

# La Supply Chain dei prodotti della catena del fresco: impatti ambientali e opportunità di miglioramento

Sara Toniolo

Università degli Studi di Verona

Ilenia Bravo

Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale

Ivan Russo

Università degli Studi di Verona

Patrizia Papetti

Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale

## ABSTRACT

Il miglioramento della disponibilità di alimenti e l'efficientamento della supply chain allo scopo di ridurre sprechi e perdite di valore, sono alcuni dei temi maggiormente approfonditi nel settore agroalimentare. Tuttavia, la gestione della supply chain alimentare è un processo complesso, a causa degli elevati standard qualitativi relativi alle caratteristiche organolettiche e funzionali degli alimenti; in particolare, quella degli orticoli cosiddetti "freschi", per i quali è necessario mantenere le caratteristiche sensoriali e nutritive fino al momento del consumo. Ne deriva, quindi, l'esigenza di analizzare i più comuni indicatori di prestazione ambientale che nel settore orticolo riguardano i consumi di acqua e energia, l'utilizzo di sostanze chimiche per fertilizzare e concimare, l'utilizzo di imballaggi e il trattamento di prodotti di scarto. Tali indicatori, in questa ricerca, sono stati studiati attraverso un'analisi bibliografica con l'obiettivo di esplorare la supply chain dei prodotti a taglio fresco attraverso la prospettiva di ciclo di vita, evidenziandone gli impatti ambientali, anche in riferimento alla loro distribuzione.

Lo studio presenta una review basata su 40 articoli pubblicati tra il 2007 e il 2022, presenti nella banca dati ISI Web of Knowledge. È stata svolta una analisi descrittiva per valutarne le principali caratteristiche, classificarli in base agli aspetti analizzati e alla prospettiva di ciclo di vita utilizzata.

Lo studio evidenzia come una migliore conoscenza della supply chain dei prodotti della catena del fresco sia necessaria per comprendere come ridurre gli impatti ambientali e operare in modo più sostenibile lungo l'intero ciclo di vita dei prodotti.

PAROLE CHIAVE: prodotti taglio fresco; impatti ambientali; supply chain.

## 1. Introduzione

L'aumento dell'approvvigionamento alimentare, determinato anche dal cambiamento negli stili di vita e nelle abitudini di consumo, ha portato a un dispendio esponenziale di risorse e di energia non rinnovabile, e a un aumento dei relativi impatti ambientali, come per esempio l'impronta idrica e di carbonio. I modelli di consumo alimentare incidono sul riscaldamento globale, e la loro distribuzione è responsabile di elevate emissioni di gas ad effetto serra (Stone, et al., 2021). Il mantenimento delle caratteristiche di qualità degli alimenti freschi, i cambiamenti nei regimi di temperatura, l'uso di risorse, gli oneri ambientali, e le misure di efficienza energetica, rappresentano elementi essenziali da considerare per ridurre gli impatti lungo la supply chain (Liu, et al., 2018).

Frutta e verdura rappresentano un elemento indispensabile dei regimi dietetici attuali, sia come prodotti freschi sia come semilavorati. Secondo la European Fresh Produce Association, l'assunzione media europea di frutta e verdura fresche, è di circa 364 g pro capite, di cui 212 g di frutta e 152 g di verdure (Raffo e Paoletti, 2022), mentre l'Organizzazione Mondiale della Sanità ne raccomanda un consumo giornaliero di circa 400 grammi (Anderson, et al., 2005).

Sul mercato, gli alimenti cosiddetti "freschi", vengono definiti di IV gamma, ovvero prodotti che sono sottoposti a processi tecnologici di minima entità finalizzati a garantirne la sicurezza igienica e la valorizzazione. Tali alimenti subiscono procedure di lavorazione minime (lavaggio, selezione, sbucciatura, affettatura, triturazione, porzionatura), operazioni che non hanno alcun potenziale effetto sui nutrienti e sulla qualità del prodotto finale. Sono immessi in brevissimo tempo sul mercato ortofrutticolo, confezionati in porzioni sigillate e nel rispetto del mantenimento della catena del freddo (Delgado, et al., 2023). Non essendo sottoposti quindi a trattamenti termici o a completa trasformazione, gli alimenti di IV gamma sono più soggetti a deperibilità durante le diverse fasi, rispetto ad alimenti che subiscono processamento, i quali tendono a conservare più a lungo le loro caratteristiche qualitative. Insalate, zuppe e minestrone, preparati di frutta e verdura freschi, sono caratterizzati da conservabilità a breve termine. La durata commerciale di questi prodotti si aggira solitamente tra i 3-4 giorni, fino ad un massimo di 10 giorni, secondo la tipologia di alimento (Ma, et al., 2017).

I prodotti di IV gamma, introdotti in Europa alla fine degli anni '70, assumono un peso significativo nel Regno Unito, in Italia, Francia e Olanda, con oltre 400 milioni di confezioni presenti in commercio (Galioto, et al., 2022). In Italia, il settore è caratterizzato da una forte concentrazione territoriale; Campania, Lombardia e Veneto, sono le Regioni dove

vengono svolte maggiori attività di trasformazione dei prodotti di tipo orticolo. In particolare rucola, insalate e radicchi rappresentano l'80% degli acquisti da parte dei consumatori italiani. Per quanto riguarda il settore frutticolo, in Trentino, e in altre regioni del Nord Italia, sono svolte le maggiori attività di trasformazione di mele e piccoli frutti (Parmigiani, 2021).

Nonostante abbia subito perdite di volume fino all' 8,6%, l'interesse per i prodotti di IV gamma è in costante crescita. Grazie alla loro praticità e facilità di consumo, nel primo semestre del 2023, hanno generato un fatturato di circa 500 milioni di euro (Baselice, et al., 2017; Parmigiani, 2021). Lo sviluppo di questo settore, ha portato a una differenziazione di prodotto e a un aumento della competitività, sviluppando anche l'indotto, ovvero le tecnologie, i processi e i materiali, quali per esempio, macchine agricole di precisione, sementi e packaging. Sono oltre 500 le aziende agricole impegnate nella produzione di ortaggi destinati esclusivamente alla IV gamma, le quali coltivano una superficie di 6.500 ettari, costituita principalmente da serre (Sandhu, et al., 2019; Singla, et al., 2020; Parmigiani, 2021). La prossimità spaziale delle diverse fasi del processo produttivo, obbligata da esigenze imposte dalla deperibilità del prodotto, ha portato allo sviluppo di veri e propri poli produttivi in grado di condizionare il reddito e l'occupazione di diverse comunità locali. Tale ambito si estende pertanto, oltre le questioni ambientali ed economiche, ad aspetti di tipo sociale, producendo nei consumatori, un aumento dell'interesse e dell'attenzione verso la ricerca di alimenti di qualità (Bortolini, et al 2016; Wang, et al., 2020). Il mantenimento della qualità, anche in termini di ricchezza di fibre e sali minerali, antiossidanti e basso contenuto calorico, rappresenta una delle principali sfide dell'industria alimentare e il controllo della temperatura è uno dei fattori ambientali tra i più importanti, che influenza il tasso di deterioramento del prodotto post-raccolta (Ghezavati, et al., 2017).

Per mantenere un prodotto entro uno specifico intervallo di temperature, dal raccolto, alla produzione e all'utilizzo, sono necessarie condizioni di temperature controllate, e in alcuni casi, controlli dell'atmosfera protettiva. Alcuni tipi di preparazione richiedono temperature nel range di 0-4 °C, mentre altre tipologie, temperature fra i 5-9 °C (Berno, et al., 2014; Zhao, et al., 2022). A tal riguardo, i sistemi nella catena del freddo possono includere impianti di preraffreddamento e congelamento, magazzini di conservazione frigorifera, camion refrigerati, congelatori, vetrine e frigoriferi domestici, caratterizzati da importante dispendio energetico (Diaz et al., 2022). Inoltre, i processi per aggiungere gli additivi gassosi, quali ossigeno, ozono, etilene, vapore acqueo, azoto e anidride carbonica per aumentare la conservabilità, garantire la sicurezza e inibire le reazioni enzimatiche, risultano essere processi estremamente energivori (Mistriotis, et al., 2016; Malak-Rawlikowska, et al., 2020; Tsironi and Giannakourou, 2021).

Il mancato rispetto di queste condizioni può tradursi in alterazioni del prodotto (Giuggioli, et al. 2017; Pedreschi et al., 2022), rendendolo non più adatto per il consumatore con conseguenti ripercussioni in termini di perdite economiche, di produttività e spreco alimentare (Diaz, et al., 2022). La refrigerazione e i magazzini refrigerati, quindi, oltre a garantire una protezione durante il deposito e il trasferimento del prodotto, consentono ai produttori di consolidarne i volumi e utilizzare i mezzi di trasporto in modo efficiente (Alzubi and Noche, 2022).

Tuttavia, il trasporto dell'ortofrutta fresca è uno degli elementi di maggiore impatto (Caracciolo, et al., 2017). Le emissioni dalle strutture di stoccaggio e trasbordo rappresentano un quarto delle emissioni totali del settore della logistica delle merci e quasi il 15% delle emissioni è il risultato diretto delle attività nei siti logistici (Rüdiger, et al. 2016; Rüdiger, et al. 2017). Lo stoccaggio e la movimentazione di un pallet di frutta in un magazzino frigorifero commerciale di larga scala, richiede 7,62 kWh di elettricità al giorno e 7,52 kg di CO<sub>2</sub> eq/d (Du Plessis, et al., 2022).

In questo contesto, la presente ricerca, ha quindi l'obiettivo di analizzare gli impatti ambientali dovuti alle diverse fasi di approvvigionamento dei prodotti di IV gamma secondo una prospettiva di ciclo di vita, evidenziando le principali soluzioni per migliorare la sostenibilità della supply chain dei prodotti a taglio fresco.

## 2 Metodologia

In linea con l'obiettivo, questo studio risponde alle seguenti domande di ricerca (RQ):

- RQ1: Quali sono gli aspetti associati ai prodotti a taglio fresco esplorati con una prospettiva di ciclo di vita?
- RQ2: Quali soluzioni possono ridurre gli impatti ambientali associati ai prodotti a taglio fresco da una prospettiva di ciclo di vita?

Per rispondere a queste domande, è stata sviluppata una analisi della letteratura sistematica per sintetizzare e confrontare le evidenze empiriche, in linea con Snyder (2019). La ricerca è stata svolta seguendo gli step suggeriti da Durach, et al. (2017), ovvero raccolta degli articoli, selezione e analisi del contenuto.

### 2.1 Ricerca della letteratura

L'unità di analisi del presente lavoro di ricerca è costituita dai singoli articoli scientifici pubblicati in riviste o atti di convegno accademici. La ricerca è stata sviluppata seguendo questi step:

- Raccolta degli articoli. È stata svolta una ricerca per parole chiave nel database ISI Web of Knowledge con un orizzonte temporale dal 2000 al 2022. Le parole chiave sono state selezionate e combinate per raccogliere gli articoli riguardanti il focus dello studio. La combinazione finale di parole chiave è la seguente: (“supply chain” AND (cold OR fresh OR chilled OR frozen OR “ultra fresh” OR “fresh cut\*” OR “fresh-cut\*”)) AND (“life cycle assessment” OR lca OR “carbon footprint”) AND (fruit OR vegetable\*). Sono stati presi in considerazione solo articoli scritti in Inglese. Al termine di questa fase sono stati ottenuti 71 articoli.
- Selezione degli articoli. Gli articoli ottenuti dallo step precedente sono stati filtrati, includendo soltanto articoli che riguardassero i prodotti a taglio fresco e applicassero una prospettiva di ciclo di vita, selezionando così 40 articoli, che sono stati poi analizzati in modo approfondito.

## 2.2 Analisi della letteratura

Una analisi descrittiva degli articoli selezionati è stata svolta per valutarne le principali caratteristiche, quali per esempio l’anno di pubblicazione, il nome della rivista o del convegno, l’affiliazione del primo autore, e il Paese in cui è svolta la ricerca. L’analisi dei contenuti si è basata sulle domande della ricerca, analizzando in particolare i seguenti elementi:

- In riferimento alla domanda di ricerca RQ1, sono stati studiati gli aspetti dei prodotti a taglio fresco esplorati con una prospettiva di ciclo di vita: coltivazione, trasporto verso i siti di lavorazione, le operazioni di lavorazione, trasporto verso i retailers, attività di utilizzo da parte dei consumatori.
- In riferimento alla domanda di ricerca RQ2, sono state studiate le soluzioni che possono ridurre gli impatti ambientali, soprattutto in riferimento al mantenimento della temperatura controllata, ai consumi di carburante, alle emissioni in acqua, alle emissioni di gas ad effetto serra.

## 3 Risultati e discussioni

Dalla ricerca svolta, è possibile evidenziare le caratteristiche degli articoli studiati e il loro contenuto.

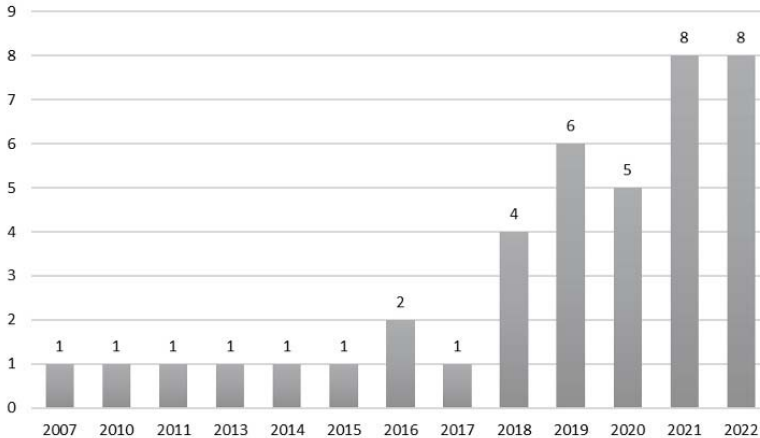
### 3.1 Caratteristiche degli articoli

Sulla base dell’analisi delle caratteristiche degli articoli, si sono ottenuti i seguenti risultati. In riferimento al periodo di pubblicazione, il

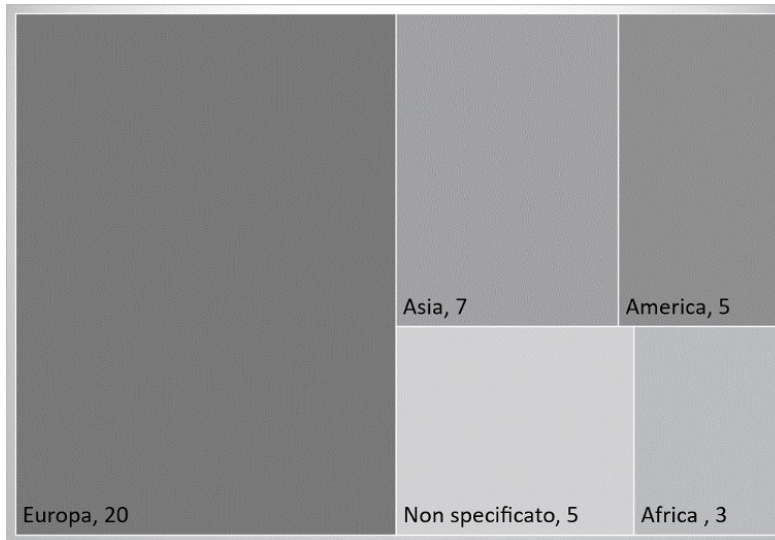
primo articolo sul tema è stato pubblicato nel 2007 e la maggior parte degli articoli selezionati è stata pubblicata negli ultimi 10 anni (37 articoli su 40), dimostrando che l'interesse su questo argomento è stato limitato per diverso tempo, ma che sta crescendo (Figura 1).

Le riviste con il maggior numero di contributi sono il *Journal of Cleaner Production* e *Sustainability*, entrambi con 7 articoli ciascuno, seguiti dall'*International Journal of Life Cycle Assessment* (3 contributi), *Applied Energy* (2 contributi) e *Sustainable Production and Consumption* (2 contributi). Gli altri articoli sono pubblicati in 18 riviste diverse, dimostrando la trasversalità della tematica tra riviste che si occupano di agricoltura, ambiente e gestione del territorio.

Il Paese con il maggior numero di ricerche pubblicate, sulla base dell'affiliazione dei primi autori, è l'Italia (8 articoli), seguita dalla Spagna (6 articoli) e gli Stati Uniti (4 articoli). Per quanto riguarda l'ambito geografico degli studi effettuati, emerge che la metà di questi è effettuata in Europa, rispecchiando quindi l'affiliazione dei primi autori. Vi sono però anche studi effettuati da ricercatori cinesi con il Giappone come ambito geografico, o effettuati da ricercatori Tedeschi in Giordania, dimostrando come gli studi possano riguardare anche ambiti territoriali ampi e di livello globale (Figura 2).



**Figura 1 – Numero di studi pubblicati dal 2007 al 2022**



**Figura 2 – Ambito geografico degli studi analizzati**

### 3.2 Analisi del contenuto

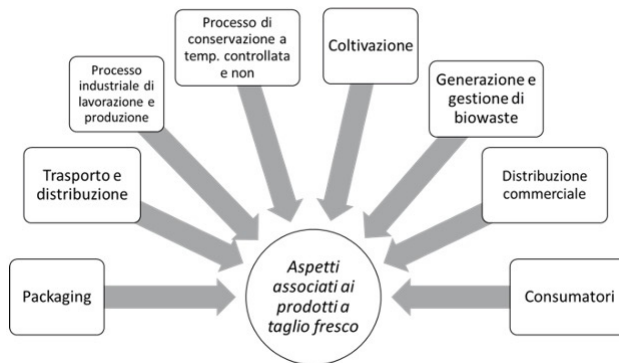
L'analisi del contenuto degli articoli evidenzia come la supply chain dei prodotti a taglio fresco sia analizzata da più punti di vista. I prodotti oggetto di studio sono differenti, anche se alcuni risultano più ricorrenti, quali per esempio: pomodori (Camilo, et al., 2020; Hu, et al., 2019; Payen, et al., 2015; Parajuli, et al., 2021; Pérez Neira, et al., 2018; Xue, et al., 2021), patate (Caracciolo, et al., 2018; Hu, et al., 2019; Parajuli, et al., 2021), olio di palma (Arshad, et al., 2019; Choo, et al., 2011; Munasinghe, et al., 2019; Subramaniam, et al., 2021), lattuga (Rufi-Salís, et al., 2020; Stone, et al., 2021) e mele (Iriarte, et al., 2021; Frankowska, et al., 2019; Loiseau, et al., 2020). Altri prodotti analizzati sono: albicocche, avocado, broccoli, castagne, cedri, ciliegie, spinaci, rucola, bietole, mango e mirtilli. Alcuni studi non specificano la tipologia di prodotto, soprattutto quelli focalizzati sul packaging e sul trasporto e la distribuzione.

Gli aspetti associati ai prodotti a taglio fresco esplorati con una prospettiva di ciclo di vita sono molteplici e includono (Figura 1):

- Packaging. Sono analizzati i materiali per la produzione degli imballaggi e l'ottimizzazione degli imballi stessi, in termini di volumi contenuti.
- Processo industriale di lavorazione/produzione. Molti articoli presentano una analisi delle operazioni di lavorazione dei prodotti a taglio fresco e della loro preparazione per la vendita.

- Trasporto e distribuzione. Sono analizzate le attività di trasporto dai siti di coltivazione a quelli di lavorazione; nonché la distribuzione verso i retailers.
- Processo di conservazione a temperatura controllata e non. Diversi studi analizzano le attività di mantenimento dei prodotti nei magazzini o durante il trasporto.
- Coltivazione. Sono presenti studi che valutano gli impatti dei processi di semina e raccolta dei prodotti.
- Produzione e gestione del biowaste generato. Vi sono articoli che esplorano le attività di recupero e smaltimento degli scarti generati lungo le fasi del ciclo di vita.
- Distribuzione commerciale. Sono presenti studi che analizzano le operazioni che avvengono durante le attività di vendita.
- Abitudini dei consumatori. Sono emerse delle ricerche che studiano le attività svolte dai consumatori, come per esempio mantenimento dei prodotti in casa o trasporto verso i siti di vendita per l'acquisto.

In alcuni casi gli autori si focalizzano su un aspetto, in particolare quelli che analizzano le possibilità di miglioramento del packaging trascurano il contenuto a favore di uno studio più approfondito dell'imballaggio; altri invece applicano la prospettiva di ciclo di vita in modo ampio con approcci soprattutto *from cradle to gate* (Tabella 1).



**Figura 3 – Aspetti associati ai prodotti a taglio fresco**

Gli impatti maggiori lungo la supply chain dei prodotti a taglio fresco possono essere associati a diverse fasi sulla base di quanto lo studio è

ampio e di quanti processi include. In diversi studi, gli impatti maggiori sono dovuti alla distribuzione (Camilo et al., 2020), in particolare per via area ma anche in relazione ai mezzi a temperatura controllata gestiti in modo non efficiente (Sanderson et al., 2019). Nel caso dello studio sviluppato da Dong e Miller (2021) sono le attività di conservazione a freddo nei magazzini e durante il trasporto le principali cause di emissione di gas ad effetto serra; tuttavia, lo studio si focalizza sulla distribuzione, tralasciando altri aspetti. Questo è riscontrato anche nello studio di Frankowska et al. (2019), dove la conservazione a freddo rappresenta un importante contributo soprattutto per i prodotti che vengono conservati per tempi più lunghi. In altri casi, importanti contributi sono dovuti al trasporto dei lavoratori stagionali per recarsi nei luoghi di coltivazione (Sanderson, et al., 2019), all'utilizzo di fertilizzanti (Munasinghe, et al., 2019) e all'utilizzo della plastica per la realizzazione delle serre (Hu, et al., 2019).

Packaging	Accorsi et al. (2014); Battini et al., 2016; Bortolini et al. 2018; Frankowska et al. 2019; Hu et al., 2019; Iriarte et al. 2021; Loiseau et al., 2020; López-Gálvez et al. 2021; Payen et al. 2015; Peano et al., 2017; Pérez Neira et al. 2018; Sanderson et al. 2019; Stone et al. (2021); Vigil et al. (2020); Wang et al., 2022
Processo industriale di lavorazione/produzione	Boenzi et al. (2022); Choo et al. 2011; Frankowska et al. 2019; Iriarte et al. 2021; Hu et al., 2019; Loiseau et al., 2020; López-Gálvez, et al. 2021a; Milà i Canals 2010; Payen et al. 2015; Parajuli, et al. 2021; Parrot et al., 2022; Pérez-Neira et al. 2018; Rufi-Salís et al. 2020; Sanderson et al. 2019; Savino et al., 2013; Stone et al. (2021); Subramaniam et al. 2020; Xue et al., 2021
Trasporto e distribuzione	Accorsi et al., 2014; Alzubi and Noche 2022; Arshad et al. 2019; Bortolini et al., 2016; Camilo et al. 2020; Caracciolo et al., 2018; Diaz et al., 2022; Dong e Miller 2021; Frankowska et al. 2019; Hu et al., 2019; Iriarte et al. 2021; Loiseau et al., 2020; López-Gálvez, et al. 2021a; Munasinghe et al. 2019; Payen et al. 2015; Parrot et al., 2022; Pedreschi et al. 2022; Pérez-Neira et al. 2018; Sim et al., 2007; Sanderson et al. 2019; Savino et al., 2013; Stone et al. (2021).

Processo di conservazione a temperatura controllata e non	Burek and Nutter 2020; Diaz et al., 2022; Dong e Miller 2021; du Plessis et al. 2022; Frankowska et al. 2019; Hu et al., 2019; Iriarte et al. 2021; Loiseau et al., 2020; López-Gálvez, et al. 2021b; Payen et al. 2015; Parrot et al., 2022; Sanderson et al. 2019; Xue et al., 2021; Wu et al. 2019.
Coltivazione	Frankowska et al. 2019; Hu et al., 2019; Iriarte et al. 2021; Loiseau et al., 2020; López-Gálvez, et al. 2021a; Milà i Canals 2010; Munasinghe et al. 2019; Parajuli, et al. 2021; Parrot et al., 2022; Payen et al. 2015; Rufi-Salís et al. 2020; Sanderson et al. 2019; Subramaniam et al. 2020; Xue et al., 2021
Generazione e gestione di biowaste	Dong e Miller 2021; Frankowska et al. 2019; Parajuli, et al. 2021; Stone et al. (2021); Xue et al., 2021;
Distribuzione commerciale	Burek and Nutter 2020; Dong e Miller 2021; Frankowska et al. 2019; Iriarte et al. 2021; Loiseau et al., 2020; López-Gálvez, et al. 2021a; Parrot et al., 2022
Consumatori	Dong e Miller 2021; Iriarte et al. 2021; Li et al., 2022; Loiseau et al., 2020; Parrot et al., 2022

**Tabella 1 – Aspetti associati ai prodotti a taglio fresco esplorati con una prospettiva di ciclo di vita e bibliografia di riferimento**

Le soluzioni proposte per ridurre gli impatti associati ai prodotti a taglio fresco da una prospettiva di ciclo di vita riguardano prevalentemente il packaging, il trasporto e la distribuzione, le attività di retailing, la conservazione a temperatura controllata e non, e la coltivazione. In modo marginale sono presentate soluzioni in relazione al processo di produzione e lavorazione e alla gestione degli scarti generati. Le soluzioni proposte negli studi riguardano i seguenti aspetti:

- Packaging. L'utilizzo di active food packaging (film antibatterici), in alcuni casi utilizzando in combinazione anche film a impatto ambientale inferiore si possono ridurre gli impatti associati ai prodotti a taglio fresco (Peano et al., 2017; Vigil, et al., 2020); inoltre un mix bilanciato tra packaging riutilizzabile e monouso permette di ottenere impatti più bassi (Bortolini et al., 2018). Risulta utile inoltre integrare gli studi sulla qualità degli alimenti, mantenuta grazie agli imballaggi, con analisi di impatto ambientale soprattutto per la conservazione a temperatura controllata (Wu et al. 2019).

- Trasporto e distribuzione. Il trasporto su rotaia può ridurre gli impatti ambientali associati ai consumi di carburante assicurando tempi di spedizione ragionevoli (Caracciolo et al., 2018), così come l'utilizzo di mezzi più efficienti e l'eliminazione del trasporto aereo (Sanderson et al., 2019). Dal punto di vista della localizzazione dei siti risulta utile la loro ottimizzazione, la presa in carico di una migliore gestione della reverse logistics (Alzubi and Noche, 2022) e la riduzione delle distanze percorse per migliorare la gestione della shelf-life (Boenzi et al., 2022). Sanderson et al. (2019) suggeriscono di includere sempre la distribuzione negli studi di impatto ambientale dei prodotti agricoli.
- Distribuzione commerciale. Tra le soluzioni proposte dalla letteratura vi sono la riduzione del tempo durante il quale i prodotti sono all'interno dei supermercati, poiché le attività di conservazione a freddo sono fonti di emissione di gas ad effetto serra, associati ai consumi energetici e ai rilasci di refrigeranti (Burek and Nutter, 2020).
- Processo di conservazione a temperatura controllata e non. Dagli studi analizzati emerge come le lunghe tempistiche delle attività di conservazione a temperatura controllata (storage/trasporto) rappresentano un elemento importante di miglioramento (Burek and Nutter, 2020; Dong and Miller, 2021). Di conseguenza, la riduzione dei rilasci di refrigeranti e l'utilizzo di tecnologie efficienti possono limitarne gli effetti (Dong and Miller, 2021). Risulta utile, inoltre, lo sviluppo di un metodo di raccolta dati che permetta di comprendere i consumi e le emissioni associati alla conservazione a freddo (Du Plessis, et al., 2022).
- Processo industriale di lavorazione/produzione. Una delle sfide riguarda la generazione di food loss durante i processi di lavorazione e produzione, ricollegabile anche agli aspetti di gestione del biowaste (Dong and Miller, 2021), che può essere affrontata integrando concetti di circolarità (Alzubi and Noche, 2022) e favorendo una produzione a ridotti consumi in combinazione con una supply chain locale (Pérez-Neira and Grollmus-Venegas, 2018). A questi, si aggiunge l'utilizzo di energia da fonte rinnovabile, confermato come uno dei modi per ridurre l'impatto sull'ambiente (Hu, et al., 2019).
- Coltivazione. Uno degli aspetti maggiormente sfidanti riguarda gli elevati consumi di acqua (Subramaniam, et al., 2021). Prendere in considerazione i consumi di acqua, differenziando tra volumi utilizzati e fonti di approvvigionamento potrebbe migliorare la conoscenza di tali aspetti (Milà i Canals, 2010), anche se tut-

tora risulta difficile calcolare gli impatti associati ai consumi della risorsa idrica e i relativi danni, al punto che le attuali valutazioni potrebbero comunque risultare sottostimate (Payen, et al., 2015). Alle problematiche legate alla risorsa idrica, si aggiungono quelle relative ai consumi energetici, in relazione alle quali l'utilizzo di tecnologie efficienti (Dong and Miller, 2021), quali per esempio sistemi di riscaldamento ottimizzati in serre multi-tunnel anche nei Paesi di origine dei prodotti, può portare a delle riduzioni degli impatti ambientali (Pérez-Neira et al., 2018). Risulta utile inoltre, una adeguata formazione dei coltivatori e piani di miglioramento delle pratiche agricole (Alzubi and Noche, 2022).

I risultati ottenuti quindi fanno emergere gli aspetti principali analizzati dagli studi LCA dei prodotti a taglio fresco, evidenziando le fasi di ciclo di vita maggiormente studiate, i principali contributi agli impatti e le soluzioni per ridurli. Tuttavia, l'identificazione degli impatti e dei contributi maggiori è influenzata dall'ampiezza dei confini dei sistemi applicati nei diversi studi. Di conseguenza, alcuni aspetti possono risultare rivelanti attraverso una prospettiva *from cradle to gate*, ma essere meno significativi se si estendesse il ciclo di vita fino alla fase di utilizzo o fino alla fase di end of life. Le soluzioni proposte nelle ricerche studiate riguardano quindi gli aspetti più esplorati, ovvero materiali per gli imballi, i trasporti e le attività per la conservazione a temperatura controllata, e la coltivazione; facendo emergere la minore attenzione alla fase di utilizzo e alla generazione degli scarti lungo il ciclo di vita.

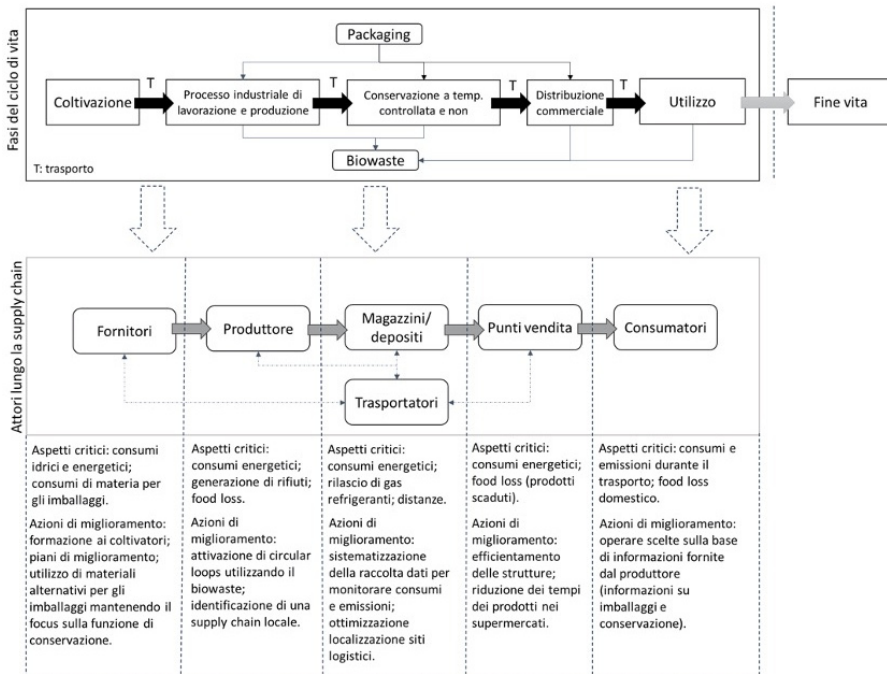
Andando oltre i limiti dei diversi studi, da una analisi incrociata degli articoli studiati, è possibile delineare un insieme di aspetti critici e azioni di miglioramento che possono essere intraprese dai diversi attori lungo la supply chain.

I risultati ottenuti consentono quindi, a partire da una prospettiva di ciclo di vita, di identificare le possibili implicazioni a livello di supply chain, come segue (Figura 2):

- Per i fornitori emerge che i consumi di risorse quali acqua e energia costituiscono un importante contributo all'impatto ambientale che potrebbe essere gestito attraverso la formazione dei coltivatori e l'utilizzo di piani di monitoraggio e miglioramento delle pratiche agricole. Un altro aspetto importante è rappresentato dagli imballaggi, per i quali risulta utile l'impiego di materiali innovativi e un'ottimizzazione dei volumi.
- Per i produttori, come per i fornitori, i consumi energetici rappresentano un contributo importante all'impatto. Oltre a questo, risulta importante la generazione di rifiuti e il food loss durante

le lavorazioni, rendendo utile l'attivazione di circular loops attraverso i quali sia possibile utilizzare il biowaste generato e progettando una supply chain il più possibile locale.

- Per i trasportatori e i gestori di magazzini e depositi, i rilasci di gas refrigeranti, le emissioni e i consumi energetici costituiscono degli aspetti critici che possono essere affrontati attraverso una sistematizzazione del processo di monitoraggio e quindi della raccolta dei dati e ottimizzando la localizzazione dei siti logistici.
- Per i punti vendita, emerge come i due aspetti principali siano i consumi energetici, che possono essere ridotti attraverso operazioni di efficientamento degli edifici e il food loss associato ai prodotti scaduti, migliorabile con una migliore gestione delle scorte acquistate e riducendo i tempi dei prodotti nei supermercati.
- Per i consumatori gli aspetti critici riguardano i consumi e le emissioni associati al trasporto verso i punti vendita e allo spreco alimentare domestico.



**Figura 4 – Aspetti critici e azioni di miglioramento lungo la supply chain dei prodotti della catena del fresco**

## 4 Conclusioni

La produzione, la gestione e la conservazione dei prodotti freschi richiedono elevate quantità di risorse; la loro stagionalità porta a complessità nel coordinare la raccolta e le fasi di lavorazione.

In questa ricerca sono stati analizzati 40 studi, includendo articoli scientifici e atti di convegno. Questi sono stati classificati sulla base delle loro caratteristiche, quali anno di pubblicazione, fonte, ambito geografico, affiliazione del primo autore e sulla base del contenuto. Inizialmente, è stato analizzato quali sono gli aspetti legati ai prodotti a taglio fresco studiati nella letteratura, ovvero coltivazione, lavorazione e produzione, trasporto e distribuzione, packaging, conservazione a temperatura controllata e non, generazione e gestione del biowaste, retailing e consumatori. Successivamente, sono state analizzate le soluzioni che potrebbero ridurre gli impatti, evidenziando anche le sfide ambientali e la prospettiva di ciclo di vita utilizzata. Le soluzioni emerse dalla letteratura riguardano il miglioramento del packaging attraverso l'utilizzo di materiali attivi/antibatterici e a ridotto impatto; l'utilizzo di mezzi di trasporto a emissioni ridotte e l'ottimizzazione del network di distribuzione; l'efficientamento energetico dei centri di distribuzione e di vendita al dettaglio; una migliore conoscenza dei consumi associati alla fase di conservazione; l'introduzione di loop circolari in fase di produzione/lavorazione; e l'ottimizzazione dei consumi di acqua e energia durante la coltivazione.

Per ottimizzare il controllo e la logistica della catena del freddo post-raccolta, occorre quindi agire sia sul mantenimento della qualità dei prodotti, attraverso ad esempio confezioni e packaging innovativi, sia sulla riduzione degli impatti ambientali, mediante gestione della logistica, attraverso la scelta di supply chain corte, hub di raccolta e smistamento e ottimizzazione dei tempi. Anche la possibilità per alcuni prodotti di estendere la durata di conservazione, può comportare un vantaggio dal punto di vista ambientale, poiché scadenze più lunghe sarebbero associate ad una diminuzione degli sprechi alimentari dovuti alla perdita delle caratteristiche organolettiche.

Nonostante sia stata condotta una analisi sistematica della letteratura lo studio presenta alcuni limiti. La ricerca si focalizza sugli studi che hanno condotto analisi di ciclo di vita sulla supply chain dei prodotti della catena del fresco, in linea con le domande di ricerca. Tuttavia, potrebbero essere stati esclusi gli articoli che, seppur non utilizzando il termine supply chain nel testo, analizzano gli impatti ambientali di prodotti a taglio fresco. Risultano numerosi infatti gli studi di LCA o Carbon Footprint nel settore del food che analizzano prodotti di IV gamma, senza un esplicito riferimento alla supply chain. Inoltre, i maggiori contributi all'impatto ambien-

tale risultano valutazioni relative influenzate dall'ampiezza dei confini del sistema degli studi.

Questa analisi della letteratura evidenzia i diversi aspetti associati alla supply chain dei prodotti a taglio fresco ma alcuni elementi andrebbero ulteriormente analizzati. Le soluzioni innovative sono esplorate solo in riferimento ai materiali per gli imballaggi e nonostante il ruolo centrale del consumatore, non emergono delle soluzioni per migliorare gli aspetti legati al food loss in ambito domestico. In futuro la ricerca potrebbe essere ampliata con analisi della letteratura specifiche per ognuno degli aspetti meno esplorati, come la generazione e l'utilizzo del biowaste e la gestione dello spreco alimentare lungo la supply chain.

## Bibliografia

- ACCORSI, R., CASCINI, A., CHOLETTE, S., MANZINI, R., MORA, C. (2014). Economic and environmental assessment of reusable plastic containers: A food catering supply chain case study. *International Journal of Production Economics*, 152, 88-101.
- ALZUBI, E., NOCHE, B. (2022). A Multi-Objective Model to Find the Sustainable Location for Citrus Hub. *Sustainability*, 14, 14463.
- ANDERSON, A.S., PORTEOUS, L.E.G., FOSTER, E., HIGGINS, C., STEAD, M., HETHERINGTON, M., HA, M.A., ADAMSON, A.J. (2005). The impact of a school-based nutrition education intervention on dietary intake and cognitive and attitudinal variables relating to fruits and vegetables. *Public health nutrition*, 8(6), 650-656. <https://doi.org/10.3390/su142114463>
- ARSHAD, F., SUBRAMANIAM, V., NAMBIAPPAN, B., ISMAIL, A., YUSOFF, S. (2019). Energy consumption during transportation along the palm oil supply chain in Malaysia. *Journal of Oil Palm Research*, 31(4), 641-650.
- BASELICE, A., COLANTUONI, F., LASS, D.A., NARDONE, G., STASI, A. (2017). Trends in EU consumers' attitude towards fresh-cut fruit and vegetables. *Food Quality and Preference*, 59, 87-96.
- BATTINI, D., CALZAVARA, M., PERSONA, A., SGARBOSSA, F. (2016). Sustainable Packaging Development for Fresh Food Supply Chains: Innovative Sustainable Packaging Solutions. *Packaging Technology and Science*, 29, 25-43.
- BERNO, N.D., TEZOTTO-ULIANA, J.V., DOS SANTOS DIAS, C.T., KLUGE, R.A. (2014). Storage temperature and type of cut affect the biochemical and physiological characteristics of fresh-cut purple onions. *Postharvest Biology and Technology*, 93, 91-96. <https://doi.org/10.1002/pts.2185>
- BOENZI, F., DIGIESI, S., FACCHINI, F., SILVESTRI, B. (2022). Life Cycle Assessment in the Agri-Food Supply Chain: Fresh Versus Semi-Finished Based Production Process. *Sustainability*, 14, 13010.
- BORTOLINI, M., FACCIO, M., FERRARI, E., GAMBERI, M., PILATI, F. (2016). Fresh food sustainable distribution: cost, delivery time and carbon footprint three-objective optimization. *Journal of Food Engineering*, 174, 56-67.
- BORTOLINI, M., GALIZIA, F.G., MORA, C., BOTTI, L., ROSANO, M. (2018). Bi-objective design of fresh food supply chain networks with reusable and disposable packaging containers. *Journal of Cleaner Production*, 184, 375-388.
- BUREK, J., NUTTER, D.W. (2020). Environmental implications of perishables storage and retailing. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 133, 110070.

- CAMILO, R., BONFIM-ROCHA, L., MACOWSKI, D.H., MANO, T.B., ORGEDA, R., ALMEIDA, R.A., REZENDE, R.V.P., RAVAGNANI, M.A.S.S. (2020). Bi-objective optimization of a supply chain: identification of the key impact category and green management. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 37, 157-171.
- CARACCILOLO, F., AMANI, P., CAVALLO, C., CEMBALO, L., D'AMICO, M., DEL GIUDICE, T., FREDA, R., FRITZ, M., LOMBARDI, P., MENNELLA, L., PANICO, T., TOSCO, D., CICIA, G. (2018). The environmental benefits of changing logistics structures for fresh vegetables. *International Journal of Sustainable Transportation*, 12, 233-240.
- CHOO, Y.M., MUHAMAD, H., HASHIM, Z., SUBRAMANIAM, V., PUAH, C.W., TAN, Y. (2011). Determination of GHG contributions by subsystems in the oil palm supply chain using the LCA approach. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 16, 669-681.
- DELGADO, L., SCHUSTER, M., TORERO, M. (2023). Food Losses in Agri-food Systems: What We Know. *Annual Review of Resource Economics*, 15, 41-62.
- DIAZ, F., ROMAGNOLI, F., NEUSEL, L., HIRZEL, S., PAULUS, J., MARCHI, B., ZANONI, S. (2022). The ICCEE Toolbox. A Holistic Instrument Supporting Energy Efficiency of Cold Food and Beverage Supply Chains. *Environmental and Climate Technologies*, 26, 428-440.
- DONG, Y., MILLER, S.A. (2021). Assessing the lifecycle greenhouse gas (GHG) emissions of perishable food products delivered by the cold chain in China. *Journal of Cleaner Production*, 303, 126982.
- DU PLESSIS, M.J., VAN EEDEN, J., GOEDHALS-GERBER, L.L. (2022). The Carbon Footprint of Fruit Storage: A Case Study of the Energy and Emission Intensity of Cold Stores. *Sustainability*, 14, 7530.
- DURACH, C.F., KEMBRO, J., WIELAND, A., 2017. A new paradigm for systematic literature reviews in supply chain management. *Journal of Supply Chain Management*, 53, 67-85.
- FRANKOWSKA, A., JESWANI, H.K., AZAPAGIC, A. (2019). Life cycle environmental impacts of fruits consumption in the UK. *Journal of Environmental Management*, 248, 109111.
- GALIOTO, F., ZUCARO, R., PERGAMO, R. (2022). Le sfide del comparto ortofrutticolo della IV Gamma in Italia. *PianetaPSR.it*. <http://www.pianetapsr.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/2774>
- GHEZAVATI, V.R., HOOSHYAR, S., TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R. (2017). A Benders' decomposition algorithm for optimizing distribution of perishable products considering postharvest biological behavior in agri-food supply chain: a case study of tomato. *Central European Journal of Operations Research*, 25, 29-54.

- GIANNAKOUROU, M.C., TSIRONI, T.N. (2021). Application of processing and packaging hurdles for fresh-cut fruits and vegetables preservation. *Foods*, 10(4), 830.
- HU, Y., ZHENG, J., KONG, X., SUN, J., LI, Y. (2019). Carbon footprint and economic efficiency of urban agriculture in Beijing, a comparative case study of conventional and home-delivery agriculture. *Journal of Cleaner Production*, 234, 615-625.
- IRIARTE, A., YÁÑEZ, P., VILLALOBOS, P., HUENCHULEO, C., REBOLLEDO-LEIVA, R. (2021). Carbon footprint of southern hemisphere fruit exported to Europe: The case of Chilean apple to the UK. *Journal of Cleaner Production*, 293, 126118.
- LI, X., OUYANG, Z., ZHANG, Q., SHANG, W., HUANG, L., WU, Y., GAO, Y. (2022). Evaluating food supply chain emissions from Japanese household consumption. *Applied Energy*, 306, 118080.
- LIU, H., PRETORIUS, L., JIANG, D. (2018). Optimization of cold chain logistics distribution network terminal. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2018(1), 1-9.
- LOISEAU, E., COLIN, M., ALAPHILIPPE, A., COSTE, G., ROUX, P. (2020). To what extent are short food supply chains (SFSCs) environmentally friendly? Application to French apple distribution using Life Cycle Assessment. *Journal of Cleaner Production*, 276, 124166.
- LÓPEZ-GÁLVEZ, F., GÓMEZ, P.A., ARTÉS, F., ARTÉS-HERNÁNDEZ, F., AGUAYO, E. (2021a). Interactions between Microbial Food Safety and Environmental Sustainability in the Fresh Produce Supply Chain. *Foods*, 10, 1655.
- LÓPEZ-GÁLVEZ, F., RASINES, L., CONESA, E., GÓMEZ, P.A., ARTÉS-HERNÁNDEZ, F., AGUAYO, E. (2021b). Reusable Plastic Crates (RPCs) for Fresh Produce (Case Study on Cauliflowers): Sustainable Packaging but Potential Salmonella Survival and Risk of Cross-Contamination. *Foods*, 10, 1254.
- MA, L., ZHANG, M., BHANDARI, B., GAO, Z. (2017). Recent developments in novel shelf-life extension technologies of fresh-cut fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 64, 23-38.
- MAJEWSKI, E., KOMERSKA, A., KWIATKOWSKI, J., MALAK-RAWLIKOWSKA, A., WAŚ, A., SULEWSKI, P., GOŁAS, M., POGODZIN'SKA, K., LECOEUR, J.L., TOCCO, B., TÖRÖK, A., DONATI, M., VITTERSØ, G. (2020). Are short food supply chains more environmentally sustainable than long chains? A life cycle assessment (LCA) of the eco-efficiency of food chains in selected EU countries. *Energies*, 13(18), 4853.
- MILÀ I CANALS, L., CHAPAGAIN, A., ORR, S., CHENOWETH, J., ANTON, A., CLIFT, R. (2010). Assessing freshwater use impacts in LCA, part 2: case study of broccoli production in the UK and Spain. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 15, 598-607.

- MISTRIOTIS, A., BRIASSOULIS, D., GIANNOULIS, A., D'AQUINO, S. (2016). Design of biodegradable bio-based equilibrium modified atmosphere packaging (EMAP) for fresh fruits and vegetables by using micro-perforated poly-lactic acid (PLA) films. *Postharvest Biology and technology*, 111, 380-389.
- MUNASINGHE, M., JAYASINGHE, P., DERANIYAGALA, Y., MATLABA, V.J., SANTOS, J.F.D., MANESCHY, M.C., MOTA, J.A. (2019). Value-Supply Chain Analysis (VSCA) of crude palm oil production in Brazil, focusing on economic, environmental and social sustainability. *Sustainable Production and Consumption*, 17, 161-175.
- PARAJULI, R., GUSTAFSON, D., ASSENG, S., STÖCKLE, C.O., KRUSE, J., ZHAO, C., INTRAPAPONG, P., MATLOCK, M.D., THOMA, G. (2021). Protocol for life cycle assessment modeling of US fruit and vegetable supply chains- cases of processed potato and tomato products. *Data in Brief*, 34, 106639.
- PARMIGIANI (2021). Report n.2/ 2021- Speciale acquisti ortaggi IV gamma.ISMEA-Mercati.it. <https://www.ismeamercati.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/ID-Pagina/11412>
- PARROT, L., BIARD, Y., KLAVER, D., KABRÉ, E., VANNIÈRE, H. (2022). Slicing the fruit five ways: An economic, social, and environmental assessment of five mango food supply chains in Burkina Faso. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 1032-1043.
- PAYEN, S., BASSET-MENS, C., PERRET, S. (2015). LCA of local and imported tomato: an energy and water trade-off. *Journal of Cleaner Production*, 87, 139-148.
- PEANO, C., GIRGENTI, V., BAUDINO, C., GIUGGIOLI, N. (2017). Blueberry Supply Chain in Italy: Management, Innovation and Sustainability. *Sustainability*, 9, 261.
- PEDRESCHI, R., PONCE, E., HERNÁNDEZ, I., FUENTEALBA, C., URBINA, A., GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, J.J., HORMAZA, J.I., CAMPOS, D., CHIRINOS, R., AGUAYO, E. (2022). Short vs. Long-Distance Avocado Supply Chains: Life Cycle Assessment Impact Associated to Transport and Effect of Fruit Origin and Supply Conditions Chain on Primary and Secondary Metabolites. *Foods*, 11, 1807.
- PÉREZ NEIRA, D., SOLER MONTIEL, M., DELGADO CABEZA, M., REIGADA, A. (2018). Energy use and carbon footprint of the tomato production in heated multi-tunnel greenhouses in Almeria within an exporting agri-food system context. *Science of The Total Environment*, 628-629, 1627-1636.

- PÉREZ-NEIRA, D., GROLLMUS-VENEGAS, A. (2018). Life-cycle energy assessment and carbon footprint of peri-urban horticulture. A comparative case study of local food systems in Spain. *Landscape and Urban Planning*, 172, 60-68.
- RAFFO, A., PAOLETTI, F. (2022). Fresh-cut vegetables processing: environmental sustainability and food safety issues in a comprehensive perspective. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 681459.
- RUFÍ-SALÍS, M., PETIT-BOIX, A., VILLALBA, G., ERCILLA-MONTSERRAT, M., SANJUAN-DELMÁS, D., PARADA, F., ARCAS, V., MUÑOZ-LIESA, J., GABARRELL, X. (2020). Identifying eco-efficient year-round crop combinations for rooftop greenhouse agriculture. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 25, 564-576.
- SANDERSON, V., BAMBER, N., PELLETIER, D.N. (2019). Cradle-to-market life cycle assessment of Okanagan (Canada) cherries: Helicopters, seasonal migrant labour and flying fruit. *Journal of Cleaner Production*, 229, 1283-1293.
- SANDHU, P.P. (2019). Status and recent trends in fresh-cut fruits and vegetables. *Fresh-cut fruits and vegetables: Technologies and mechanisms for safety control*, 17, 17-49.
- SAVINO, M., MANZINI, R., MAZZA, A. (2013). Environmental and economic assessment of fresh fruit supply chain through value chain analysis. A case study in chestnuts industry. *Production Planning & Control*, 26, 1-18.
- SIM, S., BARRY, M., CLIFT, R., COWELL, S.J. (2007). The relative importance of transport in determining an appropriate sustainability strategy for food sourcing: A case study of fresh produce supply chains. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 12, 422-431.
- SINGLA, G., CHATURVEDI, K., SANDHU, P.P. (2020). Status and recent trends in fresh-cut fruits and vegetables. In Siddiqui, M.W. (eds.), *Fresh-cut fruits and vegetables*. Academic Press, 17-49.
- SNYDER, H., 2019. Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research* 104, 333-339.
- STONE, T.F., THOMPSON, J.R., ROSENTRATER, K.A., NAIR, A. (2021). A Life Cycle Assessment Approach for Vegetables in Large-, Mid-, and Small-Scale Food Systems in the Midwest US. *Sustainability*, 13, 11368.
- SUBRAMANIAM, V., HASHIM, Z., LOH, S.K., ASTIMAR, A.A. (2020). Assessing water footprint for the oil palm supply chain- a cradle to gate study. *Agricultural Water Management*, 237, 106184.
- VIGIL, M., PEDROSA-LAZA, M., ALVAREZ CABAL, J., ORTEGA-FERNÁNDEZ, F. (2020). Sustainability Analysis of Active Packaging for the Fresh Cut Vegetable Industry by Means of Attributional & Consequential Life Cycle Assessment. *Sustainability*, 12, 7207.

- WANG, J., PHAM, T.L., DANG, V.T. (2020). Environmental consciousness and organic food purchase intention: a moderated mediation model of perceived food quality and price sensitivity. *International journal of environmental research and public health*, 17(3), 850.
- WANG, J., ZHANG, X., WANG, X., HUANG, H., HU, J., LIN, W. (2022). A Data-Driven Packaging Efficiency Optimization Method for a Low Carbon System in Agri-Products Cold Chain. *Sustainability*, 14, 858.
- WU, W., BERETTA, C., CRONJE, P., HELLWEG, S., DEFRAEYE, T. (2019). Environmental trade-offs in fresh-fruit cold chains by combining virtual cold chains with life cycle assessment. *Applied Energy*, 254, 113586.
- XUE, L., CAO, Z., SCHERHAUFER, S., ÖSTERGREN, K., CHENG, S., LIU, G. (2021). Mapping the EU tomato supply chain from farm to fork for greenhouse gas emission mitigation strategies. *Journal of Industrial Ecology*, 25, 377-389.
- ZHAO, S., HAN, X., LIU, B., WANG, S., GUAN, W., WU, Z., THEODORAKIS, P.E. (2022). Shelf-life prediction model of fresh-cut potato at different storage temperatures. *Journal of Food Engineering*, 317, 110867.