



# Test Report

## Shelfy

# Test Report 2023 - Rev. 1 - 11/2023

## Indice

### **Riduzione della Carica Batterica**

Test condotti con il supporto di [Chimicambiente s.r.l.](#)

### **Riduzione della Carica Microbica presente nell'Aria**

Test condotti con il supporto di [Università degli Studi di Udine](#)

### **Riduzione Odori nel Frigorifero: Test in Frigorifero Reale**

Test condotti con il supporto di [ARCO SolutionS s.r.l.](#)

### **Riduzione Odori nel Frigorifero: Trimetilammina, Esanale e Pentil butirato**

Test condotti con il supporto di [INSTM](#) e [ARCO SolutionS s.r.l.](#)

### **Riduzione dell'Etilene**

Test condotti con il supporto di [ACEA Infrastructure S.p.A. \(Gruppo ACEA\)](#)

### **Valutazione della Shelf-life di Prodotti Alimentari Freschi (F&V)**

Test condotti con il supporto di [CSI S.p.A.](#) - Gruppo IMQ

#### ACRONIMI USATI NEL DOCUMENTO:

- **COV** = Composti Organici Volatili
- **tCOV** = Composti Organici Volatili totali
- **CFU** = Unità Formanti Colonia, in inglese *Colony-Forming Units*
- **GC-MS** = Gascromatografia-Spettrometria di massa
- **F&V** = Frutta e Verdura
- **PCA** = dall'inglese *Plate Count Agar*
- **PCO** = Ossidazione fotocatalitica, in inglese *Photo-Catalytic Oxidation* (tecnologia di purificazione usata in Shelfy e negli altri prodotti Vitesy)

# Insight

Inquinante		Tipologia frigo	% abbattimento	Tempo
Microrganismi	Batteri	S	99,37 %	10 min
	Contaminazione Naturale	S	96 %	72 ore
Odori	tCOV reali	M	80 %	5 ore
	Trimetilammina	S	73 %	5 ore
	Esanale	M	85 %	24 ore
	Pentilbutirrato	M	88 %	24 ore
Etilene	Etilene	S	56,3 %	14 ore

Grandezza del frigorifero:

- S: 120 - 250 litri
- M: 260 - 370 litri

*Shelfy, negli studi scientifici condotti, ha dimostrato di riuscire a raggiungere, in condizioni specifiche, un prolungamento della shelf-life di frutta e verdura fino a 12 giorni. Ovviamente è da considerare che tale prolungamento della shelf-life è influenzato da molti fattori (quali, a mero titolo esemplificativo: la stagionalità del prodotto, la condizione pre-conservazione, le caratteristiche del frigo, la quantità di volte che il frigo viene aperto nella giornata, la corretta ubicazione del prodotto nel frigo, l'affollamento di altri prodotti nel frigo, gli sbalzi di corrente del frigo, etc.) e quindi può variare anche significativamente. Non è quindi ovviamente possibile fornire garanzie di risultati identici per tutti gli alimenti o situazioni. Si raccomanda di seguire sempre le linee guida di conservazione e di non considerare il prodotto come un presidio contro malattie o alterazioni alimentari.*

**Ricorda che Shelfy agisce sull'aria del tuo frigo non direttamente sul cibo.**



# Riduzione della Carica Batterica

*Riduzione della carica batterica introdotta artificialmente*

Test condotti con il supporto di Chimicambiente s.r.l.



---

## PREMESSA

La contaminazione microbica in un frigorifero può portare al deterioramento degli alimenti. È importante ridurre al minimo la contaminazione microbica per mantenere un elevato livello di qualità alimentare all'interno del frigorifero. Infatti, la contaminazione microbica (batteri, lieviti e muffe) rappresenta il **15% del deterioramento post-raccolta di frutta e verdura**.

**Bacillus Atrophaeus** è un batterio Gram-positivo appartenente al genere *Bacillus*, comunemente presente nell'ambiente. Pur non essendo un patogeno umano, contribuisce al processo di **decomposizione** di alimenti come verdure, carne e prodotti lattiero-caseari.

Questo batterio ha la capacità di formare **spore**, consentendogli di sopravvivere in condizioni ambientali estreme. Queste spore possono essere trasportate nell'ambiente del frigorifero attraverso l'aria o gli alimenti stessi e rimanere in uno stato di dormienza, in attesa di condizioni favorevoli per germogliare e crescere, potenzialmente causando la contaminazione degli alimenti.

In generale, **ceppi del genere *Bacillus* sono importanti modelli per studi di convalida** a causa della loro **versatilità** e **resistenza** a fattori esterni. Ciò consente di trasferire i risultati ottenuti ad altre specie batteriche, come ***E. coli*, *Salmonella***, e così via.

## SETUP

L'efficacia della riduzione batterica tramite Shelfy è stata valutata mediante il suo posizionamento all'interno di un frigorifero da **180 litri**. Al fine di valutare in modo significativo la riduzione microbica, è stata creata una contaminazione artificiale

all'interno del frigorifero nebulizzando una sospensione di ***Bacillus Atrophaeus* - ATCC 9372** utilizzando un vaporizzatore ad ultrasuoni.

Il protocollo di laboratorio per questa valutazione prevede i seguenti passaggi:

1. Nebulizzazione della sospensione batterica all'interno del frigorifero per 20 minuti.
2. Arresto della nebulizzazione e attivazione del dispositivo per i successivi **10 minuti**.
3. Campionamento di 30 litri d'aria attraverso un foro creato ad-hoc nel frigorifero utilizzando il **SAS**, dall'inglese *Surface Air System*, ossia un campionatore attivo ad impatto ortogonale, dove è stata posizionata una piastra **PCA**, *Plate Count Agar*, che è un terreno di coltura generico utilizzato in microbiologia. Mediante il SAS l'aria impatta sulla piastra e con essa anche i microrganismi presenti nel volume d'aria aspirato.
4. Incubazione delle piastre a 30°C per 24-48 ore e successiva quantificazione dei microrganismi vitali nel volume d'aria campionato (Metodo ISTISAN 2013/37).

I microrganismi presenti nell'aria aderiscono al suolo e, dopo un periodo di incubazione adeguato, danno origine a colonie visibili a occhio nudo, che possono essere contate. Il livello di contaminazione microbica è espresso in UFC (Unità Formanti Colonia) per metro cubo d'aria.

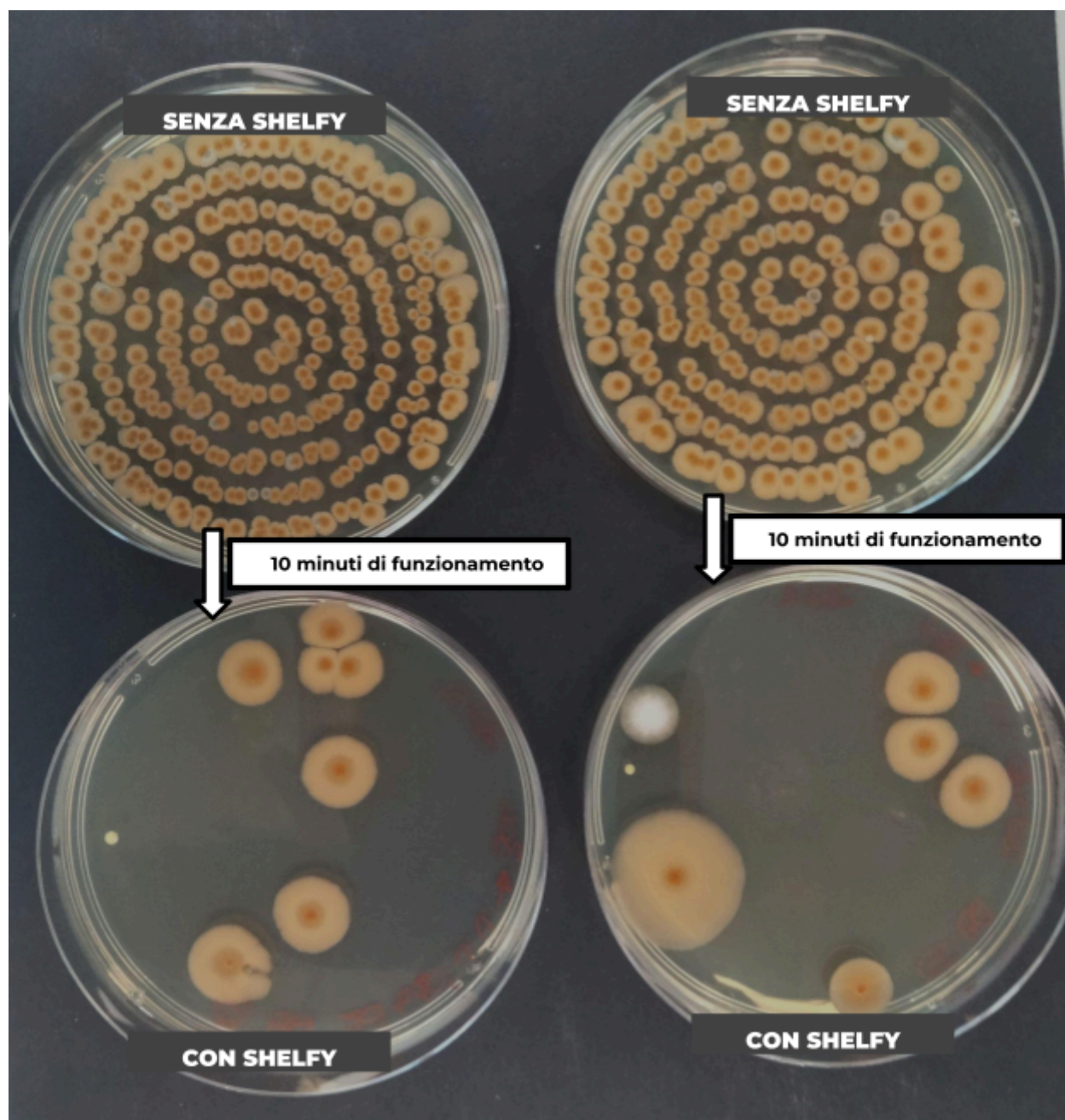
L'intera procedura è stata ripetuta sia con il dispositivo attivo, Shelfy, che utilizzando un dispositivo analogo, senza attività fotocatalitica, ma che garantisce lo stesso flusso d'aria, utilizzato come bianco di riferimento. Ciò è stato fatto per eliminare il potenziale componente di riduzione microbica nell'aria dovuto alla "deposizione naturale di particelle aerosol su superfici" e per confrontare i risultati con e senza Shelfy.

Inoltre, l'intera procedura è stata ripetuta in molteplici repliche per ottenere dati **robusti e riproducibili**.

## RISULTATI

Si osserva una differenza significativa (vedi **Figura 1**) tra il test condotto con Shelfy e il test condotto senza la tecnologia fotocatalitica. Questa differenza indica una riduzione logaritmica media di 2,2 con una deviazione standard di 0,1. In termini pratici, ciò si traduce in una notevole riduzione pari al **99,37 %** del carico microbico in soli **10 minuti** di funzionamento.

In questo risultato sono considerati solo i test con un iniziale inoculo maggiore di 10,000 CFU/m<sup>3</sup>.



**Figura 1 - PCA senza Shelfy (sinistra) e con Shelfy (destra)**

## **CONCLUSIONI**

Dai test effettuati, si evince che il prodotto testato è in grado di **rimuovere rapidamente i batteri nell'aria**, riducendo al minimo la contaminazione nel frigorifero.

# Riduzione della Carica Microbica presente nell'Aria

*Riduzione della carica batterica e micetica presente naturalmente nell'aria*

Test condotti con il supporto di Università degli Studi di Udine

---

## PREMESSA

La contaminazione microbica in un frigorifero può portare al deterioramento degli alimenti. È importante ridurre al minimo la contaminazione microbica per mantenere un elevato livello di qualità alimentare all'interno del frigorifero. Infatti, la contaminazione microbica (batteri, lieviti e muffe) rappresenta il **15% del deterioramento post-raccolta di frutta e verdura**.

## SETUP

L'efficacia della riduzione della **carica batterica e micetica presente naturalmente nell'aria** tramite Shelfy è stata valutata mediante il suo posizionamento all'interno di 2 frigoriferi identici da 220 litri:

- Frigorifero n.1 - Controllo
- Frigorifero n.2 - Contenente tecnologia Vitesy (Modalità Eco)

I frigoriferi sono stati posizionati nella stessa stanza e vicini tra di loro. Ai fini di omogenizzare la contaminazione interna ai frigoriferi, le porte sono state aperte per circa 5 ore. Al termine delle 5 ore i frigoriferi sono stati chiusi ed il sistema Vitesy è stato acceso. Dopo 48 ore, i frigoriferi sono stati aperti e sono stati posizionati sui ripiani i terreni di coltura per la valutazione della carica microbica presente.

I terreni di coltura comprendevano:

- 6 piastre/frigor contenente Plate Count Agar (PCA agar per la valutazione della carica batterica totale secondo **metodo ISO 4833**)
- 6 piastre/frigor contenente Yeast Glucose Chloramphenicol Agar (YGC agar per la valutazione dei lieviti e delle muffe secondo **metodo ISO 7954**)

Su ogni ripiano del frigorifero sono state posizionate 3 piastre di ogni terreno.

Le piastre erano aperte, il coperchio era posizionato sotto la parte contenente l'Agar, e lasciate per 3 giorni per favorire la contaminazione per gravità dei microrganismi

eventualmente presenti nell'aria dei frigoriferi.

Dopo 3 giorni, le piastre sono state recuperate, richiuse e poste in incubatore a 25 °C per 3-5 giorni ai fini di favorire lo sviluppo dei microrganismi contaminanti. Quindi è stata eseguita la conta delle colonie.

Il test è stato ripetuto per 2 volte.

I dati ottenuti dalle analisi microbiologiche sono stati confrontati attraverso l'analisi statistica: analisi della Varianza (One-Way ANOVA) e le medie sono state separate attraverso il test di Tukey's.

## RISULTATI

Nella Tabella 1 sono sintetizzati i valori di contaminazione dei frigoriferi con e senza Shelfy.

	Prova 1	Prova 2
Frigorifero n.1	72.0 (16.9)	42.2 (15.2)
Frigorifero n.2 (con Shelfy)	2.1 (0.7)	2.0 (0.2)

**Tabella 1 - Valori di contaminazione** indicati nella formula *media (deviazione standard)*

I microrganismi presenti nelle piastre sia di PCA che di YGC Agar erano rappresentati da muffe, non è stata osservata la presenza di batteri.

Come si osserva in entrambi i test, la tecnologia Vitesy ha ridotto la concentrazione microbica dell'aria. Tale riduzione è stata significativa ( $p < 0.05$ ) e variabile in base al test. In ogni caso si osserva una diminuzione della contaminazione rispettivamente del 97% nel I test e del 95% nel II test.

## CONCLUSIONI

Dai test effettuati, si evince che il prodotto testato è in grado di **ridurre rapidamente carica batterica e micetica presente naturalmente nell'aria**, riducendo al minimo la contaminazione nel frigorifero.

# Riduzione Odori nel Frigorifero:

## Test in Frigorifero Reale

*Riduzione COV provenienti da fonte naturale*

Test condotti in collaborazione con ARCO Solutions s.r.l., spin-off dell'Università degli Studi di Trieste



---

### PREMESSA

L'obiettivo di questo test è definire la capacità del dispositivo Vitesy di mantenere basso il livello di COV (Composti Organici Volatili) nel frigorifero. I COV sono emessi principalmente da Frutta e Verdura (F&V) durante le varie fasi di maturazione; la loro presenza nel frigorifero **influisce negativamente sulla maturazione stessa di F&V** e sulle **proprietà organolettiche**, che sono tutte le caratteristiche fisico-chimiche di un alimento che possono essere percepite dagli organi di senso: olfatto, vista e gusto.

In questo test vengono selezionati degli **avocado** e delle **mele** perché sono alimenti **climaterici** e, come tali, continuano a maturare dopo essere stati staccati dalla pianta. Il fenomeno di maturazione è indotto dall'**etilene** ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ), un ormone vegetale gassoso incolore e inodore che svolge un ruolo cruciale nella crescita, nello sviluppo e nella conservazione dei frutti, anche quando presente in basse concentrazioni, come ppm (parti per milione) o addirittura ppb (parti per miliardo). Gli alimenti climaterici, durante la maturazione, producono etilene e innescano un circolo vizioso: infatti, maggiore la concentrazione di etilene nell'aria, maggiore sarà la produzione e rilascio di etilene da parte dei cibi stessi. Mele e avocado sono tra i principali emettitori di etilene.

### SETUP

Per i test sono stati utilizzati due frigoriferi della stessa marca e modello. Il volume interno è di **370 litri**, pari a  $0,37 \text{ m}^3$ . I frigoriferi sono stati impostati a  $4^\circ\text{C}$ .

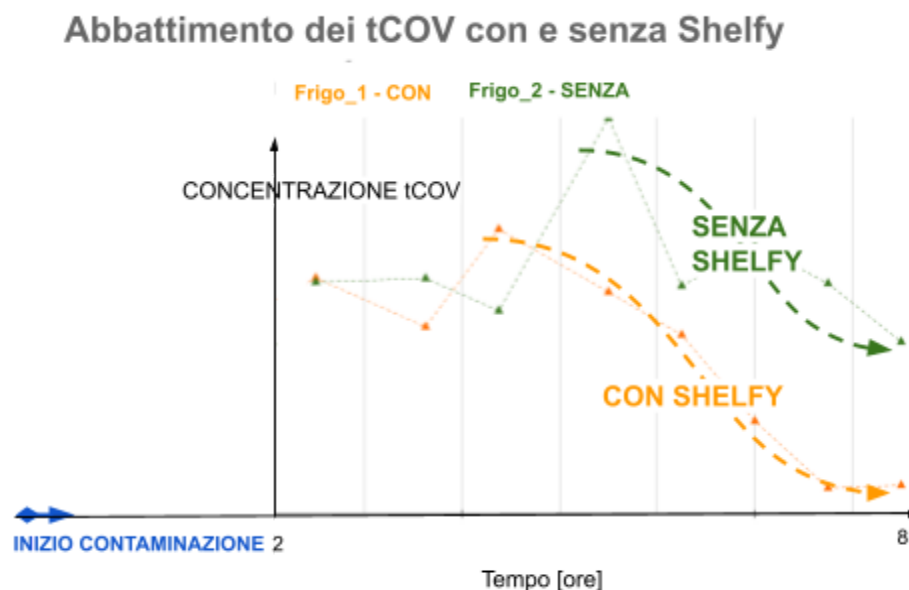
Sono stati acquistati avocado non maturi (duri al tatto) e tre tipologie di mele. Nei due frigoriferi gli alimenti sono stati posizionati con la stessa configurazione. Attraverso tubi in teflon, sono stati creati punti di campionamento dell'aria all'esterno del frigorifero in modo che il prelievo dell'aria potesse essere effettuato senza aprire le porte del frigorifero.

Per eseguire il campionamento è stato utilizzato un dispositivo con tecnologia a rilevamento della foto-ionizzazione (Tiger XTL portable VOC gas detector), in grado di misurare il livello di tCOV nel frigorifero in isobutilene equivalente.

Il dispositivo Vitesy è stato inserito nel frigorifero 1, mentre il frigorifero 2 è il bianco di riferimento. Il test è durato in totale 7 ore, la raccolta dati inizia dopo 2 ore dall'inizio della contaminazione (mele e avocado inseriti nei frigoriferi) e dura in totale 5 ore.

## RISULTATI

I dati raccolti sono stati normalizzati utilizzando lo Z-score. Si può notare che nel frigorifero 1 la concentrazione di tCOV rimane costante per le prime due ore grazie al dispositivo Vitesy, dopo di che inizia a diminuire e in poco più di 4 ore ritorna a valori comparabili a quelli iniziali (t:-2). **5 ore** dopo l'aumento forzato di VOCs (t:0) con una fonte naturale nel frigorifero 1 si osserva una riduzione dell'**80%**.



**Figura 2 - tCOV (Composti Organici Volatili totali) nei due frigoriferi**, la curva arancione rappresenta l'andamento nel frigorifero 1, ossia con Shelfy, mentre la verde il frigorifero 2, senza Shelfy (bianco di riferimento)

Nel frigorifero senza il dispositivo Vitesy, invece, la concentrazione tende ad aumentare nelle prime tre ore, dopodiché diminuisce lentamente, senza ritornare a valori comparabili a quelli dell'inizio del test.

## **CONCLUSIONI**

Dai test effettuati, risulta che il dispositivo Vitesy è in grado di **mantenere basso il livello di COV** all'interno del frigorifero; dopo l'aumento della concentrazione di tCOV, **si osserva una riduzione dell'80% in 5 ore.**



# Riduzione Odori nel Frigorifero: Trimetilammina, Esanale e Pentil butirrato

*Riduzione degli odori di pesce, di carne deteriorata e di formaggio fermentato*

Test condotti con il supporto di INSTM, Unità dell'Università degli Studi di Trieste, e ARCO Solutions s.r.l., spin-off dell'Università degli Studi di Trieste



---

## PREMESSA

L'obiettivo dei test è determinare le capacità del nuovo sistema Vitesy di rimuovere un inquinante target da un **sistema chiuso** (allestimento sperimentale). Gli inquinanti identificati sono trimetilammina, esanale e pentil butirrato; i test sono stati condotti sia con il prodotto che senza di esso (bianco di riferimento), con campionature pianificate.

La **trimetilammina** è un composto organico noto per emettere un odore **pungente** simile a quello del **pesce in decomposizione**. È un composto azotato comunemente associato a odori sgradevoli nei frigoriferi.

L'**esanale** è un'aldeide con un odore forte e sgradevole, spesso associato a odori di muffa o rancido. L'esanale può svilupparsi a seguito del decadimento di alimenti contenenti grassi, come oli vegetali o certi tipi di carne.

Il **pentil butirrato** è un estere che può avere un odore che ricorda il burro rancido o il formaggio fermentato. Può svilupparsi quando alimenti contenenti grassi, come burro o alcuni formaggi, iniziano a deteriorarsi a causa dell'ossidazione lipidica, conferendogli un aroma di formaggio/rancido piuttosto distintivo e percettibile.

Questi composti non solo producono **odori indesiderati all'interno del frigorifero**, ma portano anche ad una **cross-contaminazione** o **contaminazione incrociata**

**degli odori.** Si tratta di un processo attraverso il quale odori o aromi si trasferiscono da un alimento all'altro o da un alimento ad un oggetto presente nel frigorifero o viceversa. Questa contaminazione può avere un impatto significativo sulla qualità del cibo e sull'**esperienza sensoriale complessiva**, rendendo il cibo meno appetibile o influenzando negativamente il suo sapore.

### **SETUP - Trimetilammina**

Per i test è stato utilizzato un box in plexiglass con un volume interno di **118 litri**. Il box è stato progettato per escludere eventuali infiltrazioni d'aria e prevenire effetti di diluizione. Questo approccio è in linea con il tipo di ambiente che si sta simulando, ovvero un ambiente con scambi d'aria spesso limitati, simile all'interno dei frigoriferi.

Per la caratterizzazione qualitativa e per valutare la riduzione della trimetilammina, è stato utilizzato un **gascromatografo accoppiato a un rivelatore di massa** dotato di un **sistema di desorbimento termico**. I composti all'interno del box sono stati estratti utilizzando una pompa a basso flusso, adsorbiti su fiale in Tenax e quindi analizzati. Le fiale in Tenax sono state condizionate immediatamente prima di ciascuna prova, in modo tale da assicurare l'assenza di COV eventualmente presenti. Per il prelievo dei campioni è stata utilizzata una pompa a basso flusso della Gilian, che ha permesso l'acquisizione del campione da sottoporre ad analisi ad una velocità di 100 mL/min.

Considerando l'importanza dell'**umidità** generalmente presente all'interno dei frigoriferi, la scatola è stata pretrattata per aumentare i livelli di umidità relativa.

Per introdurre l'inquinante, costituito da aria nella quale vi era la presenza di trimetilammina, è stata utilizzata una siringa. Dieci minuti dopo l'introduzione del campione nella box per stabilizzare la concentrazione di trimetilammina, i campioni sono stati raccolti a intervalli predeterminati, con un'attenzione particolare alla valutazione dello ione  $m/z$  58 (il frammento più abbondante e rappresentativo della trimetilammina).

Il test è stato condotto **sia con che senza Shelfy**.

### **SETUP - Esanale e Pentil butirato**

Il dispositivo è posizionato all'interno del frigorifero in modalità spenta durante la saturazione dell'ambiente con l'inquinante. L'aldeide e il pentil butirato sono stati selezionati come molecole target e utilizzati in concentrazioni elevate, ovvero alla concentrazione di equilibrio della fase vapore con la fase liquida nel volume del frigo alla temperatura media di 4°C e pressione di 1 atm). È stato predisposto un punto di prelievo mediante un tubo di teflon chiuso all'estremità esterna da un rubinetto con

attacco luer-lock in modo da poter eseguire i campionamenti dell'aria ambiente senza aprire la porta del frigo.

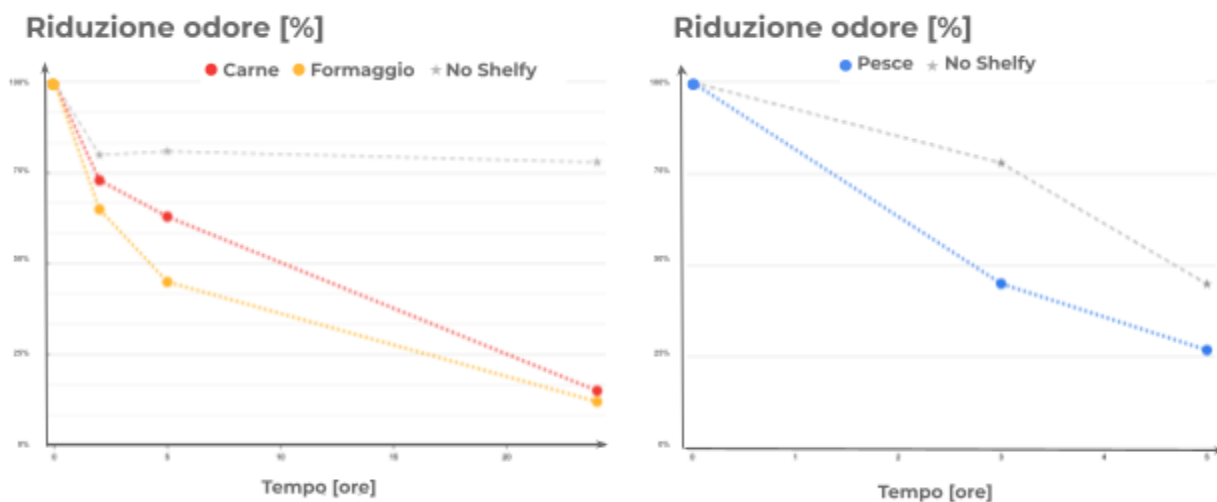
Il frigorifero è stato contaminato con la sostanza target testata lasciando un contenitore di vetro aperto contenente 0,5 mL di inquinante liquido all'interno del frigorifero per 16 ore. Successivamente, il contenitore all'interno del frigorifero è stato chiuso e il campionamento è stato eseguito al tempo  $t=0$ ; la fase vapore prelevata è stata inserita in una vial in vetro con tappo per l'analisi dello spazio di testa contenente 5  $\mu\text{L}$  di standard interno. È stato verificato che l'apertura e la chiusura della porta necessarie per eseguire questa operazione non cambiasse significativamente la concentrazione iniziale dell'inquinante.

La concentrazione dell'inquinante è stata misurata per 24 ore, con campionamento a 0h - 2h - 5h - 24h, i test sono stati eseguiti sia con che senza Shelfy, e i test sono stati condotti su un inquinante alla volta.

I campioni così ottenuti sono stati analizzati in triplicato tramite GC-MS, i risultati sono correlati all'area dello standard interno.

## RISULTATI

I risultati sono sintetizzati in **Figura 3**.



**Figura 3 - Riduzione delle molecole target**

## CONCLUSIONI

I test del prodotto Shelfy sono stati condotti **per diversi giorni** in condizioni, in particolare per quanto riguarda l'umidità, simili a quelle presenti all'interno dei frigoriferi.

La scelta degli inquinanti come composti per questi test è stata principalmente motivata dal loro caratteristico odore e dalla necessità di evitare eventuali molecole interferenti nell'aria da analizzare, che potrebbero portare a ulteriori supposizioni.

Conducendo singoli test in giorni diversi, è stato possibile pulire e ricondizionare l'impianto, evitando così potenziali artefatti. Questo approccio ha garantito anche un'eccellente riproducibilità dell'allestimento sperimentale.

Dai test effettuati, risulta che **il dispositivo Vitesy Shelfy è in grado di minimizzare la contaminazione incrociata** nel frigorifero neutralizzando odori indesiderati e **mantenendo un ambiente sano all'interno del frigorifero**.

# Riduzione dell'Etilene

*Riduzione dell'ormone che accelera l'invecchiamento di F&V*

Test condotti con il supporto di ACEA Infrastructure S.p.A. (Gruppo ACEA)



## PREMESSA

**L'etilene** è un ormone vegetale gassoso, incolore e inodore, che svolge un ruolo cruciale nella crescita, nello sviluppo e nella conservazione di F&V.

La rimozione di questa molecola dall'aria contribuisce a **rallentare** il processo di maturazione e a minimizzare il **deterioramento** dei prodotti deperibili.

La quantità di etilene emessa da F&V varia significativamente a seconda del tipo di prodotto in analisi, del suo grado di maturazione e delle condizioni ambientali (come umidità, presenza di gas come ossigeno e anidride carbonica, e temperatura).

## SETUP

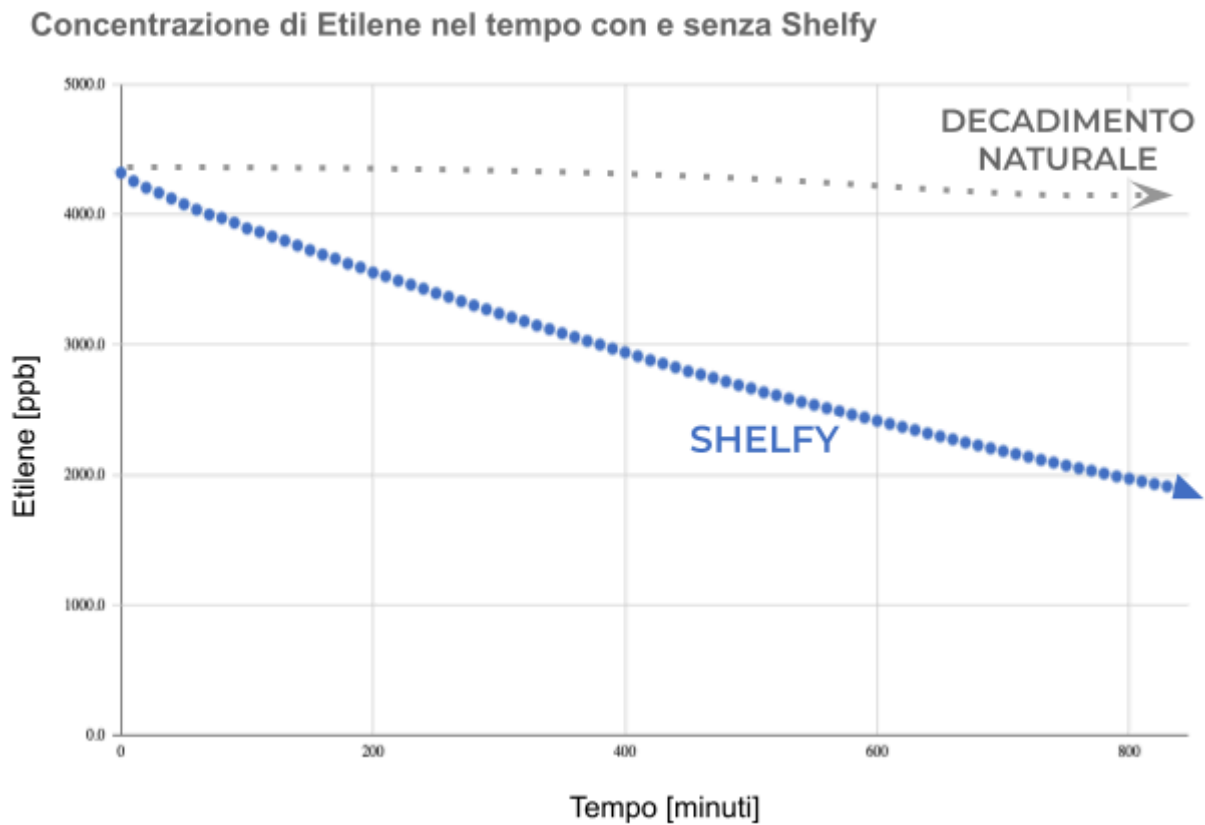
Per i test è stata utilizzata un box in plexiglass con un volume interno di **210 litri**. Il box è stato impiegato per escludere eventuali infiltrazioni d'aria e per prevenire effetti di diluizione. Questo approccio è in linea con il tipo di ambiente che si sta simulando, ovvero un ambiente con scambi d'aria limitati, simile all'interno dei frigoriferi.

L'analisi in tempo reale è stata condotta grazie al **SYFT Voice200 ULTRA Advanced SIFT Mass Spectrometer**, che fornisce un'identificazione e quantificazione istantanee di composti organici volatili (VOCs) e gas inorganici utilizzando una libreria di ionizzazione chimica completamente integrata ed estesa.

Considerando l'importanza dell'umidità generalmente presente all'interno dei frigoriferi, la scatola è stata pretrattata per aumentare i livelli di umidità relativa.

## RISULTATI

Si osserva una differenza significativa tra il test condotto con Shelfy e quello condotto senza la tecnologia fotocatalitica (vedi **Figura 4**). In **14 ore**, nel bianco di riferimento è stata registrata solo una diminuzione del 5%, mentre nel test con Shelfy ha raggiunto il **56,3%**.



**Figura 4 - Riduzione real-time dell'etilene**

## CONCLUSIONI

Dai test effettuati, risulta che il **dispositivo testato è in grado di ridurre l'etilene**.

# Valutazione della Shelf-life di Prodotti Alimentari Freschi (F&V)

Test condotti con il supporto di CSI S.p.A. - Gruppo IMQ



## PREMESSA

Lo studio sperimentale è stato svolto secondo un piano di lavoro definito in accordo con CSI Spa. Lo studio è stato allestito nel periodo 19/07 – 16/08/2022 presso la struttura Laboratorio FPM - Food Packaging Materials del CSI Spa, presso la propria struttura di Bollate (MI).

Lo scopo del test è valutare l'effetto di Shelfy in termini di prolungamento della durata di conservazione di prodotti alimentari freschi immagazzinati nel frigorifero. Shelfy tratta l'aria all'interno del frigorifero attraverso la fotocatalisi, rimuovendo odori e microrganismi come muffe e batteri. Per condurre questa valutazione, il test ha coinvolto lo stoccaggio di prodotti alimentari freschi all'interno del frigorifero.

Come richiesto da Vitesy, i tipi di prodotti testati sono **FRUTTA** e **VERDURA**. I prodotti sono stati posizionati in quantità e modi uguali all'interno di due frigoriferi identici. I frigoriferi sono impostati a una temperatura di +6°C, al fine di creare condizioni di conservazione simili a quelle domestiche. Shelfy è stato posizionato all'interno del primo frigorifero. Il dispositivo di Shelfy non è presente nel secondo frigorifero.

Il dispositivo di Shelfy è stato fornito da Vitesy (dispositivo - codice ZZ-MILSAA00 – rif. DDT 22000062 datato 15/07/2022 Vitesy-Laboratori Fabricsi srl).

Monitorando i prodotti nel tempo, a step calendarizzati, ed eseguendo determinazioni di tipo microbiologico, chimico-fisico e sensoriali sui prodotti, lo studio vuole valutare eventuali differenze in termini di prolungamento shelf-life tra il prodotto conservato nel frigorifero con modulo Fridge rispetto allo stesso prodotto conservato nel frigo senza Shelfy.

## SETUP

Tenendo conto di alcuni test empirici preliminari, delle caratteristiche intrinseche dei prodotti, della rappresentatività di famiglie di prodotti più ampie, e anche in base alla stagionalità e alla disponibilità al momento dell'acquisto, il test è stato condotto su i seguenti prodotti: **fragola, albicocca, mela, pomodoro ciliegino, indivia belga e zuccina**.

Il Laboratorio si è occupato dell'acquisto dei campioni per conto di Vitesy. Il giorno dell'acquisto, i prodotti sono stati collocati all'interno dei due frigoriferi, precedentemente impostati a +6°C e sanificati.

I frigoriferi utilizzati sono due frigoriferi forniti dal Laboratorio CSI messi a disposizione per la conduzione dello studio. Si tratta di FRIGOTERMOSTATO FOC 225I – VELP Scientifica.



**Figura 5 - Setup al tempo  $T_0$ : Frigo con Shelfy (sinistra) e senza Shelfy (destra)**

Durante il periodo di test, questo equipaggiamento è stato utilizzato esclusivamente per condurre l'esperimento. Un avocado è stato collocato all'interno di entrambi i frigoriferi con l'obiettivo di emettere etilene e accelerare i processi di maturazione di frutta e verdura. Non sono previsti test analitici sull'avocado.

Segue l'elenco delle analisi condotte per monitorare lo stato di conservazione dei prodotti nel tempo. Questi sono i parametri identificati come significativi in relazione alle matrici analizzate e allo scopo finale dell'esperimento:



- **Valutazioni organolettiche**
- **Carica batterica totale**
- **Batteri lattici mesofili**
- **Lieviti**
- **Muffe**
- ***Enterobacteriaceae***
- ***Escherichia coli*** (solo su frutta)
- ***Staphylococcus aureus*** (solo su frutta)
- **Umidità**

Lo studio prevedeva il monitoraggio del campione con 7 passaggi analitici, programmati nei seguenti tempi:

- $T_0$  = all'acquisto dei campioni – in analisi il 19/07;
- $T_3$  = +3 giorni di conservazione – in analisi il 22/07;
- $T_7$  = +7 giorni di conservazione – in analisi il 26/07;
- $T_{10}$  = +10 giorni di conservazione – in analisi il 29/07;
- $T_{14}$  = +14 giorni di conservazione – in analisi il 02/08;
- $T_{17}$  = +17 giorni di conservazione – in analisi il 05/08;
- $T_{22}$  = +22 giorni di conservazione – in analisi il 10/08.

## RISULTATI

### 1. FRAGOLE



**Figura 6 - Fragole  $T_0$**



**Figura 7 - Fragole T\_3** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)



**Figura 8 - Fragole T\_7** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)



**Figura 9 - Fragole T\_10days** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)

Per quanto riguarda le valutazioni microbiologiche, i parametri risultati più significativi sono la **Carica Batterica Totale**, i **Batteri lattici**, le **Muffe** e i **Lieviti**. Per

questi i valori riscontrati mostrano un trend di crescita che fino pressoché al T<sub>10</sub> è ben definito e mostra che la contaminazione batterica e micetica è numericamente superiore nel campione mantenuto nel frigo senza dispositivo di Shelfy rispetto al campione nel frigo con dispositivo di Shelfy.

Le **valutazioni sensoriali sono in linea con questo risultato**, ossia fino a T<sub>10</sub> giorni le fragole nel frigorifero con dispositivo di Shelfy hanno caratteristiche sensoriali significativamente migliori (aspetto / consistenza / macchie / ammuffimenti); le fragole nel frigorifero con dispositivo di Shelfy hanno polpa più soda - nessuna macchia di muffa e marciume; le fragole nel frigorifero senza dispositivo di Shelfy: polpa meno soda con rilascio di liquido - macchie e ammuffimento - avvizzimento).

## 2. ALBICOCHE



**Figura 10 - Albicocche T<sub>0</sub>**



**Figura 11 - Albicocche T\_3** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)



**Figura 12 - Albicocche T\_7** (Immagine a sinistra: con Shelfy - lato sinistro; senza Shelfy - lato destro; immagine a destra: con Shelfy - lato sinistro; senza Shelfy - lato destro)



**Figura 13 - Albicocche T\_10** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)



**Figura 14 - Albicocche T\_14** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)





**Figura 15 - Albicocche T<sub>17</sub>** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)

Relativamente alle valutazioni microbiologiche, i parametri risultati più significativi sono la **Carica Batterica Totale**, i **Batteri lattici** e i **Lieviti**.

Questi parametri mostrano che la contaminazione microbica tende ad essere più elevata nel campione conservato nel frigorifero senza dispositivo di Shelfy, le differenze in questi parametri sono di 1-2 **ordini di grandezza**, e le valutazioni sensoriali seguono un'evoluzione del prodotto nel tempo **in linea con i risultati analitici**.

Fino al passaggio T<sub>7</sub> giorni i due campioni sono comparabili.

A T<sub>10</sub> giorni nell'aspetto esterno i prodotti sono ancora simili; all'apertura, tuttavia, è evidente che il campione conservato nel frigorifero senza dispositivo di Shelfy ha una consistenza e una polpa meno soda. Questa differenza diventa più pronunciata a T<sub>14</sub> giorni, accompagnata dall'insorgenza di macchie scure e marciume (senza evidenza di muffa) sui frutti conservati nel frigorifero senza dispositivo di Shelfy.

Situazione simile a T<sub>17</sub> giorni: nel campione conservato nel frigorifero con dispositivo di Shelfy, le Albicocche, sebbene non più caratterizzate dalla compattezza e turgidità che caratterizza il prodotto a T<sub>0</sub>, non mostrano ammuffimenti/marciume

né macchie con colorazione anomala, elementi invece riscontrati nel campione conservato nel frigorifero senza dispositivo di Shelfy.

### **3. POMODORINI CILIEGINI**



***Figura 16 - Pomodorini ciliegini T\_0***



**Figura 17 - Pomodorini ciliegini T\_3** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)



**Figura 18 - Pomodorini ciliegini T\_7** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)





**Figura 19 - Pomodorini ciliegini T<sub>10</sub>** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)



**Figura 20 - Pomodorini ciliegini T<sub>14</sub>** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)



**Figura 21 - Pomodorini ciliegini T\_17** (Immagine a sinistra: con Shelfy - lato sinistro; senza Shelfy - lato destro; immagine a destra: con Shelfy - lato sinistro; senza Shelfy - lato destro)



**Figura 22 - Pomodorini ciliegini T\_22** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)

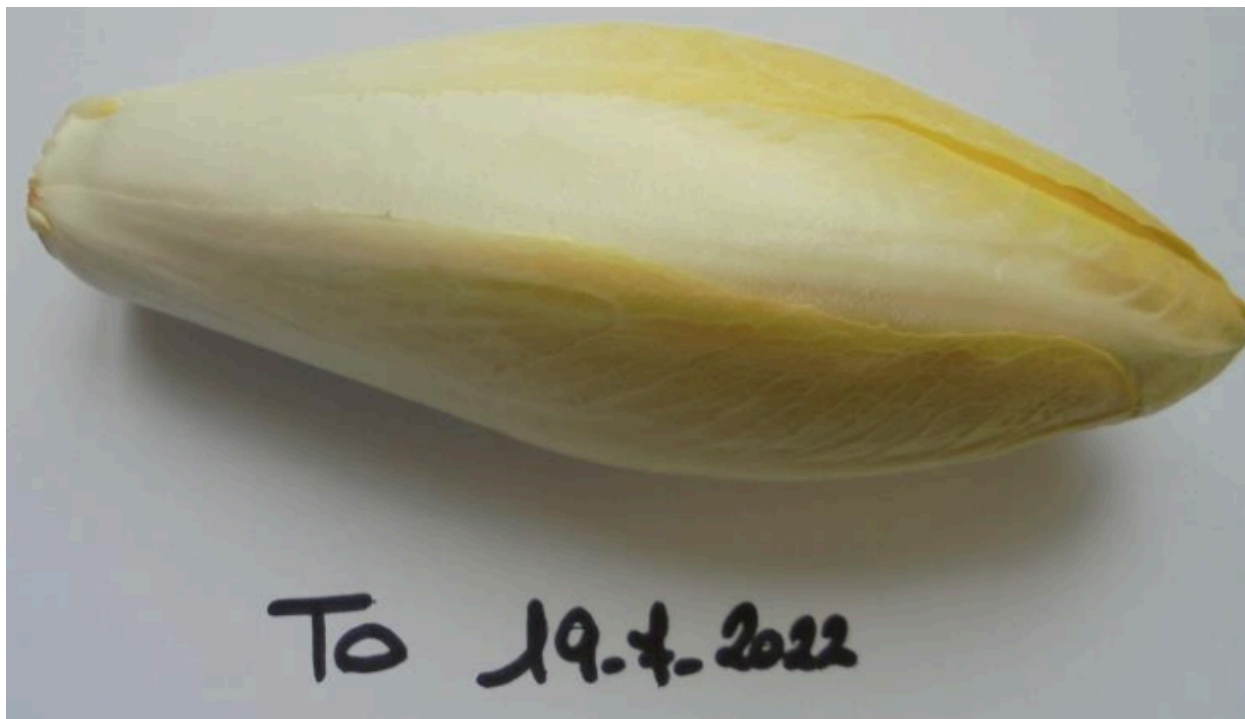
Il parametro più significativo si rivela essere la tendenza alla formazione di muffe che, a partire dai T<sub>17</sub> giorni, nel campione conservato nel frigorifero senza dispositivo di Shelfy, mostra un aumento fino a 10<sup>3</sup> UFC/g (di un ordine di grandezza superiore rispetto ai valori riscontrati nei passaggi precedenti, per entrambi i campioni). Le muffe, dopotutto, come noto in microbiologia alimentare, sono tipici alternanti del prodotto 'pomodoro'.

Per quanto riguarda le caratteristiche organolettiche, i due campioni non mostrano differenze significative fino a T\_7 giorni, dopo il quale il difetto di avvizzimento prende il sopravvento e diventa progressivamente più pronunciato in intensità e % di diffusione.

A T\_10 giorni è presente su circa il 20-30% delle unità conservate nel frigorifero senza dispositivo di Shelfy (è assente nei pomodorini conservati nel frigorifero con dispositivo di Shelfy); a T\_14 giorni la percentuale aumenta a circa il 30-40%; nel campione con dispositivo di Shelfy la percentuale è del 10-20%.

Nel frigorifero senza dispositivo di Shelfy, l'aumento di muffa mostrato dalle determinazioni analitiche (T\_17 giorni) corrisponde anche alla presenza visibile di muffa sui campioni. A T\_22 giorni, infatti, il campione conservato nel frigorifero senza dispositivo di Shelfy mostra ammuffimenti e macchie scure, **non presenti nel prodotto nel frigorifero con dispositivo di Shelfy.**

#### 4. INDIVIA BELGA



**Figura 23 - Indivia Belga T\_0**



**Figura 24 - Indivia Belga T\_3** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)



**Figura 25 - Indivia Belga T\_7** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)

Per quanto riguarda le analisi microbiologiche, l'unico parametro che mostra valori numeri significativi è la carica microbica (tendenzialmente inferiore nei campioni presenti nel frigorifero con Shelfy), ma - sia che per un campione che per l'altro - il trend non è ben delineato.

Per quanto riguarda le caratteristiche organolettiche, le valutazioni effettuate (su cespo intero e su cespo parzialmente "sfogliato") danno dei riscontri altalenanti.

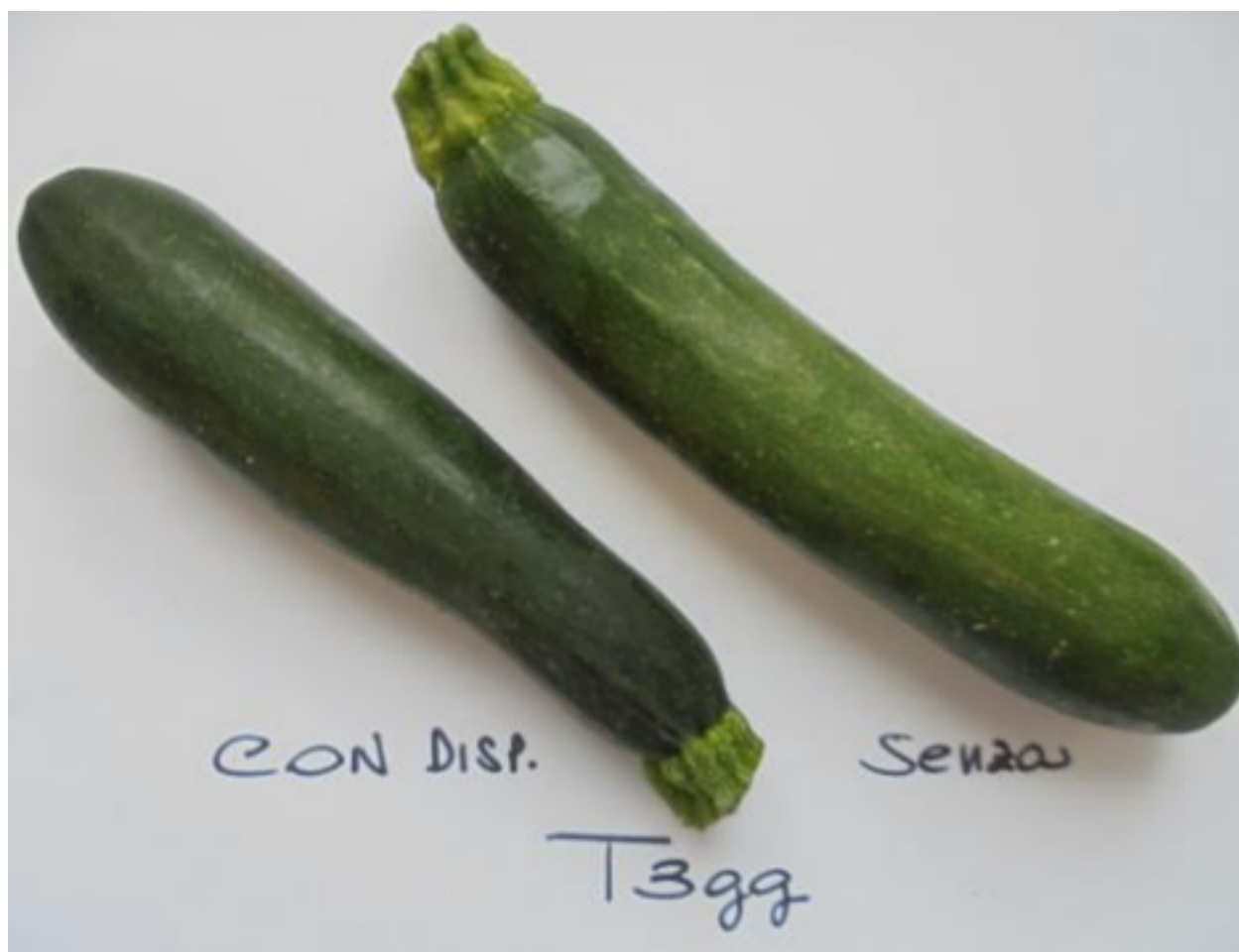
A T\_7 giorni si presenta meglio conservato il prodotto conservato nel frigo con modulo: le foglie esterne sono di aspetto migliore, meno "accartocciate" e scure ai bordi e alla prova della "sfogliatura" le foglie mantengono una maggiore consistenza e turgidità.

## **5. ZUCCHINE**

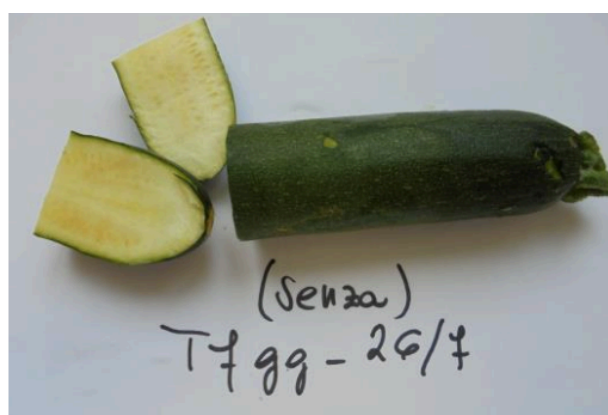


**Figura 26 - Zucchine T\_0**





**Figura 27 - Zucchine T<sub>3</sub>** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)



**Figura 28 - Zucchine T<sub>7</sub>** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)



**Figura 29 - Zucchine T<sub>10</sub>** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)



**Figura 30 - Zucchine T<sub>14</sub>** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)

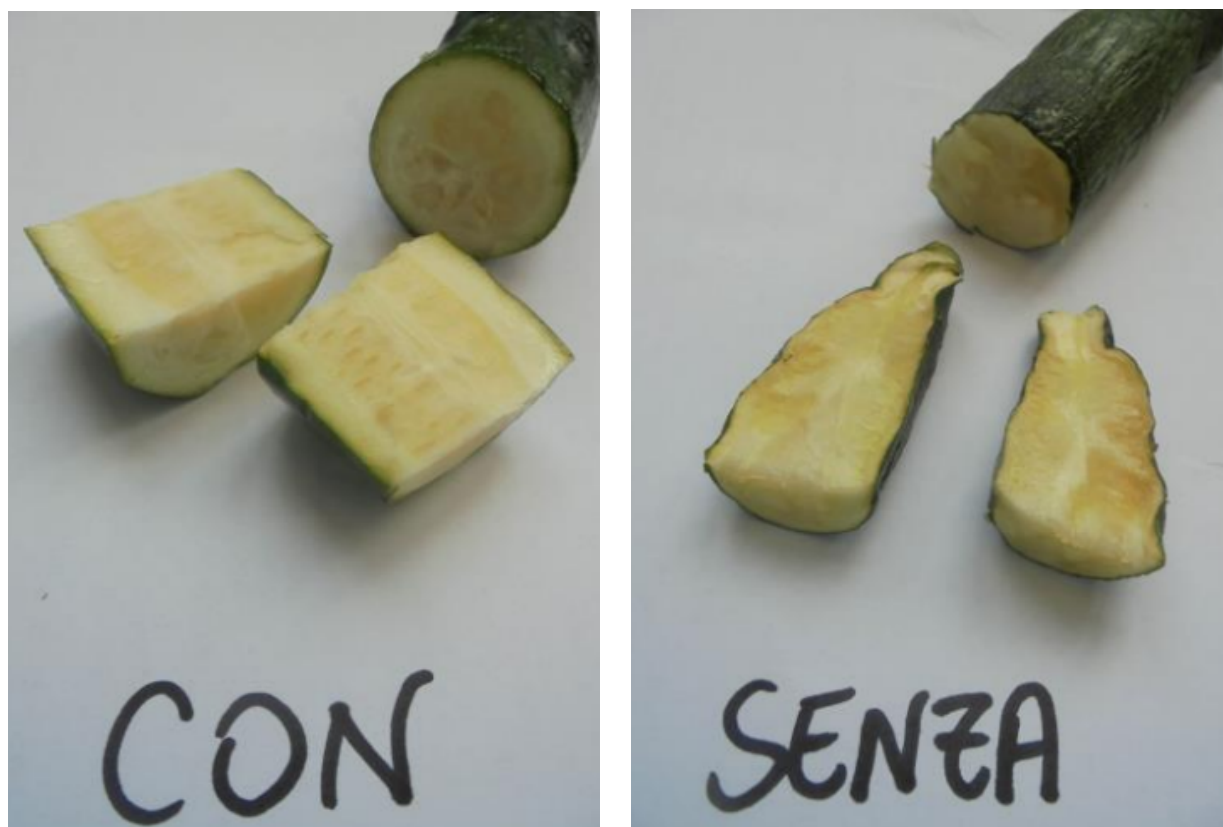


**Figura 31 - Zucchine T\_17** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)



**Figura 32 - Zucchine T\_22** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)





**Figura 33 - Zucchine T<sub>22</sub>** (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)

Per quanto riguarda l'analisi microbiologica, il parametro risultato più significativo è la **carica batterica totale**. Tra il campione conservato nel frigorifero con Shelfy e il frigorifero senza dispositivo di Shelfy in termini di contaminazione batterica a partire dai T<sub>17</sub> giorni, il prodotto conservato senza dispositivo di Shelfy ha una carica microbica maggiore di circa un ordine di grandezza rispetto al campione conservato nel frigorifero con dispositivo di Shelfy.

Le evidenze emerse dalle valutazioni organolettiche mostrano che fino a T<sub>10</sub> giorni i due campioni sono comparabili, poi già a partire da T<sub>14</sub> giorni la perdita di turgidità e consistenza diventa più pronunciata nel campione conservato nel frigorifero senza dispositivo di Shelfy; questa differenza è già evidente nell'aspetto, ma è più evidente quando viene tagliato. Nei passaggi successivi, T<sub>17</sub> giorni e T<sub>22</sub> giorni, questa differenza diventa ancora più pronunciata, come mostrato nelle **Figure 31-32-33**.

Va notato che fino alla fine dello studio (22 giorni) entrambi i campioni non mostrano marciume/macchie o muffe visibili. Nonostante la conservazione prolungata, ciò dovrebbe essere attribuito alle caratteristiche intrinseche del prodotto e alla qualità e freschezza della materia prima utilizzata nello studio.

## CONCLUSIONI

Le evidenze dal presente studio restituiscono **risultati incoraggianti** sulla capacità di Shelfy di prolungare la durata di conservazione di prodotti alimentari freschi immagazzinati nel frigorifero. Negli alimenti testati in laboratorio e conservati nel frigorifero con il dispositivo Shelfy, si osserva che **la contaminazione batterica e micetica tende ad essere inferiore** (di 1-2 ordini di grandezza) **nel periodo di monitoraggio rispetto ai rispettivi prodotti conservati nel frigorifero senza il dispositivo**. Le valutazioni organolettiche mostrano che il dispositivo è efficace nel rallentare l'invecchiamento dei prodotti testati, posticipando la comparsa di avvizzimento, rammollimenti, macchie e marciume.

Riprendendo e sintetizzando le considerazioni puntuali formulate per ciascuna referenza, si possono elaborare delle valutazioni dell'effetto del modulo Fridge sul prolungamento della durata dei prodotti, stimate come incremento % in giorni della conservabilità:

	<b>Durata della conservazione del prodotto fino al livello ACCETTABILE (*) in giorni</b>		
<b>Prodotto</b>	<b>Senza Shelfy</b>	<b>Con Shelfy</b>	<b>Variazione % (**)</b>
Fragola	3	10	<b>70</b>
Albicocca	10	17	<b>41</b>
Pomodoro ciliegino	14	22	<b>36</b>
Indivia Belga	3	7	<b>57</b>
Zucchina	10	22	<b>55</b>

(\*) in funzione delle caratteristiche sensoriali (in particolare: colore/aspetto – consistenza) si intende “accettabile” il prodotto che benché non abbia più le caratteristiche tipiche della derrata fresca è considerabile ancora edibile e utilizzabile per normali usi domestici da parte del Consumatore finale.

(\*\*) Calcolato come:  $[(n. \text{giorni CON} - n. \text{giorni SENZA}) / (n. \text{giorni CON})] \times 100$

È importante sottolineare che le indicazioni riportate sono da intendersi per le condizioni sperimentali adottate nello studio, quindi legate alla temperatura di stoccaggio e ancora di più alla qualità (microbiologica e di freschezza) delle materie prime utilizzate per condurre lo studio.