 10 - Risospensione del precipitato | 0.001 | 0.011 | 0.012 |
| 11 - Dialisi | 0.033 | 0.928 | 3.522 |
| 12 - Congelamento a -80°e liofilizzazione | 2.850 | 59.356 | 55.384 |
| TOTALE | 7.603 | 158.642 | 150.833 |

Tabella 5. Risultati ambientali associati all'estrazione di un grammo di collagene solubile in acido (Acid Soluble Collagen, ACS) utilizzando la tecnologia di estrazione tradizionale.

Interpretazione dei risultati

L'interpretazione è la fase dello studio in cui i risultati dell'analisi di inventario e della valutazione del ciclo di vita sono analizzati congiuntamente per effettuare considerazioni, sotto forma di conclusioni e raccomandazioni, che siano consistenti con lo scopo dello studio.

La comparazione dei risultati ambientali associati all'estrazione di un grammo di collagene solubile in acido (Acid Soluble Collagen, ACS) utilizzando l'innovativa tecnologia pulsata ad ultrasuoni (Processo A) e la metodologia di estrazione tradizionale (Processo B) è riportata in **Tabella 6**.

| Indicatore | U.M. | Processo A: estrazione pulsata ad ultrasuoni | Processo B: estrazione tradizionale |
|------------|-----------------------|--|---|
| GWP | kg CO ₂ eq | 4.698 | 7.603 |



**Analisi del Ciclo di Vita del collagene marino estratto dalla
biomassa organica scartata della pesca**

Revisione 0.3

| | | | |
|--------------|----------|--------|---------|
| CED | MJ | 98.031 | 158.642 |
| Cons. idrico | kg acqua | 93.205 | 150.833 |

Tabella 6. Comparazione dei risultati ambientali associati all'estrazione di un grammo di collagene solubile in acido (Acid Soluble Collagen, ACS) utilizzando la tecnologia pulsata ad ultrasuoni (Processo A) ed una tecnologia di estrazione tradizionale (Processo B).

Dalla comparazione degli impatti riportati in **Tabella 6**, si evince che il processo di estrazione di tipo A, che prevede l'utilizzo di un'innovativa tecnologia pulsata ad ultrasuoni, risulta essere significativamente meno impattante di una processo basato su una metodologia di estrazione tradizionale (processo B). Nello specifico, **la metodologia ad ultrasuoni permette di ridurre gli impatti di circa il 38% per tutte e tre le categorie** (GWP, CED e consumo idrico).

Andando ad analizzare più nel dettaglio le ragioni di questa significativa riduzione degli impatti, si evidenzia che la principale ragione risieda nella **significativamente maggiore efficienza del processo estrattivo ad ultrasuoni rispetto a quello tradizionale**. I due processi differiscono infatti per una sola fase, quella di estrazione vera e propria (FASE 6). L'utilizzo della tecnologia pulsata ad ultrasuoni contribuisce ad un aumento degli impatti, in termini assoluti (i.e. a parità di pelle trattata in input), che può essere considerata effettivamente trascurabile (inferiore all'1% sul totale), portando però ad una produzione di collagene 1.6 volte maggiore.

Al fine di analizzare nel dettaglio quali fasi del ciclo di vita del processo di estrazione del collagene risultino più impattanti, gli impatti associati all'estrazione di un grammo di collagene tramite la tecnologia pulsata ad ultrasuoni (A) ed una tecnologia di estrazione tradizionale (B), suddivisi nelle diverse fasi, sono illustrati in **Figura 12** (per il GWP), in **Figura 13** (per il CED) e in **Figura 14** (per il consumo idrico).

Dalle figure si evince che:



Analisi del Ciclo di Vita del collagene marino estratto dalla biomassa organica scartata della pesca

Revisione 0.3

- Per tutti e tre gli indicatori, le diverse fasi contribuiscono percentualmente agli impatti rispetto al totale in maniera analoga nei due processi A e B. Questo è dovuto al fatto che i due processi hanno in comune 11 fasi su 12, mentre per la fase in cui differiscono (fase 6 di estrazione), la differenza in termini di impatti risulta pressoché trascurabile.
- Per tutti e tre gli indicatori e per entrambi i processi A e B, **le fasi maggiormente impattanti sono quelle di estrazione (fase 6) e di congelamento a -80° e liofilizzazione (fase 12).**

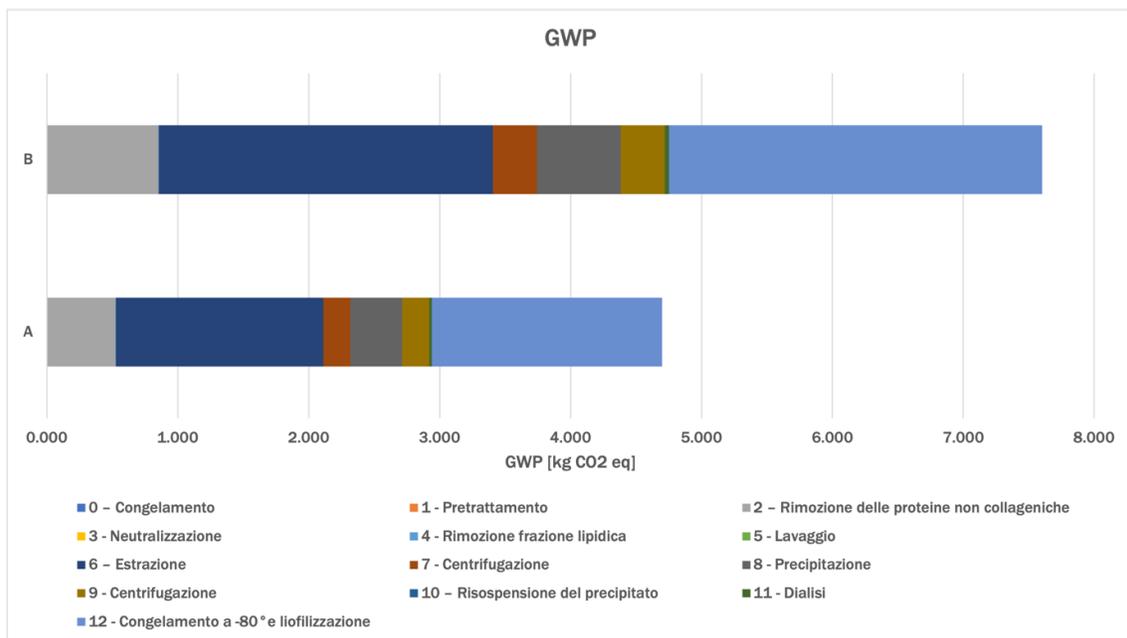


Figura 12. Comparazione degli impatti in termini di GWP (in kg di CO₂ eq) associati all'estrazione di un grammo di collagene solubile in acido (Acid Soluble Collage, ACS) utilizzando la tecnologia pulsata ad ultrasuoni (Processo A) ed una tecnologia di estrazione



**Analisi del Ciclo di Vita del collagene marino estratto dalla
biomassa organica scartata della pesca**

Revisione 0.3

tradizionale (Processo B), suddivisi nelle diverse fasi.

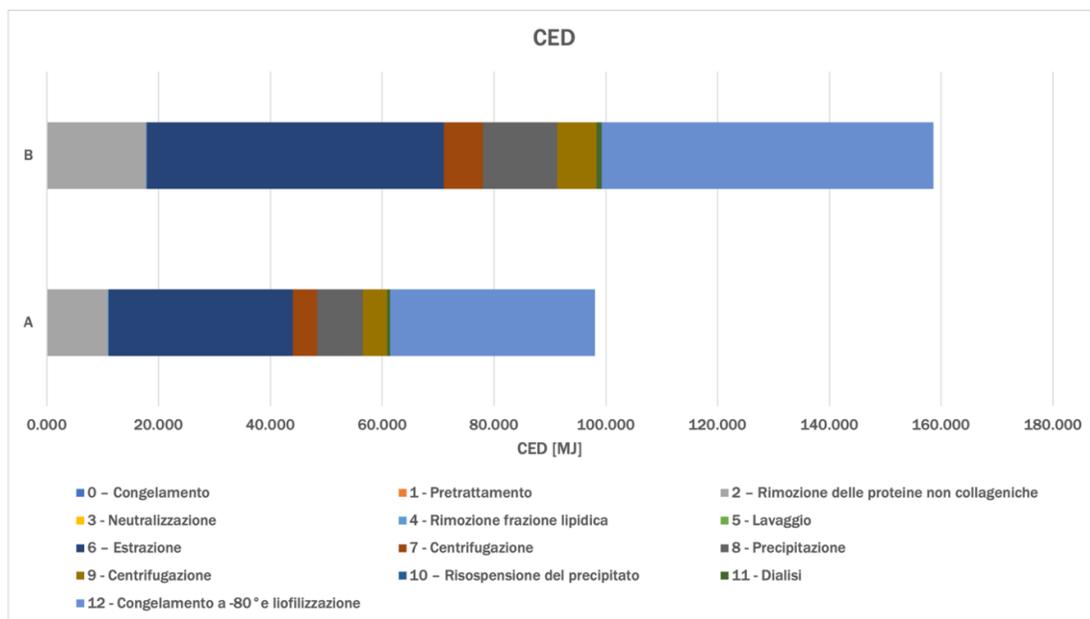


Figura 13. Comparazione degli impatti in termini di CED (in MJ) associati all'estrazione di un grammo di collagene solubile in acido (Acid Soluble Collagen, ACS) utilizzando la tecnologia pulsata ad ultrasuoni (Processo A) ed una tecnologia di estrazione tradizionale (Processo B), suddivisi nelle diverse fasi.

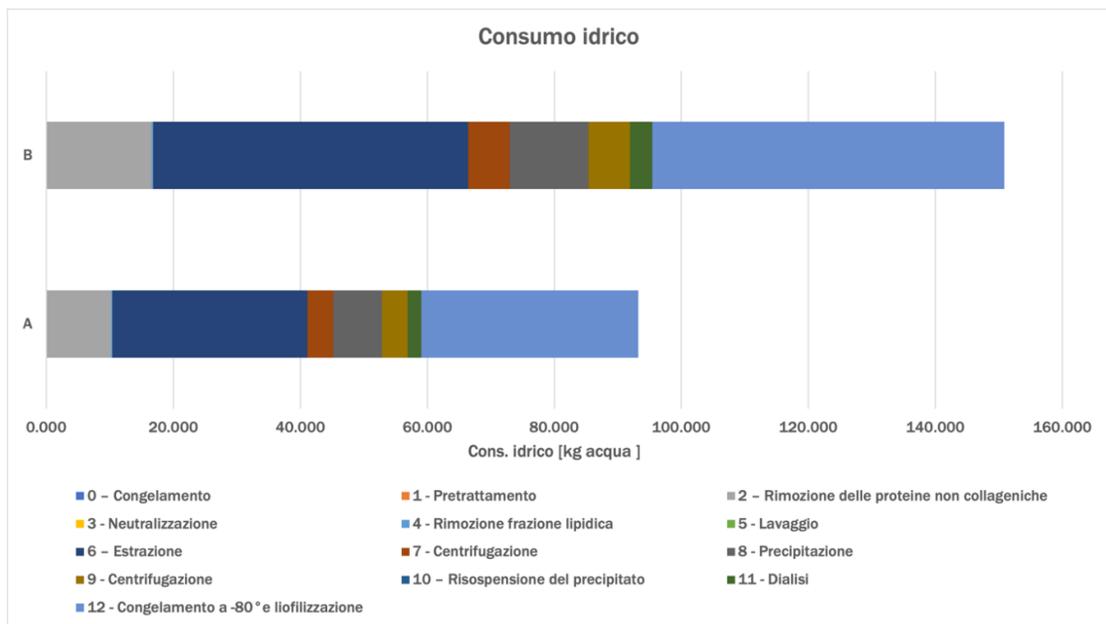


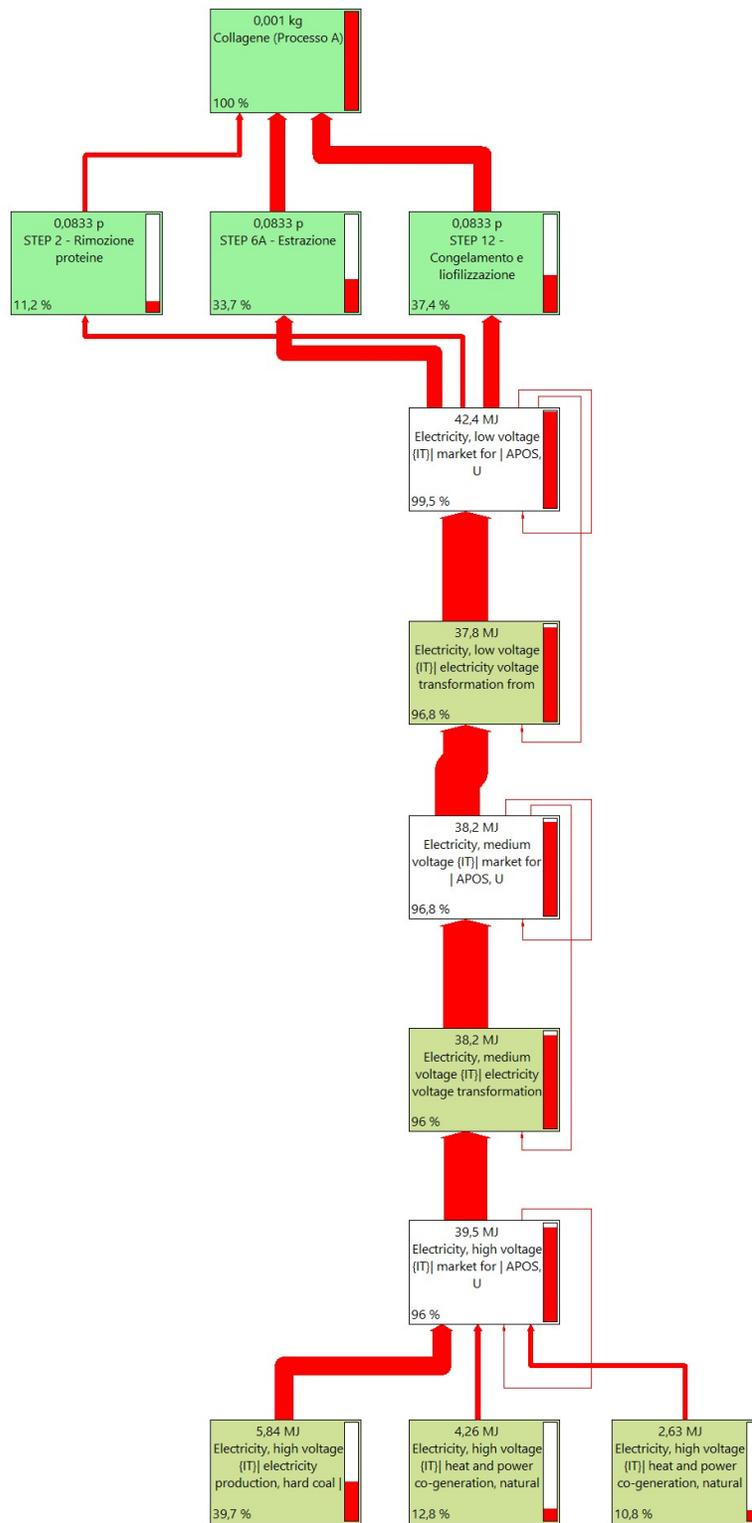
Figura 14. Comparazione degli impatti in termini di consumo idrico (in kg di acqua) associati all'estrazione di un grammo di collagene solubile in acido (Acid Soluble Collagen, ACS) utilizzando la tecnologia pulsata ad ultrasuoni (Processo A) ed una tecnologia di estrazione tradizionale (Processo B), suddivisi nelle diverse fasi.



Analisi del Ciclo di Vita del collagene marino estratto dalla biomassa organica scartata della pesca

Revisione 0.3

I diagrammi ad albero riportati a seguire per i due diversi processi A e B e per i tre indicatori di impatto (Figure 15-20), illustrano come la principale causa degli elevati impatti associati a queste due fasi sia imputabile agli elevati consumi elettrici richiesti per l'alimentazione dei macchinari impiegati.





Analisi del Ciclo di Vita del collagene marino estratto dalla biomassa organica scartata della pesca

Revisione 0.3

Figura 15. Albero GWP – Processo A.

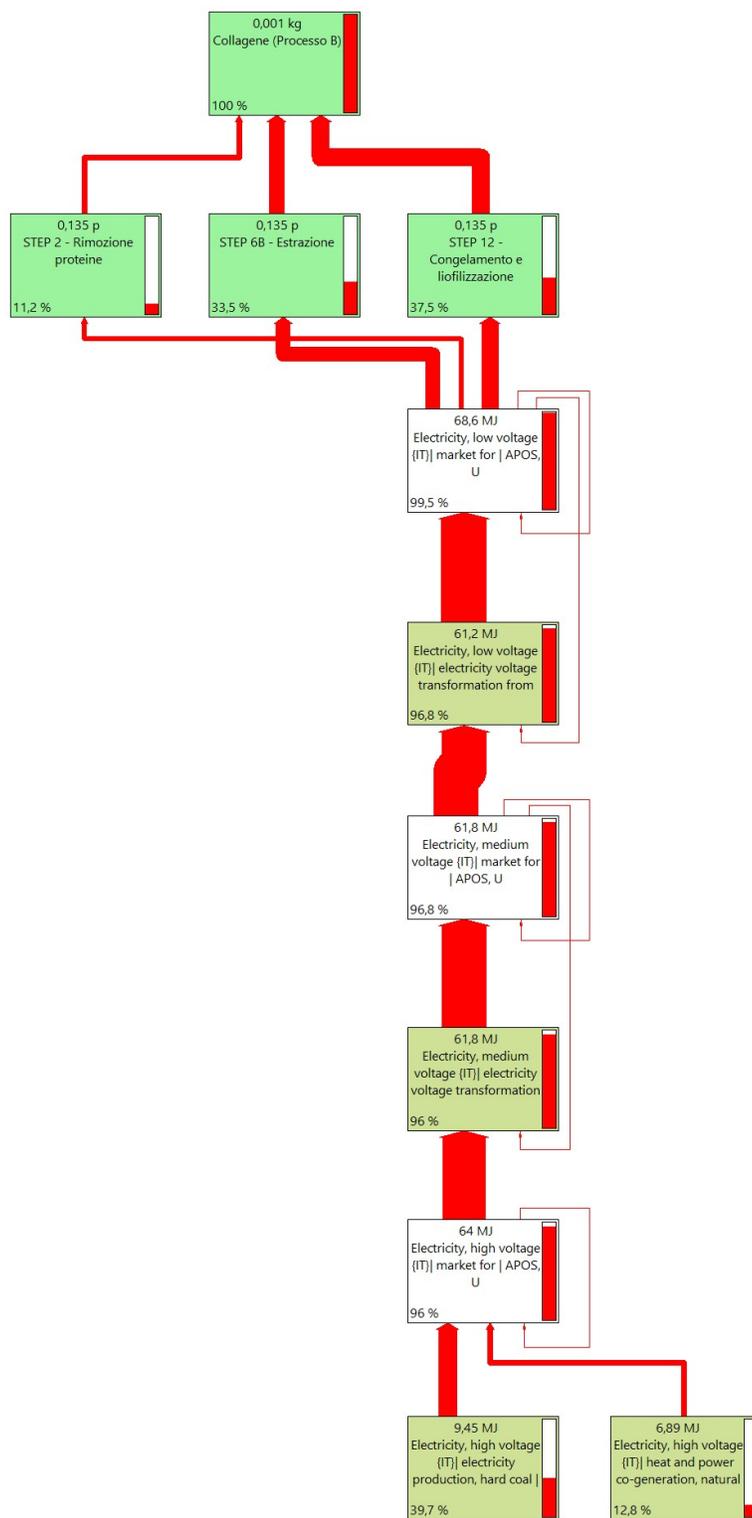


Figura 16. Albero GWP – Processo B.



Analisi del Ciclo di Vita del collagene marino estratto dalla biomassa organica scartata della pesca

Revisione 0.3

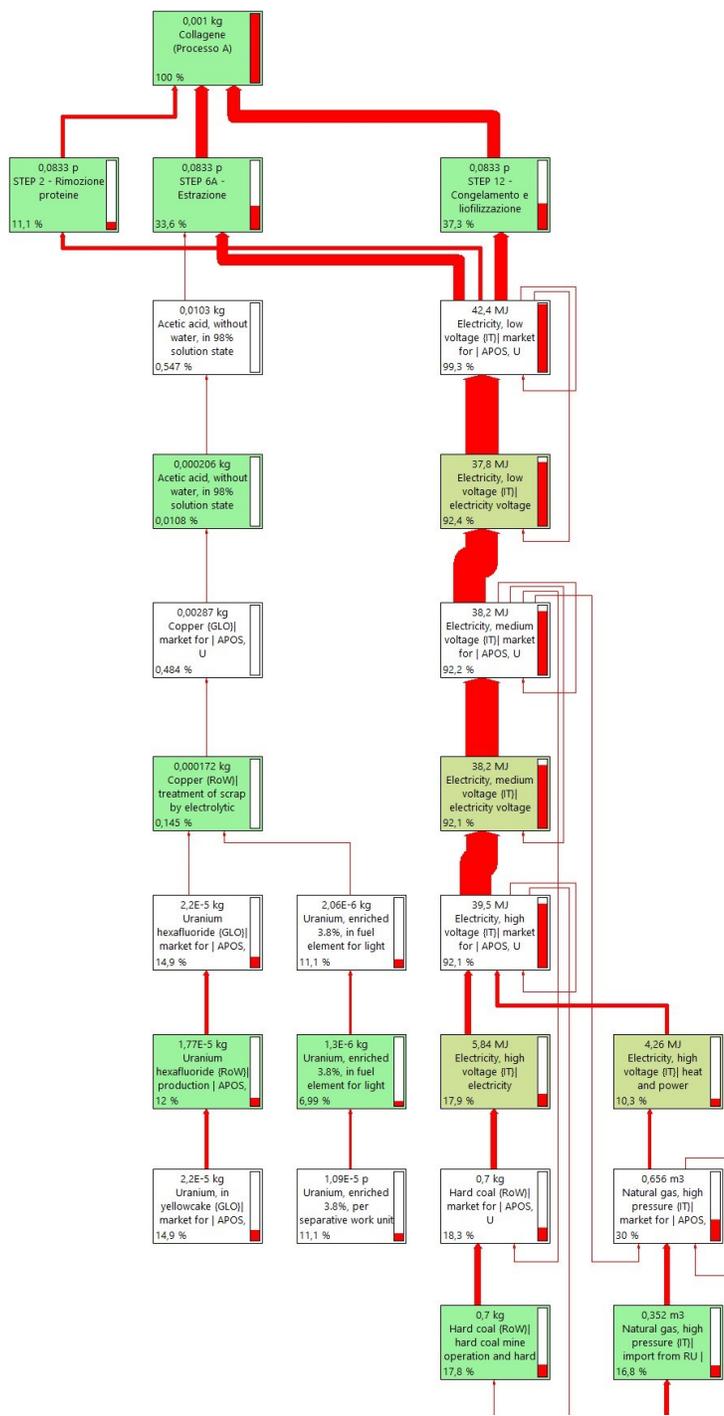


Figura 17. Albero CED - Processo A.

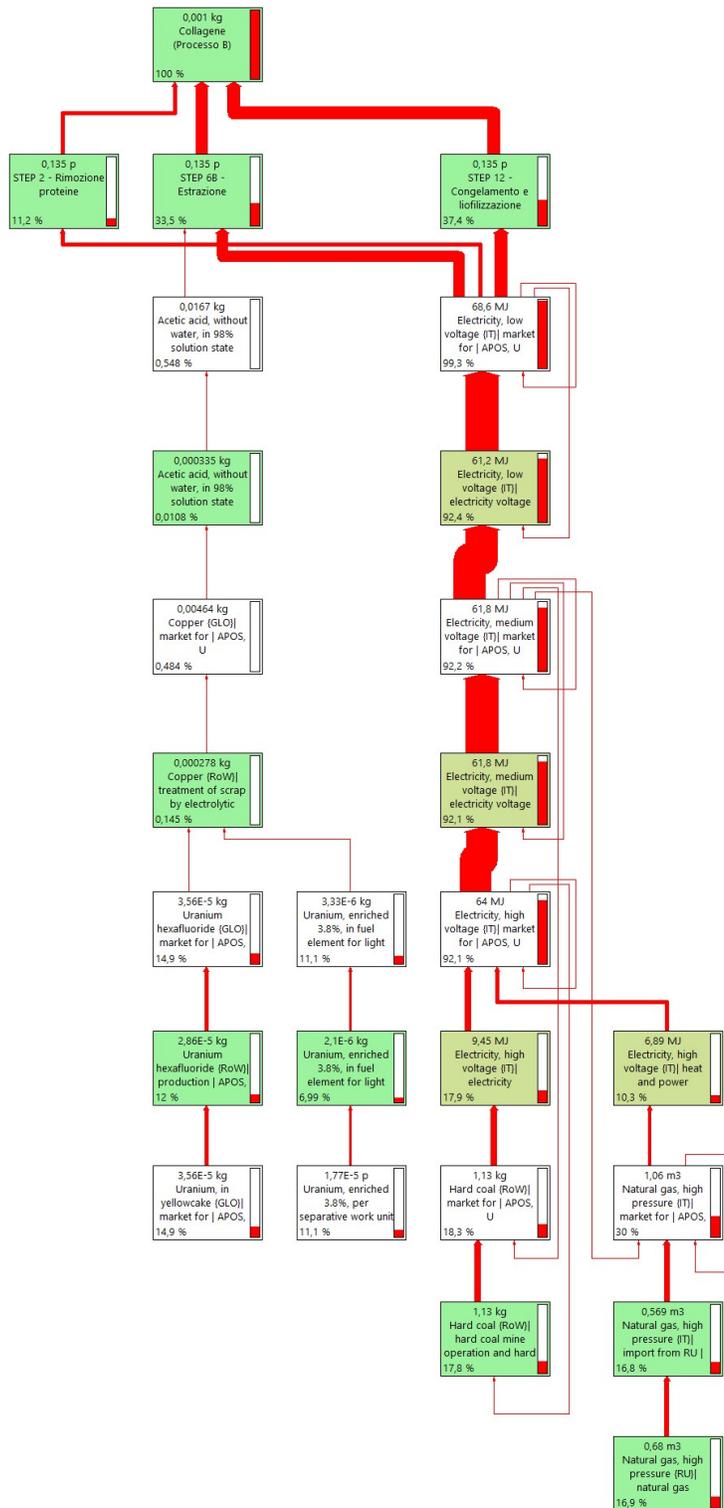


Figura 18. Albero CED - Processo B.



Analisi del Ciclo di Vita del collagene marino estratto dalla biomassa organica scartata della pesca

Revisione 0.3

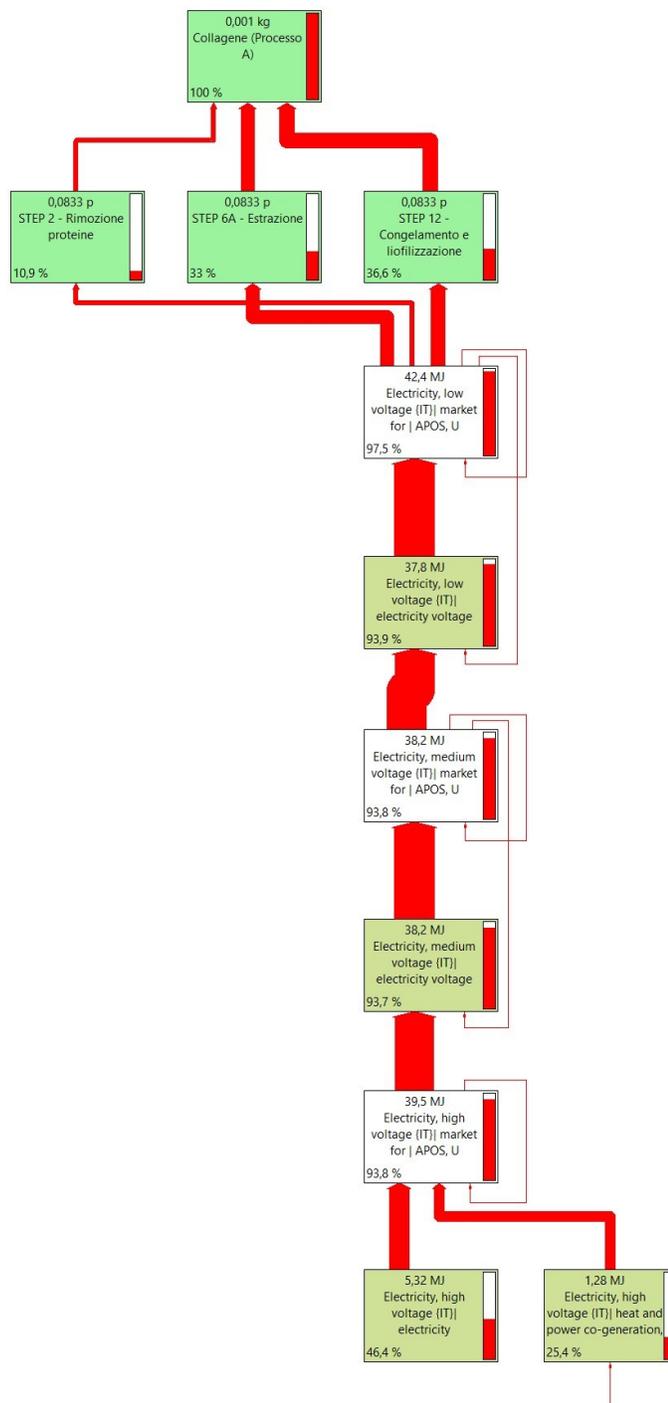


Figura . Albero consumo idrico - Processo A.

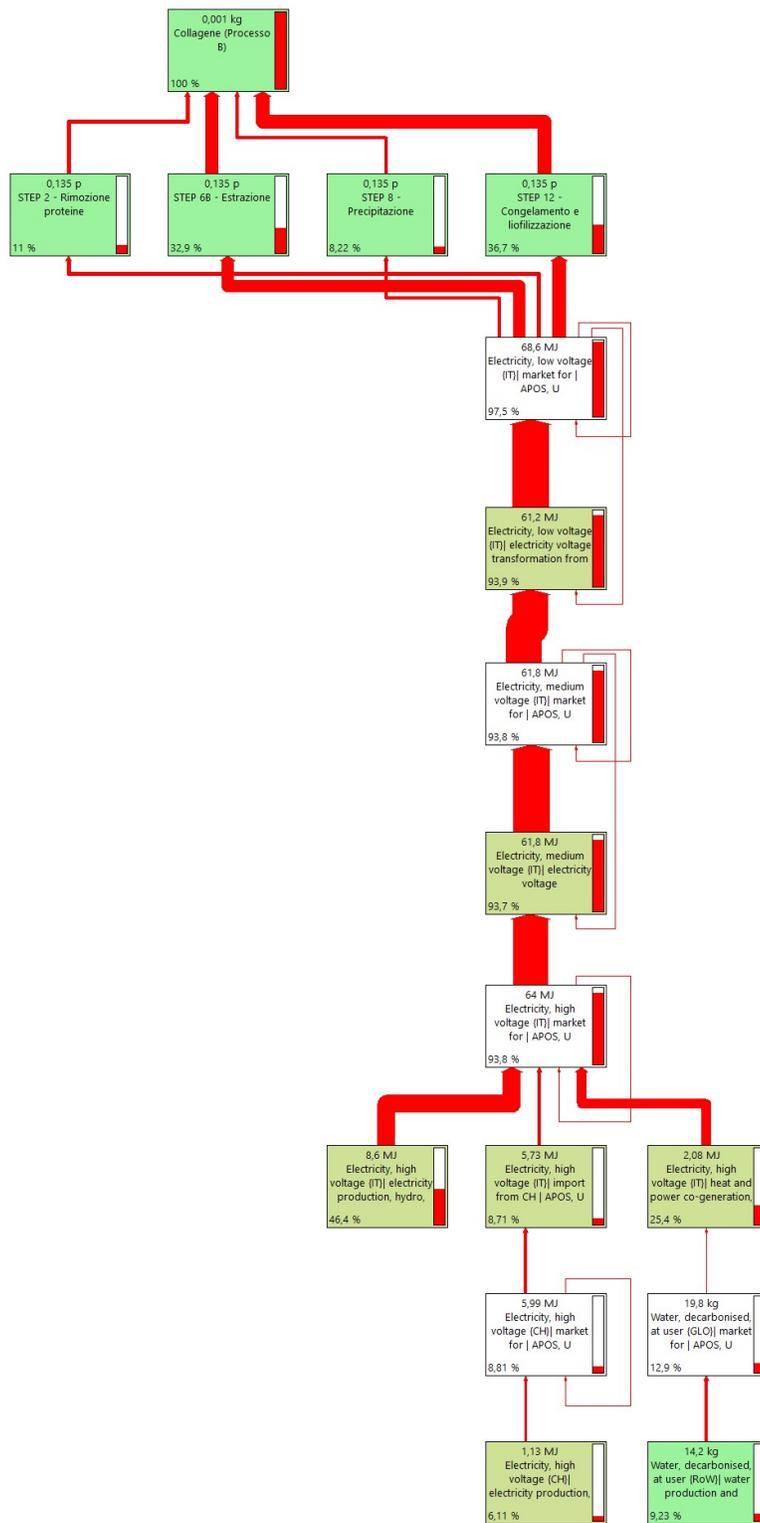


Figura 20. Albero consumo idrico - Processo B.



Analisi del Ciclo di Vita del collagene marino estratto dalla biomassa organica scartata della pesca

Revisione 0.3



Analisi del Ciclo di Vita del collagene marino estratto dalla biomassa organica scartata della pesca

Revisione 0.3

Conclusioni

Lo studio sperimentale, condotto con l'obiettivo di valutare l'impiego di innovativi processi di estrazione di molecole bioattive ad alto valore aggiunto da scarti della pesca, ha dimostrato che la tecnologia innovativa di estrazione pulsata ad ultrasuoni permette una produzione di collagene 1.6 volte maggiore di quella ottenuta con il processo di estrazione tradizionale a parità di pelle di cefalo trattata: 6 mg di collagene estratto per 2.5 g di pelle trattata nel processo innovativo contro 3.7 mg di collagene estratto nel processo tradizionale.

L'applicazione della metodologia LCA ha permesso di valutare i potenziali impatti ambientali del processo e di valutare anche la sostenibilità ambientale di tale tecnologia innovativa.

Dalla comparazione degli impatti tra i due diversi processi analizzati (estrazione ad ultrasuoni e tradizionale), è emerso che la metodologia ad ultrasuoni permette di ridurre gli impatti di circa il 38% per tutte e tre le categorie di impatto considerate (impatto sul cambiamento climatico, consumo di risorse energetiche, consumo idrico) a parità di quantità di collagene prodotto. Questo è dovuto al fatto che la tecnologia pulsata ad ultrasuoni presenta una resa significativamente maggiore, seppur contribuisca ad un aumento degli impatti in termini assoluti (i.e. a parità di pelle trattata in input) di poco meno dell'1% sul totale.

Le fasi del ciclo di vita del processo di estrazione del collagene più impattanti, per entrambi i processi, sono quelle di estrazione e di congelamento a -80° e liofilizzazione. La principale causa degli elevati impatti associati a queste due fasi è imputabile agli elevati consumi elettrici richiesti per l'alimentazione dei macchinari impiegati.

L'attuale maggiore limitazione di questo studio è legata al fatto che il processo analizzato sia implementato alla scala di laboratorio. L'implementazione alla scala di laboratorio non risulta essere ottimizzata, poiché molte delle apparecchiature utilizzate non vengono sfruttate al massimo della loro capacità. Di conseguenza, molti dei consumi elettrici dichiarati (maggiori responsabili degli impatti ambientali del processo) potrebbero potenzialmente essere sfruttati per ottenere una maggiore quantità di collagene, andando così a diminuire significativamente gli impatti per unità funzionale (i.e. per grammo di collagene estratto).

Infine, con l'obiettivo di arrivare ad ottenere un vero prodotto finale, in futuro, sarà importante valutare i seguenti aspetti:



Analisi del Ciclo di Vita del collagene marino estratto dalla biomassa organica scartata della pesca

Revisione 0.3

- le modifiche indotte dalle diverse tecniche estrattive sulla qualità finale del prodotto ottenuto: ad esempio il grado di idrolizzazione del collagene;
- il grado di purezza e le proprietà tecnologiche del collagene;
- la riproducibilità di lotti di collagene marino estratto: necessità di analisi atte a garantire l'identità/(sottotipo) di collagene, il peso molecolare e la presenza di prodotti di idrolisi.