



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA BASILICATA

Dottorato di ricerca in

SCIENZE AGRARIE, FORESTALI E DEGLI ALIMENTI

Curriculum Scienze e Ingegneria degli Alimenti

**Sostenibilità e competitività aziendale: analisi economica di una
innovazione per il miglioramento della shelf life dei prodotti
ortofrutticoli**

Coordinatore del Dottorato:

Prof.ssa Teresa Zotta

Dottoranda:

Paola Pinto

Relatore:

Prof. Giovanni Carlo Di Renzo

Ciclo XXXVII

Abstract

Lo spreco alimentare è uno tra i temi più dibattuti dell'ultimo decennio e rappresenta una priorità dell'agenda politica di tutti i Paesi. Con il moltiplicarsi degli studi sull'effettiva dimensione di questo fenomeno, si è registrata negli ultimi anni un'attenzione via via crescente da parte della comunità scientifica, delle istituzioni e della società civile ma ciò nonostante lo spreco alimentare fa registrare, ancora oggi, dati allarmanti e, una preoccupazione ancora maggiore, è la paradossale coesistenza di alti volumi di FLW e povertà alimentare.

Questo lavoro si è soffermato sulla riduzione della perdita dei prodotti ortofrutticoli nella fase di post raccolta, in modo particolare sullo spreco che si verifica come conseguenza della modalità di confezionamento di prodotti, attraverso l'introduzione di una innovazione che, sulla base dei test di laboratorio, consente di ottenere ragguardevoli risultati in termini di miglioramento della *shelf life*: il BlowDevice® (BD), valvola sviluppata da Di Renzo et. al. e coperta da brevetto nazionale ed internazionale, che, consentendo il flusso bidirezionale dei gas, fornisce proprietà traspiranti agli imballaggi per prodotti ortofrutticoli freschi.

Obiettivo della presente tesi è verificare la sostenibilità, dal punto di vista economico, dell'investimento connesso all'adozione del dispositivo BlowDevice® da parte dell'Organizzazione di Produttori "Armonia" con sede a Battipaglia (SA), che è una delle maggiori del Mezzogiorno d'Italia, nata nel 2009 dall'unione di alcune tra le più grandi Organizzazioni di Produttori del Sud Italia.

La stima del potenziale di mercato di questa nuova tecnologia, applicata alle confezioni di alcuni prodotti ortofrutticoli individuato come target (ciliegie, fragole, kiwi, uva tavola, rucola), è stata condotta mediante un confronto tra lo scenario di base, dato dall'assenza dell'investimento, e lo scenario alternativo caratterizzato dall'introduzione di questo nuovo metodo di confezionamento.

L'adozione del BlowDevice® incide sui costi operativi dell'azienda, determinando un aumento sia dei costi fissi che dei costi variabili, tuttavia determina una riduzione della quantità di prodotto non commercializzata perché deteriorata durante il trasporto verso la grande distribuzione, incrementando i ricavi di vendita.

I risultati ottenuti hanno evidenziato da un lato che l'introduzione del BD® richiede un incremento del prezzo di vendita dei prodotti almeno pari al 4,98%, tuttavia, dai dati raccolti, si può vedere che, se l'azienda riuscisse a consegnare tutti i prodotti in

ingresso, azzerando quindi gli sprechi, il prezzo di pareggio sarebbe inferiore a quello dello scenario di base, e, sulla base di test di laboratorio relativi al BD[®], tale risultato è conseguibile se la frutta confezionata è in buono stato di conservazione a dimostrazione di come è importante che l'intera catena di approvvigionamento sia efficiente.

Food waste is one of the most debated topics of the last decade and represents a priority on the political agenda of all countries. With the increasing number of studies on the actual scale of this phenomenon, in recent years, there has been growing attention from the scientific community, institutions, and civil society. However, food waste still shows alarming figures today, and an even greater concern is the paradoxical coexistence of high FLW volumes and food poverty.

This work focused on reducing the loss of fruit and vegetable products in the post-harvest phase, particularly on waste resulting from packaging methods, by introducing an innovation that, based on laboratory tests, achieves remarkable results in terms of shelf-life improvement: the BlowDevice[®] (BD). This valve, developed by Di Renzo et al. and covered by national and international patents, enables the bidirectional flow of gases, providing breathable properties to packaging for fresh fruit and vegetable products.

The objective of this thesis is to assess the economic sustainability of the investment related to the adoption of the BlowDevice[®] by the Producer Organization “Armonia”, based in Battipaglia (SA). “Armonia” is one of the largest producer organizations in Southern Italy, founded in 2009 through the union of some of the most significant producer organizations in the region.

The market potential estimation of this new technology, applied to the packaging of selected target fruit and vegetable products (cherries, strawberries, kiwis, table grapes, arugula), was conducted by comparing the baseline scenario—where no investment is made—with an alternative scenario featuring the introduction of this new packaging method.

The adoption of BlowDevice[®] impacts the company's operating costs, leading to an increase in both fixed and variable costs. However, it also reduces the amount of unsellable products that deteriorate during transportation to large-scale retail distribution, thus increasing sales revenues.

The results show that implementing BD[®] requires an increase in the selling price of products by at least 4.98%. However, the collected data indicate that if the company were able to deliver all incoming products, thereby eliminating waste, the breakeven price would be lower than that of the baseline scenario. Based on laboratory tests related to BD[®], this outcome is achievable if the packaged fruit is well-preserved, demonstrating the importance of an efficient supply chain.

Indice

Abstract.....	2
1. Introduzione	6
1.1 Lo spreco alimentare nelle politiche pubbliche	6
1.2 Le dimensioni dello spreco alimentare	11
1.3 Le cause dello spreco alimentare nel settore ortofrutticolo	18
1.4 L’impatto dello spreco alimentare.....	21
2. Il dispositivo BlowDevice®	26
2.1 Sviluppo dei prototipi di BD con cover (2018/2019)	34
2.3 Attività di miglioramento della valvola per l’applicazione industriale (2021-2022)	37
2.4 I dispositivi di ultima generazione	37
2.5 Applicazioni industriali delle valvole BD-PP/PE.....	38
2.6 Sviluppo macchina automatizzata per l’inserzione di BD-PP/PE (2022) 46	
2.7 La BlowDevice® Technology.....	49
3. Caso di studio	53
3.1 Obiettivo della ricerca	53
3.2 Descrizione del caso di studio.....	53
3.3 Le decisioni di investimento in azienda.....	61
3.4 L’analisi degli investimenti	62
3.5 Descrizione della metodologia	68
3.6 Raccolta informazioni	69
3.7 Costruzione del modello economico	70
3.8 Risultati e discussione	73
Conclusioni.....	86
Bibliografia	88
Ringraziamenti	92

1. Introduzione

Lo spreco alimentare, indicato con l'acronimo FLW- Food Loss and Waste, è una conseguenza di una non oculata gestione nell'intera filiera alimentare. Lo spreco alimentare comporta lo spreco di tutte le risorse utilizzate per produrre, gestire, trasformare e distribuire i prodotti, crea inutili pressioni sull'ambiente, dall'inquinamento locale ai gas serra, e mette a rischio la biodiversità e le società ed economie rurali (FAO, 2019).

È necessaria una distinzione fra Food Loss e Food Waste. Il Food Loss, inteso come perdita/spreco di cibo, è definito come una riduzione della qualità (valori nutrizionali) e della quantità (massa secca) disponibile come risorsa alimentare per il consumo umano, a causa delle azioni intraprese principalmente nella fase produttiva, di trasformazione e trasporto, e dalla mancanza di infrastrutture e tecnologie adeguate a supporto della filiera. Il Food Waste, inteso come scarto, è una riduzione della qualità e della quantità disponibile a causa delle azioni intraprese nella fase di distribuzione, di vendita e a causa delle azioni compiute dal consumatore finale. Pertanto, si può sintetizzare dichiarando che il Food Loss si verifica nella prima fase della catena di approvvigionamento, dalla produzione al trasporto, il Food Waste, invece nelle fasi finali, dalla distribuzione alla tavola.

1.1 Lo spreco alimentare nelle politiche pubbliche

Lo spreco alimentare è uno tra i temi più dibattuti dell'ultimo decennio e rappresenta una priorità dell'agenda politica di tutti i Paesi.

Con il moltiplicarsi degli studi sull'effettiva dimensione di questo fenomeno, si è registrata negli ultimi anni un'attenzione via via crescente da parte della comunità scientifica, delle istituzioni e della società civile rispetto a questo tema. Lo spreco alimentare, con le sue ripercussioni economiche, sociali ed ambientali, sta pertanto assumendo un ruolo centrale nella definizione delle politiche pubbliche poiché agire per la riduzione del FLW, oltre ad aumentare la sicurezza alimentare, determinerebbe il miglioramento della sostenibilità lungo tutta la filiera.

Una preoccupazione ancora maggiore è la paradossale coesistenza di alti volumi di FLW e povertà alimentare. Oltre al dramma della denutrizione nei Paesi a basso reddito, l'insicurezza alimentare e nutrizionale è presente anche in Paesi ad alto reddito come gli Stati Uniti (Coleman-Jensen et al., 2021) o l'UE-27 e il Regno Unito (FAO, 2021), e si acuisce in situazioni di crisi (FSIN e Global Network Against Food Crises, 2021).

La gestione dei rifiuti alimentari rientra in almeno due obiettivi nell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite, gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG) 12.3 *“Diminuire lo spreco alimentare globale pro capite a livello di vendita al dettaglio e di consumo e ridurre le perdite di cibo lungo le catene di produzione e di approvvigionamento, comprese le perdite post-raccolta, entro il 2030”* e 12.5 *“Ridurre sostanzialmente la produzione di rifiuti attraverso la prevenzione, la riduzione, il riciclaggio e il riutilizzo entro il 2030”* (Ishangulyyev et al., 2019; Nazioni Unite, 2015).

Tuttavia la riduzione della perdita e dello spreco di cibo ha anche il potenziale per contribuire ad altri SDG, tra cui l'obiettivo Fame Zero (SDG 2), che chiede di porre fine alla fame, di raggiungere la sicurezza alimentare e una migliore nutrizione e di promuovere un'agricoltura sostenibile.

Gli impatti ambientali positivi attesi dalla riduzione della perdita e dello spreco di cibo influirebbero anche, tra gli altri, sull'SDG 6 (gestione sostenibile dell'acqua), sull'SDG 13 (cambiamento climatico), sull'SDG 14 (risorse marine), sull'SDG 15 (ecosistemi terrestri, foreste, biodiversità).

La seguente figura (Figura 1) mostra come la riduzione dello spreco alimentare possa influire positivamente sul raggiungimento di altri Obiettivi di Sviluppo Sostenibile:

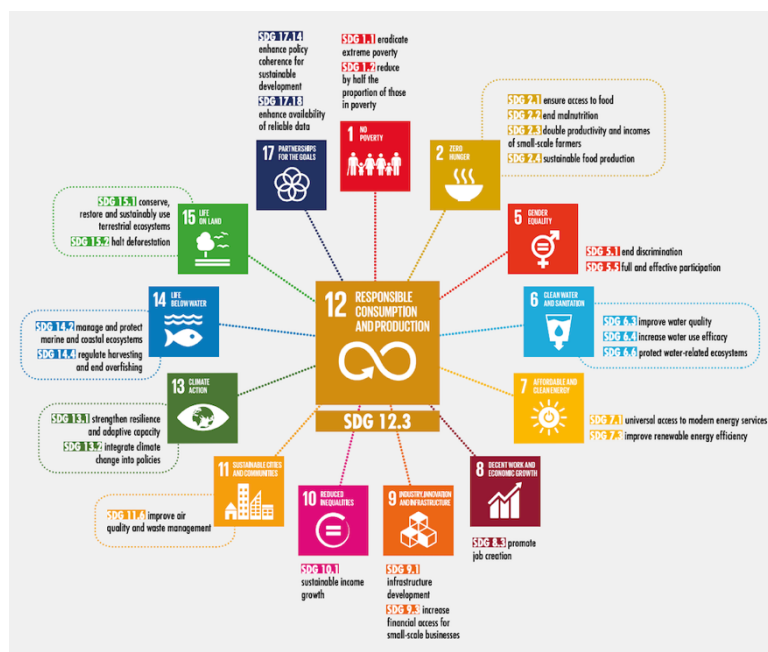


Figura 1 – Relazioni tra l’SDG 12.3 e gli altri SDG (FAO, 2019)

A livello europeo, nel 2019¹ la Commissione ha approvato il Green Deal, un pacchetto di iniziative strategiche che mira ad avviare nell’UE un processo di transizione verde, con l’obiettivo di raggiungere la neutralità climatica entro il 2050.

All’interno del Green Deal un ruolo centrale è rivestito dalla strategia “*From Farm to Fork*” che si propone di creare un sistema alimentare equo, sano e rispettoso dell’ambiente, perseguendo i seguenti obiettivi per ciascuno dei quali sono stati prefissati numerosi e ambiziosi target quantitativi:

- ridurre del 50% l’uso e il rischio dei pesticidi chimici, come pure l’uso dei pesticidi più pericolosi entro il 2030;
- ridurre le perdite di prodotti alimentari (*food loss*) lungo le filiere e la generazione di rifiuti alimentari (*food waste*);
- ridurre le perdite di nutrienti di almeno il 50%, garantendo nel contempo che non si verifichi un deterioramento della fertilità del suolo; in tal modo l’uso dei fertilizzanti sarà ridotto di almeno il 20% entro il 2030;

¹ Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni: Il Green Deal europeo (COM/2019/640 final)

- ridurre del 50% le vendite di antimicrobici per gli animali da allevamento e per l'acquacoltura entro il 2030;
- destinare almeno il 25% della superficie agricola all'agricoltura biologica entro il 2030;
- consentire l'accesso alla connessione a internet a banda larga in tutte le zone rurali entro il 2025 e rendere possibile l'innovazione digitale.

La strategia si rivolge sia alle istituzioni pubbliche, come scuole ed ospedali, che alle aziende private, invitandole ad adottare misure per ridurre il proprio impatto ambientale rivedendo l'offerta alimentare.

Lo scopo generale della strategia è quindi quello di ridurre l'impronta ambientale e climatica del sistema agroalimentare europeo, consolidando la resilienza, assicurando l'approvvigionamento alimentare, affrontando la problematica degli sprechi alimentari e guidando l'intero continente alla sostenibilità, dal produttore al consumatore.

Sul piano legislativo, la direttiva quadro sui rifiuti² dell'Unione europea impone agli Stati membri di incoraggiare le donazioni alimentari e di monitorare i dati sui livelli di rifiuti alimentari in ogni fase della filiera alimentare secondo una metodologia di misurazione comune e di riferire i risultati all'ufficio statistico dell'UE, EUROSTAT.

Nell'ambito del programma per il mercato unico, inoltre la Commissione europea ha concesso sovvenzioni finanziarie alla federazione europea delle banche alimentari (FEBA) per sostenere lo sviluppo delle capacità delle banche alimentari.

Al fine di facilitare la condivisione di dati e migliori prassi, la Commissione europea ha istituito la piattaforma dell'UE sulle perdite e gli sprechi alimentari e l'EU Food Loss and Waste Prevention Hub ovvero una rete di risorse digitali sul tema. Inoltre il Centro comune di ricerca (JRC) della Commissione europea ha messo a punto un quadro di valutazione per aiutare tutti gli attori a valutare l'efficacia delle iniziative di prevenzione degli sprechi alimentari. Il quadro comprende anche uno strumento di calcolo che consente di quantificare l'impatto delle diverse iniziative.

Ulteriori iniziative messe in campo a livello europeo sono le reti di città come EUROCITIES, il Milan Urban Food Policy Pact e ICLEI (Governi locali per la sostenibilità) che gestiscono una serie di programmi peer-to-peer rivolti alle città, ma anche azioni di sensibilizzazione quali la Giornata internazionale della consapevolezza sugli sprechi e le perdite alimentari, che si tiene ogni anno il 29 settembre.

² Direttiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive, come rettificata da ultimo il 17 aprile 2024

La Commissione Europea sta attualmente discutendo l'adozione di una proposta legislativa che fissa gli obiettivi di riduzione dei rifiuti alimentari da conseguire entro il 2030 a livello degli Stati membri, con l'intento di dare un nuovo impulso agli stessi affinché investano in programmi di cambiamento comportamentale e intraprendano azioni ambiziose anche rafforzando la collaborazione tra gli attori dell'intera filiera alimentare e altri attori pertinenti, tra cui il mondo accademico, le organizzazioni non governative (ONG) e le istituzioni finanziarie.

Come visto a livello globale ed europeo, anche a livello nazionale, il tema dello spreco alimentare ha assunto una fortissima valenza.

Il Programma Nazionale di Prevenzione dei Rifiuti adottato nel 2013 aveva già previsto una specifica sezione dedicata a possibili misure per la riduzione dei rifiuti alimentari e, nel 2014, la *task force* "Analisi ed elaborazione di modelli per la riduzione degli sprechi alimentari" ha definito un Piano Nazionale di Prevenzione degli Sprechi Alimentari (PINPAS) andando ad implementare successivamente il Programma Nazionale di Prevenzione dei Rifiuti (PIMPAS).

Nel 2016, la c.d. Legge antispreco³, nella quale confluiscono molti elementi del PINPAS, vuole favorire iniziative pubbliche e private per il recupero e la donazione di prodotti alimentari e farmaceutici per fini di solidarietà sociale. Con tale legge, infatti, gli operatori del settore alimentare possono cedere gratuitamente le eccedenze alimentari a soggetti donatori, i quali devono destinarle, anch'essi gratuitamente, in via prioritaria a favore di persone indigenti, se si tratta di prodotti idonei al consumo umano, altrimenti al sostegno di animali e all'autocompostaggio.

Negli anni sono sorte inoltre diverse ONLUS che si occupano della raccolta e del recupero di prodotti agroalimentari lungo la filiera agricola e industriale e della loro redistribuzione a strutture caritative, come ad esempio la Fondazione Banco Alimentare in Italia e similmente altre *food banks* presenti a livello globale. Altre iniziative sono invece promosse da agenzie governative e da enti pubblici locali, come per esempio, il progetto "Buon Samaritano" del Comune di Torino.

Nell'epoca del digitale non possono mancare le applicazioni per smartphone per combattere lo spreco alimentare, come per esempio "*Too Good To Go*" che permette ai commercianti e ristoratori di mettere in vendita il cibo invenduto a fine giornata e ai consumatori di acquistarlo a un terzo del prezzo di vendita.

³ Legge 19 agosto 2016, n. 166 Disposizioni concernenti la donazione e la distribuzione di prodotti alimentari e farmaceutici a fini di solidarietà sociale e per la limitazione degli sprechi

1.2 Le dimensioni dello spreco alimentare

Lo spreco alimentare rappresenta un fallimento del mercato, ogni anno vengono sprecati oltre 1.000 miliardi di dollari di cibo. È anche un fallimento ambientale: lo spreco di cibo genera, secondo le stime, l'8-10% delle emissioni globali di gas serra (sia per la perdita che per lo spreco) e occupa l'equivalente di quasi il 30% della superficie agricola mondiale. La conversione degli ecosistemi naturali per l'agricoltura è la principale causa di perdita di habitat. Lo spreco di cibo è anche una piaga sociale: anche se il cibo viene gettato via su larga scala, ogni anno 783 milioni di persone soffrono la fame e 150 milioni di bambini al di sotto dei cinque anni soffrono di crescita e sviluppo stentati a causa della mancanza cronica di nutrienti essenziali nella loro dieta (UNEP, 2024).

Per stimolare le azioni necessarie alla riduzione degli sprechi alimentari, è fondamentale quantificare gli sprechi alimentari. La misurazione dello spreco alimentare consente ai Paesi di comprendere l'entità del problema fornendo al contempo una base di riferimento rispetto alla quale misurare i progressi compiuti.

Tra gli indicatori utilizzati per il monitoraggio dell'obiettivo di sviluppo sostenibile 12.3 vi sono "Food Waste Index"⁴ calcolato dal Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP), che tiene traccia degli sprechi alimentari globali che si verificano a livello di vendita al dettaglio, servizi alimentari e famiglie, e il "Food Loss Index"⁵ calcolato dall'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Alimentazione e l'Agricoltura (FAO), che tiene traccia delle perdite di cibo che si verificano lungo la catena di approvvigionamento post-raccolta fino al livello di vendita al dettaglio (Figura 2).

⁴ È in fase di sviluppo una proposta di misurazione dello spreco alimentare, che comprende i livelli di vendita al dettaglio e di consumo.

⁵ L'indice delle perdite alimentari (FLI) si concentra sulle perdite di cibo che si verificano dalla produzione fino al livello di vendita al dettaglio (escluso). Misura le variazioni in percentuale delle perdite per un paniere di 10 prodotti principali per Paese rispetto a un periodo di base.

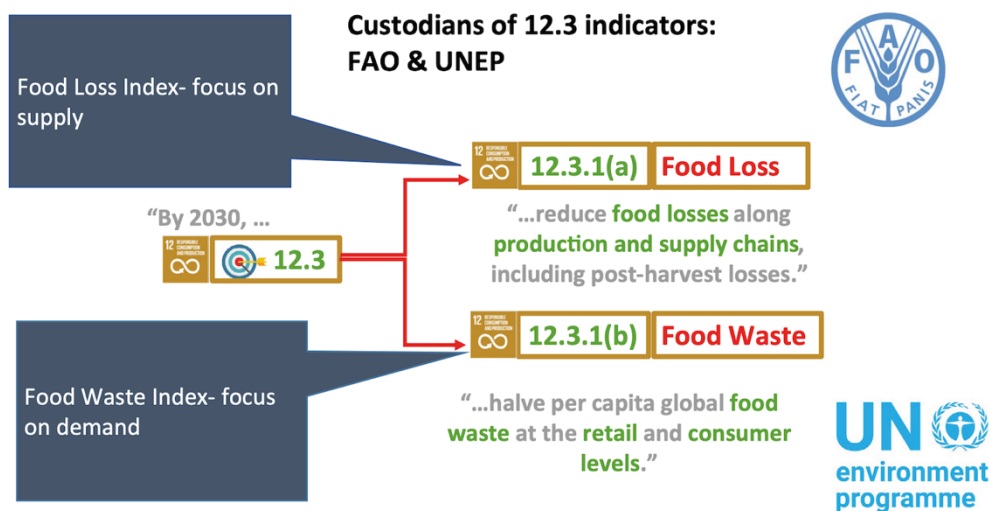


Figura 2 - Monitoraggio dei progressi dell'SDG 12.3: Food Loss Index e Food Waste Index (UNEP, 2024)

La percentuale di cibo perso a livello globale dopo il raccolto a livello di azienda agricola, trasporto, stoccaggio, vendita all'ingrosso e lavorazione, è stata stimata al 13,2% nel 2021. Si tratta di un valore simile alle precedenti stime del 13,3% e del 13% effettuate rispettivamente nel 2020 e nel 2016, anno in cui è iniziata la rendicontazione. Queste percentuali corrispondono, in termini di Indice di perdita alimentare (FLI), a 98,7 nel 2016, 101,2 nel 2020 e 98,27 nel 2021.

A livello regionale, l'Africa sub-sahariana registra le perdite più elevate, pari al 19,95%, seguita dai Piccoli Stati Insulari in Via di Sviluppo (SIDS) e dai Paesi meno sviluppati (LDC), rispettivamente con il 18,99% e il 16,1%, tali valori sono attribuibili alle inadeguatezze strutturali di questi Paesi. Anche l'America Latina e i Caraibi hanno registrato un alto numero di perdite alimentari, pari al 14,52%, con un aumento del 2,3% dal 2020. Questo dato è attribuito principalmente ad un aumento dei livelli di perdita nella sottoregione caraibica, che però si ritiene imputabile ad una maggiore disponibilità di dati e non ad un reale incremento delle perdite di cibo.

Le perdite più basse invece sono registrate in Oceania (escluse Australia e Nuova Zelanda) e in Nord America ed Europa, rispettivamente al 12,43% e al 9,19%.

Tutte le regioni hanno registrato lievi variazioni (aumenti e diminuzioni) rispetto alle stime riportate nel 2020 ma si tratta di lievi oscillazioni che danno evidenza di come non ci sia una tendenza chiara o significativa verso la riduzione dello spreco.

Nel grafico sottostante (Figura 3) si riportano i dati relativi all'indicatore 12.3.1.a (Food Loss Percentage – Food Loss espresso in valore percentuale) per gli anni 2016, 2020 e 2021 suddivisi per macroaree geografiche.

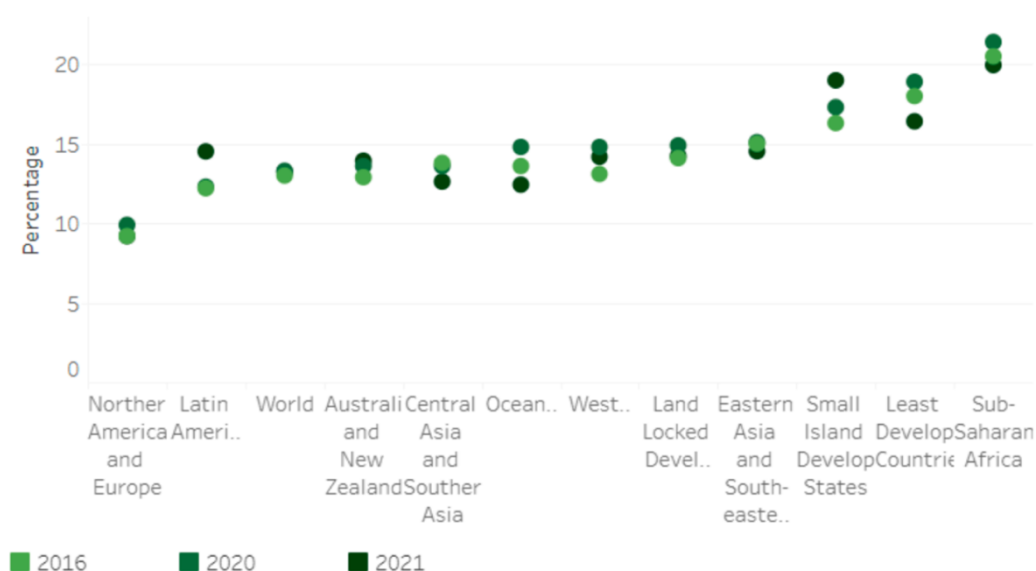


Figura 3 - Food Loss Percentage Indicatore 12.3.1.a – Target 12.3 degli SDGs suddiviso per continenti per gli anni 2016, 2020 e 2021 (FAOSTAT)

Per quanto riguarda invece il Food Waste, nel 2022, si stima che il mondo ha sprecato 1,05 miliardi di tonnellate di cibo nei settori della vendita al dettaglio, della ristorazione e delle famiglie. Ciò equivale a 132 chilogrammi pro capite all'anno, di cui 79 chilogrammi pro capite sprecati nelle famiglie (Tabella 1).

SECTOR	GLOBAL AVERAGE (KG/CAPITA/YEAR)	2022 TOTAL (MILLION TONNES)
Household	79	631
Food service	36	290
Retail	17	131
Total	132	1 052

Tabella 1 - Stime dello spreco alimentare globale nel 2022 (UNEP, 2024)

Si precisa che i dati relativi alla misurazione di tali indicatori fanno riferimento ad un campione statistico ancora non significativo e che il monitoraggio è in corso. I dati relativi agli indicatori Food Loss Index e Food Loss Percentage, presenti nella banca dati FAO sul portale FAOSTAT, sono dati aggregati e non sono attualmente disponibili dati specifici per alcune aree delimitate.

Sulla base dei dati forniti da EUROSTAT, a livello europeo, nel 2022 il totale dei rifiuti alimentari misurati è stato di poco superiore a 59 milioni di tonnellate di massa fresca. I rifiuti alimentari domestici hanno rappresentato 32 milioni di tonnellate di massa fresca, con una quota del 54% del totale. Il secondo settore in termini di quota (19%) è quello della trasformazione e della produzione, dove la quantità di rifiuti alimentari misurata è stata di poco superiore a 11 milioni di tonnellate di massa fresca. La quota rimanente, pari a poco più di un quarto del totale dei rifiuti alimentari, proviene dal settore della produzione primaria (meno di 5 milioni di tonnellate, quota dell'8% sul totale dei rifiuti alimentari), dai ristoranti e dai servizi di ristorazione (meno di 7 milioni di tonnellate, quota dell'11% sul totale) e dai settori della vendita al dettaglio e della distribuzione di altri prodotti alimentari (poco meno di 5 milioni di tonnellate, quota dell'8%).

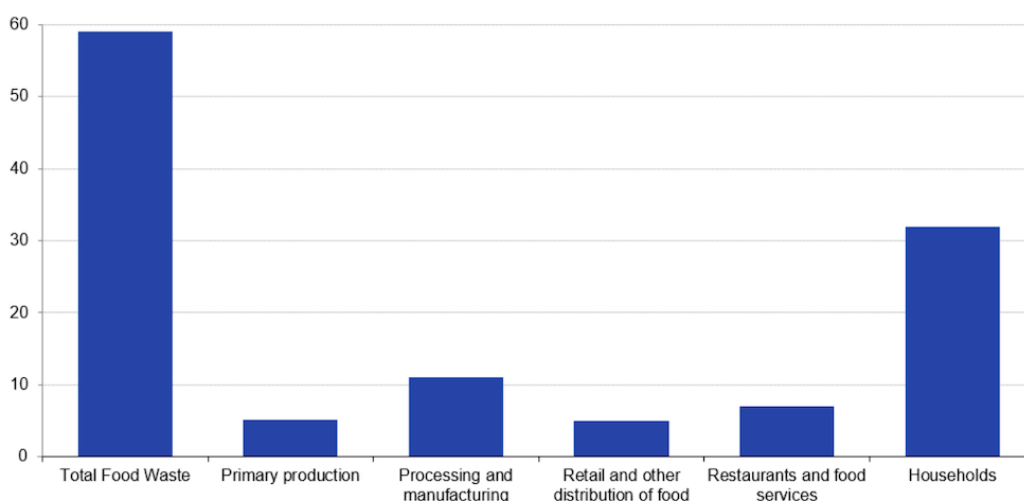


Figura 4 – Stima dello spreco alimentare in Europa (2022) - Eurostat

A livello di singoli Stati dell'UE emergono variazioni significative. La Figura 5 presenta le quantità totali di rifiuti alimentari registrate, nelle diverse fasi della catena di approvvigionamento, dagli Stati membri. In termini assoluti, Germania, Francia e Italia

presentano i tassi più elevati di produzione di rifiuti alimentari. Lo spreco di cibo pro capite (espresso in kg/abitante) mostra un andamento diverso, con Germania e Francia che presentano tassi simili alla media UE di 131 kg pro capite, e alcune nazioni più piccole con tassi più elevati.

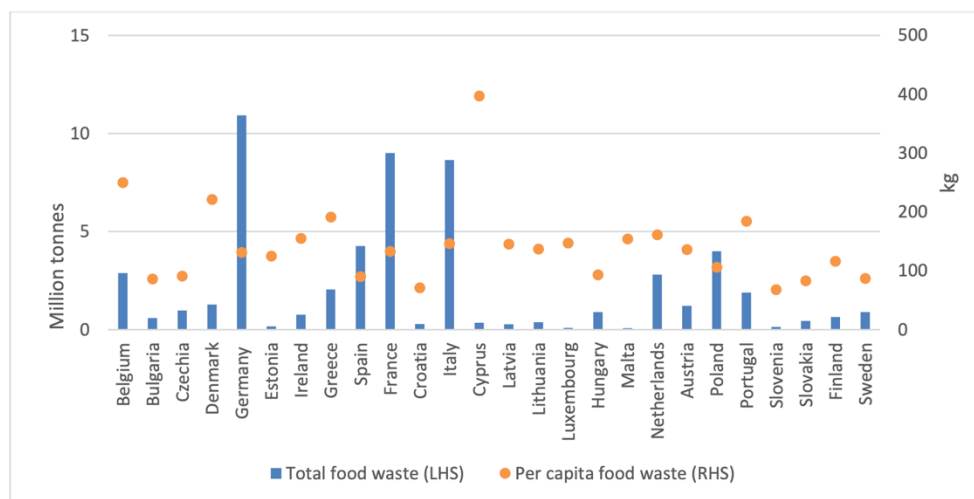


Figura 5 - Sprechi alimentari generati dagli Stati membri, milioni di tonnellate e kg/abitante (2020) – (JRC133971, 2023)

I dati EUROSTAT non forniscono una differenziazione specifica tra i gruppi alimentari; sulla base di alcuni studi condotti dal Joint Research Center (JRC133971, 2023) è emerso come la frutta e la verdura rappresentano la quota maggiore dei rifiuti alimentari totali generati, con percentuali rispettivamente pari al 27% e al 20%, seguono i cereali (13%) e le patate (10%); le quote di rifiuti sono invece inferiori per i prodotti di origine animale.

Gli stessi dati emergono dalle analisi condotte dalla FAO sulle perdite lungo la catena di distribuzione per tipologia di prodotto: la frutta e la verdura è la categoria di alimenti con uno dei più alti tassi di perdita di cibo.

Dall'analisi svolta dalla FAO (FAO, 2011) i cui dati sono riportati nella Figura 6, si vede come in quasi tutte le regioni del mondo le perdite della frutta e della verdura, considerando tutte le fasi della FSC, si attestano intorno al 50%. Focalizzando l'attenzione sulle diverse fasi in cui si verificano le perdite, emerge invece un quadro differenziato, in Europa e nel nord America e Oceania le perdite maggiori si registrano

sul campo, mentre nell’Africa sub sahariana e nel sud est asiatico le perdite maggiori si registrano nella fase di trasformazione.

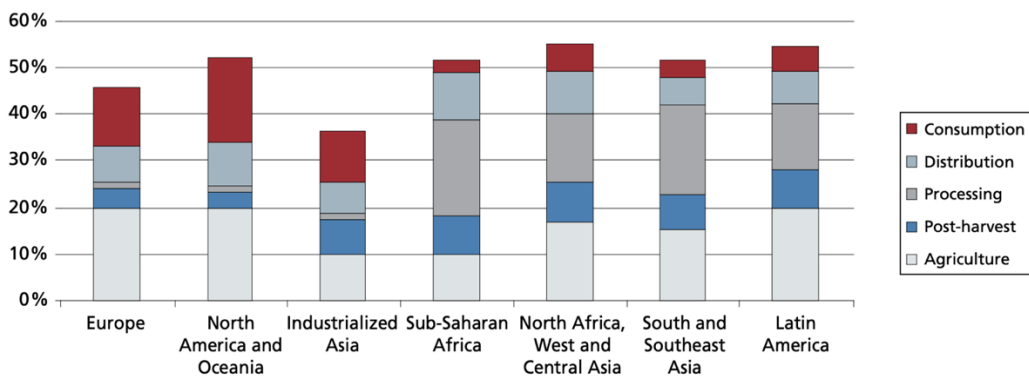


Figura 6 – FLW nelle diverse fasi della FSC per frutta e verdura in diverse regioni (FAO, 2011)

Il JRC ha effettuato anche una proiezione dell’aumento dei rifiuti totali utilizzando una regressione sul PIL e sulla popolazione, sulla base di tale calcolo è previsto un aumento dell’8,5% nel periodo dal 2020 al 2030, questo valore riferito all’UE-27 nel suo complesso si traduce in modi diversi a livello di singoli Stati membri (JRC133971, 2023).

Dal grafico si evince come ci sono Paesi con una demografia positiva e un’economia e un settore agroalimentare ben funzionanti che mostrano un aumento della produzione di rifiuti alimentari, e alcuni Paesi che registrano un forte calo demografico, con conseguente riduzione dei rifiuti alimentari, nonostante i tassi di crescita economica relativamente elevati.

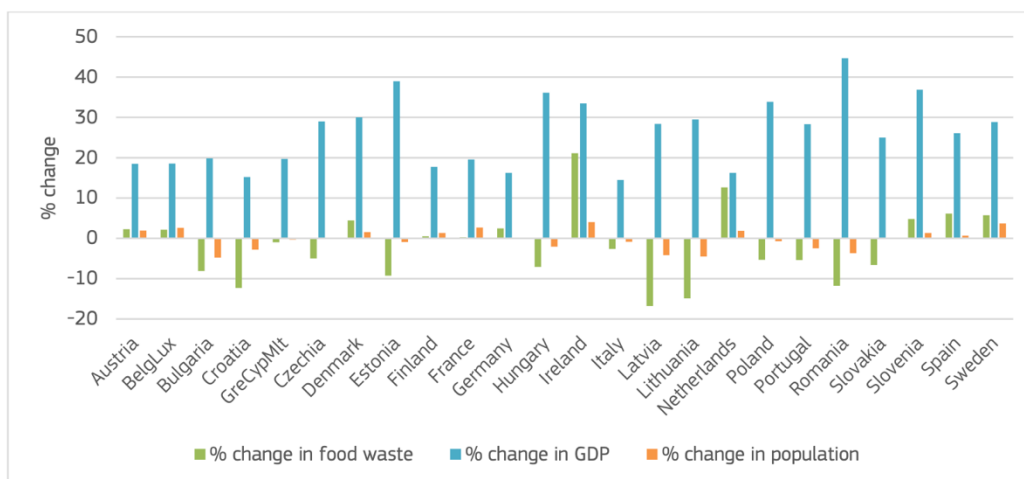


Figura 7 - Spreco alimentare, PIL, Popolazione, variazione % 2020-2030

Nello stesso studio, sulla base dell'Analisi dei Flussi di Massa (AMF), il JRC ha calcolato anche la distribuzione dei rifiuti alimentari tra le varie fasi della filiera, per gruppi di alimenti, nel 2020 e nel 2030, in base a tali proiezioni la frutta e la verdura continueranno a rappresentare quasi il 50% delle quantità totali di rifiuti alimentari. Quasi la metà degli sprechi alimentari di verdura avviene nella produzione primaria, mentre per la frutta le quote della produzione primaria e della lavorazione e trasformazione sono circa il 30% ciascuna.

	2020					2030				
	Primary production	Processing & Manufacturing	Retail & Distribution	Household	Total	Primary production	Processing & Manufacturing	Retail & Distribution	Household	Total
Cereals	3.5	8.6	22.3	6.5	7.7	3.1	8.6	21.5	5.8	7.3
Dairy	4.8	11.4	7.4	7.1	7.6	5.1	12.0	7.7	7.6	8.1
Eggs	1.0	0.8	0.8	0.1	0.4	1.1	0.8	0.8	0.1	0.4
Fish	10.7	4.1	6.9	1.7	3.5	9.7	4.0	7.4	1.8	3.5
Fruits	32.6	29.7	19.4	18.3	22.0	32.7	29.3	19.1	17.0	21.4
Meat	0.0	18.0	17.0	7.9	9.5	0.0	18.2	18.0	7.5	9.6
Oils	0.7	0.8	2.0	1.3	1.2	0.6	0.8	1.9	1.1	1.0
Sugarbeets	0.0	0.0	8.0	0.3	0.8	0.0	0.0	7.8	0.3	0.8
Vegetables	46.8	26.6	16.2	21.3	24.6	47.8	26.3	15.8	19.7	23.9
Other food	0.0	0.0	0.0	18.5	11.8	0.0	0.0	0.0	18.8	11.5
Others	0.0	0.0	0.0	2.5	1.6	0.0	0.0	0.0	2.5	1.5
Food service	0.0	0.0	0.0	14.5	9.3	0.0	0.0	0.0	17.9	11.0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Figura 8 - Distribuzione dei rifiuti alimentari tra le fasi della catena di approvvigionamento e tra i gruppi per il 2020 e il 2030, UE-27

La deperibilità intrinseca e l'esposizione agli attacchi dei parassiti rendono particolarmente complicata la gestione e la distribuzione di questi prodotti freschi. L'analisi di FLW dei prodotti ortofrutticoli e l'identificazione di possibili strategie di prevenzione e valorizzazione rappresenta pertanto una priorità nei sistemi alimentari a causa dell'aumento della popolazione mondiale e della domanda di cibo, nonché della centralità di frutta e verdura per diete sane ed equilibrate (Villalobos, et al, 2019).

1.3 Le cause dello spreco alimentare nel settore ortofrutticolo

Analizzando le cause all'origine dello spreco alimentare, con particolare riferimento al settore ortofrutticolo su cui si concentra il presente lavoro di tesi, sicuramente uno dei fattori principali è la facile e veloce deperibilità dei prodotti.

I seguenti tre fattori globali, correlati tra loro, forniscono una chiave di lettura per inquadrare il problema del food loss, sia per i paesi in via di sviluppo che per paesi più sviluppati.

- **Urbanizzazione e contrazione del settore agricolo:** la percentuale di popolazione mondiale impiegata nell'agricoltura è diminuita negli ultimi decenni e il 50% della popolazione mondiale vive oggi in ambienti urbani e si prevede che questa percentuale salirà al 70% entro il 2050 (United Nations, 2019). La rapida urbanizzazione ha creato la necessità di estendere le catene di fornitura alimentare (FSC) per nutrire le popolazioni urbane e affinché questa sia efficiente è necessario migliorare le strade, i trasporti e le infrastrutture di commercializzazione così da mantenere il cibo a prezzi accessibili anche per gli individui a basso reddito. Il modo in cui queste catene di approvvigionamento si sviluppano ha implicazioni per lo spreco alimentare a livello globale, oggi e in futuro (NTS Insight, 2011).
- **Transizione alimentare:** la crescita dei redditi delle famiglie, in particolare nei Paesi BRICS, è associata a una diminuzione del consumo di alimenti amidacei di base e a una diversificazione della dieta verso i prodotti agricoli, i latticini, la carne e il pesce (Parfitt et al., 2010). Il passaggio a prodotti vulnerabili e a più breve conservazione è associato a un maggiore spreco di cibo e a un maggiore consumo di terra e altre risorse (Lundqvist, et al, 2008). La transizione varia a

seconda dei Paesi e delle culture, ad esempio in India la pressione sulle risorse è minore rispetto alla Cina, dove la domanda di carne è in rapido aumento.

- Aumento della globalizzazione del commercio: può aprire opportunità per le esportazioni agricole, ma può rappresentare una minaccia per lo sviluppo dei mercati interni, a causa della concorrenza di importazioni a basso costo e di qualità superiore a quella che si può produrre localmente. Legate alla liberalizzazione del commercio, le catene multinazionali sono diventate una forza trainante nella rapida crescita dei supermercati in molte economie in transizione.

I paesi industrializzati stanno inoltre sperimentando altri fattori, il più significativo è l'invecchiamento della popolazione e la crescita delle famiglie monoparentali.

Nella fase della post-raccolta, le perdite sono altresì funzione della tecnologia disponibile in ciascun Paese e del grado di sviluppo dei mercati per i prodotti agricoli. Le cause dello spreco alimentare nel settore ortofrutticolo sono differenti in base al contesto socioeconomico e climatico, con una differenziazione tra i Paesi a basso reddito e quelli ad alto reddito.

Per i Paesi a basso reddito le principali cause sono:

- scarse infrastrutture per lo stoccaggio: i prodotti si deteriorano principalmente a causa dei fattori climatici come caldo-umido, e di parassiti o funghi;
- scarse infrastrutture per il trasporto, quali la mancanza della refrigerazione per il mantenimento della corretta temperatura e il rispetto della “catena del freddo”;
- mancanza di condizioni igienico sanitarie nella fase di vendita/distribuzione;
- mancanza di packaging idoneo allo stoccaggio e al trasporto;

mentre per i Paesi ad alto reddito:

- rispetto di elevati standard qualitativi ed estetici;
- scarti durante la produzione;
- cattiva gestione delle temperature nella distribuzione nella “catena del freddo”;
- mancanza di pianificazione nelle varie fasi;
- date di scadenza troppo stringenti;
- scarti sulla tavola del consumatore finale.

Le origini e le cause dello spreco alimentare possono pertanto essere riconducibili a:

- inefficienze tecnologiche dei sistemi nelle filiere alimentari (come quelle logistiche, infrastrutturali, nelle tecniche di conservazione);

- ragioni comportamentali psicologiche, sociali, culturali e loro conseguenze economiche (anche sulle scelte di produzione).

Mentre nei paesi in via di sviluppo, la mancanza di infrastrutture e competenze tecniche e manageriali associate alla produzione alimentare e alla lavorazione post-raccolta sono state identificate come fattori chiave per la determinazione degli sprechi alimentari, sia oggi che nel prossimo futuro, nei Paesi sviluppati la maggior parte dei rifiuti alimentari continuerà a essere prodotta a livello domestico, grazie al basso prezzo degli alimenti in rapporto al reddito disponibile, alle elevate aspettative dei consumatori nei confronti degli standard sensoriali degli alimenti e dal crescente distacco tra i consumatori e le modalità di produzione degli alimenti.

Allo stesso modo, la crescente urbanizzazione nei Paesi in via di transizione potenzialmente scollegherà queste popolazioni dal modo in cui gli alimenti vengono coltivati. In tutto il mondo, le limitazioni delle risorse e dei prodotti di base, in parte dovute all'aumento della popolazione, ma anche agli impatti dei cambiamenti climatici, potenzialmente dovrebbero indurre a processi più efficienti che potrebbero portare alla riduzione degli sprechi alimentari. Le filiere alimentari dovrebbero svilupparsi per consentire la riduzione dello spreco attraverso lo sviluppo di una logistica condivisa (ad esempio, magazzini collaborativi), l'identificazione ed etichettatura dei prodotti (uso di codici a barre e tag RFID) e una migliore previsione della domanda.

Accanto ad interventi di efficientamento dell'intera FSC è necessario fare maggiore leva anche sulla sensibilizzazione rispetto a questo tema. Come accennato sopra, tra le cause dello spreco alimentare tra i Paesi industrializzati, vi sono anche il rispetto di *standard* estetici, dimensionali e di forma, in alcuni casi essi sono imposti da normative europee per rendere più omogenea la produzione e il commercio; in altri casi, tali *standard* sono dettati dalla GDO che riesce a realizzare maggiori profitti con prodotti che, per qualità estetiche, vengono proposti come di prima scelta, tuttavia questa pratica determina il 70% degli sprechi della GDO. Tali requisiti di uniformità sono stati più volte oggetto di critiche e l'Unione Europea nel 2008 ha eliminato alcuni di questi vincoli, ma altri prodotti (quali mele, peperoni, agrumi, lattughe) sono stati nuovamente normati nel 2011 (ISPRA, Rapporti 279/2018).

1.4 L'impatto dello spreco alimentare

Lo spreco alimentare ha notevoli impatti sia dal punto di vista ambientale che dal punto di vista economico e sociale, la riduzione delle perdite e degli sprechi alimentari, pertanto, genera benefici per le economie, per le imprese e i consumatori, per l'ambiente e per la salute umana.

Diversi studi hanno indicato la riduzione delle perdite e degli sprechi alimentari come la migliore strategia per ridurre le emissioni e combattere la crisi climatica, l'agricoltura è infatti il più grande consumatore di risorse di acqua dolce del mondo e oltre un quarto dell'energia utilizzata a livello mondiale è destinata alla produzione e alla fornitura di cibo.

Le emissioni dovute alla perdita e allo spreco di cibo derivano dall'energia e dai fattori produttivi utilizzati per produrre cibo che alla fine non viene consumato, nonché dal metano emesso quando il cibo marcisce nei campi o nelle discariche. Sebbene abbia una vita più breve dell'anidride carbonica, il metano è un gas serra particolarmente potente con un potere di riscaldamento oltre 80 volte superiore a quello della CO₂, riducendo la perdita e lo spreco di cibo, si eviterebbero le relative emissioni che contribuiscono al riscaldamento del pianeta.

Uno studio condotto in Italia ha analizzato gli impatti dei prodotti ortofrutticoli sprecati in fase di distribuzione: per produrre la quantità di frutta e ortaggi gettati via nei punti vendita sono stati consumati più di 73 milioni di m³ d'acqua, utilizzate risorse ambientali pari a quasi 400 milioni di m² equivalenti ed emessi in atmosfera di più di 8 milioni di kg di CO₂ equivalente (Segrè, A. e L. Falasconi, 2011).

A livello globale la FAO ha compiuto uno studio che stima gli effetti dello spreco alimentare sulle risorse naturali mediante il calcolo dell'impronta di carbonio, dell'impronta idrica e dell'occupazione di suolo (FAO, 2013). Inoltre, la FAO stima che a livello mondiale il 21% in massa dei rifiuti smaltiti nelle discariche sia costituita da rifiuti alimentari.

L'impronta globale di carbonio dello spreco alimentare è stata stimata, escludendo le emissioni dovute al cambio di uso del suolo, in 3,3 miliardi di tCO₂ equivalenti, circa il 7% delle emissioni di gas serra globali. Il maggior contributo viene dalla filiera dei cereali (34%), seguita dalla carne (21%) e dagli ortaggi (21%).

L'impronta media *pro capite* nel mondo è circa di 500 kgCO₂eq l'anno; la regione europea presenta un'impronta di carbonio da spreco alimentare *pro capite* maggiore. Si

stima quindi che lo spreco alimentare contribuisca mediamente al 10% alle emissioni di gas serra dei paesi sviluppati.

L'impronta globale di acqua "blu" (da acque superficiali e sotterranee) per la produzione agricola dovuta allo spreco alimentare nel 2007 è stata di circa 250 km³, equivalente a 3,6 volte l'impronta idrica "blu" dei consumi totali degli USA. I cereali contribuiscono per il 52% e la frutta per il 18%. La regione che comprende nord Africa, Asia occidentale e centrale ha l'impronta idrica a persona maggiore, più di 90 m³ l'anno. Si consideri che l'impronta idrica "blu" da consumo domestico media globale era nel 2007 di solo 7 m³ a persona l'anno.

A livello globale lo spreco alimentare nel 2007 può essere considerato responsabile dell'occupazione di circa 1,4 miliardi di ha ovvero il 28% dell'area agricola mondiale, un'estensione equiparabile a quella della Russia. I maggiori contributi vengono dallo spreco di carne e latticini (78%). Le regioni in via di sviluppo contribuiscono per circa due terzi all'occupazione di suolo da spreco alimentare, benché il loro spreco sia meno del 50%. L'Europa ha l'intensità di occupazione di suolo dovuta a spreco più bassa.

La FAO stima che nel mondo la terra arabile *pro capite* fosse nel 1970 circa 0,38 ha, mentre secondo le proiezioni più affidabili nel 2050 sarà solo 0,15 ha circa.

Dal punto di vista economico ridurre lo spreco alimentare dei consumatori anche solo del 20%-25% entro il 2030 potrebbe far risparmiare al mondo una cifra stimata tra i 120 e i 300 miliardi di dollari all'anno. Questi risparmi si realizzano sia a livello individuale che a livello sistemico: consumando di più ciò che acquistano, le famiglie possono ridurre la spesa complessiva per il cibo⁶.

Ridurre le perdite di cibo - soprattutto quelle post-raccolta, che comprendono gli alimenti coltivati ma che non arrivano mai sul mercato – contribuisce inoltre a migliorare anche il reddito degli agricoltori che potrebbero reinvestire questi maggiori profitti per acquistare attrezzature aggiornate e per migliorare l'efficienza delle tecniche produttive capaci di limitare ulteriormente gli sprechi, generando in tal modo un circolo virtuoso.

Esistono due principali metodologie di valorizzazione dell'impatto economico, che si riferiscono al costo di produzione e al prezzo di mercato dei beni. Nel primo caso, il valore di un bene è proporzionato alle risorse necessarie a produrlo: l'impatto economico potrebbe essere stimato come "il valore che si perde con lo spreco",

⁶ The Global Benefits of Reducing Food Loss and Waste, and How to Do It, World Resources Institute

utilizzando come criterio di calcolo i costi sostenuti per ottenere i singoli beni. Nel secondo caso, il valore di un bene non dipende dal costo di produzione, ma dalla sua utilità, rappresentata dal prezzo che si forma sul mercato: l'impatto economico dello spreco potrebbe essere stimato utilizzando come criterio di calcolo "il prezzo di mercato dei singoli beni".

A questi si può aggiungere una valutazione basata sulla teoria dell'economia del benessere, che stima lo spreco alimentare come "l'impatto sull'utilità dell'intera società", pertanto, nel calcolo si deve tenere presente non solo del prezzo di mercato, ma devono essere considerate anche le esternalità negative prodotte, sommando quindi al prezzo la stima della disponibilità della società a pagare un prezzo per l'impatto ambientale.

Inoltre, considerando che una porzione rilevante di terreno è impiegata in modo meno utile (per produrre alimenti che non vengono consumati) rispetto ad altri modi alternativi, l'impatto economico può essere valutato anche calcolando il costo opportunità della superficie agricola utilizzata per produrre i beni sprecati.

Un'analisi degli impatti economici in Italia, con dati del 2009, si è soffermata in modo particolare su perdite e sprechi di cui sono responsabili il settore agricolo, l'industria alimentare e la distribuzione, adottando le diverse metodologie di quantificazione sopra descritte.

Le stime riportano un impatto economico pari a circa 8 miliardi di euro, se si impiega il metodo di calcolo impostato sul costo di produzione, e pari a quasi 10 miliardi di euro, se si impiega il metodo di calcolo impostato sul prezzo di mercato, pari rispettivamente a 136 e 163 euro per persona.

Includendo nel calcolo anche le conseguenze negative derivanti dallo spreco alimentare in termini di inquinamento ambientale, la stima dell'impatto economico risulta essere superiore a 10 miliardi di euro. Valorizzando infine anche il costo opportunità della superficie di terreno impiegata nella produzione di derrate non consumate, la stima dell'impatto economico aumenta ulteriormente. Proseguendo lungo la filiera agroalimentare, l'impatto economico dello spreco riconducibile all'industria alimentare è pari a quasi 1 miliardo di euro, se si utilizza il metodo di calcolo basato sul prezzo di mercato, e di quasi 1,2 miliardi di euro, se si include nel calcolo la valorizzazione delle emissioni di CO₂.

Infine, nel comparto distributivo lo spreco è quantificato in poco più di 1,5 miliardi di euro relativamente ai prezzi di mercato.

Nella figura che segue viene mostrato l'impatto economico dello spreco in agricoltura in Italia valutato secondo il costo di produzione e il prezzo di mercato dei beni per alcuni prodotti alimentari

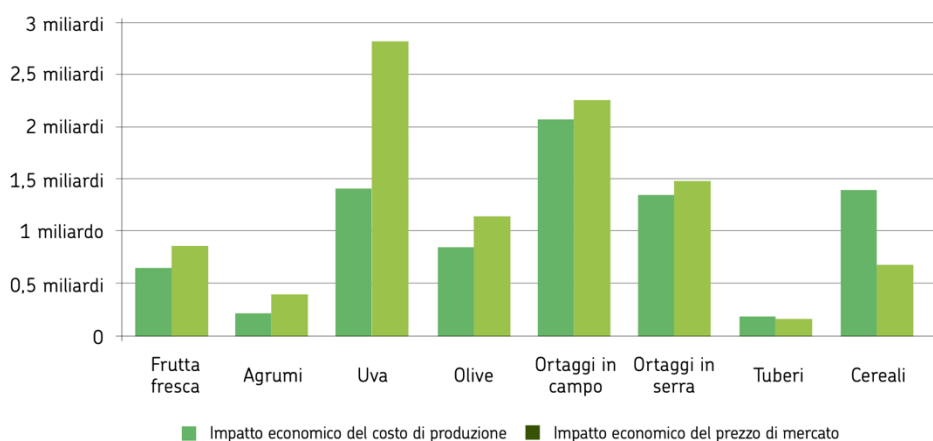


Figura 9 - Impatto economico dello spreco in agricoltura in Italia valutato secondo il costo di produzione e il prezzo di mercato dei beni (Barilla Center for Food and Nutrition, 2012)

Dal punto di vista sociale la riduzione delle perdite e degli sprechi alimentari può svolgere un ruolo importante nel fornire una dieta sana e nutriente a una popolazione globale in crescita.

La definizione di sicurezza alimentare adottata a livello internazionale è quella elaborata al World Food Summit nel 1996, secondo la quale essa descrive una situazione in cui “tutte le persone, in ogni momento, hanno accesso fisico, sociale ed economico ad alimenti sufficienti, sicuri e nutrienti che soddisfino le loro necessità e preferenze alimentari per condurre una vita attiva e sana”.

Generalmente, il concetto di “sicurezza” fa riferimento alla disponibilità di alimenti a livello nazionale, in quantità tale da soddisfare i requisiti energetici della popolazione di riferimento. Congiuntamente ai requisiti energetici, la dieta alimentare dovrebbe garantire anche un contenuto nutritivo adeguato.

Se consideriamo che, non solo un terzo di tutto il cibo prodotto in volume non viene consumato, ma gli alimenti deperibili con un valore nutrizionale più elevato, come frutta e verdura, sono particolarmente soggetti a perdite e sprechi, si comprende come una strategia importante per affrontare la fame in un mondo in cui centinaia di milioni di persone sono ancora vittime della malnutrizione è garantire che una parte maggiore

dell'offerta alimentare globale venga utilizzata per sfamare le persone, anziché andare persa o finire nelle discariche.

2. Il dispositivo BlowDevice®

Il BlowDevice® (BD) è una tecnologia che gestisce gli scambi gassosi tra l'interno e l'esterno di una confezione per prodotti alimentari solidi o liquidi. Più in particolare, il BD può essere utilizzato per la conservazione di prodotti ortofrutticoli di I e IV gamma, consentendo il controllo della composizione dello spazio di testa delle confezioni, il quale durante la frigo-conservazione viene inevitabilmente alterato a causa di processi metabolici, quali la respirazione, la maturazione o la crescita microbica, che determinano il consumo di ossigeno (O₂) e l'insorgenza di fenomeni fermentativi, produzione di vapore acqueo, accumulo di anidride carbonica (CO₂) ed il bombaggio del contenitore.

La *shelf-life* dei prodotti ortofrutticoli è fortemente influenzata dagli imballaggi, per cui si ritiene che è packaging-dipendente. Le prestazioni dell'imballaggio condizionano la conservabilità sia in termini quantitativi (quanto è lunga la durabilità) che qualitativi (qual è il meccanismo di degradazione predominante). La possibilità di mantenere invariate le caratteristiche qualitative e merceologiche durante la distribuzione dipende molto dalla scelta del materiale di confezionamento e dalle miscele gassose impiegate. Risulta, quindi, che la *shelf-life* è il principale fattore di penetrazione nel mercato per i prodotti ortofrutticoli freschi ad elevata deperibilità.

Con l'attuale tecnologia di confezionamento, ad esempio, la *shelf-life* dell'uva biologica è di circa 8 giorni limitando l'ampiezza geografica del mercato a 700/800 km dalla produzione. Con un confezionamento adeguato, come la tecnologia *Modified Atmosphere Packaging* (MAP), può crescere fino a 10.000/15.000 km creando maggiori opportunità commerciali e possibilità di ridurre le perdite, ed evitare l'impiego di antiparassitari di sintesi, nel caso essi siano ammessi in post raccolta.

Tra le soluzioni emergenti di packaging per il settore ortofrutticolo rientra il BlowDevice® (BD), la valvola brevettata dall'Università degli Studi della Basilicata che, consentendo il flusso bidirezionale dei gas, fornisce proprietà traspiranti ad un imballaggio per prodotti ortofrutticoli freschi. La valvola è stata sviluppata da Di

Renzo et. al. ed è coperta da brevetto nazionale ed internazionale^{7,8}. La tecnologia è stata ottimizzata e portata ad un livello industriale nel corso del progetto “MyPack” (Horizon 2020, n. 774265), finalizzato allo sviluppo di soluzioni sostenibili di packaging alimentari, in partnership con altri centri di ricerca europei ed aziende del settore.

Dal 20 luglio 2021, a seguito degli importanti risultati ottenuti nell’ambito del progetto di ricerca MyPack, la Commissione europea ha inserito l’innovazione sul portale europeo Innovation Radar (<https://innovation-radar.ec.europa.eu/innovation/33892>), etichettandola come “Business Ready”.

I risultati degli studi condotti concludono che la valvola permette il flusso bidirezionale dei gas, richiamando dall’esterno l’O₂ durante la conservazione ed evitando sia l’accumulo di CO₂ che di vapore acqueo all’interno della confezione, quest’ultimo è precursore dello sviluppo di marciumi.

L’idoneità di questo dispositivo è stata testata per la conservazione di uva da tavola biologica (cv. *Sugraone*, *Sugranineteen*, *Arra 15*, *Arra 30*), ciliegie biologiche (cv. *Lapins*, *Sweet Heart*, *Ferrovia*), fragole e funghi, e prodotti di IV gamma (rucola e lattuga baby leaf, arilli di melagrana) nel contesto di diversi progetti nazionali e internazionali.

Una parte considerevole delle risorse sono state dedicate alla fase di sviluppo del know-how per l’applicazione automatica della valvola e l’ottimizzazione dei protocolli di conservazione dei prodotti. Questa fase ha compreso la progettazione e la costruzione di prototipi di BD in diversi materiali e di macchine valvolatrici che consentono la saldatura automatica di BD sui film alimentari, in rispondenza alle attuali esigenze delle macchine di confezionamento presenti sulle linee di produzione (elevata velocità di scorrimento, precisione, efficacia, resistenza stress meccanici e termici in linea).

La massima efficacia della valvola è subordinata all’impiego della macchina valvolatrice e di adeguati protocolli di confezionamento che sono stati ottimizzati da UNIBAS.

Lo sviluppo della tecnologia BD è stato condotto partendo da un *background* teorico che ha consentito di ottimizzare il design, mettere a punto i modelli che descrivono il flusso e le caratteristiche di diffusione dei gas, e in parallelo sono stati sviluppati i *tools* da laboratorio per il controllo di tali parametri (Figura 10). La ricerca di base è stata

⁷ Di Renzo G.C., Altieri G., Genovese F., 2015, Dispositivo per controllare scambi gassosi fra l’interno e l’esterno di un contenitore per prodotti alimentari solidi o liquidi, Patent: 102015000018707 (in italian)

⁸ Di Renzo G.C., Altieri G., Genovese F., 2016, Device for controlling gaseous exchanges between the inside and outside of a container for solid or liquid food products, Patent: PCT/IB2016/0506600.

affiancata da una fase applicata in cui BD è stato testato per la conservazione di numerose referenze ortofrutticole, seguita dallo sviluppo di diverse macchine valvolatrici necessarie per lo *scale-up* industriale della tecnologia.

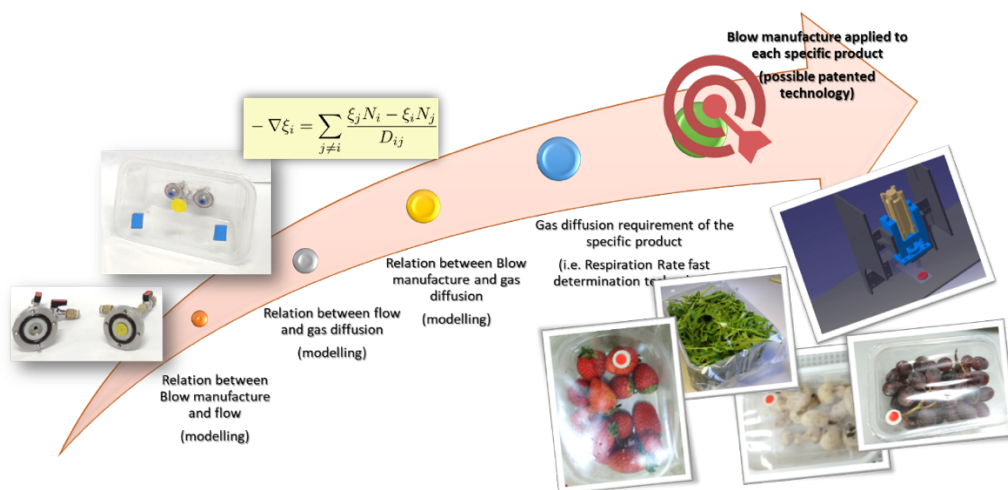


Figura 10 - Roadmap per lo sviluppo della tecnologia BD

La ricerca ha tenuto conto delle esigenze e delle criticità che ogni fase e ogni prototipo ha riscontrato, in particolar modo dei fattori intrinseci (gas-selettività, facilità d'uso e applicazione, caratteristiche meccaniche e fisiche dei materiali) ed estrinseci (adattabilità alle attuali linee di confezionamento, norme di eco-compatibilità e riciclabilità dei materiali, accettabilità dei consumatori).

La tecnologia alla base del dispositivo è una spirale (Figura 11) che selettivamente consente il passaggio dei gas, la quale è stata confermata nei diversi prototipi - in termini di lunghezza e profondità - in base al materiale ed ai prodotti alimentari impiegati, e allo stesso tempo sono stati messi a punto strumenti da laboratorio e modelli per la valutazione dell'efficacia.

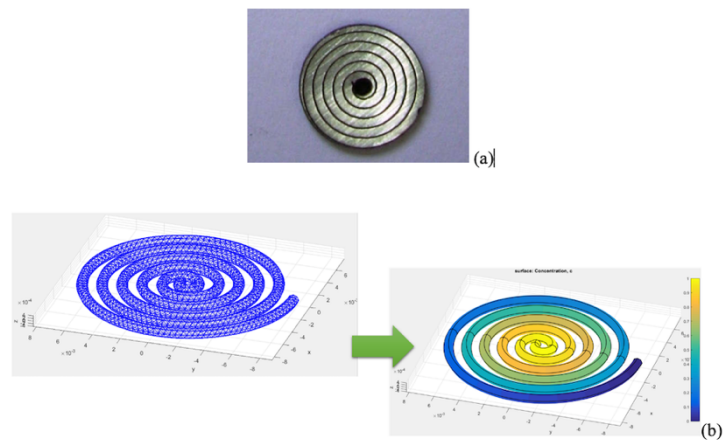


Figura 11 - (a) Incisione madre (2015); (b) Simulazione 3D come primo passo dell'ottimizzazione di BD effettuata con FEATool Multiphysics Matlab's toolbox

Il primo prototipo da laboratorio è stato sviluppato in due versioni “S” ed “L” (Altieri, G., Genovese, F., Matera, A., Tauriello, A., Di Renzo G.C., 2018) con l’obiettivo di rispondere alle esigenze di conservazione, rispettivamente, di prodotti ortofrutticoli a basso ed alto tasso di respirazione. I risultati delle caratterizzazioni fisiche hanno consentito di valutare le performance in termini di flussaggio (ml/s) e di gas-selettività (P_{CO_2}/P_{O_2}), determinandone l’adattabilità per la conservazione del tartufo, uva da tavola e arilli di melagrana.

A seguito dei risultati positivi ottenuti dalle modellazioni, il prototipo BD-S è stato applicato manualmente su contenitori a volume fisso (rigidi) o variabile (buste/film), impiegando un adesivo (Figura 12), ed è stato testato per la conservazione di rucola di I gamma (Matera A., Genovese F., Altieri G., Tauriello A., Di Renzo G., 2017), uva da tavola biologica, arilli di melagrana.

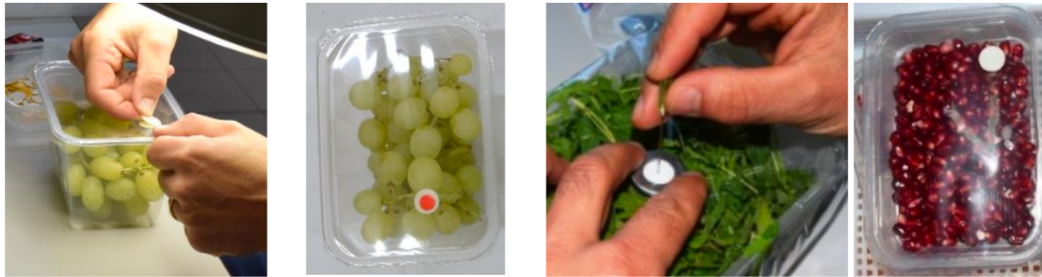


Figura 12 - Applicazione di BD in resina acetica (a) con adesivo su contenitore a volume noto per la conservazione di uva da tavola biologica, rucola e arilli di melagrana

Nel corso degli anni numerose sono state le prove sperimentali condotte presso il laboratorio di macchine ed impianti del Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari e Ambientali dell'Università degli Studi della Basilicata (<https://machimplab.wordpress.com/>) che hanno consentito di modificare il dispositivo al fine di adattarlo alle diverse referenze e di migliorarne le prestazioni. Si descrivono di seguito alcuni dei risultati sperimentali ottenuti e come il dispositivo sia stato modificato nel corso degli anni.

Test su uva da tavola biologica Sugar One (2016/2017)

L'uva da tavola biologica Sugraone superior seedles è una pregiata varietà con caratteristiche sensoriali uniche, tra cui l'elevata croccantezza e dolcezza. Il prodotto biologico si distingue per l'elevata suscettibilità in quanto, diversamente dal prodotto convenzionale, non sono previsti trattamenti con anidride solforosa in post raccolta. La possibilità di spuntare un buon prezzo sul mercato dipende soprattutto dallo stato di conservazione del prodotto, per cui si ritiene che l'uva può essere commercializzata come extra, I o II categoria, e quindi avere un diverso valore, in base all'indice di decadimento, ma anche delle caratteristiche chimiche (Reg. UE 543/2011)⁹. Per testare l'efficacia del dispositivo, è stato messo a punto un disegno sperimentale randomizzato a blocchi completi, per cui sono stati allestiti 100 contenitori in polipropilene (PP) con circa 350 g di uva in ognuno e sono stati termosigillati con film

⁹ Regolamento di Esecuzione (UE) n. 543/2011 della Commissione del 7 giugno 2011 recante modalità di applicazione del Regolamento (CE) n. 1234/2007 nei settori degli ortofruttili freschi e degli ortofruttili trasformati

PP/PET 12/50 μm dopo aver inserito una miscela gassosa composta da 10% O₂ e 10% CO₂.

I contenitori sono stati divisi in due batch:

A: con macroforo da 0,5 mm su film,

B: con macroforo da 0,5 mm su film + BD.

I prodotti sono stati stoccati in cella a 1 °C (Figura 13) e ogni 15 giorni 5 repliche (contenitori) da ogni batch venivano casualmente selezionate e analizzate rispetto agli standar di qualità. In parallelo, due contenitori per ogni batch sono stati impiegati per valutare, tramite analizzatore di gas, l'evoluzione delle specie gassose nello spazio di testa.



Figura 13 - Contenitori stoccati in cella durante l'esperimento



Figura 14 - Indice di decadimento in *Sugraone Superior Seedless* al giorno 45 di conservazione

Risultati incoraggianti sono stati ottenuti con BD-S: l'uva ha raggiunto 45 giorni di conservazione (Figura 14) con caratteristiche di categoria extra (decadimento <5%, °Brix > 14, °Brix/acidità titolabile >20, uniformità del colore). Inoltre, sebbene nell'esperimento siano stati coinvolti sistemi di confezionamento traspiranti, la perdita di peso al termine di tali periodi di conservazione è stata trascurabile (<1%).

I protocolli e il sistema di confezionamento testati sono efficaci e potrebbero essere di grande interesse per scopi industriali, in quanto si riferiscono a trattamenti cost-save e GRAS (Generally Recognized as Safe) per ridurre le perdite durante lo stoccaggio all'ingrosso dell'uva da tavola biologica.

Dall'osservazione dell'andamento in continuo delle specie gassose (O₂, CO₂) all'interno di un contenitore con *Sugraone superior seedless*, nel corso della frigo conservazione, è emersa una significativa differenza nell'evoluzione dello spazio di testa, per cui le pressioni parziali delle specie gassose restano piuttosto invariate per tutta la durata dell'esperimento, attestandosi intorno al 10%, nei contenitori con la valvola BD, mentre nei contenitori controllo dopo soli 5 giorni l'atmosfera protettiva svanisce.

Questo fenomeno giustifica il differente indice di decadimento a cui sono andati incontro i due lotti sperimentali nel corso della conservazione: dove la concentrazione di CO₂ è maggiore, l'effetto fungistatico è più accentuato e contribuisce alla stabilità del prodotto. Il test ha quindi dimostrato la capacità di BD nel gestire gli scambi gassosi tra l'esterno e l'interno del contenitore, per cui l'O₂ che viene consumato dal prodotto

viene reintegrato dall'esterno, rimanando costante, mentre la CO₂ in eccesso prodotta viene espulsa, ma il livello rimane prossimo alla concentrazione iniziale, producendo l'azione fungistatica.

Test su rucola di I gamma (2017)

I prodotti ortofrutticoli di I e IV gamma sono categorie minimamente processate; successivamente alla raccolta meccanica possono essere direttamente confezionati in cassette (I gamma) oppure lavati, asciugati e confezionati in buste (IV gamma). La durabilità del prodotto è packaging e temperatura dipendente, se il prodotto è confezionato con poco O₂ o ad alte temperature, il consumo di O₂ è rapido e si va precocemente incontro ad anossia, si accentua la formazione di odori sgradevoli, la presenza di vapore acqueo, marciumi e forte degradazione della clorofilla, tutti fattori che determinano l'inaccettabilità da parte del mercato (Fig. 11), per cui si predilige il confezionamento in aria (O₂ ~ 20,8%) combinato con la frigoconservazione.

Nel corso nel 2017, sono stati condotti dei test di conservazione impiegando rucola di I gamma e il dispositivo BD-S. Le vaschette in PP contenenti la rucola sono state termosigillate con film di PP bi-orientato (BOPP) tramite flow-pack orizzontale, ed in seguito è stata applicata manualmente la valvola sul BOPP (Figura 15).



Figura 15 - Fasi della sperimentazione effettuata per la conservazione di rucola di I gamma

Nel corso della sperimentazione sono stati monitorati alcuni dei principali standard di qualità del prodotto, insieme all'evoluzione dello spazio di testa nelle confezioni. La Figura 16 mostra le confezioni dopo 12 giorni di frigo conservazione, e si può notare la presenza di vapore acqueo nelle confezioni controllo (sx) e con BD-L (centro), mentre la confezione BD-S (dx) appare asciutta. I risultati suggeriscono che la *shelf life* è aumentata fino al 40%, rispetto al controllo, impiegando il dispositivo BD-S, tenuto conto dei livelli di O₂ e dei risultati del consumer test rispetto alla presenza di odori sgradevoli. A 12 giorni di conservazione, i prodotti controllo e con BD-L avevano livelli di O₂ vicini allo 0% ed elevato odore sgradevole. Diversamente, il prodotto confezionato con BD-S dopo 15 giorni non era ancora in anossia e presentava livelli di off-flavour significativamente più bassi.



Figura 16 - Confezioni di rucola dopo 12 giorni di frigoconservazione. A sinistra la confezione controllo, al centro la confezione sperimentale BD-L e a destra la confezione sperimentale BD-S

I test sull'utilizzo di BD-S/L in resina acetlica hanno consentito di verificare l'idoneità della valvola per la conservazione di diversi prodotti alimentari, confermando la bontà dei modelli teorici messi a punto nella fase di sviluppo del dispositivo.

2.1 Sviluppo dei prototipi di BD con cover (2018/2019)

La microtecnologia BD-S/L ha un enorme potenziale perché il design la rende adatta per essere fissata su qualsiasi film mediante adesivo. Tuttavia, questa versione non può essere sfruttata per scopi industriali perché il processo di saldatura su pellicola richiede

un operatore addestrato e l'applicazione manuale determinerebbe sia una variabilità nelle prestazioni che un rallentamento della produzione. Pertanto, nel corso degli anni, il design del dispositivo è stato migliorato sostituendo il materiale di fabbricazione, per ottenere migliori proprietà meccaniche e di saldabilità, oltre che di biodegradabilità e riciclabilità, e coprendo il corpo principale contenente la microtecnologia con un coperchio sigillato ad ultrasuoni, che presenta una corona saldabile per permettere la saldatura su film con una macchina applicatrice (valvolatrice).

Il processo di saldatura è stato eseguito utilizzando una macchina prototipo dedicata, dove è possibile regolare la temperatura, la pressione e il tempo di saldatura (Figura 17). La macchina è stata messa a punto dai ricercatori del Laboratorio di Macchine e Impianti per le Industrie Alimentari dell'Università degli Studi della Basilicata in collaborazione con lo spin-off Ninetek s.r.l. (Potenza, Italia).



Figura 17 - Macchina valvolatrice sviluppata dall'Università degli Studi della Basilicata in collaborazione con Ninetek s.r.l.

La macchina prototipo è formata da un telaio in acciaio all'estremità del quale vi è un rullo per il sostegno della bobina, che scorre manualmente sotto la camera di saldatura dove vi è il cuore della macchina basato su un pistone pneumatico che spinge verticalmente una placca che salda la corona della valvola sul film. Il film con il dispositivo saldato viene poi riavvolto dall'altra estremità della macchina dove vi è un secondo rullo che riceve il film. Dal gruppo di controllo è possibile gestire la temperatura inferiore e superiore del gruppo saldante, la durata e la temperatura d'esercizio. La placca di saldatura può avere una testa a corona oppure piatta, a seconda che si voglia saldare il dispositivo con cover o senza.

I test preliminari hanno avuto come obiettivo la ricerca dei parametri ottimali di saldatura per ogni dispositivo su film. Le temperature di saldatura testate sono state scelte in base alla temperatura di fusione del materiale, rilevabile dalle schede tecniche. Il restyling di BD ha consentito di superare le criticità delle versioni BD-S/L derivanti principalmente dall'applicazione manuale (non standardizzazione, presenza di un operatore fisso, volumi contenuti).

Il restyling è stato pensato con quattro nuovi materiali ed un nuovo corpo, di diametro maggiore del dispositivo, che funge da cover e che è saldato ad ultrasuoni sulla microtecnologia e termicamente sul film, tramite delle macchine prototipo sviluppate dai ricercatori UNIBAS in collaborazione con la Ninetek s.r.l.

Attraverso una serie di test si è determinato come solo le valvole prodotte in PP e in Mater-bi abbiano le caratteristiche idrodinamiche idonee per essere impiegate sui prodotti ortofrutticoli di maggior interesse.

Le valvole in PP e Mater-Bi con cover possono essere applicate solo attraverso l'impiego della macchina, risultando difficile la produzione di bobine già fornite di questi dispositivi, a causa dello spessore elevato e della bassa flessibilità che la bobina avrebbe. In conclusione, i dispositivi con cover e la macchina possono essere impiegati solo per la produzione di buste con il dispositivo, pronte all'uso.

Lo step successivo ha riguardato lo sviluppo di nuovi dispositivi con proprietà meccaniche migliorate e una nuova macchina valvolatrice automatizzata al fine di consentire anche la produzione di bobine.

2.3 Attività di miglioramento della valvola per l'applicazione industriale (2021-2022)

I nuovi dispositivi sono stati realizzati con l'obiettivo di garantire l'impiego di materiali riciclabili (PP, PE) e compostabili (Mater-Bi) e di realizzare una struttura con caratteristiche meccaniche idonee per poter essere impiegata in linea con le attuali macchine di confezionamento che richiedono una elevata velocità ed efficacia d'applicazione.

L'attività è stata condotta mettendo a punto nuovi dispositivi in PP, in quanto questo materiale ha dato buoni risultati, ed in PE (Polietilene), nello stesso periodo è stata progettata e realizzata una macchina automatizzata per la produzione di bobine.

2.4 I dispositivi di ultima generazione

Per garantire una rapida applicazione e adattarsi alle condizioni reali, le dimensioni dei dispositivi sono state ridotte, e sono stati testati materiali che presentano una diversa rigidità.

Con l'obiettivo di avere anche una gamma di prodotti sfruttabili per diversi scopi, i dispositivi in sono stati prodotti in ulteriori 5 versioni:

1. PP-HRR, High Respiration Rate
2. PP-MRR, Medium Respiration Rate
3. PP-LRR, Low Respiration Rate
4. PE
5. PLA/Mater-Bi

I prodotti sono stati sottoposti ad analisi fisico-meccaniche per una caratterizzazione di base e dai risultati si denota come la cover apporta un notevole contributo allo spessore, al peso all'elasticità del dispositivo, in tutti i casi. Queste condizioni spingono verso l'impiego del dispositivo senza cover, il che da un punto di vista logistico può essere anche vantaggioso (spazi e volumi ridotti, meno materiale, meno costi).

Il materiale che senza cover presenta più rigidità è il PLA, risultando non idoneo per la produzione di bobine. Tra tutti il PE presenta dei valori molto bassi e si presta per essere deformato e saldato velocemente. A seguire, i dispositivi PP -LRR e -MRR sono quelli che presentano la migliore elasticità, mentre il PP-HRR e Mater-Bi hanno valori piuttosto simili e non è detto che rispondano bene alla sollecitazione meccanica.

Dai dati si denota come BD-PE è tra tutti il dispositivo che oppone più resistenza al passaggio del gas, dietro a BD-Mater-Bi e i dispositivi in PP.

2.5 Applicazioni industriali delle valvole BD-PP/PE

Test sulla conservazione delle ciliegie biologiche (2020)

Negli ultimi decenni, le ciliegie sono diventate uno dei frutti più richiesti dal mercato per gusto, valore nutritivo e proprietà benefiche per la salute. Ad oggi sono state identificate più di trenta specie di ciliegio per lo più autoctone dell'Europa e dell'Asia. Tuttavia, solo i frutti derivanti da due specie, *Prunus avium* e *cerasus*, sono commercializzati a livello globale.

Negli ultimi 16 anni la produzione globale di ciliegie dolci è aumentata da 1,9 a 2,32 milioni di tonnellate, con Turchia, USA e Iran tra i principali produttori¹⁰.

In Europa, l'Italia è il secondo produttore di ciliegie dopo la Germania, e la sua produzione è concentrata in particolare in Puglia, seguita da Campania, Veneto ed Emilia-Romagna, dove tra le principali cultivar ritroviamo: Ferrovia, Bigarreau, Burlat, Lapins, Malizia, Giorgia, Durone, Mora di Cazzano, Anellone, Van, Sweet Heart e Stella nera. La Puglia ospita il 58% della superficie nazionale destinata a tale coltura e rappresenta il 47% della produzione italiana.

Il colore della buccia è l'indicatore più importante della qualità e della maturità della ciliegia fresca, man mano che il colore della buccia si scurisce, la vita post-raccolta diminuisce. Infatti, il frutto durante la maturazione, partendo da una colorazione verde, grazie all'accumulo di antociani e alla degradazione della clorofilla, assume gradualmente il suo tipico colore rosso.

Attraverso le attività di ricerca sono state sviluppate strategie sostenibili per la conservazione di ciliegie e uva da tavola biologiche, ed è stata testata la tecnologia BD-MRR in combinazione trattamenti in CO₂.

Le prove, relative alla conservazione in atmosfera modificata, hanno riguardato tre varietà di ciliegie: Ferrovia, Lapins e Sweet Heart.

¹⁰ M. F. Faienza et al., «Novel insights in health-promoting properties of sweet cherries», Journal of Functional Foods, vol. 69. Elsevier Ltd, pag. 103945, giugno 2020.

Il confezionamento è avvenuto in vaschette di Polipropilene (PP), ognuna delle quali è stata riempita con circa 400 g di prodotto e sigillata con film PP/PET termosaldato, mediante l'ausilio di una macchina confezionatrice.

I prodotti sono stati confezionati in atmosfera modificata (MAP) utilizzando una miscela al 5% di O₂ e 20% di CO₂.

Sono state riempite circa 90 vaschette per ciascuna varietà in modo da poterle suddividere ed utilizzare per le prove successive di monitoraggio.

Si è distinto un "Controllo" da un "Trattamento". Il trattamento è la vaschetta termosaldata in MAP a cui, in aggiunta, è stato applicato il dispositivo BD-MRR (Figura 18).



Figura 18 - Fasi del confezionamento con BD-MRR (Giallo). Da sx, la macchina confezionatrice semiautomatica (Valco), la bobina con BD-MRR saldati posta sulla Valco, le ciliegie confezionate nella vaschetta sperimentale con BD (Trattamento) e il controllo (sigillato)

A partire dal tempo iniziale (il pedice rappresenta il tempo espresso in giorni), sono state fatte una serie di analisi chimico-fisiche. Al tempo zero è stato analizzato un campione rappresentativo delle tre diverse varietà. Per ogni ripetizione delle analisi sono stati preparati 7 contenitori, da ognuno dei quali sono state prelevate 5 ciliegie ed analizzate.

In particolare:

- la varietà Sweet Heart presenta una riduzione graduale della luminosità nel "Controllo", mentre nel "Trattamento" questo parametro rimane costante fino al T30, poi si riduce;

- la varietà Lapins, nel “Controllo” rimane pressoché costante fino al T40 per poi decrescere, mentre nel “Trattamento” presenta una luminosità costante a partire dal T20;
- la varietà Ferrovia, nel “Controllo” si osservano delle variazioni di tale parametro per l'intero periodo di conservazione, mentre nel “Trattamento”, dopo una lieve riduzione nei primi 20 giorni, la luminosità rimane pressoché costante.

La compattezza del frutto, un importante attributo di qualità, è direttamente correlato all'aumento del potenziale di conservazione e all'induzione di una maggiore resistenza ai danni meccanici e alla decomposizione dei frutti.

È emerso che la compattezza della polpa diminuisce durante la conservazione in contenitore sigillato, mantenendo valori ottimali (vicini al valore iniziale) solo fino al T20. Il contrario si verifica per le ciliegie contenute nelle vaschette dotate del dispositivo BD: per la varietà Ferrovia, la compattezza aumenta fino al T50, per poi decrescere significativamente solo negli ultimi giorni. La stessa cosa vale per Lapins, ma fino al T30. Invece, per la varietà Sweet Heart, dopo un aumento iniziale, la compattezza resta costante a valori più elevati rispetto alle altre due varietà. Di seguito (Figura 19) sono riportate alcune foto rappresentative dello stato di conservazione delle tre varietà di ciliegie, sia “Controllo” che “Trattamento” (Tesi A), dopo 40 giorni in regime di temperatura controllata.

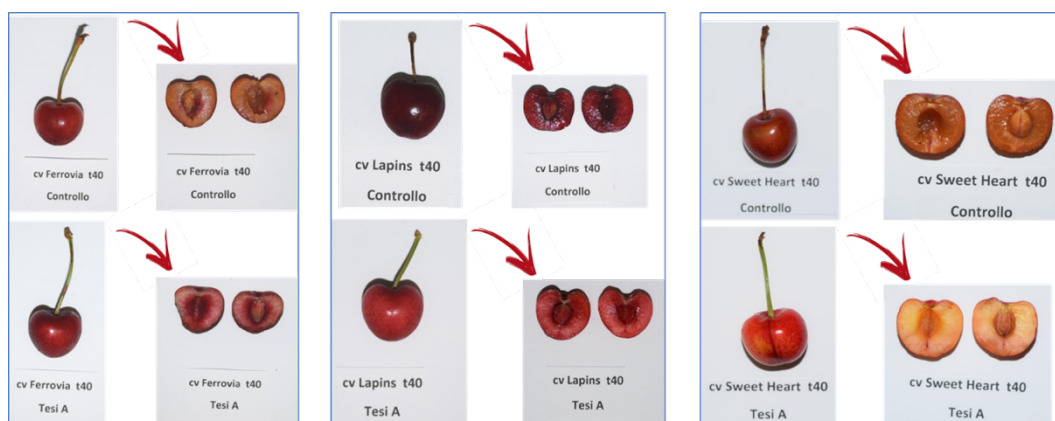


Figura 19 - Foto delle ciliegie a 40 giorni di conservazione con BD (Tesi A) e il contenitore sigillato (Controllo)

Le immagini confermano che al tempo T40 il confezionamento in MAP con dispositivo BD si è dimostrato più efficace nel preservare il colore della buccia, della

polpa e del peduncolo delle ciliegie. Al contrario, le ciliegie conservate semplicemente in MAP presentano un gambo più secco, tendente al marrone e una colorazione meno luminosa sia della buccia che della polpa. Quest'ultima, inoltre, si presenta più lucida, meno compatta e soda.

L'utilizzo della MAP insieme al dispositivo BD si è dimostrato il sistema di conservazione migliore, poiché ha conservato per un tempo maggiore gli attributi di qualità delle ciliegie, in particolar modo il colore e la consistenza. Il tempo di conservazione è stato prolungato fino a 50 giorni. La sola MAP è stata in grado di prolungare il tempo di conservazione delle ciliegie, ma in maniera ridotta. In questo caso l'idoneità del prodotto viene mantenuta fino ad un massimo di 20 giorni.

Test sulla conservazione di uva da tavola biologica in vaschette (2021)

La domanda di uva biologica è in forte aumento e oramai grazie alla selezione genetica e l'ottimizzazione delle condizioni agronomiche è possibile apprezzare questo prodotto ovunque durante molti mesi dell'anno.

L'uva è molto apprezzata dai consumatori per i tratti aromatici, la dolcezza e la succosità, l'alto valore nutritivo e le proprietà benefiche per la salute. Tuttavia, in post-raccolta è un prodotto facilmente deperibile se non opportunamente trattato e confezionato.

Dopo la raccolta l'uva può essere esposta ad attacchi fungini ed una grave perdita d'acqua, che si traducono in appassimento e imbrunimento degli steli, frantumazione e rammollimento degli acini.

Il mantenimento della qualità dell'uva da tavola durante il post-raccolta sta diventando sempre più significativo, poiché ogni anno una grande quantità di uva da tavola biologica viene persa a causa del decadimento fisiologico o patologico durante la refrigerazione all'ingrosso o al dettaglio.

Nel caso specifico, è stata valutata l'evoluzione degli attributi di qualità della varietà Arra 15, coltivata in regime biologico, durante la conservazione refrigerata in MAP con l'utilizzo del dispositivo BD-PP.

Ai fini della valutazione qualitativa sono state svolte analisi chimico-fisiche tra le quali rientrano la misura dell'indice di decadimento, il calo peso, la prova di trazione del peduncolo, il colore, il contenuto in solidi solubili totali, l'acidità titolabile e la durezza.

All'interno di vaschette in PP sigillate termosaldabili e vaschette PP macroforate (Figura 20) non termosaldabili sono stati posti grappoli di circa 350 g ciascuno, per un totale di 40 vaschette per ogni trattamento (ogni vaschetta costituiva una ripetizione). Nell'esperimento si distingue la vaschetta "Tesi" (PP sigillata) dalla vaschetta "Controllo" (PP macroforata), quest'ultima convenzionalmente utilizzata per la commercializzazione nella GDO.



Figura 20 - Vaschette impiegate nelle prove sperimentali

Il tipo di vaschetta scelta come "Tesi" è idonea alla termosaldatura (155 °C, 1,5 s) con film laminato di polietilentereftalato (PET) e polipropilene (PP) mediante macchina semiautomatica.

Le vaschette sono state poste all'interno di contenitori ermeticamente chiusi (Figura 21) (all'interno della cella frigorifera con temperatura controllata a 1 °C) e trattati con le seguenti miscele gassose:

- A. Aria per 24 ore a 1 °C
- B. 50% di CO₂ e 50% di N₂ per 24 ore a 1 °C.

Dopo le 24 h, tutte le vaschette in PP che costituivano le "Tesi" sono state termosaldate con il film laminato PET (12 µm)/PP (50 µm), caratterizzato da permeabilità all'O₂ e alla CO₂, rispettivamente, di 110 e 500 mL/m²/24h/ bar a 23 °C e permeabilità all'acqua, rispettivamente, di 3 g/m²/24h a 38 °C.



Figura 21 - Fase di selezione e confezionamento delle ciliegie all'arrivo nei laboratori

Sono state riempite circa 40 vaschette per ciascun trattamento, in modo da poter mettere a punto un disegno sperimentale randomizzato a blocchi completi, dove ad ogni giorno di campionamento le vaschette sono state prelevate dalla cella casualmente ed analizzate.

Oltre che per la tipologia di vaschetta, la “Tesi” si distingue dal “Controllo” in quanto vi è stato applicato il dispositivo BD-PP (Figura 22) per regolare lo scambio gassoso tra l'esterno e l'interno del contenitore.



Figura 22 - Sistemi di confezionamento sperimentali: PP macroforato (sx), PP con BD (dx)

Tutti i contenitori sono stati pesati e poi conservati in cella frigorifera ad una temperatura compresa fra $1 \div 2$ °C.

A partire dal tempo iniziale sono state fatte una serie di analisi chimico-fisiche ogni 15 gg fino a 60 gg. Al tempo zero è stato analizzato un campione rappresentativo di tutta la massa. Per ogni giorno di analisi ed ogni trattamento sono stati campionati 8 contenitori. Secondo il protocollo di analisi, l'esecuzione delle prove è avvenuta seguendo un ordine ben preciso, a partire dalle analisi non distruttive, fino ad arrivare a quelle distruttive.

Dai risultati ottenuti si è osservato come il sistema di confezionamento significativamente influisce la perdita di peso dei prodotti. Nei contenitori con BD la perdita di peso a fine conservazione era trascurabile (<1%), mentre con i contenitori macroforati era più elevata ed ha raggiunto il picco intorno all'8% a fine conservazione nell'uva non pretrattata con CO₂.

Il trend dell'indice di decadimento (DI) è abbastanza discostante, durante questo esperimento si è espresso significativamente a partire dal giorno 30 in tutte le confezioni, ma con diversa modalità:

- nelle confezioni macroforate l'uva non presentava attacchi fungini fino a 30 giorni, il decadimento era caratterizzato da distacco facile della bacca; rachide, peduncolo e bacca disidratati o imbruniti;
- nelle confezioni con BD gli acini, con diversa densità, presentavano marcescenza o attacco fungino nella parte inferiore delle bacche a partire dal giorno 30.

In ogni caso il decadimento era inferiore al 5% fino al giorno 45 nelle confezioni con BD, fino ad arrivare intorno al 10 % a fine conservazione.

Giorno del conferimento in laboratorio



Giorno 30

Controllo

BD



Giorno 45

Controllo

BD



Giorno 60

Controllo

BD



Figura 23 - Foto dell'uva Arra 15 durante la frigoconservazione

Il sistema di confezionamento proposto (BD) restituisce un prodotto con:

- maggiore forza di distacco della bacca,
- maggiore intensità del giallo,
- minore perdita di peso (-8%),
- maggiore uniformità del colore e della consistenza raspo/peduncolo.

Il pre-trattamento con CO₂ ha avuto un effetto positivo fino a 45 giorni solo sul rapporto °Brix/acidità, per cui i prodotti pre-trattati hanno un contenuto maggiore di solidi solubili rispetto a quelli non pretrattati.

I due sistemi di confezionamento hanno determinato due diversi trend del decadimento dell'uva. Il sistema di confezionamento convenzionale determinava a partire dal giorno 30 imbrunimento delle bacche e del raspo, perdita di volume delle bacche, e marciume a partire da 45 gg. Il sistema di confezionamento con BD ha evitato la perdita di peso, imbrunimento del raspo e peduncolo, tuttavia a partire da 45 giorni si è osservata la presenza di attacchi fungini dalla parte inferiore della bacca sia nei prodotti pre-trattati che non. Questo dato potrebbe essere dovuto alla bassa pressione parziale di CO₂ (~5%) che si è raggiunta allo stato stazionario con nelle confezioni con BD, determinato a sua volta dal basso tasso di respirazione della varietà.

2.6 Sviluppo macchina automatizzata per l'inserzione di BD-PP/PE (2022)

L'attività di ricerca è stata focalizzata anche sull'automazione completa del processo di applicazione del dispositivo, per l'impiego in linea con gli attuali impianti di confezionamento presenti nelle industrie alimentari e che possono raggiungere anche velocità di 70-80 pack/min. Sulla base del background teorico e sperimentale maturato nel corso degli anni, è stata progettata e realizzata una macchina valvolatrice automatica, che è dotata di un telaio scorrevole che segue il film durante lo scorrimento.

Sul telaio vi è il corpo saldante, formato da una placca piatta che segue e salda termicamente la spirale di BD sul film, in tempi molto brevi. I dispositivi BD sono disposti su una cartuccera e per gravità sono a servizio di un aspiratore che posiziona il dispositivo su film per essere saldato termicamente dalla placca (Figura 24). La

bobina viene poi riavvolta dal lato opposto e può essere rimossa e riutilizzata in un impianto di confezionamento esterno.

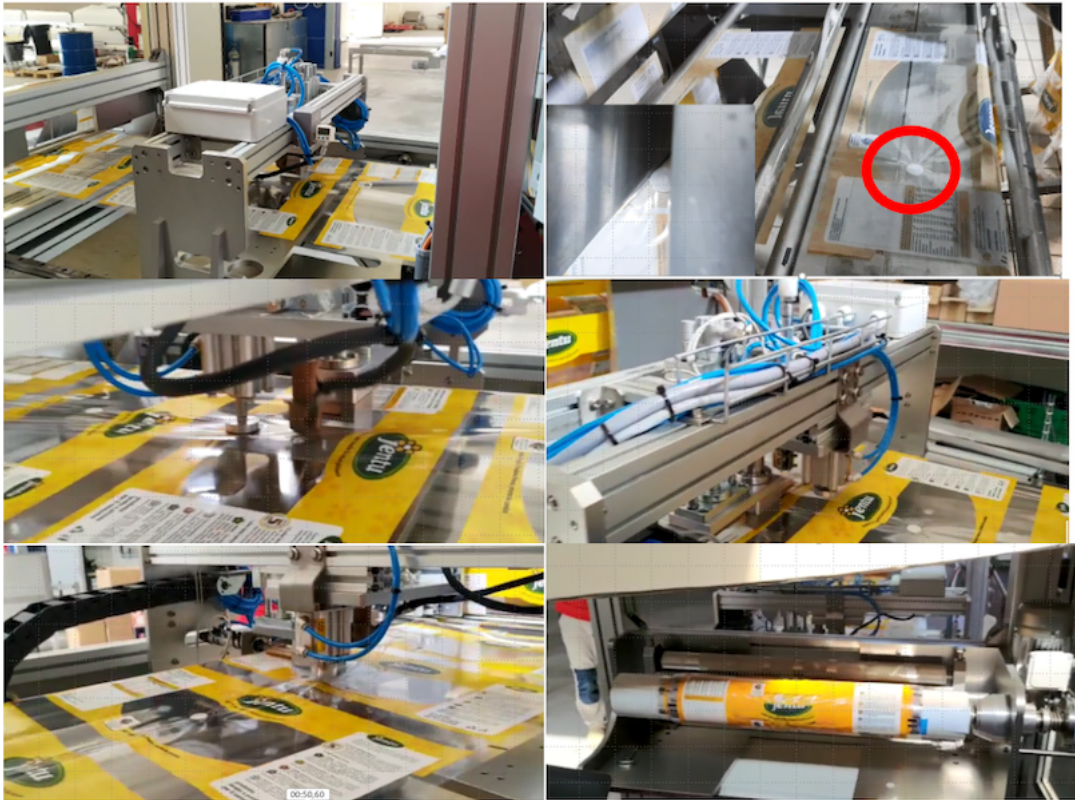


Figura 24 - Macchina valvolatrice per l'applicazione di BD su film per la produzione di bobine

Durante il funzionamento risulta essenziale che la macchina non si inceppi, per cui è bene pensare di inserire dei sistemi di controllo qualità del processo di termosaldatura della valvola.






Per un funzionamento ad alte prestazioni, ulteriori accorgimenti potrebbero essere presi in considerazione per il miglioramento della funzionalità della macchina, tra cui:

- valutazione stato cartuccere: impiego di un sensore di peso può essere utile per determinare lo stato di riempimento delle cartuccere;
- efficacia di scorrimento di BD nella cartuccera: garantire un materiale, sia per BD che per la cartuccera, che non crei attrito tra dispositivo-dispositivo e dispositivo-cartuccera, e che garantisca uno spessore minimo per gestirne lo spostamento;

- rilevamento *in process* del valore di pressione dell'aspiratore che posizione le valvole per valutare lo stato di funzionamento;
- impiego di sensori laser per posizionamento ad alta precisione della valvola in fase di termo saldatura.

Sulla base delle esperienze maturate dal gruppo di ricerca, sono stati messi a punto dei protocolli di lavoro per l'ottimizzazione della *shelf-life* di numerose specie ortofrutticole. Nella presente tesi sono state riportate solo alcuni dei risultati sperimentali raccolti nel corso degli anni, tuttavia sono state condotte esperienze per l'ottimizzazione della conservazione di molte referenze.

La Tabella 2 riassume le condizioni di conservazione ottimizzate, con il packaging e miscele gassose impiegate e la durata della *shelf-life*.

PRODOTTO/ BD	Materiale	Shelf-Life con packaging convenzionale	Shelf-Life con BD	% O₂	% C O₂	Remark	Figura
Uva biologica Sugraone BD-S	Vaschetta PP, Film PP/PE T	15	45	10	10	Uva categoria extra	
Uva biologica Sugranineteen BD-S	Vaschetta PP, Film PP/PE T	15	45	10	10	Uva categoria extra	
Rucola IV gamma BD-S	Vaschetta PP, Film BOPP	7	12	20, 8	0,0 3	Standard qualitativi elevati	
Fragole BD-S	Vaschetta PP, Film PA/PE	9	18	5	20	Buone condizioni qualitative	
Funghi Champignon BD-PP	Vaschetta PP, Film PP/PE T	7	12	5	15	Prodotto leggermente imbrunito	





PRODOTTO/ BD	Materia le	Shelf-Life con packaging convenzion ale	Shel f- Life con BD	% O ₂	% C O ₂	Remark	Figura
Fico Cilento DOP BD-PP	Vaschet ta PP, Film PP/PE T	10	21	5	15	Prodotto in buone condizion i	
Ciliegie BD-PP-MRR	Vaschet ta PP, Film PP/PE T	14	50	5	20	Bacche in buone condizion i, (pedunco lo imbrunit o)	
Arilli di melagrano BD-S	Vaschet ta PP, Film PP/PE T	7	15	2	20	Prodotto in buone condizion i	
Insalata iceberg a pezzetti – BD-P-LRR	Film PP	8	14	0	12	Prodotto in buone condizion i	

Tabella 2 - Elenco delle condizioni sperimentali ottimizzate per l'estensione della shelf-life dei prodotti ortofrutticoli impiegando la tecnologia BD

2.7 La BlowDevice® Technology

Nella sua formulazione odierna, la BlowDevice® Technology è costituita da:

- A. una macchina applicatrice in linea con le confezionatrici tradizionali che è stata brevettata¹¹;
- B. il dispositivo di controllo degli scambi gassosi BlowDevice®;
- C. il know-how per la personalizzazione della composizione dell'atmosfera protettiva in base alle modalità di confezionamento utilizzato dall'azienda e il prodotto ortofrutticolo da confezionare: l'utilizzo del dispositivo richiede

¹¹ 2021 - Machine for applying at least one gas exchange control device to a packaging film Italian Patent n. 102021000007508

infatti una assistenza specializzata per la sua installazione al fine di ottimizzarne la resa.

Attualmente sul mercato sono presenti altre soluzioni tecnologiche che si propongono di affrontare il problema dello scambio gassoso bidirezionale. In particolare, ne esistono due: lo sviluppo di **film traspiranti** e **film con microfori**:

- 1) i **film traspiranti** attualmente presentano importanti problematiche di utilizzo industriale che ne limitano la diffusione nel comparto ortofrutticolo:
 - difficoltà di armonizzazione tra la dimensione della confezione e la capacità di scambio gassoso richiesta dal prodotto contenuto;
 - innovazione architettonica con implicazioni di tipo resource/competence destroying, in quanto il cambiamento necessario per applicare tali pellicole richiede l'introduzione di nuovi macchinari che non possono essere adattati agli attuali impianti a causa di incompatibilità con le macchine utilizzate:
 - per la stampa (necessità di utilizzare diversi tipi di inchiostri);
 - per la saldatura finale delle pellicole o delle buste.
- 2) la tecnologia di perforazione al laser **dei film con microfori** consente di modulare la permeabilità dell'imballo, aumentando la durata di conservazione, fino a raddoppiarla, secondo alcuni test condotti su prodotti deperibili quali insalate, fiori e prodotti di IV gamma. Per quanto si tratti di una interessante tecnologia, al momento non ci sono risultati che raggiungano i livelli di performance della tecnologia BlowDevice®:
 - i film con microforo migliorano la confezione, ma non mantengono l'atmosfera modificata nell'interno della confezione, pertanto, consentono un beneficio parziale in termini di *shelf life*;
 - il costo dei macchinari laser per la produzione di tali film è elevato e non è vantaggioso in termini di pricing e anche il costo energetico del laser stesso non è trascurabile.

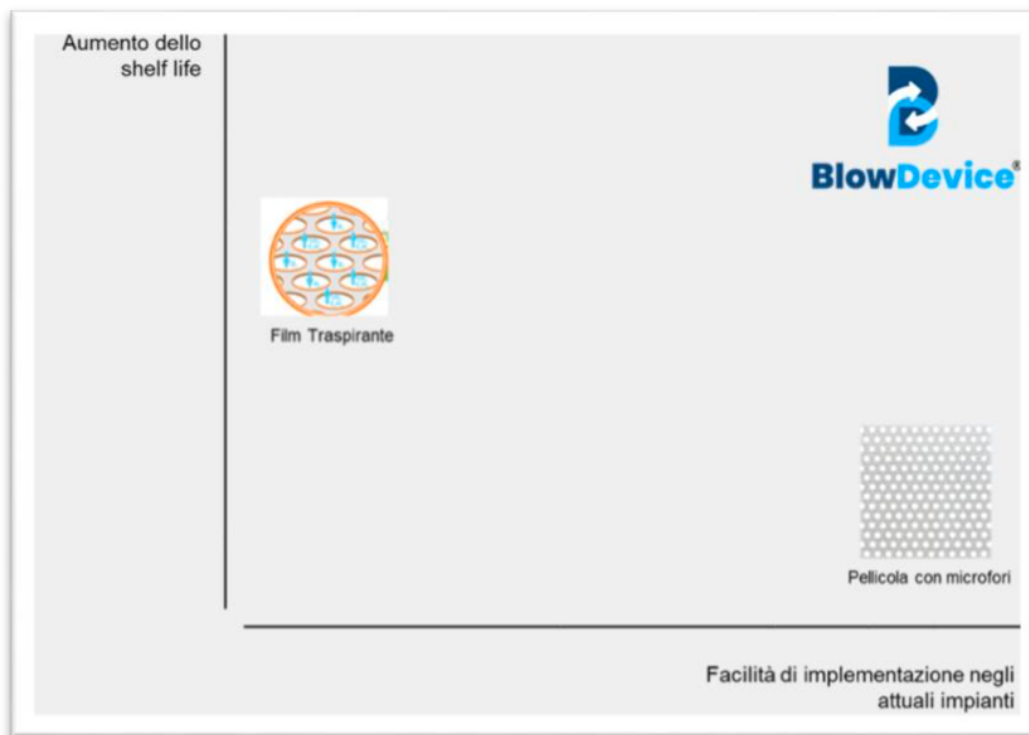


Figura 25 - Comparazione tra le tre tecnologie ad oggi sviluppate

Una delle più importanti caratteristiche della tecnologia BlowDevice® è l'estrema flessibilità di implementazione di tale prodotto su qualsiasi tipologia di film o plastica da imballaggio.

Tale flessibilità, dovuta al fatto che il sistema BlowDevice® si applica sul film già prodotto, fa sì che l'installazione può essere fatta su film prodotti sia da plastiche riciclate (pet o simili) che su film e pellicole compostabili.

Tecnologia	Volume Capacità Scambio Gassoso	Implementazione nei macchinari già esistenti	Aumento Shelf Life	Applicazione a diversi tipi di Film
Film Traspirante			✓	
Pellicola con Microfori	✓	✓		
BlowDevice®	✓	✓	✓	✓

Tabella 3 - Benchmarking tecnologico

Si riportano per facilità di sintesi i principali vantaggi che la tecnologia BlowDevice® offre rispetto all'attuale contesto competitivo:

- è l'unica **tecnologia attualmente disponibile** dotata di un dispositivo traspirante bidirezionale sul mercato mondiale;
- è **idonea per il MAP** di prodotti alimentari con metabolismo attivo, come dimostrato da molteplici pubblicazioni scientifiche;
- può essere **applicata sul packaging continuando a utilizzare i materiali tradizionalmente impiegati** dalle aziende per il confezionamento e senza modificare gli attuali macchinari ed il processo di confezionamento;
- è versatile, in quanto è **disponibile in tre versioni**:
 - per prodotti ad alta attività metabolica (Respiration Rate 500 ml/giorno);
 - per prodotti a media attività (Respiration Rate 250 ml/giorno);
 - per prodotti a bassa attività (Respiration Rate 50 ml/giorno);
- è stata progettata sin da subito come **tecnologia sostenibile** in quanto disponibile in plastica riciclabile e bioplastica compostabile;
- può essere **personalizzata** per specifici prodotti e packaging, in relazione alle esigenze di “grandi clienti”.

3. Caso di studio

3.1 Obiettivo della ricerca

Scopo del presente progetto di ricerca è stimare il potenziale di mercato di una nuova tecnologia che consente di aumentare la *shelf life* di alcuni prodotti ortofrutticoli, mediante un confronto tra lo scenario di base, dato dall'assenza dell'investimento, e lo scenario alternativo caratterizzato dall'introduzione di questo nuovo metodo di confezionamento.

L'adozione del BlowDevice® incide sui costi operativi dell'azienda, determinando un aumento sia dei costi fissi che dei costi variabili, tuttavia consentendo di migliorare la shelf life dei prodotti dopo il confezionamento, determina una riduzione della quantità di prodotto non commercializzata perché deteriorata durante il trasporto verso la grande distribuzione, incrementando i ricavi di vendita.

Gli obiettivi specifici dello studio sono:

- verificare se la sua adozione da parte di una singola azienda può essere vantaggiosa dal punto di vista economico, a parità di altre condizioni;
- valutare una strategia di prezzo opportuna che consenta di incrementare la redditività dell'investimento anche sulla base di un'analisi sulla disponibilità a pagare dei consumatori per i prodotti ortofrutticoli freschi confezionati con una nuova tecnologia che consente di aumentare la loro *shelf life*.

I risultati dello studio forniranno ai potenziali investitori dati quantitativi sul possibile potenziale di mercato della nuova tecnologia aiutandoli a prendere decisioni informate sulla fattibilità economica della proposta investimento.

3.2 Descrizione del caso di studio

Come riportato nel precedente paragrafo, l'obiettivo della presente tesi è verificare la sostenibilità, dal punto di vista economico, dell'investimento connesso all'adozione del dispositivo BlowDevice® da parte dell'Organizzazione di Produttori "Armonia" con sede a Battipaglia (SA), che è una delle maggiori del Mezzogiorno d'Italia, nata nel 2009 dall'unione di alcune tra le più grandi Organizzazioni di Produttori del Sud Italia.

Armonia è un consorzio di produzione e commercializzazione di prodotti ortofrutticoli freschi, riconosciuto come Organizzazione di Produttori Agricoli (OP) ai sensi del Reg. (UE) 1308/2013. Raggruppa 21 aziende agricole, distribuite tra Campania, Basilicata, Puglia, Calabria, Molise, Abruzzo e Marche, per una superficie complessiva di oltre 1.500 ettari.

I principali obiettivi statutari dell'OP Armonia sono:

1. promuovere la concentrazione dell'offerta, attraverso una puntuale organizzazione della produzione, basata sulle reali richieste del mercato, sia in termini quantitativi che qualitativi;
2. promuovere pratiche agronomiche e tecniche di produzione ecocompatibili, volte a garantire innanzitutto la tutela della qualità delle acque, dei suoli e dell'atmosfera, nonché del paesaggio e della biodiversità e l'efficace organizzazione della gestione dei rifiuti e delle eccedenze produttive che possono avvenire lungo la filiera;
3. promuovere il miglioramento delle condizioni di lavoro di tutti i dipendenti, garantire opportunità di sviluppo per il territorio rurale e adeguate condizioni etiche e sociali per i lavoratori.

O.P. Armonia ha una struttura organizzativa che, oltre al Consiglio di Amministrazione, è composta dal reparto marketing e commerciale, dal reparto amministrativo, dal laboratorio tecnico e di controllo qualità, con un totale di 16 dipendenti lavora a tempo indeterminato. Ha la proprietà del magazzino di confezionamento, a cui si aggiungono altre 6 linee di confezionamento di proprietà delle aziende agricole associate.

Le aziende associate sono situate nelle principali aree agricole del Sud Italia e garantiscono un'ampia gamma di prodotti ortofrutticoli caratterizzati da elevati standard qualitativi.

La produzione di frutta è rappresentata principalmente da agrumi, drupacee, kiwi, fragole e ciliegie. La produzione di ortaggi riguarda principalmente: lattuga, cicoria, indivia, cavolo rapa e baby leaf.

La quasi totalità delle produzioni avviene con metodo biologico, sia secondo lo schema di certificazione UE (834/07 e 889/08) sia secondo altri standard privati: Naturland, Demeter, ecc.

La qualità dell'intera filiera è inoltre garantita dall'adesione a schemi di certificazione volontaria, come Global Gap e IFS, mentre il rispetto degli standard etici e sociali è garantito dall'adesione al GRASP.

L'OP Armonia con un volume di circa 16.000 tonnellate di prodotti commercializzati all'anno realizza un fatturato di circa 22 milioni di euro. Il principale mercato di riferimento è rappresentato dalla GDO, sia nazionale che estera. In particolare, il mercato del biologico è fortemente orientato verso i Paesi dell'Europa centrale e occidentale (Francia, Svizzera, Germania e Austria) e il Regno Unito.

Rispetto alla ricerca di nuovi mercati o al consolidamento di alcuni per nuovi prodotti, il principale fattore limitante è sicuramente la breve shelf life che caratterizza i prodotti ortofrutticoli freschi. Sebbene negli ultimi anni le innumerevoli innovazioni tecnologiche intervenute lungo tutta la filiera (produzione agricola, raccolta, trasporto, stoccaggio, confezionamento e distribuzione) abbiano consentito un indubbio aumento della qualità dei prodotti distribuiti al consumatore finale, la possibilità di poter garantire il mantenimento della qualità, a fronte di un ulteriore aumento della shelf life, rappresenta un obiettivo importante per l'azienda per due ordini di motivi: il primo è sicuramente legato alla possibilità di poter raggiungere mercati più lontani e/o di garantire il mantenimento dei prodotti sui banchi di vendita per più giorni; il secondo è invece legato al contenimento degli scarti di produzione legati a contestazioni dovute al deterioramento del prodotto lungo la filiera.

Al fine di ridurre le perdite nella fase di post raccolta, l'OP Armonia è dotata di un innovativo sistema di conservazione dei prodotti ortofrutticoli, che viene descritto di seguito e che è in linea con le indicazioni per l'industria 4.0, in particolare, l'attrezzatura di cui dispone è costituita da n. 10 celle di conservazione a temperatura e atmosfera controllata, 2 tunnel di prerrefrigerazione ad aria, n. 1 anticella a temperatura controllata.

In particolare:

- le celle 1 e 2 consentono di mantenere a temperatura controllata da +8 a -2 °C e umidità relativa compresa tra l'85 e il 95%, i prodotti ortofrutticoli in generale e gli agrumi in particolare. La quantità massima di prodotti ortofrutticoli che è possibile stoccare in ogni cella è indicata nella tabella che segue (Tabella 4):

Cella n.	Dimensioni (m)		Altezza (m)	Superficie (m ²)	Volume (m ³)	Massa di prodotto (t)
1	19,63	7,67	8,58	150,6	1.292,15	323
2	19,63	7,67	8,58	150,6	1.292,15	323
<i>Totale</i>					<i>2.584,30</i>	<i>646</i>

Tabella 4 – Caratteristiche delle celle di conservazione 1 e 2

e di raffreddare alla temperatura di conservazione una quantità di prodotto immesso nell'interno della cella pari al 15% della capacità massima di stoccaggio e con un $\Delta T = 25$ °C tra prodotto in ingresso e temperatura di esercizio della cella;

- i tunnel di abbattimento rapido (preraffreddamento) ad aria 11 e 12 sono predisposti per **raffreddare** da 25 °C a 0°C in 4 ore circa, 28 pedane di prodotto in casse aperte o bin, per una massa totale di prodotto pari a 25 t circa:

Cella n.	Dimensioni (m)		Altezza (m)	Superficie (m ²)	Volume (m ³)
11	19,63	6,00	8,58	117,8	1.010,81
12	19,63	6,00	8,58	117,8	1.010,81
<i>Totale</i>					<i>2.021,62</i>

Tabella 5 – Caratteristiche delle celle di conservazione 11 e 12

- le celle 3, 4a, 4b, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 consentono invece di **mantenere** a temperatura controllata da +8 a -2 °C e umidità relativa compresa tra l'85 e il 95%, i prodotti ortofrutticoli in generale. La quantità massima di prodotti ortofrutticoli che è possibile stoccare in ogni cella è indicata nella tabella che segue (Tabella 6):

Cella n.	Dimensioni (m)		Altezza (m)	Superficie (m ²)	Volume (m ³)	Massa di prodotto (t)
3	9,76	8,00	8,58	78,06	669,79	170
4a	9,76	3,90	8,58	38,40	330,00	82
4b	9,76	3,90	8,58	38,40	330,00	82
5	9,76	8,00	8,58	78,06	669,79	170
6	9,76	8,00	8,58	78,06	669,79	170
7	9,76	13,46	8,58	131,34	1126,92	285
8	9,76	13,46	8,58	131,34	1126,92	285
9	9,76	13,46	8,58	131,34	1126,92	285

10	9,76	13,46	8,58	131,34	1126,92	285
				<i>Totale</i>	<i>7186,84</i>	<i>1800</i>

Tabella 6 – Caratteristiche delle celle di conservazione da 3 a 10

e di raffreddare alla temperatura di conservazione una quantità di prodotto immesso nell'interno della cella pari al 15% della capacità massima di stoccaggio e con un $\Delta T = 25$ °C tra prodotto in ingresso e temperatura di esercizio della cella;

- le celle *4a* e *4b* sono inoltre dotate di un sistema di controllo della temperatura in un intervallo da -2 a $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ (PLC, impianto di refrigerazione e resistenze). Il sistema in automatico esclude lo sbrinamento temporizzato in caso di impiego delle celle per la maturazione. I ventilatori dell'aerorefrigerante sono controllati per funzionare in continuo per il riscaldamento e miscelazione dell'aria in fase di dosaggio di etilene ovvero in modalità a chiamata in modalità di funzionamento per il rimescolamento;
- l'anticella di superficie pari a 432 m^2 per un'altezza di 4,5 m **consente di mantenere** a una temperatura di controllata di $+10 \div +4^{\circ}\text{C}$.

Le celle di conservazione sono utilizzate per prodotti ortofrutticoli. L'umidità relativa viene mantenuta a livelli superiori dell'85% e durante la fase di conservazione il ΔT fra aria proveniente dal prodotto e la superficie del refrigerante (rilevando la temperatura alla base delle alette) è inferiore a 2°C . Nell'aerorefrigerante la distanza minima tra le alette è di 7 mm. La potenza frigorifera minima installata è la seguente:

Cella n.	Potenza frigorifera minima installata (kW)	Superficie minima degli aerorefrigeranti (m^2)
<i>1</i>	140	900
<i>2</i>	140	900
<i>3</i>	70	500
<i>4a</i>	35	200
<i>4b</i>	35	200
<i>5</i>	70	500
<i>6</i>	70	500
<i>7</i>	120	800
<i>8</i>	120	800
<i>9</i>	120	800
<i>10</i>	120	800

Tabella 7 – Potenza frigorifera celle da 1 a 10

Il numero di ricircoli d'aria è selezionato dall'utente, almeno con n. 2 velocità comprese tra 35 ricircoli per la fase di raffreddamento e 20 ricircoli/h per la fase di mantenimento con una prevalenza minima di 25 mm H₂O e a funzionamento continuo (recupero). Per evitare che l'adozione di ventilazioni ridotte vada a scapito della garanzia di raggiungimento di tutte le parti della cella da parte dell'aria di raffreddamento e di lavaggio, la freccia minima dei ventilatori sugli aerorefrigeranti è la seguente:

Cella n.	Freccia minima (m)
1	25
2	25
3	20
4a	20
4b	20
5	20
6	20
7	20
8	20
9	20
10	20

Tabella 8 – Freccia minima dei ventilatori

Il funzionamento dei ventilatori degli aerorefrigeranti può essere manuale o automatico (con azionamento gestito dal software di controllo), con la possibilità di mettere in funzione un unico ventilatore (rimescolamento) ovvero tutti i ventilatori (raffreddamento).

Nelle celle 4a e 4b i ventilatori dell'aerorefrigerante sono controllati per funzionare di continuo per il riscaldamento e miscelazione dell'aria in fase di dosaggio di etilene ovvero in modalità a chiamata in modalità di funzionamento per il rimescolamento.

Per l'alimentazione dell'aerorefrigerante ogni cella è dotata di valvola modulante a 3 vie e di una pompa di ricircolo del glicole opportunamente dimensionate in relazione alle caratteristiche dell'aerorefrigerante installato e di un sistema di controllo della temperatura del glicole in ingresso nella cella.

La regolazione della temperatura della cella avviene a mezzo di un sistema di controllo automatico.

Ogni cella dispone di almeno due sonde termometriche collegate con il sistema di controllo e disposte una sulla parete di fronte all'aerorefrigerante a circa 2 m dal plafone della cella, l'altra sulla ripresa dell'aerorefrigerante lateralmente alla porta.

Una sonda di "bassa/alta" di tipo tradizionale posta nella parte bassa della cella è collegata a un sistema di allarme. Il termostato elettronico ha anche una funzione di sicurezza intervenendo per arrestare le celle in caso di innalzamento della temperatura oltre il set-point.

Lo sbrinamento ad acqua è sia automatico che manuale. In caso di avaria di qualsiasi componente del sistema è prevista la possibilità di comandare l'operazione di sbrinamento manualmente. L'acqua per lo sbrinamento è prelevata da un serbatoio di 3 m³ riscaldato con recupero di calore dalla condensazione del fluido frigorifero. Il circuito dello scarico dell'acqua di sbrinamento di tali celle è dotato di opportuno sifone per evitare scambi gassosi con l'esterno. Lo scarico avviene nella vasca del condensatore evaporativo.

I tunnel di prerrefrigerazione sono utilizzati per il raffreddamento rapido di kiwi, pesche, insalate e prodotti ortofrutticoli in generale e per la conservazione di ortofrutticoli in generale.

Pertanto per i tunnel di prerrefrigerazione esiste una doppia modalità di funzionamento per la prerrefrigerazione o, in alternativa, per il mantenimento dei prodotti ortofrutticoli.

L'umidità relativa è sempre mantenuta a livelli superiori del 85%. Nei tunnel 11 e 12 il ΔT può essere modificato in modo significativo durante l'esecuzione del trattamento di prerrefrigerazione fino a $\Delta T=10^{\circ}\text{C}$, mentre durante la conservazione il ΔT fra aria proveniente dal prodotto e la superficie del refrigerante (rilevando la temperatura alla base delle alette) è inferiore a 2°C . Nell'aerorefrigerante la distanza minima tra le alette è di 6 mm. La potenza frigorifera minima installata è la seguente:

Cella n.	Potenza frigorifera minima installata (kW)	Superficie minima degli aerorefrigeranti (m²)
11	240	1.200
12	240	1.200

Tabella 9 – Potenza frigorifera celle 11 e 12

La regolazione delle temperature dei refrigeranti della cella avviene con un sistema di controllo automatico comandato da una sonda di temperatura aria nella cella (T_c), una nella canalizzazione delimitata tra la controparete e la parete (T_a) e da almeno una di temperatura prodotto (T_p).

Il funzionamento è il seguente in fase di prerefrigerazione:

- la chiamata di freddo con la misura di (T_c);
- la regolazione della velocità del ventilatore in relazione al DT tra (T_c e T_a);
- l'interruzione del processo di prerefrigerazione al raggiungimento di (T_p).

Il funzionamento è il seguente in fase di mantenimento:

- la chiamata di freddo con la misura di (T_c), in relazione al set point della cella.

Lo sbrinamento dell'aerorefrigerante avviene ad acqua con possibilità di comando in modo automatico o manuale. In caso di avaria di qualsiasi componente del sistema è prevista la possibilità di comandare l'operazione di sbrinamento manualmente. L'acqua per lo sbrinamento è prelevata da un serbatoio di 3 m³ riscaldato con recupero di calore dalla condensazione del fluido frigorifero. Il circuito dello scarico dell'acqua di sbrinamento di tali celle è dotato di opportuno sifone per evitare scambi gassosi con l'esterno. Lo scarico avviene nella vasca del condensatore evaporativo.

Negli aerorefrigeranti la distanza minima tra le alette è di 6 mm. La potenza frigorifera installata è di circa 160 kW ripartita in min. 4 aerorefrigeranti del tipo biflusso disposti nell'interno dell'anticella in modo da garantire un'uniforme distribuzione. Il numero di ricircoli d'aria è di 20 ricircoli/h.

L'anticella dispone di una sonda termometrica collegata con il sistema di controllo in grado di comandare in maniera indipendente gli aerorefrigeranti, con indicazione digitale della temperatura e del set-point da potersi regolare su scala con differenziale di 0,1 °C.

Nell'anticella è installato un quadro dotato di:

- indicatore delle temperature;
- una spia luminosa di indicazione del funzionamento dell'anticella;
- gli interruttori dell'illuminazione interna dotati di spia di segnalazione.

Gli innovativi impianti di conservazione utilizzati dall'AOP Armonia consentono quindi di ridurre le perdite nella fase di post raccolta, fino al confezionamento.

Il BlowDevice®, come visto nel capitolo 2, è invece un dispositivo che va applicato sulle confezioni dei prodotti ortofrutticoli e che quindi consentirebbe all'OP Armonia

di ridurre le perdite anche nelle fasi successive della catena di approvvigionamento, in particolare quindi durante le fasi di trasporto verso la Grande Distribuzione.

3.3 Le decisioni di investimento in azienda

Un investimento rappresenta un complesso di azioni messe in atto da un imprenditore che comportano un esborso di risorse monetarie e finalizzato ad ottenere, in un determinato orizzonte temporale, un ritorno dal punto di vista economico-finanziario, determinando:

- una riduzione dei costi di produzione, come nel caso di un progetto di investimento che prevede il rinnovo degli impianti per incrementarne l'efficienza ed economicità;
- un incremento dei ricavi, è il caso di investimenti che permettono di aumentare il prezzo di vendita dei prodotti come conseguenza del miglioramento della qualità degli stessi;
- effetti sul capitale circolante come per esempio investimenti che migliorano la gestione del magazzino;
- effetti combinati sui costi, ricavi e capitale circolante.

Nell'analisi di valutazione di un investimento, o analisi di *capital budgeting*, occorre pertanto effettuare un confronto tra i benefici derivanti dall'impiego delle risorse in un determinato investimento e i costi necessari all'ottenimento di tali benefici, in modo particolare alcuni autori ritengono che gli aspetti da considerare sono:

- *strategico* espresso in termini di posizionamento strategico dell'impresa;
- *tecnico* inteso come coerenza tra le scelte tecniche e le effettive esigenze dell'impresa;
- *economico-finanziario* inteso come rapporto tra le risorse assorbite e quelle prodotte.

Secondo altri autori i fattori chiave nella stima degli effetti delle azioni di investimento possono essere individuati nei seguenti:

- i *guadagni* intesi come i benefici derivanti dall'investimento che possono essere materiali o immateriali;
- il *tempo* che indica l'orizzonte temporale entro cui si potranno registrare i benefici ma anche la loro durata nel tempo;

- il *rischio* connesso all'incertezza dei benefici derivanti dall'investimento.

Le due teorie non sono in contrasto tra loro ma si completano andando a specificare che, nella scelta tra più opzioni di investimento, bisogna prediligere quella che offre maggiori prospettive di guadagno, sia materiale che immateriale, ma i cui benefici si registrano in un arco temporale non eccessivamente lungo o che hanno durata maggiore nel tempo, e per i quali il rischio è più basso. Non è possibile dire a priori quale sia l'orizzonte temporale ottimale per poter cominciare a registrare i benefici in quanto questo dipende dal tipo di investimento e dal settore in cui l'azienda opera. Allo stesso modo non è possibile annullare completamente il rischio ma attraverso una buona pianificazione delle attività da intraprendere e una raccolta delle informazioni ben strutturata è possibile ridurre gli errori di stima e quindi i rischi connessi agli investimenti.

3.4 L'analisi degli investimenti

Diverse sono le modalità di valutazione degli investimenti, tra le quali, l'analisi costo-beneficio (CBA) che si basa sul confronto tra costi e benefici espressi in moneta.

A differenza delle altre metodologie di valutazione economica, che hanno la finalità di ricercare l'alternativa più conveniente, la CBA è uno strumento analitico che consente di valutare i benefici derivanti da una decisione di investimento e quindi la convenienza a realizzarlo oppure no.

I principi di base della CBA sono stati formulati per la prima volta da Dupuit in un articolo del 1848 e formalizzati successivamente nei lavori di Alfred Marshal. La sua applicazione pratica ha avuto inizio alla fine degli anni '30 negli Stati Uniti, in seguito al Federal Navigation Act del 1936, nell'ambito del quale è stato esplicitamente richiesto l'utilizzo della CBA per tutti quei progetti riguardanti la costruzione di infrastrutture pubbliche. Da allora questa tecnica è stata utilizzata per valutare progetti di investimento privati e politiche pubbliche nei diversi settori di intervento.

Per condurre l'analisi costi benefici, molti sono gli indicatori che possono essere considerati, ai fini della presente tesi si andranno a considerare i seguenti:

- Break Even Point;
- Payback Period;
- Valore Attuale Netto (VAN).

La Break Even Analysis e l'indice di flessibilità

La *break even analysis*, consente di determinare il *break even point* o punto di pareggio che rappresenta un “punto di rottura” particolarmente significativo in fase di valutazione di un progetto imprenditoriale: è il punto in cui i costi totali, dati dalla somma dei costi fissi e dei costi variabili, eguagliano i ricavi e quindi l'utile per l'impresa è pari a zero. Il *break even point* può essere calcolato sia in termini di volume di produzione che in termini di fatturato e si ottiene con le seguenti formule:

$$\text{Punto di pareggio in volumi} = \text{Costi fissi} / \text{MDC unitario}$$

in cui il Margine di Contribuzione (MDC) unitario è uguale a Ricavo unitario-Costo variabile unitario

$$\text{Punto di pareggio in fatturato} = \text{Costi fissi} / \text{MDC}\%$$

in cui il MDC% è uguale a MDC unitario/Ricavo unitario oppure MDC totale/Ricavi totali.

Nell'immagine che segue viene riportata la rappresentazione grafica classica del punto di pareggio:

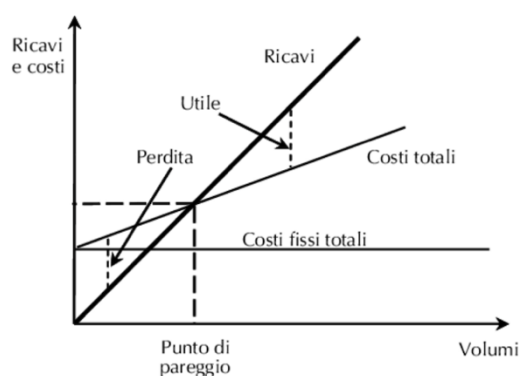


Figura 26 - Rappresentazione grafica del punto di pareggio

Il punto di pareggio (*break even point* o *punto di equilibrio*) è il punto di intersezione tra la retta dei ricavi e quella dei costi totali ed è pertanto il punto in cui il totale dei costi è

uguale al totale dei ricavi, a destra del punto di pareggio si trova l'area dell'utile in cui i ricavi totali superano i costi totali mentre a sinistra si trova l'area della perdita in cui i costi totali superano i ricavi totali.

La *break even analysis* consente quindi di stabilire come si modifica il risultato aziendale al variare di:

- costi variabili unitari,
- quantità venduta,
- prezzo di vendita,
- costi fissi per effetto di una variazione della struttura organizzativa e produttiva dell'impresa,

e con essa si è in grado di determinare quale ammontare dei ricavi o della quantità venduta deve essere raggiunta al fine di ottenere un determinato risultato economico o di quanto possiamo ridurre i ricavi prima che l'azienda operi in perdita.

Il punto di pareggio è solo una delle misure che può essere utilizzata per esprimere il grado di flessibilità della struttura dei costi di un'impresa. Un'ulteriore analisi che può essere effettuata è rappresentata dall'indice di flessibilità che esprime la variazione del risultato reddituale al fluttuare dei volumi di produzione e vendita.

L'indice di flessibilità è funzione di due elementi: il livello del punto di pareggio e il grado di elasticità operativa che è rappresentata dall'ampiezza della forbice tra ricavi e costi totali prima e dopo il punto di pareggio.

L'indice di flessibilità si ottiene con la seguente formula:

$$\text{Indice di flessibilità} = \frac{\text{Costi variabili totali}}{\text{Costi fissi totali (calcolato nel punto di pareggio)}}$$

Graficamente possiamo avere le seguenti situazioni:

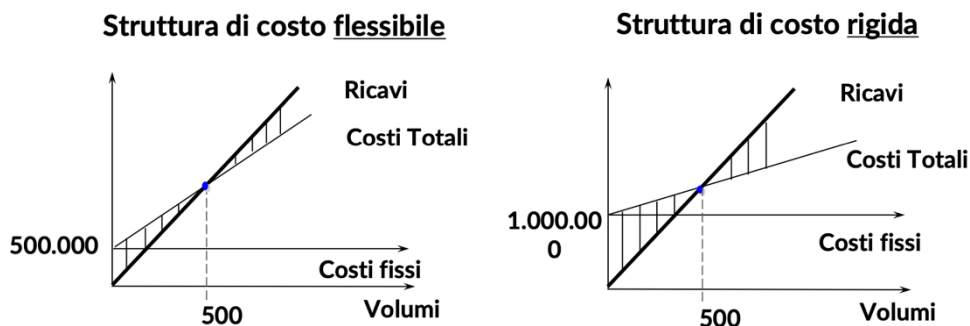


Figura 27 – Struttura di costo

Se la forbice tra ricavi e costi è molto stretta prima del punto di pareggio, lo sarà, in modo simmetrico, anche oltre tale punto. Questo significa che le aziende che presentano una struttura dei costi molto flessibile, ovvero hanno una forbice fra ricavi e costi totali molto stretta, non risentono in modo pesante di eventuali riduzioni nei volumi in quanto sono in grado di comprimere in misura significativa i costi, trattandosi prevalentemente di costi variabili. Questo tipo di aziende, però, vede migliorare i propri risultati economici lentamente all'aumentare dei volumi, in quanto registra, insieme all'aumento dei ricavi, anche un rapido aumento dei costi.

Viceversa, le imprese che presentano una struttura dei costi molto rigida, ovvero hanno una forbice tra ricavi e costi totali molto ampia, hanno una preponderanza di costi fissi rispetto ai costi variabili e, pertanto, reagiscono male a diminuzioni nei volumi in quanto hanno limitate possibilità di comprimere i costi; tuttavia, ad un aumento dei volumi oltre il punto di pareggio vi è un notevole aumento del reddito aziendale dal momento che i costi (per la maggior parte fissi) aumentano ma in misura contenuta.

In genere i due elementi di rischio operativo, punto di pareggio ed elasticità operativa, risultano legati, in quanto le imprese che presentano un elevato punto di pareggio tendono anche ad avere un elevato grado di rigidità operativa, mentre quelle che hanno un BEP più basso in genere sono più flessibili.

Questo avviene perché esiste una correlazione negativa tra costi fissi e costi variabili. In genere aumentando i costi fissi è possibile ridurre l'incidenza dei costi variabili sui ricavi, in quanto si aumenta il rendimento delle attività interne e si riducono le attività esternalizzate e i costi relativi.

Il Payback Period

Il Payback Period (PBP), o anche tempo di recupero dell'investimento, indica il numero di periodi (mesi) che è necessario attendere affinché i flussi positivi dell'investimento compensino le uscite sostenute.

Solitamente un progetto di investimento è caratterizzato da:

- un esborso iniziale che determina un flusso di cassa negativo elevato,
- tanti flussi di cassa positivi futuri di minore entità.

Con il trascorrere del tempo, il saldo negativo si riduce finché si registra un saldo positivo (inversione di segno): l'epoca t è pertanto il momento dell'inversione di segno nella sommatoria (semplice, non attualizzata) dei flussi di cassa.

Il Payback Period si determina dividendo il flusso iniziale di uscita per i flussi netti di recupero annuali.

Con il criterio del tempo di recupero è necessario confrontare due fattori temporali:

- **tempo di recupero t** : momento temporale in cui i flussi di cassa futuri coprono il costo iniziale dell'investimento;
- **tempo limite T** : momento temporale massimo entro cui l'investitore si propone di recuperare l'investimento iniziale.

La regola decisionale prevede che:

- se $t < T$, il progetto va accettato perché il tempo di attesa di rientro dei costi è tollerabile da parte dell'investitore;
- se $t > T$, il progetto va rigettato perché il tempo di attesa di rientro dei costi non è tollerabile da parte dell'investitore.

Questo criterio non dà alcuna informazione circa la redditività dei progetti, inoltre non considera i flussi di cassa successivi al *payback period* ed è un indicatore di rischio e non di redditività.

È un metodo utile in settori caratterizzati da rapida trasformazione tecnologica e rilevante aleatorietà in quanto l'elemento chiave di valutazione è il tempo di esposizione al rischio piuttosto che il rischio in sé.

Il Valore Attuale Netto (VAN)

Il Valore Attuale Netto (VAN) si basa sul confronto tra il valore attuale dei cash flow futuri e il valore dell'investimento iniziale.

La formula per il calcolo del VAN è la seguente:

$$VAN = \sum_{t=1}^N \frac{CF_t^+}{(1+r)^t} - CF_0^-$$

in cui N è il numero di anni in cui si manifestano i flussi di cassa generati dall'investimento (durata dell'investimento) e r è il tasso di sconto o costo opportunità del capitale, ossia il rendimento minimo che un investimento deve prospettare per essere accettabile.

Il VAN è ottenuto sommando i *flussi di cassa attualizzati*, ovvero scontati al costo del capitale e mette, quindi, in relazione i profitti futuri attesi con il costo dell'investimento iniziale.

Se un progetto di investimento presenta un VAN positivo (>0), il valore attuale di tutti i flussi di cassa positivi è maggiore dei flussi di cassa negativi, quindi il progetto crea ricchezza/valore e quindi può essere accettato, al contrario, se il VAN è negativo, il progetto va rigettato.

La valutazione degli investimenti in condizioni di rischio

Gli indicatori descritti in precedenza si basano sull'ipotesi che gli investimenti siano valutati in assenza di rischio, tuttavia, le decisioni di investimento sono influenzate dalla presenza di elementi di incertezza e dall'impossibilità di determinare tutti i parametri che giocano un ruolo importante nel processo di valutazione di un nuovo investimento, tra i quali, la distribuzione dei flussi di cassa associati all'investimento oppure il costo opportunità del capitale necessario per il finanziamento del progetto di investimento e la sua evoluzione nel tempo.

Il calcolo degli indicatori di prestazione di un investimento dovrebbe quindi essere accompagnato da uno studio che ne analizzi gli effetti.

Uno studio di questo tipo può essere elaborato ricorrendo a:

- analisi di sensibilità (o sensitività),
- analisi di scenario,

il cui scopo è identificare gli elementi maggiormente incerti e valutarne l'effetto sulla valutazione dell'investimento.

In particolare l'analisi di sensibilità consente di identificare le variabili che presentano livelli di incertezza significativi e le cui variazioni, positive o negative, potrebbero avere

effetti importanti sulle performance economico-finanziarie del progetto di investimento.

Si possono considerare «significative» o «critiche» le variabili per cui una variazione (in più o in meno) del loro valore dell'1% implica una variazione di almeno del 5% del VAN base.

Una componente particolarmente rilevante dell'analisi di sensibilità è il calcolo dei valori soglia ovvero del valore che la variabile analizzata dovrebbe assumere affinché il VAN del progetto diventi pari a zero, o più in generale, l'individuazione di soglie, oltre le quali la convenienza dell'investimento viene a mancare.

L'analisi di sensibilità è normalmente fatta considerando la variazione di una sola variabile alla volta per tale ragione, deve essere completata con un'analisi di scenario che studi l'impatto generato sul progetto da combinazioni di valori delle variabili critiche, assunti contemporaneamente.

In particolare, può risultare utile costruire diversi scenari alternativi in cui si prendono in considerazione combinazioni di valori “ottimistici” e “pessimistici” delle variabili critiche al fine di costruire scenari realistici estremi in negativo e positivo e, per ogni scenario, si procede a calcolare il VAN del progetto. Sulla base dei risultati dell'analisi, è possibile formulare alcuni giudizi circa i rischi del progetto.

3.5 Descrizione della metodologia

L'analisi prende in considerazione i flussi di cassa, positivi e negativi, incrementali generati dalla decisione di investimento rispetto ad uno scenario base rappresentato dall'assenza dell'investimento e che presuppone che la situazione rimanga immutata (*Business As Usual*).

Gli indicatori di performance finanziari ed economici sono quindi calcolati esclusivamente sulla base dei flussi di cassa incrementali, su un orizzonte temporale di 5 anni.

Lo scenario di investimento analizzato si basa sull'assunto che l'organizzazione dei produttori adotti il dispositivo lasciando invariate le seguenti altre condizioni:

- quantità di prodotti ortofrutticoli prodotti e venduti;
- mercati e canali di vendita.

La stima dei costi e dei benefici connessi all'adozione del BlowDevice® è stata articolata nei seguenti step:

- raccolta informazioni;
- costruzione del modello economico;
- valutazione economico-finanziaria.

3.6 Raccolta informazioni

Le informazioni rilevanti ai fini delle analisi condotte sono state ottenute in prima istanza mediante un'analisi desk dei documenti aziendali e dei report sui risultati delle prove di laboratorio e, successivamente, mediante interviste dirette ai due soggetti chiave: i legali rappresentanti della BlowDevice srl e dell'Organizzazione dei Produttori "Armonia".

Le informazioni relative ai costi e alla produzione si riferiscono all'anno 2022.

Questa attività di raccolta dati ha riguardato solo i prodotti ortofrutticoli su cui è stata dimostrata l'efficacia del BlowDevice® a seguito della prima delle verifiche condotte e per i quali, quindi, può esserci una convenienza, da parte dell'Organizzazione dei Produttori, al suo inserimento nel processo di confezionamento aziendale.

Le prime informazioni raccolte hanno riguardato lo scenario base e in particolare

- quantità di prodotti ortofrutticoli prodotta e confezionata;
- le modalità di confezionamento al fine di determinare il numero di confezioni necessarie per la quantità di prodotto in ingresso e i relativi costi.

Sono stati raccolti dati sulla quantità di prodotto che non viene commercializzata dopo il confezionamento perché si deteriora durante il trasporto e, quindi, i relativi costi di smaltimento dei prodotti e delle confezioni.

Molti dei prodotti invenduti tuttavia vengono trasformati in sottoprodotti che loro volta generano dei ricavi di vendita per l'Organizzazione dei Produttori.

Sono stati infine raccolti i dati sulle modalità di trasporto e sui costi di trasporto. I costi di trasporto sono stati calcolati proporzionalmente alla quantità trasportata dei prodotti oggetto della presente analisi, considerando quindi il numero di pedane dedicate per ciascun TIR.

Per lo scenario alternativo, sono stati raccolti i dati sui risultati del BlowDevice® in termini di miglioramento della *shelf life* mediante consultazione dei report¹² sulle prove sperimentali condotte dal gruppo di ricerca dell'Università degli Studi della Basilicata¹³ nell'ambito di diversi progetti di ricerca finalizzati a verificare l'efficacia del dispositivo per diverse tipologie di prodotti ortofrutticoli.

Questi dati hanno consentito di individuare, nell'ambito della più ampia produzione ortofrutticola dell'OP Armonia, i prodotti per i quali sia possibile l'utilizzo del dispositivo.

Successivamente è stato analizzato il business plan della BlowDevice srl ed è stato intervistato il suo legale rappresentante. La BlowDevice srl, in qualità di titolare dei diritti sul brevetto BlowDevice®, è l'unica società che può produrre e immettere sul mercato sia il dispositivo che la sua macchina valvolatrice ed è pertanto la società che ne determina il prezzo e le condizioni di vendita. Tale passaggio è stato necessario per determinare il flusso di tutti i costi legati all'adozione di questa nuova tecnologia.

Al fine di verificare le modalità di inserimento della nuova tecnologia, sono state raccolte ed esaminate le informazioni sull'impianto di confezionamento già in uso presso l'OP Armonia e su cui installare la macchina valvolatrice, e le caratteristiche del packaging utilizzato per il confezionamento dei prodotti sui cui applicare il dispositivo. Tale verifica risulta di fondamentale importanza poiché l'utilizzo della macchina valvolatrice e del dispositivo devono avvenire nel pieno rispetto del protocollo di utilizzo messo a punto dalla BlowDevice srl sia per evitare di danneggiare l'impianto di confezionamento e il packaging aziendale sia per ottenere il massimo dei benefici dall'introduzione di questa nuova tecnologia, espressi in termini di miglioramento della *shelf life*.

3.7 Costruzione del modello economico

Sulla base dei dati raccolti, è stato quindi possibile costruire il modello economico che possiamo definire come il sistema dei ricavi, dei costi operativi, del capitale circolante

¹² Report sui risultati delle prove sperimentali condotte nell'ambito dei progetti “*Best markets for the exploitation of innovative sustainable food packaging solutions — MYPACK*” (H2020) e “*Oltre il bio: gestione innovativa della cerasicoltura e viticoltura da tavola biologica - OLTRE.BIO*” (PSR Puglia 2014-2020)

¹³ Gruppo di ricerca del Laboratorio MAC-Lab presso il Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari e Ambientali dell'Università degli Studi della Basilicata

e degli investimenti in immobilizzazioni conseguente alla scelta strategica di introdurre una nuova tecnologia nel processo produttivo aziendale (Parolini, 2020).

Il modello economico è quindi il riflesso quantitativo della strategia aziendale, rappresentato da una matrice riportante il flusso dei costi e dei ricavi ed è la base di calcolo degli indicatori per la valutazione economico-finanziaria.

Per la costruzione del modello economico, sono stati quantificati i costi e i ricavi nei due scenari considerati: quello di base in assenza di investimento e lo scenario alternativo che prevede l'introduzione del BlowDevice®.

Determinate le variabili che influenzano il risultato economico aziendale, si è proceduto con la stima del prezzo di vendita utilizzando il metodo del profitto obiettivo (Malorgio, 2022), rappresentato dal pareggio tra i costi e i ricavi tramite la *break even analysis* che ha consentito di determinare il prezzo di vendita minimo per raggiungere il punto di pareggio (*break even point*) tra costi e ricavi nello scenario di base e la variazione minima del prezzo di vendita necessaria per conservare il pareggio nello scenario alternativo.

Il calcolo del prezzo di pareggio ha consentito di confrontare i due scenari a parità di altre condizioni e ha rappresentato la base per la valutazione della strategia di prezzo da adottare al fine di incrementare la redditività dell'investimento.

La formula per il calcolo del punto di pareggio è stata quindi impostata sulla base del modello economico descritto:

$$\text{Costi totali} = \text{Ricavi totali}$$

nello scenario di base, i costi sono rappresentati da:

- *Costi variabili*¹⁴:
 - ⇒ Confezioni
 - ⇒ Trasporto
 - ⇒ Smaltimento prodotti invenduti
 - ⇒ Trasformazione prodotti invenduti

nello scenario alternativo, i costi sono invece rappresentati da

- *Costi fissi*:
 - ⇒ Costo ammortamento annuo della macchina valvolatrice
 - ⇒ Costo manutenzione annua

¹⁴ Si fa presente che il valore dei costi variabili resta costante in quanto è stato calcolato sul livello della produzione del 2022

- *Costi variabili:*
 - ⇒ Confezioni
 - ⇒ BlowDevice®
 - ⇒ Trasporto
 - ⇒ Smaltimento prodotti invenduti
 - ⇒ Trasformazione prodotti invenduti

in entrambi gli scenari:

- i *Ricavi totali* sono rappresentati dai ricavi generati dai prodotti ortofrutticoli consegnati alla Grande Distribuzione e dai ricavi generati a seguito della vendita dei prodotti trasformati.

Il prezzo di vendita di pareggio, si ottiene con la seguente formula:

$$P = (\text{Costi totali} - \text{Ricavi prodotti trasformati}) / \text{Q.tà di prodotto commercializzata}$$

il valore ottenuto è la media aritmetica ponderata dei prezzi di vendita dei diversi prodotti ortofrutticoli presi in considerazione nell'analisi, al fine di determinare il prezzo di vendita minimo necessario a garantire di eguagliare i costi ed i ricavi.

La valutazione economico-finanziaria del progetto è quindi proseguita con il calcolo del *Payback Period* che, pur essendo solo un indicatore di aritmetico che non fornisce nessuna informazione sulla redditività dell'investimento, consente di valutare il tempo necessario a recuperare l'investimento iniziale e quindi di valutare il rischio allo stesso connesso. Si ritiene importante questa valutazione, trattandosi di un investimento ad elevato contenuto tecnologico che potrebbe essere superato dall'introduzione di altre innovazioni oppure da modifiche normative legate alle modalità di commercializzazione e confezionamento dei prodotti ortofrutticoli.

Per il calcolo del Valore Attuale Netto, il tasso di attualizzazione è stato determinato utilizzando il criterio del costo medio ponderato del capitale (*weighted average cost of capital* – *WACC*), in cui la ponderazione è stata fatta in base all'incidenza relativa di ogni fonte sul totale delle fonti onerose:

$$WACC = R_d \cdot \lambda + R_e \cdot (1 - \lambda)$$

in cui

R_d è il costo del capitale di debito,
 R_e è il costo del capitale di rischio,
 λ è l'incidenza del capitale di debito (R_d) sul capitale totale.

Secondo il modello del *capital asset pricing model* (CAPM), si ipotizza che il rendimento di un investimento dipenda dal suo rischio in relazione a quello di mercato:

$$R_e = R_f + (R_m - R_f) \cdot \beta$$

in cui:

R_f è il rendimento di un investimento privo di rischio (ad es. titoli di stato),
 R_m è il tasso medio di mercato per il settore,
 $R_m - R_f$ è il premio di rendimento che gli investitori si attendono per l'investimento con rischio superiore a quello risk-free,
 β è la misura del rischio sistematico del capitale netto dell'impresa rispetto al mercato.

Successivamente è stato calcolato il Valore Attuale Netto dell'investimento e sono stati analizzati i fattori di rischio che possono influenzare il risultato dell'analisi costi-benefici, attraverso l'analisi di sensibilità e l'analisi di scenario.

3.8 Risultati e discussione

L'Organizzazione di Produttori Armonia conta una superficie coltivata di circa 1.500 ettari divisa principalmente tra le regioni Campania, Calabria, Basilicata e Puglia ma anche nelle Marche, Abruzzo e Molise. Le principali produzioni sono rappresentate dagli agrumi (29%) e dalle pesche e nettarine (17%), fragole (9%) e kiwi (12%) ma anche uva, ortaggi e verdure.

Attraverso alcune visite presso l'azienda e svolgendo diverse interviste e colloqui con gli imprenditori che la gestiscono è stato possibile raccogliere i necessari dati aziendali che hanno permesso di mettere a punto una metodologia di valutazione relativa alla decisione di investimento.

I dati raccolti descrivono lo scenario attuale di vendita dei prodotti senza l'utilizzo del nuovo sistema di confezionamento che prevede l'introduzione del BlowDevice®.

L'analisi si è soffermata sui seguenti prodotti:

1. ciliegie;
2. fragole;
3. kiwi verde;
4. uva da tavola;
5. rucola.

Relativamente ai prodotti individuati, le quantità in ingresso nel 2022 sono riportate nella seguente tabella:

Prodotto	Quantità in ingresso (tonn)
Ciliegie	250
Fragole	100
Kiwi verde	2.500
Uva da tavola	1.200
Rucola	3.000
<i>Totale</i>	<i>7.050</i>

Tabella 10 – *Quantità in ingresso nel 2022 per ciascuna tipologia di prodotto*

sulla base delle modalità di confezionamento, il numero delle confezioni è quello indicato nella tabella che segue:

Prodotto	N. confezioni	Q.tà per confezione
Ciliegie	833.333	300 gr/confezione
Fragole	400.000	250 gr/confezione
Kiwi verde	2.500.000	1.000 gr/confezione
Uva da tavola	2.400.000	500 gr/confezione
Rucola	30.000.000	100 gr/confezione
<i>Totale</i>	<i>36.133.333</i>	

Tabella 11 – *Quantità di confezione in uscita per prodotto*

mentre il costo unitario di ciascuna confezione è riportato nella tabella che segue:

Prodotto	Costo unitario	Costo complessivo
Ciliegie	0,21 €	174.999,93 €
Fragole	0,18 €	72.000,00 €
Kiwi verde	0,34 €	850.000,00 €
Uva da tavola	0,07 €	168.000,00 €
Rucola	0,23 €	6.900.000,00 €
	<i>Totale</i>	<i>8.164.999,93 €</i>

Tabella 12 – Costo confezionamento

I prodotti confezionati vengono distribuiti sia all'estero che in Italia, utilizzando il trasporto su gomma, con riferimento ai prodotti presi in considerazione i costi di trasporto sostenuti nel corso di un anno sono i seguenti:

Prodotto	Costi di trasporto
Ciliegie	4.050,00 €
Fragole	440,00 €
Kiwi verde	146,67 €
Uva da tavola	2.700,00 €
Rucola	220,00 €
	<i>Totale</i>
	<i>7.556,67 €</i>

Tabella 13 – Costi di trasporto

Sulla base dei dati raccolti, è emerso che con l'attuale sistema di confezionamento, parte dei prodotti non viene commercializzato poiché si è deteriorato durante il trasporto, con una percentuale che va dal 5% per le fragole ed arriva al 17% per il kiwi verde.

A seguito della mancata consegna di questi prodotti, l'azienda non solo registra un mancato ricavo ma anche il costo per lo smaltimento di tali prodotti e delle loro

confezioni, tali perdite vengono solo in parte compensate dalle vendite dei prodotti ottenuti dalla trasformazione degli invenduti.

Nella tabella che segue, vengono riportati i dati relativi alla quantità invenduta e ai costi e ricavi che ne derivano.

Prodotto	Q.tà non commercializzata (tonn)	Q.tà trasformata in altri prodotti (tonn)	Costo smaltimento	Costo per la trasformazione in altri prodotti	Ricavi di vendita dei prodotti trasformati
Ciliegie	25	15	2.500,00 €	6.750,00 €	27.750,00 €
Fragole	5	0	1.250,00 €	0,00 €	0,00 €
Kiwi verde	425	85	85.000,00 €	38.250,00 €	157.250,00 €
Uva da tavola	60	0	15.000,00 €	0,00 €	0,00 €
Rucola	300	0	75.000,00 €	0,00 €	0,00 €
<i>Totale</i>	<i>815</i>	<i>100</i>	<i>178.750,00 €</i>	<i>45.000,00 €</i>	<i>185.000,00 €</i>

Tabella 14 – Q.tà invenduta con costi e ricavi collegati

La quantità di prodotto effettivamente consegnata e venduta si ottiene, pertanto, per differenza tra la quantità in ingresso riportata nella tabella 4 e la quantità non commercializzata riportata nella tabella 8.

Passando ad analizzare lo scenario alternativo che vede l'introduzione del BD[®], sono stati presi in considerazione tutti i costi necessari all'introduzione della nuova tecnologia.

Il costo dell'investimento coincide con il costo d'acquisto della macchina valvolatrice:

Voce di costo	Costo totale	Vita utile	Costo ammortamento annuo
Macchina valvolatrice	€ 60.000,00	5 anni	€ 12.000,00

Tabella 15 – Costo dell'investimento

Dall'analisi dei dati raccolti è stato inoltre possibile determinare i costi operativi incrementali legati all'investimento che vengono riepilogati nella seguente tabella:

Costi fissi

Voce di costo	Costo annuo
Manutenzione della macchina valvolatrice	6.000,00 €
<i>Totale</i>	<i>6.000,00 €</i>

Costi variabili

Prodotto	Costo unitario BD®	Costo totale
Ciliegie	0,05 €	41.666,67 €
Fragole	0,05 €	20.000,00 €
Kiwi verde	0,05 €	125.000,00 €
Uva da tavola	0,05 €	120.000,00 €
Rucola	0,05 €	1.500.000,00 €
<i>Totale</i>		<i>1.806.666,67 €</i>

Tabella 16 - Costi operativi

Nello scenario con il BD[®], è stata valutata anche l'introduzione di una modifica delle confezioni, facendo riferimento a quelle utilizzate durante le prove di laboratorio per la valutazione dell'efficacia del BlowDevice[®] che comporta una riduzione dei costi delle confezioni in tutti i casi tranne che nel caso del kiwi verde, in quanto l'applicazione del BlowDevice richiede l'utilizzo di un diverso flowpack.

Nella tabella che segue vengono riportati i costi di confezionamento rideterminati sulla base del nuovo packaging:

Prodotto	Costo unitario	Costo complessivo
Ciliegie	0,19 €	158.333,33 €
Fragole	0,10 €	40.000,00 €
Kiwi verde	0,46 €	1.150.000,00 €
Uva da tavola	0,11 €	264.000,00 €
Rucola	0,19 €	5.700.000,00 €

Totale 7.312.333,33 €

Tabella 17 - Costo confezionamento con BD[®]

Per effetto dell'introduzione del BD[®] e del conseguente miglioramento della *shelf life* dei prodotti, si determina quindi una differenza nella quantità di prodotto effettivamente consegnato e dei ricavi di vendita, e al tempo stesso fa registrare una variazione in diminuzione dei costi e dei ricavi collegati ai prodotti non commercializzabili.

In collaborazione con il gruppo di ricerca dell'Università degli Studi della Basilicata¹⁵, sulla base delle prove sperimentali condotte negli anni, è stata stimata la riduzione delle perdite durante il trasporto e sono stati quindi rideterminati i costi e ricavi collegati ai prodotti invenduti, come riportato nella seguente tabella:

Prodotto	Q.tà non commerciali zzabile (tonn)	Q.tà trasformata in altri prodotti (tonn)	Costo smaltimento	Costo per la trasformazi one in altri prodotti	Ricavi di vendita dei prodotti trasformati
Ciliegie	7,5	4,5	750,00 €	2.025,00 €	8.325,00 €
Fragole	3	0	750,00 €	0,00 €	0,00 €
Kiwi verde	250	50	50.000,00 €	22.500,00 €	92.500,00 €
Uva da tavola	30	0	7.500,00 €	0,00 €	0,00 €
Rucola	150	0	37.500,00 €	0,00 €	0,00 €
<i>Totale</i>	<i>441</i>	<i>54,5</i>	<i>96.500,00 €</i>	<i>24.525,00 €</i>	<i>100.825,00 €</i>

Tabella 18 – Stima della quantità di prodotto non consegnata a seguito dell'introduzione de BD[®]

Si fa notare che sebbene i risultati delle prove sperimentali relativi all'applicazione del BD[®] possano indurre a ritenere che lo spreco sia pari a zero, in realtà, il deterioramento dei prodotti, anche se si manifesta durante la fase di trasporto, può essere causato dalle pratiche attuate nelle fasi precedenti al processo di confezionamento (Bartezzaghi, et al, 2022).

¹⁵ Gruppo di ricerca del Laboratorio MAC-Lab presso il Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari e Ambientali dell'Università degli Studi della Basilicata

Con i dati raccolti è stato calcolato il prezzo di vendita di pareggio nei due scenari: scenario attuale e quello alternativo con l'introduzione del BD[®], al fine di verificare la variazione dello stesso.

Dal calcolo è emerso come il prezzo di pareggio medio¹⁶ è pari a 1,32 euro/kg nello scenario attuale e a 1,39 euro/kg nello scenario alternativo, con un incremento del 4,98%.

Il calcolo del prezzo di vendita di pareggio ci fornisce una prima informazione ovvero che l'introduzione del BD[®] richiede un incremento del prezzo di vendita dei prodotti rispetto allo scenario attuale, in quanto la riduzione dei costi legati alla perdita di prodotti e i maggiori ricavi di vendita relativi alla maggiore quantità di prodotto commercializzata non consente di coprire interamente i costi di investimento.

L'incremento minimo del prezzo di vendita dei prodotti ortofrutticoli necessario per coprire tutti i costi legati alla scelta di investimento è quindi pari al 4,98% e affinché il progetto di investimento possa generare dei ricavi, è necessario stabilire un prezzo di vendita superiore al prezzo di pareggio.

Nel prosieguo dell'analisi assumiamo come accettabile un incremento del prezzo di vendita del 5%, nel primo anno di vendita dei prodotti confezionati con la nuova tecnologia, e del 5,1% per gli anni successivi.

Basandosi su questa ipotesi, i flussi di cassa generati dall'investimento nei 5 anni presi in considerazione sono riportati nella seguente tabella:

Anni	0	1	2	3	4	5
Investimento iniziale	60.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Totale Costi operativi</i>	<i>0,00</i>	<i>9.248.518,70</i>	<i>9.248.518,70</i>	<i>9.248.518,70</i>	<i>9.248.518,70</i>	<i>9.248.518,70</i>
Manutenzione annua	0,00	6.000,00	6.000,00	6.000,00	6.000,00	6.000,00
Confezionamento	0,00	9.119.000,00	9.119.000,00	9.119.000,00	9.119.000,00	9.119.000,00
Trasporto	0,00	2.493,70	2.493,70	2.493,70	2.493,70	2.493,70
Smaltimento	0,00	96.500,00	96.500,00	96.500,00	96.500,00	96.500,00
Trasformazioni e in altri prodotti	0,00	24.525,00	24.525,00	24.525,00	24.525,00	24.525,00

¹⁶ Media aritmetica ponderata dei prezzi di pareggio dei singoli prodotti ortofrutticoli considerati

Ricavi di vendita:	0,00	9.261.592,00	9.270.316,54	9.270.316,54	9.270.316,54	9.270.316,54
Vendita prodotti trasformati	0,00	100.825,00	100.825,00	100.825,00	100.825,00	100.825,00
Vendita prodotti	0,00	9.160.767,00	9.169.491,54	9.169.491,54	9.169.491,54	9.169.491,54
Flusso di cassa netto	- 60.000,00	13.073,30	21.797,84	21.797,84	21.797,84	21.797,84

Tabella 20 – Flussi di cassa (in euro)

Il Payback Period, ovvero il tempo necessario a recuperare l'investimento iniziale, è pari a 3 anni che non è un tempo eccessivamente lungo se rapportato alla vita utile stimata dell'investimento pari a 5 anni e considerando che, al momento, la tecnologia continua a non avere valide alternative sul mercato.

Nella determinazione del tasso di attualizzazione, si è ipotizzato che l'OP Armonia sia in grado di coprire l'investimento facendo ricorso ai mezzi propri.

Per la determinazione del rendimento di un investimento privo di rischio (R_f) si è fatto riferimento al rendimento medio dei BTP valore, mentre il tasso medio di mercato per il settore (R_m) è posto pari al 5%¹⁷ sulla base della stima condotta dalla KPMG al 31 dicembre 2023.

La misura del rischio sistematico del capitale netto dell'impresa rispetto al mercato β è stata determinata sulla base dell'analisi condotta da Aswath Damodaran della New York University¹⁸ per il settore "Food processing" nel mercato europeo.

Il tasso attuale di sconto così determinato risulta pari al 4,81% mentre il VAN ottenuto è pari a 26.546,82 che quindi dimostra la convenienza dell'investimento.

L'analisi di sensibilità è stata condotta calcolando l'oscillazione percentuale del VAN come conseguenza di una variazione dei benefici e dei costi chiave.

I risultati dell'analisi di sensibilità sono riepilogati nella tabella che segue:

Variabile verificata	Valore del VAN
Costo macchina valvolatrice (-50%)	39.603,75
Costo del BD® (+5%)	- 198.191,87

¹⁷ <https://kpmg.com/nl/en/home/topics/equity-market-risk-premium.html>

¹⁸ pages.stern.nyu.edu/~adamodar

Quantità di prodotto in ingresso (-5%)	20.371,12
Quantità di prodotto in ingresso (+15%)	45.073,93
Tasso di sconto (+3%)	19.377,52

Tabella 21 – Analisi di sensibilità

L'analisi di sensibilità rivela che le performance finanziarie del progetto sono fortemente influenzate dal costo del dispositivo e, in misura minore, dalla quantità di prodotto venduta.

Sulla base dei risultati dell'analisi di sensibilità, è stata condotta un'analisi per due diversi scenari, in entrambi è stato ipotizzato:

- un incremento del costo del BlowDevice® pari al 5%, che potrebbe verificarsi, per esempio, per effetto di un incremento dei costi di produzione,
- una riduzione del costo della macchina valvolatrice che potrebbe essere conseguito per effetto di un contributo pubblico.

mentre nello Scenario 1 si è ipotizzato un incremento della quantità in ingresso pari al +5%, nello Scenario 2 invece una riduzione della quantità in ingresso pari al -5%.

Nella tabella che segue si mostrano i risultati dell'analisi di scenario

	Scenario base	Scenario 1	Scenario 2
VAN (€)	26.546,82	- 394.001,67	- 340.072,74

Tabella 22 – Analisi di scenario

In entrambi gli scenari il VAN assume un valore negativo e in tutti i casi l'incremento del costo del dispositivo può essere annullato con un incremento del prezzo di vendita pari al 6% rispetto allo scenario base.

La valutazione del prezzo di vendita diventa pertanto una fase importante per la costruzione dell'intero modello economico e quindi per l'analisi costi-benefici.

Per procedere con questa valutazione bisogna fare alcune considerazioni preliminari sul mercato di riferimento dell'organizzazione dei produttori che è un mercato B2B, in cui i clienti, trattandosi di soggetti orientati al profitto, considerano in modo più equilibrato i costi sostenuti risultando meno influenzabili dal marchio se questo non corrisponde ad una maggiore qualità reale dei beni acquistati (Parolini, 2019).

Il mercato B2B è caratterizzato da decisioni di acquisto più razionali e da una minore elasticità della domanda rispetto al prezzo in quanto gli acquisti sono determinati dall'andamento della domanda di beni finali da parte dei consumatori finali.

Per valutare l'incremento del prezzo di vendita accettabile bisogna pertanto far ricorso al concetto di "disponibilità a pagare".

Breidert et al. (2006) identifica la conoscenza sulla disponibilità a pagare di un prodotto per conto dei suoi (potenziali) clienti come fattore critico nelle decisioni sui prezzi o nello sviluppo di nuovi prodotti.

La "Disponibilità a pagare" (Willingness to Pay) si definisce come "*l'importo massimo che un individuo è disposto a pagare per ricevere un miglioramento o per evitare una perdita nel suo livello di benessere*" che risulta limitata superiormente dall'ammontare massimo di risorse a disposizione dell'individuo. La Disponibilità a pagare viene, solitamente, rappresentata tramite i prezzi di mercato.

In questo lavoro di tesi non è stata condotta una indagine *ad hoc* per valutare la disponibilità a pagare da parte dei consumatori degli iper e super mercati per prodotti ortofrutticoli con una migliore *shelf life* ma è stata effettuata una literature review. Tra i diversi studi analizzati, sono stati presi in considerazione solo quelli che presentano una maggiore attinenza con la ricerca condotta perché finalizzati a valutare la WTP dei consumatori finali per i prodotti ortofrutticoli con una *shelf life* più lunga grazie all'introduzione di metodi di conservazione innovativi.

I risultati di questi studi sono riepilogati nella seguente tabella:

Paese	Tipologia di analisi	Prodotto	Estensione della shelf-life	WTP
USA	Sondaggio	Avocado	da 3 a 6 gg	+11%
USA	Sondaggio	Pomodori	da 6 a 30 gg	+16%
USA	Sondaggio	Banane	da 5 a 10 gg	+8%
Area Metropolitana di Torino	Sondaggio	Latte	+18 gg	+20%
USA	Sondaggio	Latte	+18 gg	+35%
Uganda	Sondaggio	Radici fresche di manioca	Da 2-3 gg a 1 mese	+17,86%

Tabella 19 – Risultati degli studi sulla WTP

I risultati degli studi analizzati consentono, quindi, di affermare che l'introduzione dell'innovazione da parte dell'OP Armonia rappresenta un vantaggio competitivo i cui effetti positivi si riverberano anche sulla grande distribuzione e pertanto di confermare l'ipotesi sottesa alla costruzione del modello economico che si basa su un incremento dei ricavi derivante da un incremento del prezzo di vendita.

Nell'analisi costi benefici, non si possono non considerare anche i benefici di cui possono godere i venditori dall'acquisto e successiva vendita di prodotti ortofrutticoli confezionati con il BlowDevice[®], al fine di consentire l'accettazione di un prezzo di acquisto più elevato.

La facile deperibilità dei prodotti ortofrutticoli determina elevati tassi di sprechi di questi prodotti lungo tutta la filiera, inclusa la fase della vendita al dettaglio.

In uno studio condotto dalla Regione Emilia-Romagna nell'ambito del progetto "Sviluppo di metodi innovativi di gestione dei frutti nella fase di post-raccolta" del 2010 è stato evidenziato come mediamente gli scarti dei prodotti ortofrutticoli si distribuiscono lungo tutta la supply chain con percentuali variabili, e in particolare nella fase di vendita, gli scarti arrivano a circa il 20%.

Una ricerca condotta dal MIPAF^T e dal CREA (OERSA, 2020) ha evidenziato come, nel 2016 in Italia, sono stati registrati 18,7 kg/anno di spreco per metro quadrato di superficie di vendita dei super e ipermercati. In termini di peso, i prodotti ortofrutticoli non confezionati rappresentano la parte più rilevante dello spreco presso la grande distribuzione.

Un sondaggio condotto dalla International Food Information Council Foundation (2018)¹⁹ ha evidenziato come la domanda fluttua in base ai prezzi di vendita ma anche in base alla freschezza dei prodotti.

A causa della coesistenza e della concorrenza di prodotti con differenze di qualità, negli ultimi anni molti rivenditori hanno iniziato ad adottare una politica dei prezzi "dinamica" che si sta rivelando importante nella gestione delle entrate dell'azienda. Le politiche dei prezzi che ignorano il calo della freschezza (qualità) possono infatti danneggiare le aziende che vendono prodotti deperibili e le quali, al fine di contenere le perdite economiche, adottano sempre più spesso misure come riduzioni di prezzo o sconti per migliorare la competitività dei prodotti più vecchi (Zhou et al., 2023).

¹⁹ <https://foodinsight.org/2018-food-and-health-survey/>

Tuttavia i risultati di questa misura sono tuttora molto modesti, dal già citato studio del MIPAFIT e del CREA è emerso infatti come le offerte in prossimità della scadenza adottate da alcuni punti vendita, pur assicurando un certo recupero del valore economico, riguardano ancora una quota abbastanza ridotta dei prodotti ritirati dal mercato, con una percentuale che si aggira intorno al 10%.

Alla perdita economica derivante dalla mancata vendita dei prodotti bisogna poi aggiungere anche i costi legati allo smaltimento dei rifiuti sostenuti dai super e iper mercati.

L'introduzione di innovazioni nella filiera agroalimentare che consentono di migliorare la durata della conservazione dei prodotti ha pertanto una diretta incidenza anche sul miglioramento della performance economica dei rivenditori di prodotti alimentari e ciò non è solo perché i clienti sono diventati più sensibili alla freschezza, ma anche perché i supermercati possono aumentare i propri margini di profitto riducendo gli sprechi alimentari (Özbilge et al, 2024).

C'è tuttavia da sottolineare come anche la migliore tecnologia non può cambiare nulla se non viene adottata e compresa dalla società, dalle aziende e dai consumatori. Pertanto, la tecnologia deve essere accettabile da tutti i soggetti che sono coinvolti nella sua adozione e diffusione, in questo caso la grande distribuzione e i consumatori.

Da tutti gli studi sulla WTP analizzati, è emerso che la disponibilità a pagare è molto influenzata dalla comunicazione: i consumatori sono disposti a pagare un prezzo più alto quando sono informati dei vantaggi della nuova tecnologia.

I vantaggi del miglioramento della *shelf life* non sono da tutti associati ad una riduzione dello spreco alimentare e quindi ad un miglioramento della sostenibilità.

Nell'ambito del progetto H2020-MyPack²⁰ è stato studiato come aumentare la comunicazione sulla sostenibilità delle innovazioni nel packaging ecologico.

Ai consumatori è stato mostrato una confezione di insalata (sacchetto flessibile) con la tecnologia BlowDevice® ed è stato testato l'effetto di comunicare questa tecnologia in modo implicito ed esplicito (combinato e separatamente). I consumatori hanno dimostrato una maggiore preferenza verso il prodotto solo quando sulla confezione erano riportati riferimenti espliciti verso la sostenibilità.

Una delle sfide più importanti è quindi quella relativa alla comprensione e accettazione da parte delle aziende e dei consumatori dei vantaggi legati alla nuova tecnologia, non

²⁰ Report del Progetto “Best markets for the exploitation of innovative sustainable food packaging solutions-MYPACK (H2020-774265)”

è pertanto ipotizzabile che l'introduzione del nuovo packaging non sia accompagnata da una corretta campagna di comunicazione.

Conclusioni

Nonostante la crescente sensibilizzazione verso questo tema e i diversi studi, a cui si sono aggiunti interventi di policies e normativi, lo spreco alimentare fa registrare, ancora oggi, dati allarmanti sebbene ne non conosciamo le dimensioni effettive principalmente per la difficoltà di recuperare le corrette informazioni nelle diverse fasi in cui tale spreco si può originare e, in misura minoritaria, per le diverse definizioni di spreco alimentare.

Al di là dei numeri e delle definizioni, il problema esiste ed è necessario che ognuno, in base al suo ruolo nella società, se ne faccia carico contribuendo alla sua riduzione.

Un problema così complesso, che ha origini e manifestazioni diverse, non può essere risolto con un'unica misura ma con un insieme di interventi anche di piccola taglia.

Questo lavoro si è soffermato sulla riduzione della perdita dei prodotti ortofrutticoli nella fase di post raccolta, in modo particolare sullo spreco che si verifica come conseguenza della modalità di confezionamento di prodotti, attraverso l'introduzione di una innovazione che, sulla base dei test di laboratorio, consente di ottenere ragguardevoli risultati in termini di miglioramento della *shelf life*.

Mentre il 95% di tutti gli investimenti nella ricerca agricola si concentra sull'aumento delle strategie di produzione delle colture, solo il 5% si concentra sulle questioni legate al post-raccolto (Lipinski et al, 2013). La riduzione delle perdite e degli sprechi post-raccolto è tuttavia più efficace dal punto di vista dei costi e meno dispendiosa in termini di tempo rispetto alle strategie di produzione. Pertanto, è importante che il miglioramento delle catene di post-raccolto riceva la stessa attenzione delle pratiche di produzione. L'obiettivo infatti deve essere quello di limitare il più possibile la perdita di cibo e di ridurre, di conseguenza, l'uso di terra, prodotti chimici, energia e altri input necessari per la sua produzione, conservando così le risorse naturali e proteggendo l'ambiente (Kader, 2005) (Munhuweyi, 2016).

Lo scopo di questo lavoro di tesi è stato di offrire uno strumento valutativo circa la possibilità di avviare un cambiamento nella strategia di impresa in modo da integrare i principi e cogliere le opportunità dello sviluppo sostenibile fornendo ai potenziali investitori dati quantitativi relativamente all'impatto sui costi e ricavi legati all'introduzione del BD® e sul possibile potenziale di mercato della nuova tecnologia

aiutandoli a prendere decisioni informate sulla fattibilità economica della proposta investimento tecnologico.

Le decisioni di investimento di una impresa impattano anche sul valore dell'azienda e sul suo posizionamento strategico all'interno del mercato in cui opera. Ciò comporta che, in relazione al processo decisionale, la valutazione degli investimenti non può essere effettuata isolatamente senza alcun riferimento o relazione all'azienda nel suo insieme, al suo valore e alla posizione di performance generale (Bartošová et al., 2015). Oggi il tema della sostenibilità ha un impatto importante sull'immagine aziendale, le imprese che adottano un approccio rivoluzionario rafforzano la loro reputazione.

L'OP Armonia, oggetto del caso di studio, è un'azienda già fortemente orientata alla sostenibilità delle sue produzioni e l'introduzione di questa innovazione può rappresentare un ulteriore tassello nella complessiva strategia aziendale, agendo sul confezionamento dei prodotti e non solo sulle tecniche di coltivazione e conservazione post raccolta.

Sulla base dei dati raccolti e analizzati nel capitolo 3, si può vedere che, se l'azienda riuscisse a consegnare tutti i prodotti in ingresso, azzerando quindi gli sprechi, il prezzo di pareggio sarebbe inferiore a quello dello scenario di base, e, sulla base di test di laboratorio relativi al BD[®], tale risultato è conseguibile se la frutta confezionata è in buono stato di conservazione a dimostrazione di come è importante che l'intera catena di approvvigionamento sia efficiente.

Bibliografia

Altieri, G., Genovese, F., Matera, A., Tauriello, A., Di Renzo G.C. Characterization of an innovative device controlling gaseous exchange in packages for food products. *Postharvest Biology and Technology*. 138: 64-73 (2018)

Bartezzaghia, G, Cattania, A, Garronea, P, Melacina, M, Perego, A. Food Waste Causes in Fruit and Vegetables Supply Chains (6th International Conference on Food and Wine Supply Chain, 2022)

Bartošová, Majerčák, Hrašková. Taking Risk into Account in the Evaluation of Economic Efficiency of Investment Projects: Traditional Methods, *Procedia Economics and Finance* (2015)

Breidert, Hahsler, Reutterer. A review of methods for measuring willingness-to- pay. *Pontis venture partners, Austria* (2006)

Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni: Il Green Deal europeo (COM/2019/640 final)

Direttiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive, come rettificata da ultimo il 17 aprile 2024

Di Renzo G.C., Altieri G., Genovese F. Dispositivo per controllare scambi gassosi fra l'interno e l'esterno di un contenitore per prodotti alimentari solidi o liquidi, Patent: 102015000018707 (in italian) (2015)

Di Renzo G.C., Altieri G., Genovese F. Device for controlling gaseous exchanges between the inside and outside of a container for solid or liquid food products, Patent: PCT/IB2016/0506600 (2016)

De Jong B, Boysen-Urban K, De Laurentiis V, Philippidis G, Bartelings H, Mancini L, Biganzoli F, Sanyé Mengual E, Sala S, Lasarte López J, Rokicki B, M'barek R. Assessing the economic, social and environmental impacts of food waste reduction targets – A model-based analysis, Publications Office of the European Union, Luxembourg (2023) doi:10.2760/77251, JRC13397

- Dsouza, Alwin, Di Fang, Wei Yang, Kemper, Nayga. Consumers' Valuation for a Novel Food Waste Reducing Technology: The Case of Natural Coating, *Journal of the Agricultural and Applied Economics Association*.2: 84–97 (2023)
- Endara, Wiedmann, Adalja. Consumer willingness to pay for shelf life of high-temperature, short-time-pasteurized fluid milk: Implications for smart labeling and food waste reduction, *Journal of Dairy Science* Vol. 106 No. 9, 2023 (March, 2023)
- Escaler M., Teng P., Mind the Gap: Reducing Waste and Losses in The Food Supply Chain, *NTS Insight* (2011)
- FANRPAN. Cost Benefit Analysis of Post-Harvest Management Innovations Benin Case Study. Pretoria (2017)
- FAO. Global Food Losses and Food Waste: Extent, Causes and Prevention. Roma (2011)
- FAO. Food wastage footprint, impacts on natural resources, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma (2013)
- FAO. Case studies on managing quality, assuring safety and reducing post-harvest losses in fruit and vegetable supply chains in South Asian Countries by Rolle S. R., Esguerra E.B. Rome (2018)
- FAO. The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction. Roma (2019)
- FAO. Europe and Central Asia – Regional Overview of Food Security and Nutrition 2021: Statistics and trends. Budapest (2021)
- FSIN and Global Network Against Food Crises. Global Report on Food Crises 2021. Roma (2021)
- Ishangulyyev, R., Kim, S., & Lee, S. H. Understanding food loss and waste—Why are we losing and wasting food? *Foods*, 8(8), 297 (2019)
- Kader, A.A. Increasing availability by reducing post-harvest losses of fresh produce. *Acta Hort.* 682, 2169–2175 (2005)
- Kotler, P, Keller, K, Ancarani, F. Marketing management. Pearson (2022)

- Kwagala. Consumer acceptance and willingness to pay for shelf-life extended fresh cassava roots in Uganda: case of Kampala district, (February, 2018)
- Lipinski, B.; Hanson, C.; Lomaw, J.; Kitinoja, L.; Waite, R.; Searchinger, T. Reducing Food Loss and Waste; Working Paper; Installment 2 of Creating a Sustainable Food Future; World Resources Institute: Washington, DC, USA (2013). Available online: <http://www.worldresourcesreport.org>
- Lundqvist, J., C. de Fraiture and D. Molden. Saving Water: From Field to Fork – Curbing Losses and Wastage in the Food Chain. SIWI Policy Brief. SIWI (2008)
- Malorgio, G. Marketing dei prodotti agroalimentari (2022)
- Matera A., Genovese F., Altieri G., Tauriello A., Di Renzo G. An Innovative Smart Device to Control Modified Atmosphere Packaging (MAP) of Fruit and Vegetables, Chemical Engineering Transactions, 58, 193-198 (2017)
- Merlino, Brun, Versino, Blanc. Milk packaging innovation: Consumer perception and willingness to pay, AIMS Agriculture and Food, 5(2): 307–326 (June, 2020)
- Mrs Ana-Paula Laissy. Communication. Guida all'analisi costi-benefici dei progetti d'investimento. Strumento di valutazione economica per la politica di coesione 2014-2020
- Munhuweyi, K.; Opara, U.L.; Sigge, G. Postharvest losses of cabbages from retail to consumer and the socio-economic and environmental impacts. Br. Food J. 118, 286–300 (2016)
- OERSA, Le potenzialità del primario e del consumatore nella gestione delle eccedenze. (dicembre 2020)
- Özbilge, Hassini, Parlar. Optimal pricing and donation policy for fresh goods, European Journal of Operational Research, Volume 312, Issue 1, Pages 198-210, 1 (January 2024)
- Parfitt et al. Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050 (2010)
- Parolini. Business planning. Dall'idea al progetto imprenditoriale (2019)
- Report del Progetto “Best markets for the exploitation of innovative sustainable food packaging solutions — MYPACK (H2020)”

- Romano, P, Sgobbi, F, Zanfrini, S. La valutazione degli investimenti. Teoria ed esercizi. StreetLib (2023)
- Segrè, A. e L. Falasconi. Il libro nero dello spreco in Italia: il cibo, Edizioni Ambiente (2011)
- UNEP. Food Waste Index Report 2024. Think Eat Save: Tracking Progress to Halve Global Food Waste (2024)
- United Nations. Sustainable development goals (2015)
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420). New York: United Nations (2019)
- Villalobos, J. R., Soto-Silva, W. E., González-Araya, M. C., & González-Ramirez, R. G. Research directions in technology development to support real-time decisions of fresh produce logistics: A review and research agenda. *Computers and Electronics in Agriculture*, 167, 105092 (2019)
- Vulcano G., Ciccacese L. Spreco alimentare: un approccio sistemico per la prevenzione e la riduzione strutturali, ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Rapporti 279/2018, ISBN 978-88-448-0882-2, 364 p (2018)
- Yang Yu, Roe. Shelf Life, Consumption Uncertainty, and Food Waste Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4535144>, (August, 2023)
- Zhou, Chen, Wang ,Two-period pricing and inventory decisions of perishable products with partial lost sales, *European Journal of Operational Research*, Volume 310, Issue 2, Pages 611-626, 16 (October 2023)

Ringraziamenti

Giunta al termine di questo percorso, è doveroso ringraziare il prof. Giovanni Carlo Di Renzo e il prof. Francesco Genovese che, in questi tre anni, mi hanno sostenuto e supportato scientificamente ma anche incoraggiato e spronato ad andare avanti.

Doverosi e sentiti sono anche i ringraziamenti a tutto il gruppo di ricerca del laboratorio MAC-Lab del Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari e Ambientali dell'Università degli Studi della Basilicata - Giuseppe Altieri, Luciano Scarano e Attilio Matera - per la quantità di dati e informazioni che mi hanno messo a disposizione e all'OP Armonia sui cui dati si sono basate le analisi condotte in questa tesi.