



Test Report

Shelfy

Test Report 2023 - Rev. 1 - 11.2023

Indice

Test di abbattimento della carica batterica

Prodotto testato → Shelfy

Test condotti da [Chimicambiente s.r.l.](#)

Riduzione odori nel frigorifero: test in frigorifero reale

Prodotto testato → Shelfy

Test condotti da [ARCO SolutionS s.r.l.](#)

Riduzione odori nel frigorifero: trimetilammina, esanale e pentil butirato

Prodotto testato → Shelfy

Test condotti da [INSTM](#) e [ARCO SolutionS s.r.l.](#)

Riduzione dell'etilene con Shelfy

Prodotto testato → Shelfy

Test condotti da [ACEA Spa](#)

Valutazione della shelf-life di prodotti alimentari freschi (F&V) mediante l'uso di Shelfy

Prodotto testato → Shelfy

Test condotti da [CSI SpA](#)

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	97,5 %	10 min
Odori	tCOV reali	M	80 %	1 ora
	Trimetilammina	S	73 %	5 ore
	Esanale	M	85 %	24 ore
	Pentyl butyrate	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 devi 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.

Test di abbattimento della carica batterica

Riduzione della carica batterica introdotta artificialmente

Test condotti da Chemicambiente 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 subtilis 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 il prototipo 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 Subtilis ATCC 6633** 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 1,6 con una deviazione standard di 0,2. In termini pratici, ciò si traduce in una notevole riduzione pari al **97,5%** 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/m³.

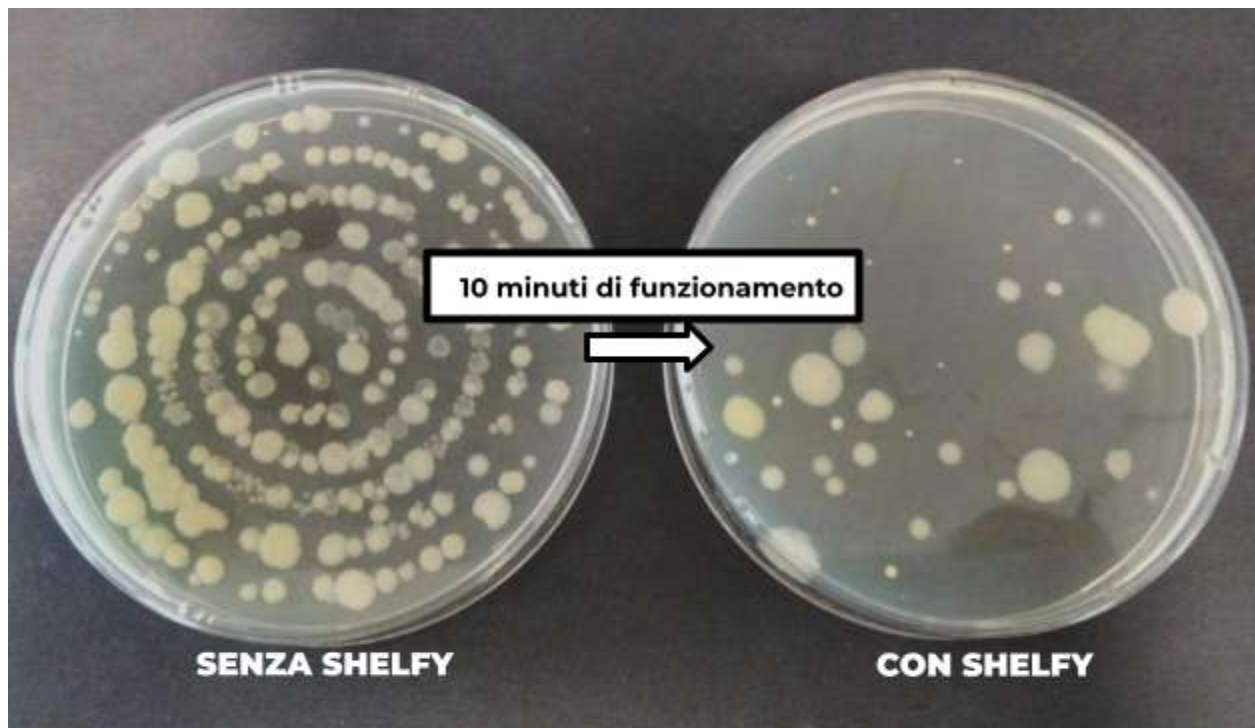


Figura 1 - PCA senza Shelfy (sinistra) e con Shelfy (destra)

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 odori nel frigorifero: test in frigorifero reale

Abbattimento 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 prototipo 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°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 prototipo 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 prototipo 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%**.

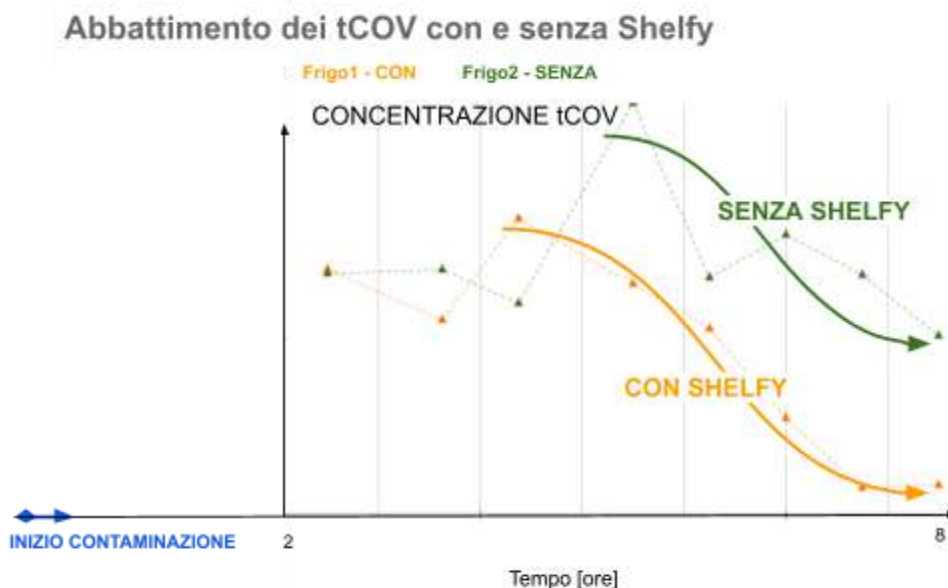


Figura 2 - tCOV (Composti Organici Volatili totali) nei due frigoriferi, la curva arancione rappresenta l'andamento nel frigorifero 1, ossia con Shelfy, mentre la verde il frigorifero 2, senza Shelfy (bianco di riferimento)

Nel frigorifero senza il prototipo 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 prototipo 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 degli odori nel frigorifero: trimetilammina, esanale e pentil butirrato

Riduzione dell'odore del pesce, della carne deteriorata e del formaggio fermentato.

Test condotti da 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 del 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 al 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 stata utilizzata 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 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 µL 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**.

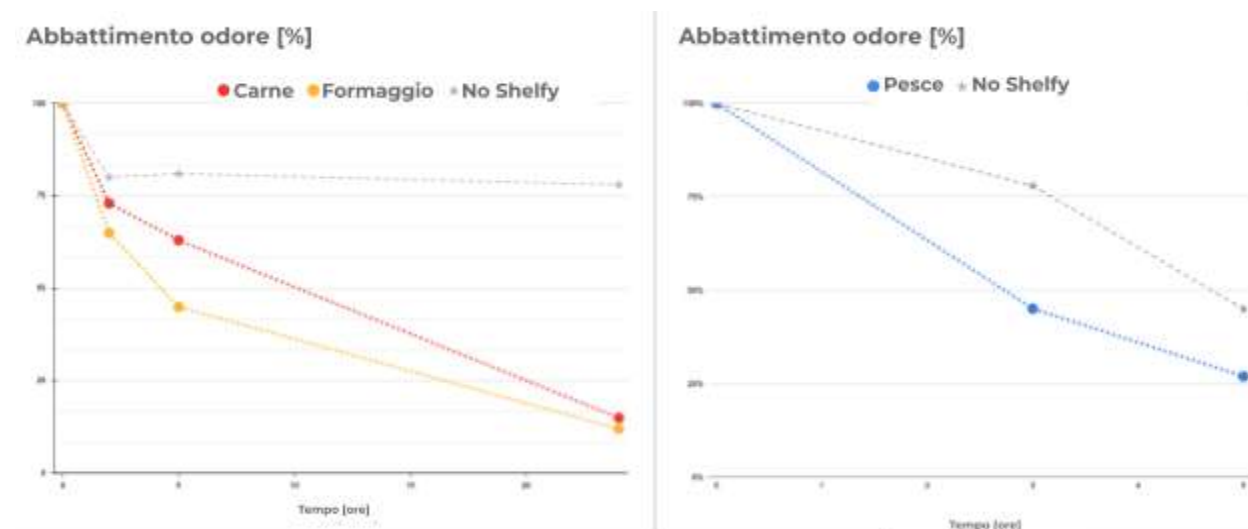


Figura 3 - Abbattimento delle molecole target

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 prototipo 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 con Shelfy

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

Test condotti da ACEA Spa



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%**.

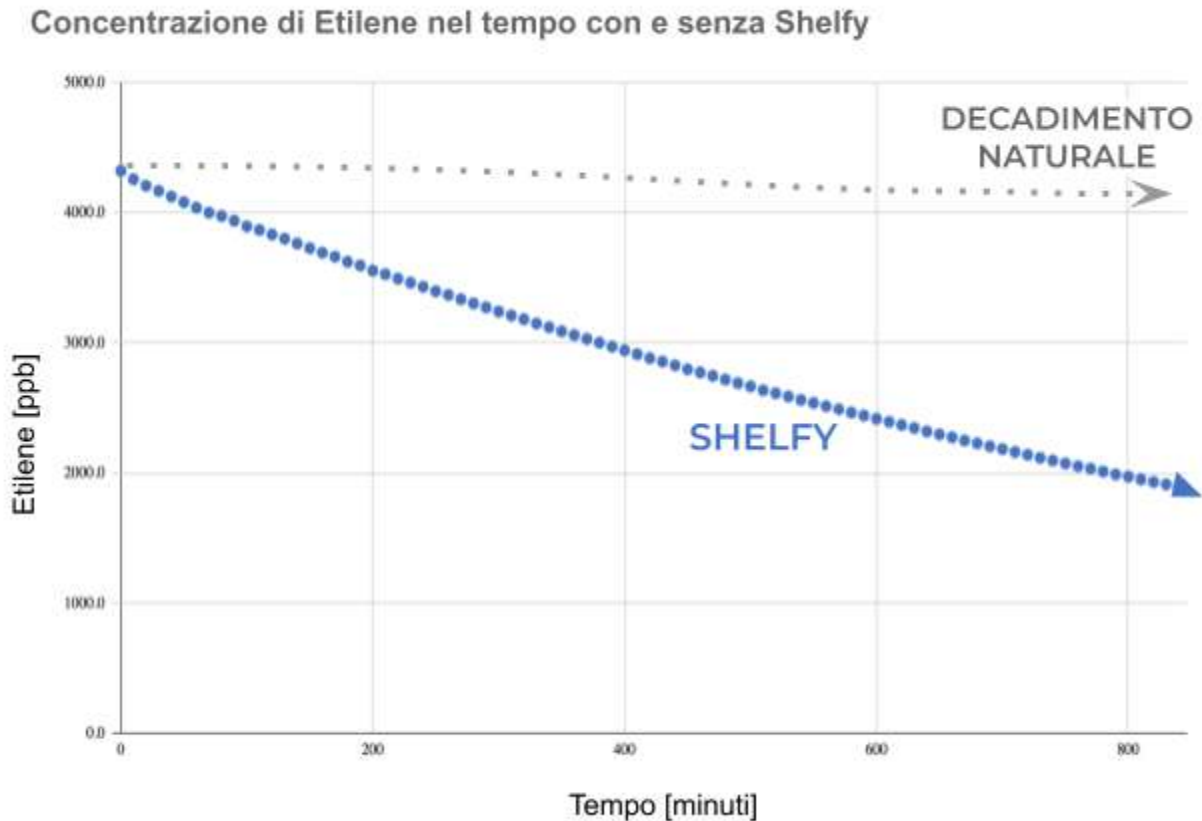


Figura 4 - Abbattimento real-time dell'etilene

CONCLUSIONI

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

Valutazione della shelf-life di prodotti alimentari freschi (F&V) mediante l'uso di Shelfy

Estratto dal Test Report di CSI Spa



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 prototipo di Shelfy non è presente nel secondo frigorifero.

Il prototipo di Shelfy è stato fornito da Vitesy (Prototipo - 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 T₀: 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**
- **Enterobatteriacee**
- **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_10 è ben definito e mostra che la contaminazione batterica e micetica è numericamente superiore nel campione mantenuto nel frigo senza prototipo di Shelfy rispetto al campione nel frigo con prototipo di Shelfy.

Le **valutazioni sensoriali sono in linea con questo risultato**, ossia fino a T_10 giorni le fragole nel frigorifero con prototipo di Shelfy hanno caratteristiche sensoriali significativamente migliori (aspetto / consistenza / macchie / ammuffimenti); le fragole nel frigorifero con prototipo di Shelfy hanno polpa più soda - nessuna macchia di muffa e marciume; le fragole nel frigorifero senza prototipo di Shelfy: polpa meno soda con rilascio di liquido - macchie e ammuffimento - avvizzimento).

2. ALBICOCHE



Figura 10 - Albicocche T_0



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_17 (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 prototipo 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_7 giorni i due campioni sono comparabili.

A T_10 giorni nell'aspetto esterno i prodotti sono ancora simili; all'apertura, tuttavia, è evidente che il campione conservato nel frigorifero senza prototipo di Shelfy ha una consistenza e una polpa meno soda. Questa differenza diventa più pronunciata a T_14 giorni, accompagnata dall'insorgenza di macchie scure e marciume (senza evidenza di muffa) sui frutti conservati nel frigorifero senza prototipo di Shelfy.

Situazione simile a T_17 giorni: nel campione conservato nel frigorifero con prototipo di Shelfy, le Albicocche, sebbene non più caratterizzate dalla compattezza e turgidità che caratterizza il prodotto a T_0, non mostrano ammuffimenti/marciume né

macchie con colorazione anomala, elementi invece riscontrati nel campione conservato nel frigorifero senza prototipo 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_10 (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)



Figura 20 - Pomodorini ciliegini T_14 (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 T₁₇ giorni, nel campione conservato nel frigorifero senza prototipo di Shelfy, mostra un aumento fino a 10³ 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 prototipo di Shelfy (è assente nei pomodorini conservati nel frigorifero con prototipo di Shelfy); a T_14 giorni la percentuale aumenta a circa il 30-40%; nel campione con prototipo di Shelfy la percentuale è del 10-20%.

Nel frigorifero senza prototipo 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 prototipo di Shelfy mostra ammuffimenti e macchie scure, **non presenti nel prodotto nel frigorifero con prototipo 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 numerici 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

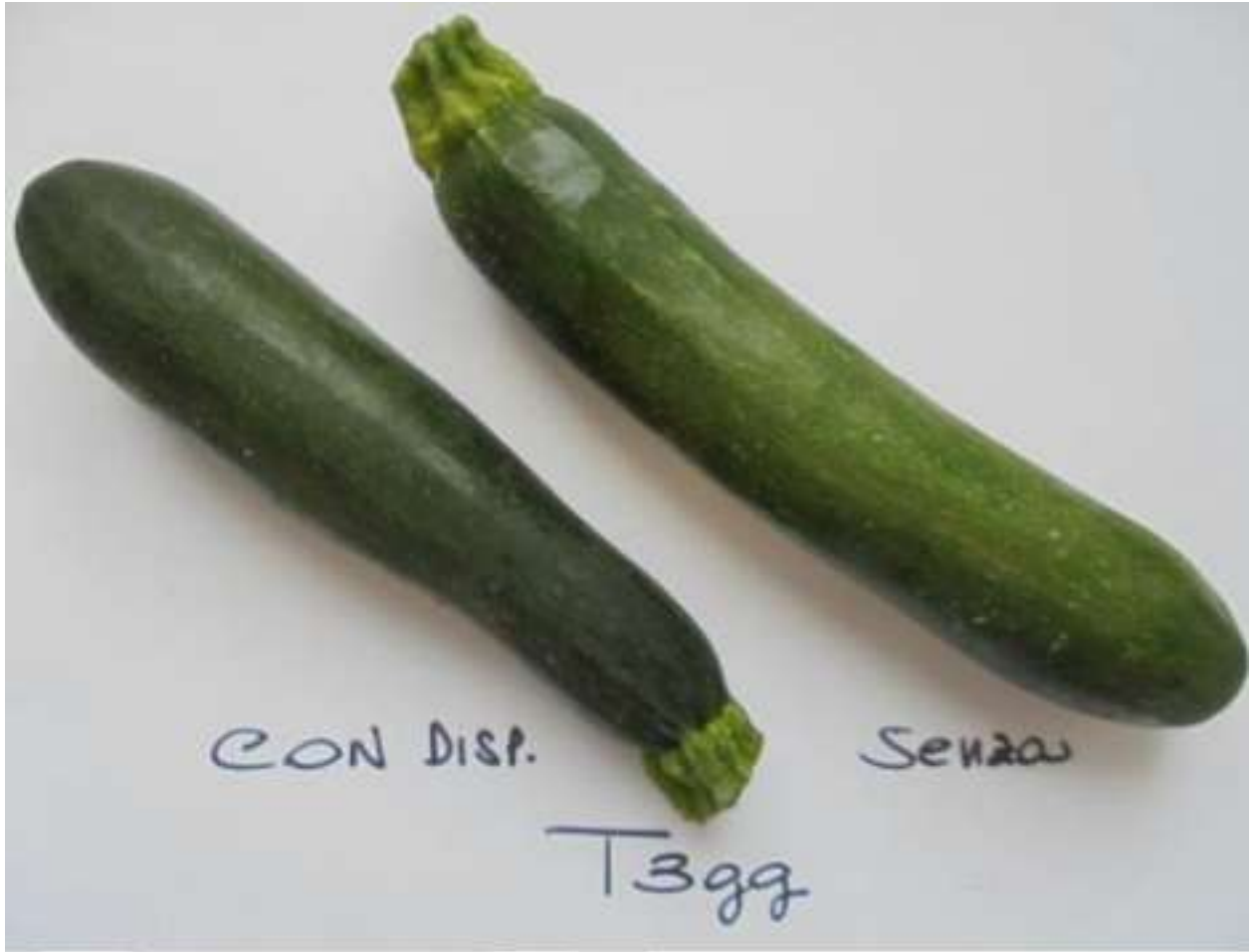


Figura 27 - Zucchine T_3 (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)

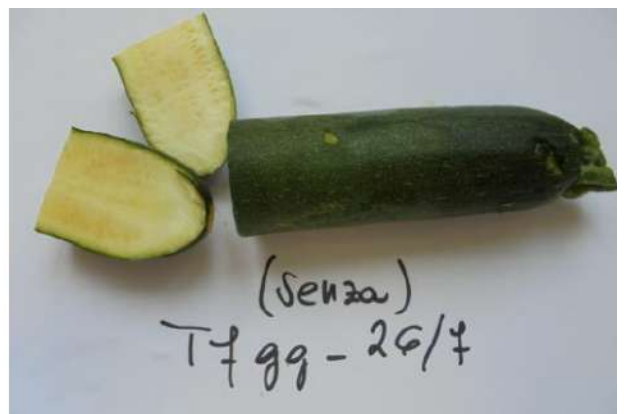


Figura 28 - Zucchine T_7 (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)



Figura 29 - Zucchine T_10 (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)



Figura 30 - Zucchine T_14 (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)

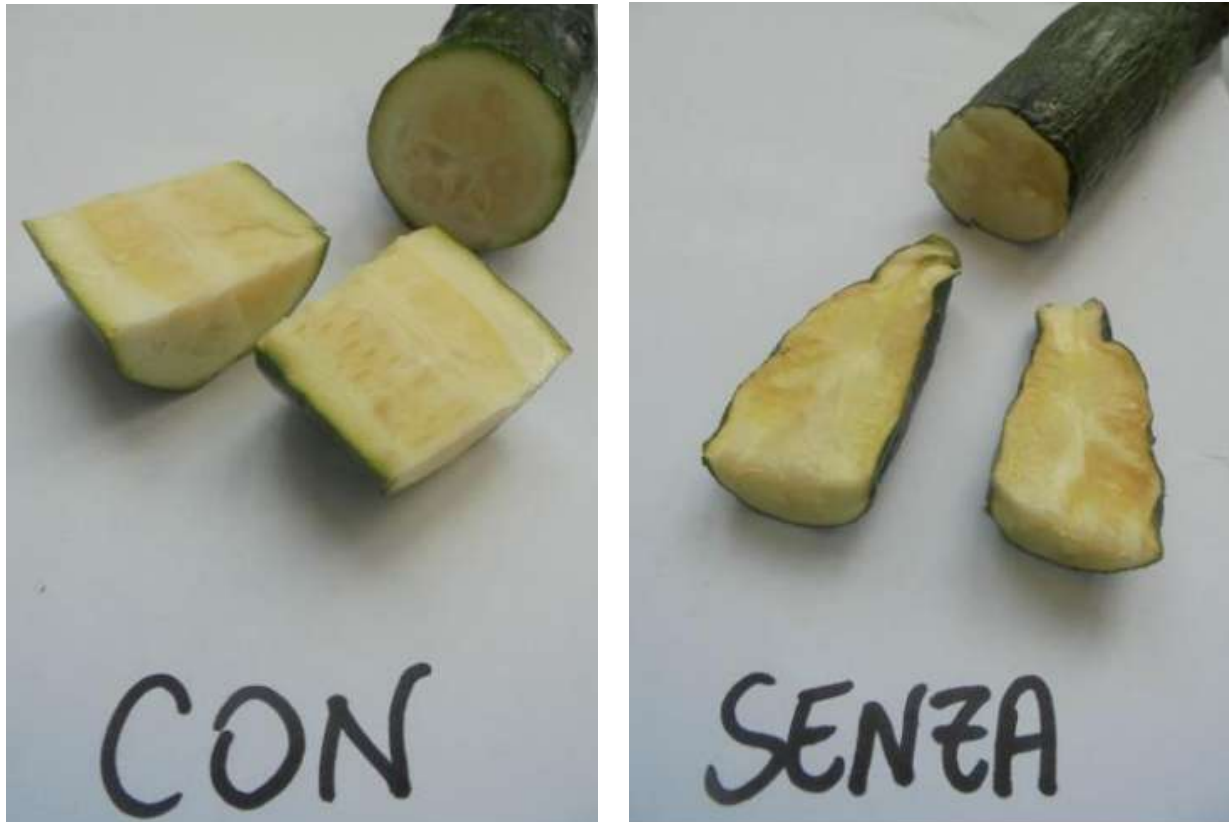


Figura 33 - Zucchine T_22 (con Shelfy - sinistra; senza Shelfy - destra)

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 prototipo di Shelfy in termini di contaminazione batterica a partire dai T_17 giorni, il prodotto conservato senza prototipo di Shelfy ha una carica microbica maggiore di circa un ordine di grandezza rispetto al campione conservato nel frigorifero con prototipo di Shelfy.

Le evidenze emerse dalle valutazioni organolettiche mostrano che fino a T_10 giorni i due campioni sono comparabili, poi già a partire da T_14 giorni la perdita di turgidità e consistenza diventa più pronunciata nel campione conservato nel frigorifero senza prototipo di Shelfy; questa differenza è già evidente nell'aspetto, ma è più evidente quando viene tagliato. Nei passaggi successivi, T_17 giorni e T_22 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 prototipo 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 prototipo**. Le valutazioni organolettiche mostrano che il prototipo 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 durabilità del prodotto, stimate come incremento % in giorni della conservabilità:

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

(*) 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.