

TECNICA POST-RACCOLTA

Tra acqua ossigenata e microrganismi, i formulati enzimatici sembrano un buon compromesso

Ridurre i residui: sì, ma con quali prodotti?



Attrezzatura utilizzata per l'applicazione dei prodotti degradanti dei residui nel pescheto sperimentale.

Fonte: Astra, 2024

di A. Bonora¹, N. Graziani², D. Dradi²

¹ Ri.Nova Soc. Coop., Cesena

² Astra Innovazione e Sviluppo, Faenza

L'impiego di presidi fitosanitari è una componente fondamentale nella difesa integrata e convenzionale delle colture ortofrutticole. Tuttavia, l'utilizzo di queste sostanze comporta il rischio che nei prodotti raccolti rimangano residui chimici dei principi attivi impiegati. Il concetto di residuo si riferisce alla quantità di principio attivo (e/o suoi metaboliti) ancora presente sull'alimento alla raccolta o durante la commercializzazione. L'Unione europea, per ciascuna

combinazione prodotto agricolo – sostanza attiva, stabilisce un Limite massimo di residuo (Lmr), espresso in mg/kg, al di sopra del quale il prodotto non è commerciabile. Nel caso delle pesche, coltura di elevato valore, i controlli ufficiali e quelli richiesti dalle catene della Gdo (Grande distribuzione organizzata) impongono standard sempre più stringenti, spesso più severi dei Lmr normativi. Alcuni mercati nordeuropei chiedono frutta con residuo inferiore agli Lmr, obiettivo spesso difficile da raggiungere solo con una gestione agronomica preventiva. Inoltre, l'orientamento politico europeo, attraverso strumenti normativi come il Regolamento (Ce) n. 396/2005 e il Piano d'azione per l'uso sostenibile dei pesticidi (Direttiva 2009/128/Ce), spinge verso una progressiva riduzione del rischio da residui. Parallelamente, si afferma nella pratica commerciale il concetto di "residuo zero", non inteso come assenza assoluta, ma come presenza al di sotto del limite di quantificazione (Lq) degli strumenti analitici, tipicamente <0,01 ppm. Questo ha spinto il settore agricolo a combinare pratiche agronomiche e tecnologie post-raccolta per ridurre al minimo i livelli di residui sui frutti destinati al consumo fresco. Negli ultimi anni, la ricerca scientifica ha studiato strategie innovative per ridurre i residui fitosanitari presenti su frutta e verdura in post raccolta. Si stanno sperimentando interventi post-raccolta in grado di abbattere o degradare i principi attivi residui come ad esempio sostanze ossidanti semplici, come il perossido di idrogeno (acqua ossigenata), microrganismi come batteri o funghi in grado di "mangiare" i residui e formulati enzimatici o biochimici.

Le opzioni attuali

L'acqua ossigenata è tra gli agenti ossidanti più utilizzati in ambito agroalimentare per il suo potere disinfettante e ossidativo. In ambiente controllato è in grado di generare radicali liberi altamente reattivi, che degradano le molecole chimiche residue presenti sulla superficie dei frutti. Diversi studi hanno confermato la sua efficacia sia su mele e uva dove con immersioni in H₂O₂ diluito (1-3%) per alcuni minuti hanno comportato riduzioni del residuo fino al 70-80% per principi attivi come Captano e Imazalil, sia su fragole e peperoni nei quali si è osservato un abbattimento signi-

TECNICA POST-RACCOLTA

ficativo di insetticidi come Acetamiprid e fungicidi sistemici, specie quando l'acqua ossigenata è abbinata a raggi Uv (in un processo detto "ossidazione avanzata"). Un vantaggio non trascurabile è che il perossido, una volta svolta la sua azione, si decompone in acqua e ossigeno, senza lasciare tracce. Tuttavia, è fondamentale dosare correttamente la concentrazione e il tempo di esposizione, per evitare alterazioni della qualità del frutto (come sbiancamenti o perdita di turgore). In alcune applicazioni su frutta delicata, infatti, si sono riscontrati danni alla buccia se le condizioni operative non erano ottimali.

Un altro filone di ricerca molto attivo riguarda l'utilizzo di **microrganismi** benefici – batteri, funghi o lieviti – capaci di metabolizzare o trasformare i principi attivi dei fitofarmaci, rendendoli meno persistenti o inattivi. In natura, molti microrganismi del suolo o della superficie fogliare hanno evoluto la capacità di "digerire" molecole complesse: è il principio alla base del biorisanamento. In ambito ortofrutticolo, questa proprietà viene sfruttata applicando ceppi selezionati direttamente sui frutti o nelle fasi post-raccolta. Tra microrganismi studiati possiamo riportare il *Bacillus subtilis*, capace di degradare residui di Clorpirifos e Difenconazolo su pomodori, lo *Pseudomonas* spp, attivo su molecole organofosforiche come il Malathion ed il *Trichoderma harzianum*, già noto per il controllo biologico, ma in grado anche di trasformare fitofarmaci in composti meno tossici. Tuttavia, l'applicazione di microrganismi presenta anche criticità. Ogni ceppo infatti è spesso efficace su singoli principi attivi; quindi, non sempre copre tutte le esigenze residue di una coltura. Inoltre, i tempi di azione possono essere lunghi, e le condizioni ambientali (temperatura, umidità, conservazione) influenzano l'efficacia. Infine, serve particolare attenzione per garantire che i microrganismi non alterino la qualità o la conservabilità del prodotto. In ogni caso, si tratta di una via interessante compatibile anche con le esigenze del biologico.

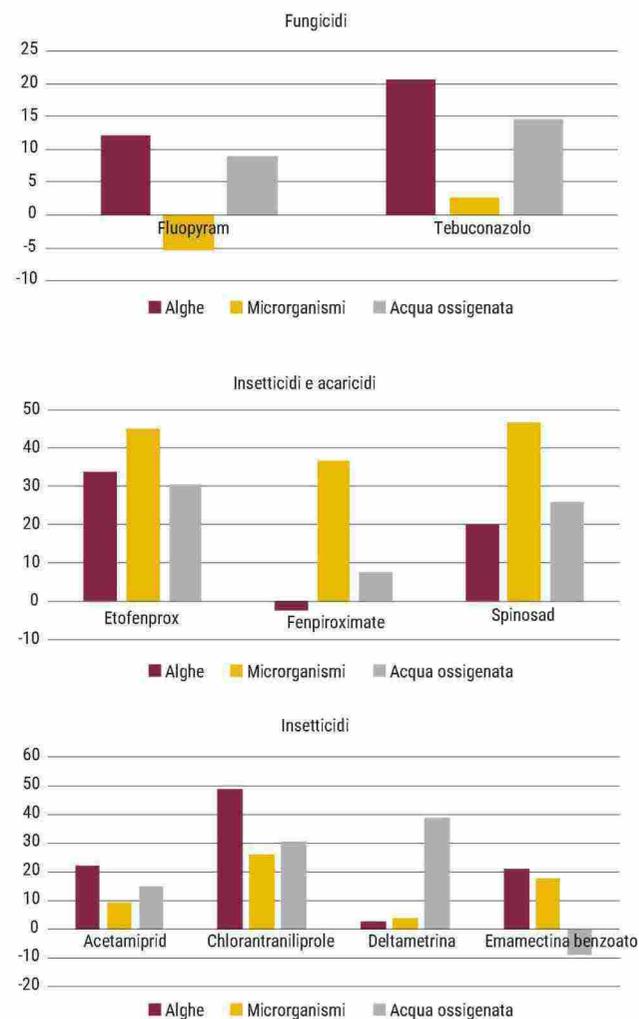
Infine, un approccio innovativo e promettente è quello basato su **formulati a base di enzimi** o di composti ottenuti per fermentazione, in grado di ossidare, idrolizzare o disattivare i residui chimici senza impiegare organismi vivi. Tra i vantaggi possiamo riportare la rapidità di azione, spesso entro poche ore o giorni, la compatibilità con trattamenti post-raccolta, nessun rischio di proliferazione microbica o contaminazione e la buona stabilità di conservazione e facilità d'uso in campo. Al momento, la letteratura scientifica su questi formulati è ancora limitata ma in espansione, e diversi centri di ricerca italiani stanno avviando studi su matrici diverse (mele, susine, ortaggi) per valutarne l'efficacia in condizioni reali.

In sintesi, la riduzione dei residui fitosanitari in ortofrutta richiede soluzioni flessibili, efficaci e sicure. L'acqua ossigenata è una soluzione potente, ma va gestita con attenzione. I microrganismi offrono approcci biologici promettenti, ma con tempi di azione più lunghi. I formulati enzimatici sembrano rappresentare un buon compromesso tra efficacia, praticità e sostenibilità.

La sperimentazione

Alla luce delle suddette esigenze del comparto produttivo regionale, durante la stagione 2024 il Centro di Saggio Astra Innovazione e Sviluppo di Faenza ha condotto una prova dimostrativa in campo su pesche, la quale è stata presentata al Macfrut 2025 durante l'incontro

FIG.1 EFFICACIA DEI TRATTAMENTI IN CAMPO SULLA DEGRADAZIONE PERCENTUALE DI FUNGICIDI, INSETTICIDI E ACARICIDI TRA PRERACCOLTA (C1) E POST RACCOLTA (C3), AL NETTO DEL TESTIMONE



organizzato dal Gruppo di Lavoro sul postraccolta di Rinova nell'ambito del progetto Ocm "Sviluppo di innovazioni bio-tecnologiche nel settore postraccolta frutta", per valutare l'efficacia di tre prodotti ossidanti nel ridurre i residui di agrofarmaci in campo e dopo la raccolta.

La prova sperimentale realizzata da ASTRA si è svolta nel 2024 su un pescheto in Emilia-Romagna, in località Bubano di Mordano (Bologna), su una superficie complessiva di circa 3.000 metri quadrati. L'esperimento ha coinvolto quattro tesi sperimentali:

- T1: Testimone non trattato;



TECNICA POST-RACCOLTA

TAB. 1 SINTESI DELL'EFFETTO DEI PRODOTTI DEGRADANTI TESTATI SU ALCUNI PRINCIPI ATTIVI RAPPRESENTATIVI DELLA PROVA RESIDUI 2024

Principio attivo	Prodotto efficace	Abbattimento residuo significativo
Acetamiprid	alghe, acqua ossigenata	Sì, in post-raccolta
Clorantniliprole	alghe, acqua ossigenata	Sì, in post-raccolta
Deltametrina	acqua ossigenata	Unico prodotto efficace
Fluopyram	alghe	Buon abbattimento
Spinosad	alghe	Sì, anche alla raccolta
Emamectina benzoato	nessuno	Riduzione modesta (solo alghe)

- T2: Trattamento con alghe (soluzione filtrata di crema d'alghe);

- T3: Trattamento con microrganismi (Basidium);

- T4: Trattamento con acqua ossigenata.

Ciascun trattamento è stato effettuato su parcelle da 76,8 m², con 4 ripetizioni. I prodotti sono stati applicati in due tempi diversi: alghe e microrganismi otto giorni prima della raccolta commerciale, acqua ossigenata due giorni prima. I frutti sono stati campionati in tre momenti: prima dei trattamenti (C1), alla raccolta commerciale (C2) e dopo 10 giorni di frigoconservazione (C3). I campioni, denocciolati e congelati, sono stati poi analizzati in laboratorio con tecnica multi-residuale per determinare la concentrazione dei vari principi attivi. Durante la stagione sono stati applicati 16 diversi presidi fitosanitari e l'intervallo tra l'ultimo trattamento e la raccolta variava da 13 a 129 giorni.

Risultati ottenuti

Durante la stagione vegetativa sono stati eseguiti diversi trattamenti fitosanitari, come previsto da disciplinare di produzione integrata. Infatti, al momento della raccolta i livelli di residuo risultavano in generale ben al di sotto dei limiti di legge. Tuttavia, non erano nulli, soprattutto per i trattamenti effettuati nelle settimane immediatamente precedenti la raccolta. Inoltre, in alcuni casi, la frigoconservazione ha causato un aumento apparente dei residui, non perché le sostanze chimiche siano aumentate, ma per un effetto di concentrazione legato alla perdita di acqua della polpa. I risultati sono stati valutati analizzando le variazioni percentuali dei residui tra i diversi

campionamenti, sia in valore assoluto che mediante la formula statistica di Henderson & Tilton, utile per confrontare i trattamenti con il testimone.

Il prodotto che ha mostrato l'attività più interessante è risultata la soluzione a base di alghe. Dopo la fase di frigoconservazione (C3), questa soluzione ha contribuito a una riduzione significativa dei residui per molti principi attivi, tra i quali Spinosad (-53,5%), Clorantniliprole (-33,1%), Acetamiprid (-39,1%) e Fluopyram (-33,1%). Anche se non si è mai raggiunto un annullamento completo, i livelli sono scesi in modo netto, suggerendo una buona capacità di degradazione. Inoltre, alcuni effetti positivi sono stati osservati già al momento della raccolta, prima della frigoconservazione.

Per quanto riguarda l'acqua ossigenata, si è osservata un'efficacia leggermente inferiore ad alla soluzione a base di alghe in generale, ma è stato l'unico prodotto efficace sulla Deltametrina, una sostanza notoriamente persistente, con abbattimenti superiori al 40%. Anche per Etofenprox e Clorantniliprole si sono osservati effetti interessanti. Tuttavia, va segnalato che l'acqua ossigenata non ha avuto effetto significativo su Emamectina benzoato, a differenza (parziale) delle alghe. Infine, per quanto concerne i microrganismi abbiamo osservato un effetto di riduzione modesto e solo su quattro dei nove principi attivi monitorati, tutti in fase post-raccolta. Le percentuali di riduzione sono state comunque piuttosto basse (attorno al 15-16%), rendendolo il meno efficace dei tre prodotti testati. Il primo anno di sperimentazione ha evidenziato il potenziale dei prodotti utilizzati per

la riduzione mirata dei residui fitosanitari in pesco. Sebbene nessun prodotto sia stato in grado di azzerare completamente i residui, i risultati ottenuti sono incoraggianti per l'adozione di queste pratiche come strategie post-raccolta complementari. In sintesi, la soluzione a base di alghe ha mostrato le migliori performance, ma necessita di conferme con trattamenti multipli ed in sinergia con altre molecole complementari, l'acqua ossigenata è un'alternativa valida, specie per molecole persistenti come la Deltametrina e i microrganismi, nelle condizioni testate, ha evidenziato scarsa efficacia. Nel complesso, la sperimentazione ha fornito risultati promettenti, pur con alcune limitazioni. Si è dimostrato dunque che i trattamenti ossidanti non sono una bacchetta magica, ma possono diventare strumenti importanti per integrare le strategie di difesa e migliorare la commerciabilità della frutta. Da sottolineare che nessuno dei prodotti è riuscito a eliminare completamente i residui, e l'efficacia dipende fortemente dalla molecola coinvolta, dal momento dell'applicazione e dalle condizioni post-raccolta. Inoltre, il trattamento ossidante non sostituisce una corretta gestione agronomica, ma può aiutare a migliorare il profilo residuale del prodotto in vista della commercializzazione, in particolare per mercati più esigenti.

La prova in futuro

In conclusione, questa prova rappresenta un primo passo concreto verso l'integrazione di trattamenti post-raccolta per il controllo dei residui in ortofrutta. La direzione è tracciata: un'agricoltura moderna, attenta alla salute del consumatore e alle richieste del mercato, non può prescindere da innovazioni che migliorano la qualità del prodotto finale, senza rinunciare alla sicurezza fitosanitaria in campo. Nelle prossime stagioni (2025, 2026 e 2027) si continuerà a testare l'efficacia dei prodotti degradanti con la modifica dei dosaggi impiegati e l'estensione della prova ad altre colture e a prodotti con residui persistenti, come ad esempio il pero.

Progetto finanziato grazie a Ocm Ortofrutta Reg. Ue 2021/2115, art.50 - Programma Operativo 2023/2029 - "Sviluppo di innovazioni bio-tecnologiche nel settore post raccolta frutta".