# Quarta gamma, con l'ozono più resa e meno scarti in cella

## Su radicchi e baby leaf una sperimentazione dimostra i benefici su resa di monda e carica microbica

di **Alessandro Bonora[1], Francesco Cocola[2], Elena Regine[2], Dennis D'Ippolito[3], Silvia Tappi[4], Giulio Giannini[4], Pietro Rocculi[4]**
[1]Ri.nova soc. coop.;
[2]Ortoromi soc. coop. agr.;
[3]Met srl;
[4]Università di Bologna

La qualità di un prodotto di IV gamma non dipende esclusivamente dalla varietà coltivata o dalle tecniche di lavorazione, ma è il risultato di un equilibrio che coinvolge tutte le fasi della filiera, dalla raccolta fino alla trasformazione industriale. In questo contesto, la conservazione della materia prima rappresenta uno dei passaggi più delicati: anche piccole contaminazioni durante lo stoccaggio possono determinare un aumento degli scarti di lavorazione, una riduzione della produttività e un peggioramento della qualità finale del prodotto confezionato.
Negli ultimi anni l'impiego dell'ozono come tecnologia di conservazione ha suscitato un crescente interesse nel comparto orticolo grazie alle sue proprietà ossidanti e antimicrobiche. Rimane tuttavia fondamentale comprendere se il trattamento sia in grado di migliorare concretamente le performance industriali senza compromettere le caratteristiche qualitative e nutrizionali degli ortaggi. Con questa finalità si sviluppa il progetto **"Frigoconservazione con ozono di ortaggi a foglia destinati alla trasformazione in prodotti di IV gamma: le ricadute sul processo produttivo"**, un'attività di ricerca applicata che intende valutare gli effetti dell'ozono durante la conservazione refrigerata di radicchi (rosso, pan di zucchero e variegato) e baby leaf (lattughino e rucola) destinati alla trasformazione industriale, analizzando non soltanto gli aspetti fisiologici del prodotto ma anche le ricadute operative sull›intero processo produttivo.

### Un progetto che mette in rete imprese, ricerca e innovazione

Il progetto vede la partecipazione di **OP OrtoRomi**, organizzazione di produttori con sede nel Padovano leader nella produzione e trasformazione di ortaggi destinati alla IV gamma.
L'attività sperimentale è realizzata grazie alla collaborazione tra il **Ciri Agroalimentare dell'Università di Bologna**, sede di Cesena, che cura le analisi scientifiche e fisiologiche dei prodotti, e **Met Srl - Ozone Experts** di Bologna, azienda specializzata nelle tecnologie per la produzione e gestione dell›ozono negli impianti frigoriferi.
Il coordinamento complessivo del progetto è affidato a **Ri.Nova Società Cooperativa Agricola**, che segue la pianificazione delle attività sperimentali, il monitoraggio dei risultati e la divulgazione tecnico-scientifica.

### La sperimentazione su radicchi

L'attività sperimentale è stata impostata per verificare gli effetti dell'ozono direttamente nelle condizioni operative di uno stabilimento industriale destinato alla IV gamma. Le insalate sono state conservate in celle frigorifere



**1. Alcuni scatti della giornata tecnica dimostrativa, svoltasi il 29 ottobre 2025 presso Borgoricco (OD) sul tema "L'uso dell'ozono nella frigoconservazione degli ortaggi a foglia: innovazioni e impatti sulla IV gamma" in cui sono visibili i prodotti in fase di test e il macchinario utilizzato per il trattamento ad ozono**

trattate con ozono e confrontate con analoghe celle refrigerate prive di trattamento.
Per i **radicchi** sono stati realizzati tre distinti cicli sperimentali, corrispondenti ai principali periodi produttivi dell'anno: gennaio-aprile; maggio-agosto; settembre-dicembre.
Per ciascun ciclo sono stati effettuati controlli periodici ogni sette giorni fino a 84 giorni di conservazione, valutando sia la resa di monda sia la produttività della lavorazione industriale. Parallelamente il Ciri Agroalimentare ha condotto prove di laboratorio sui medesimi campioni, analizzando il mantenimento della qualità visiva, il colore, la respirazione, la con-

## Focus sull'ozono

L'ozono ($O_3$) è una molecola caratterizzata da un elevato potere ossidante, che ne determina l'azione nei confronti della microflora presente sulla materia prima e sulle superfici dell'ambiente di conservazione. Durante il trattamento, l'ozono può reagire con componenti cellulari dei microrganismi, contribuendo a limitarne la proliferazione e quindi a rallentare i fenomeni di alterazione del prodotto.

Dal punto di vista tecnologico, l'efficacia del trattamento non dipende esclusivamente dalla presenza di ozono nella cella frigorifera, ma dall'interazione tra concentrazione di $O_3$, tempo di esposizione, temperatura, umidità relativa, ricambio d'aria e caratteristiche della materia prima. Per questo motivo, l'applicazione industriale richiede un controllo del processo e la definizione di protocolli specifici per ciascuna tipologia di ortaggio.

Un aspetto particolarmente importante è la natura instabile dell'ozono: essendo una molecola altamente reattiva, tende a decomporsi rapidamente, rendendo necessario monitorarne la concentrazione direttamente nell'ambiente di conservazione. Un dosaggio eccessivo o un'esposizione prolungata potrebbero inoltre aumentare i fenomeni ossidativi a carico dei tessuti vegetali; al contrario, condizioni di trattamento insufficienti potrebbero non garantire un effetto significativo sulla microflora. La definizione del corretto binomio concentrazione–tempo di esposizione rappresenta quindi uno degli elementi tecnici centrali per trasferire la tecnologia dalla sperimentazione all'applicazione industriale.

Nel progetto, questo aspetto assume particolare rilevanza perché l'obiettivo non è soltanto ottenere un effetto antimicrobico, ma individuare condizioni di frigoconservazione capaci di mantenere il prodotto lavorabile e qualitativamente idoneo alla trasformazione in IV gamma. I risultati ottenuti sulle baby leaf, con una riduzione della carica batterica totale, delle muffe e dei lieviti, e quelli osservati sui radicchi in termini di resa di monda, mostrano infatti come l'effetto dell'ozono debba essere valutato considerando contemporaneamente sicurezza microbiologica, fisiologia del prodotto e prestazioni industriali.

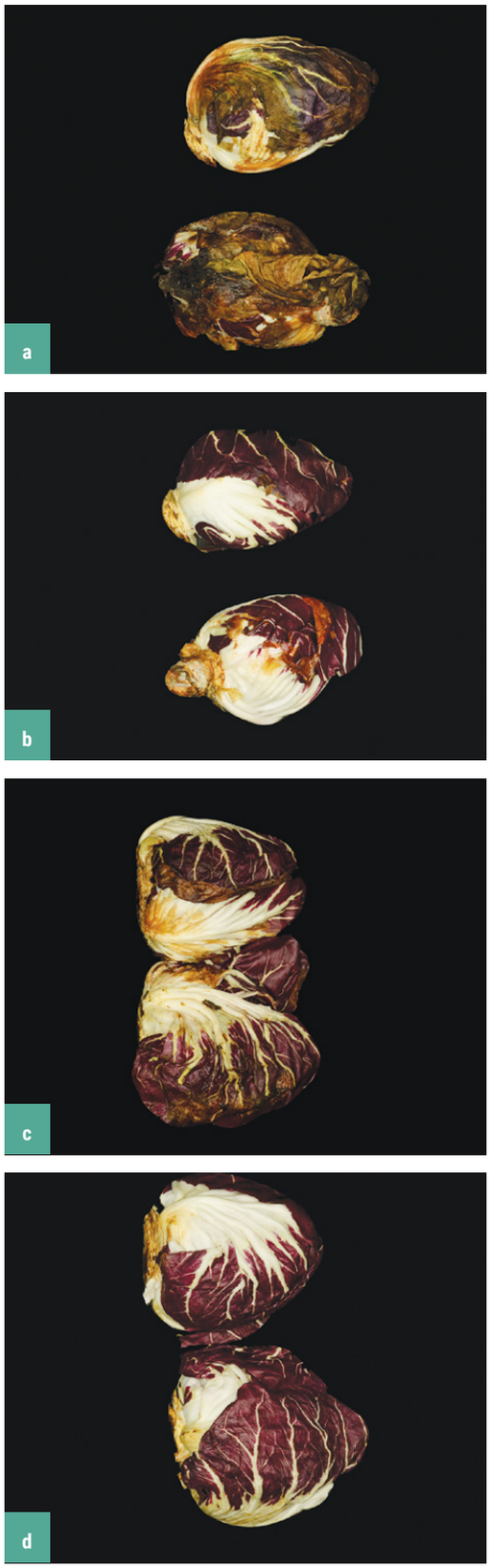
sistenza dei tessuti, il contenuto di sostanza secca e quello dei polifenoli. Uno degli aspetti più importanti analizzati riguarda la resa di monda, parametro che rappresenta la percentuale di prodotto effettivamente utilizzabile dopo la pulizia e la preparazione industriale.

L'elaborazione delle nove prove realizzate durante l'anno evidenzia un quadro complessivamente favorevole all'impiego dell'ozono. Nel **pan di zucchero**, il trattamento ha determinato un miglioramento della resa in 6 prove su 9, contro soltanto 2 prove favorevoli al controllo non trattato; nella prova restante, invece, non sono state rilevate differenze significative tra i trattamenti.

Per il **radicchio rosso** il risultato appare ancora più evidente: l'atmosfera arricchita con ozono ha mostrato un comportamento migliore in 7 prove su 9, mentre soltanto in due occasioni il controllo ha fornito risultati superiori. Anche nel **radicchio variegato** il trattamento ha evidenziato un vantaggio in 6 prove su 9, confermando una tendenza positiva lungo l'intero arco della sperimentazione.

Oltre alla resa, il progetto ha valutato anche la **produttività della linea di lavorazione**, espressa come quantità di materia prima lavorata nell'unità di tempo. L'interesse di questo parametro è evidente: una materia prima che mantiene migliori caratteristiche qualitative richiede minori interventi di rifilatura e consente una lavorazione più efficiente. Le valutazioni effettuate durante i tre cicli produttivi mostrano come il trattamento con ozono possa contribuire a mantenere una migliore lavorabilità del prodotto durante lunghi periodi di conservazione, soprattutto nelle fasi finali dello stoccaggio, quando normalmente aumentano gli scarti e diminuisce l'efficienza delle operazioni di monda. Dal punto di vista industriale, anche incrementi contenuti della resa possono tradursi in benefici economici rilevanti considerando gli elevati quantitativi di ortaggi trasformati quotidianamente dagli impianti di IV gamma.

Per comprendere i meccanismi fisiologici alla




**2. Immagini dei campioni della prima prova 2025 di controllo e ozono a 100 ppm del radicchio rosso al termine della frigoconservazione (T2, rispettivamente foto a e b) all'esterno (out, foto c) e dopo aver eliminato la prima foglia esterna (outii, foto d)**

base dei risultati industriali sui radicchi, il Ciri Agroalimentare ha sviluppato una serie di prove sperimentali dedicate alla qualità dei tessuti vegetali. Le analisi colorimetriche hanno evidenziato che i campioni conservati con ozono hanno mostrato un migliore mantenimento dell'aspetto visivo. L'elevata variabilità biologica non ha consentito di ottenere differenze statisticamente significative in tutte le prove, ma la tendenza osservata suggerisce un possibile effetto positivo del trattamento sulla qualità estetica del prodotto. Per quanto riguarda la texture, la sostanza secca e il contenuto di polifenoli, le differenze tra campioni trattati e controlli sono risultate generalmente limitate, anche se nella seconda prova del 2025 è stato osservato un incremento del contenuto di polifenoli nei campioni trattati con ozono per tutte e tre le varietà. Tale risposta potrebbe rappresentare un interessante indicatore dell'attivazione dei meccanismi di difesa della pianta e tradursi in un miglioramento del valore nutrizionale del prodotto.

## La sperimentazione su baby leaf

Le prove delle baby leaf sono state effettuate su lattughino e rucola di ottima qualità e sono state effettuate tramite analisi microbiologiche condotte da Ortoromi e analisi visive condotte dal Ciri Agroalimentare.
Per le analisi microbiologiche sono state predisposte due celle frigorifere: una trattata con ozono e una di controllo, priva di trattamento, entrambe mantenute a una temperatura di 2–3 °C. La materia prima è stata suddivisa in parti uguali tra le due celle e protetta con coperture in cartone per limitare la disidratazione causata dalla ventilazione.
La sperimentazione si è svolta in **tre cicli**, realizzati rispettivamente nei mesi di **gennaio, maggio e settembre 2025**. Per ciascun ciclo sono state effettuate analisi microbiologiche, con la determinazione di carica batterica totale, muffe e lieviti, e valutazioni qualitative riguardanti colore, sostanza secca, contenuto di composti fenolici, texture e qualità visiva.
L'elaborazione complessiva dei dati microbiologici raccolti nei tre cicli ha evidenziato che il trattamento con ozono è in grado di contenere e rallentare la proliferazione della microflora alterativa, determinando una riduzione della carica batterica totale, delle muffe e dei lieviti sia nel lattughino sia nella rucola rispetto ai campioni conservati nella cella di controllo.
Le valutazioni qualitative hanno evidenziato risultati nel complesso coerenti, pur con alcune differenze tra i tre cicli sperimentali. Nella **prima prova**, il trattamento con ozono non ha determinato variazioni significative del colore al termine della conservazione; solo nel lattughino è stata osservata una temporanea riduzione della luminosità e una maggiore tonalità rossastra nelle fasi intermedie
Nella **seconda prova**, le differenze cromatiche sono risultate limitate, soprattutto a carico delle foglie esterne della rucola al termine dello stoccaggio. La valutazione della qualità visiva ha evidenziato un maggiore appassimento della rucola dopo 5 giorni di conservazione in ozono, differenza che si è progressivamente annullata nelle fasi successive. Al contrario, nel lattughino è stato osservato un miglior mantenimento dell'aspetto visivo al termine dello stoccaggio.
La **terza prova** ha confermato il miglioramento della qualità visiva nei campioni conservati in atmosfera arricchita con ozono, sia per lattughino sia per rucola, con un minore appassimento osservato nelle fasi intermedie della conservazione.

**Fig.1A** RADICCHIO ROSSO (GENNAIO - APRILE)

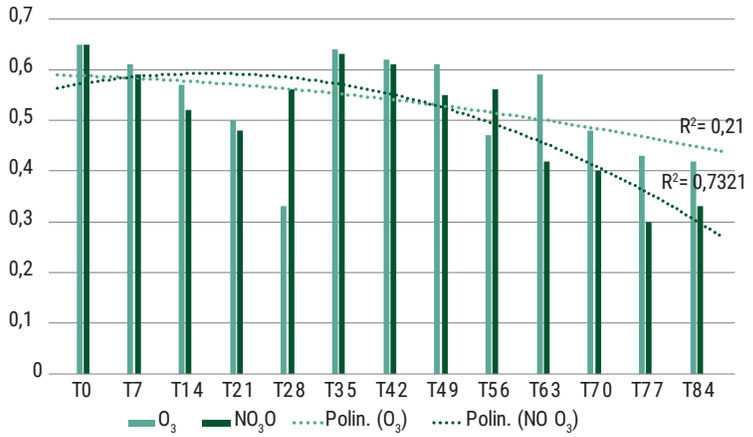



**Fig.1B** RADICCHIO ROSSO (MAGGIO - AGOSTO)

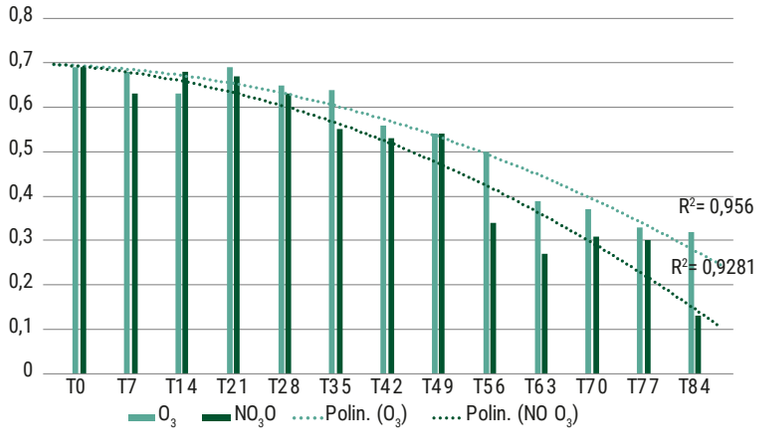
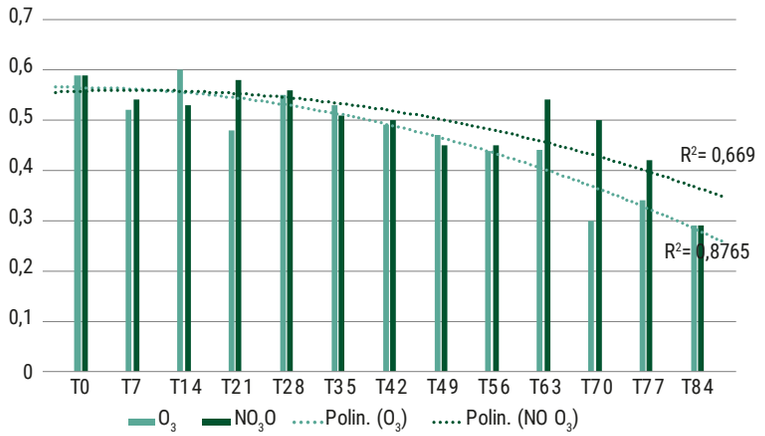
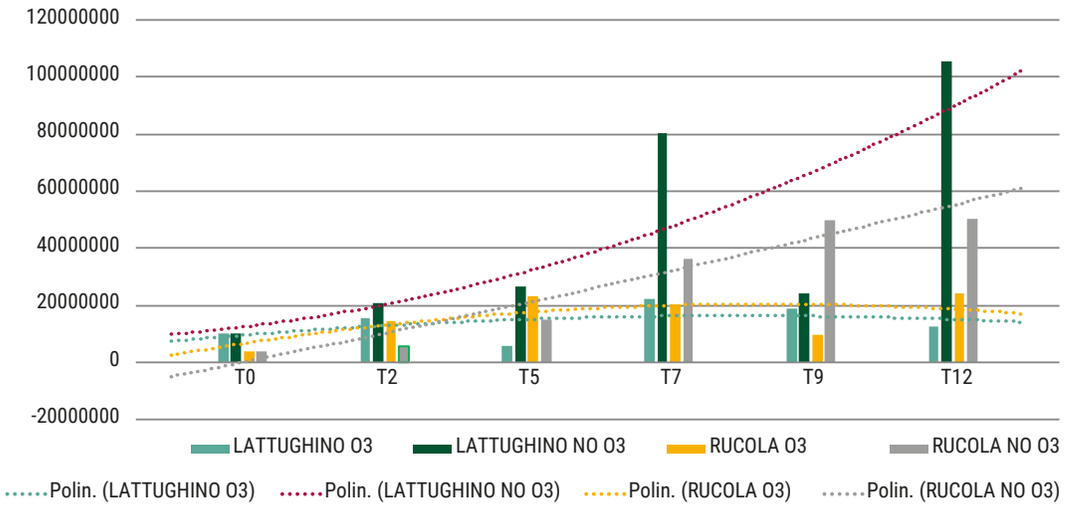



**Fig.1C** RADICCHIO ROSSO (SETTEMBRE - DICEMBRE)

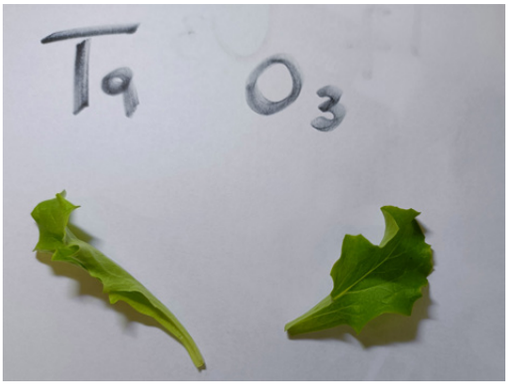



**Risultati della resa di monda** *per il radicchio rosso nel primo ciclo (fig. 1a) da gennaio ad aprile 2025; nel secondo ciclo (fig. 1b) da maggio ad agosto 2025; nel terzo ciclo da settembre a dicembre 2025: è stato possibile osservare un miglioramento nel trattamento con ozono (fig. 1c).*

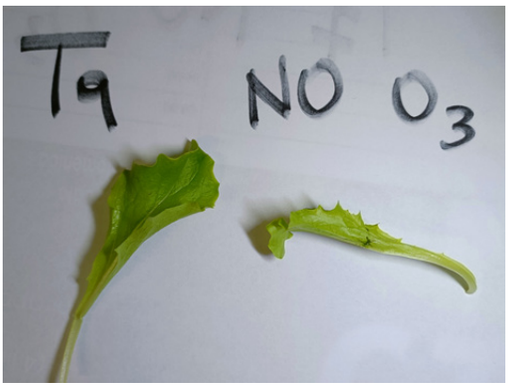
**Fig.2** ANDAMENTO FINO A 12 GIORNI DELLA CARICA BATTERICA TOTALE




*Espressa come media dei tre cicli svolti unificando i dati per potere analizzare l'andamento dell'anno 2025 in lattughino e rucola trattate o meno con ozono in cella. Le barre sono il valore assoluto mentre la linea tratteggiata è risultata dell'equazione polinomiale.*




**3. Trattamento con ozono a sinistra e senza ozono a destra. Qui siamo al T9: dopo una settimana a sinistra non ci sono ancora marciumi o ossidazione**




**4. Trattamento con ozono a sinistra e senza ozono a destra. Qui siamo al T9: dopo una settimana a sinistra non ci sono ancora marciumi o ossidazione**

Nel complesso, la sperimentazione indica che l'impiego dell'ozono durante la frigoconservazione rappresenta una tecnologia promettente per le baby leaf, in grado di migliorarne la qualità microbiologica e di contribuire al mantenimento delle caratteristiche visive, senza determinare modifiche sostanziali degli altri parametri qualitativi analizzati.

## Bilancio tecnico dei risultati

Nel complesso, il progetto ha evidenziato come l'impiego dell'ozono nei radicchi durante la frigoconservazione rappresenti una tecnologia promettente per ottimizzare la gestione della materia prima destinata alla IV gamma. I benefici più evidenti sono emersi sul piano produttivo, con una riduzione degli scarti di lavorazione e un miglioramento della resa di monda, risultati confermati nella maggior parte delle prove industriali condotte nel corso del 2025.

Per quanto riguarda le baby leaf, le analisi microbiologiche hanno mostrato che il trattamento con ozono contribuisce a contenere e rallentare la proliferazione della microflora alterativa, determinando una riduzione della carica batterica totale, delle muffe e dei lieviti rispetto ai campioni di controllo. Le valutazioni qualitative hanno inoltre evidenziato un migliore mantenimento della qualità visiva e un minore livello di appassimento durante le fasi intermedie della conservazione.

Uno dei principali punti di forza del progetto risiede nell'integrazione tra sperimentazione industriale e ricerca di laboratorio, approccio che ha consentito di correlare le prestazioni osservate lungo la linea produttiva con i meccanismi biologici che regolano l'evoluzione qualitativa e microbiologica dei prodotti durante la frigoconservazione. Tale impostazione fornisce una solida base scientifica per il trasferimento dell'impiego dell'ozono verso applicazioni industriali sempre più efficaci e sostenibili.

## Verso una filiera della IV gamma sempre più efficiente

L'obiettivo finale del progetto non è semplicemente valutare l'efficacia dell'ozono come tecnologia di conservazione, ma fornire alla filiera della IV gamma strumenti concreti per migliorare l'efficienza produttiva, ridurre gli sprechi e mantenere elevati standard qualitativi lungo tutto il percorso che porta il prodotto dal campo al consumatore.

I risultati ottenuti confermano che la frigoconservazione con ozono rappresenta una tecnologia con interessanti potenzialità applicative, soprattutto in termini di resa industriale e gestione della materia prima. Allo stesso tempo evidenziano la necessità di proseguire gli studi per definire concentrazioni, tempi di esposizione e protocolli operativi in grado di massimizzare i benefici, limitando gli eventuali effetti fisiologici indesiderati.

La collaborazione tra imprese agricole, ricerca universitaria, sviluppo tecnologico e sperimentazione applicata costituisce dunque un modello efficace per accompagnare l'innovazione del settore orticolo italiano, favorendo sistemi produttivi sempre più sostenibili, competitivi e orientati alla qualità.

*Iniziativa realizzata nell'ambito dei progetti di ricerca presentati da Aop Gruppo Viva "Innovazione delle tecniche colturali e miglioramento qualitativo dei prodotti ortofrutticoli dei soci Aop Gruppo Viva - acronimo ricerca Viva» nei Programmi Operativi nel settore Ortofrutta - Regolamento (Ue) 2021/2115 e Regolamento delegato (Ue) 2022/126 e ss.mm.ii - progetto n. 07 «Frigoconservazione con ozono di ortaggi a foglia destinati alla trasformazione in prodotti di IV gamma: le ricadute sul processo produttivo».*