# Strategie di sviluppo per r-innovare il settore

Molto sta cambiando nel settore delle macchine e degli impianti per l'industria olearia: le tecnologie emergenti rimpiazzeranno la tradizionale gramolazione. Risultati promettenti dai prototipi in scala industriale

**di Maria Lisa Clodoveo[1], Riccardo Amirante[2]**
[1]*Dipartimento di Scienze Agro Ambientali e Territoriali (DiSAAT) - Università degli studi di Bari Aldo Moro*
[2]*Dipartimento di Meccanica, Matematica e Management - Politecnico di Bari*

Il settore olivicolo-oleario italiano può essere considerato un sistema produttivo tecnologicamente conservativo, cioè con limitata introduzione di innovazioni rispetto ad altri comparti dell'agro-alimentare. Tale approccio è apparentemente coerente con il comportamento del consumatore tipo, legato ad un modello di consumo dell'olio extravergine basato sull'abitudine e vincolato a un gusto che si è consolidato nel tempo e che è reticente a cambiare, nonostante la pressione di una attività di comunicazione e formazione che si sta sviluppando e diffondendo sul territorio italiano in maniera capillare e che mira ad un miglioramento della competitività delle produzioni di qualità nazionali.

▲ **Dispositivo ad ultrasuoni in scala industriale, equipaggiato con trasduttori a stelo (*sono-exchanger*).**

Il sistema agro-alimentare nazionale, al contrario, sembra costantemente incoraggiato a sviluppare innovazioni di prodotto, processo o servizio in grado di fronteggiare una domanda sempre più pressante di alimenti sani, di qualità, capaci di soddisfare, al contempo, esigenze salutistiche ed edonistiche, con origine certa, e che possano offrire una dimensione esperienziale. Nel settore agroalimentare, quindi, la tendenza del mercato è la creazione di una crescente domanda di prodotto sempre più differenziata e segmentata, in controcorrente con il mondo dell'olio extravergine di oliva, con risvolti penalizzanti soprattutto in ambito nazionale. Tuttavia, la strategia della segmentazione e differenziazione è da considerarsi l'unica strada percorribile dal settore olivicolo-oleario italiano, caratterizzato da ben note condizioni strutturali problematiche legate alla polverizzazione della produzione, alla frammentazione varietale e alla estrema eterogeneità territoriale. Queste condizioni determinano la diffusione di varie tipologie di impianto che non possono godere di economie di scala, pertanto l'olivicoltura italiana deve sottrarsi alle logiche di quelle filiere che competono sul prezzo del prodotto, e deve potenziare gli elementi di competitività anche attraverso lo sfruttamento delle innovazioni quali strumenti utili ad innalzare l'efficienza di produzione, la qualità del prodotto, la sostenibilità del processo ed, infine, la redditività del comparto.

## Le leve dell'innovazione

Dove nasce l'innovazione, quali sono le possibili leve da esplorare, e come rendere comprensibili ai fruitori le novità che si stanno affacciando sul mercato, favorendone l'implementazione nei contesti produttivi? Queste domande sono di largo interesse e possono avere approcci e finalità differenti a seconda che la prospettiva derivi dai produttori di macchine ed impianti per l'industria olearia, dal mondo della ricerca, dai produttori olivicoli, dai frantoiani o dai consumatori.

Enti di ricerca pubblici e privati lavorano costantemente ad approcci innovativi per sviluppare nuovi prodotti, processi o modelli organizzativi nel settore olivicolo-oleario. Tuttavia, la conversione di questi risultati di ricerca in innovazioni industriali è più complessa di quanto generalmente si possa ritenere. In pratica, non tutte le invenzioni, cioè le soluzioni nuove sviluppate nei laboratori in risposta a un problema tecnico, possono essere trasformate in innovazioni, quindi in nuovi prodotti o processi idonei ad uno sfruttamento commerciale per un vantaggio competitivo di filiera.

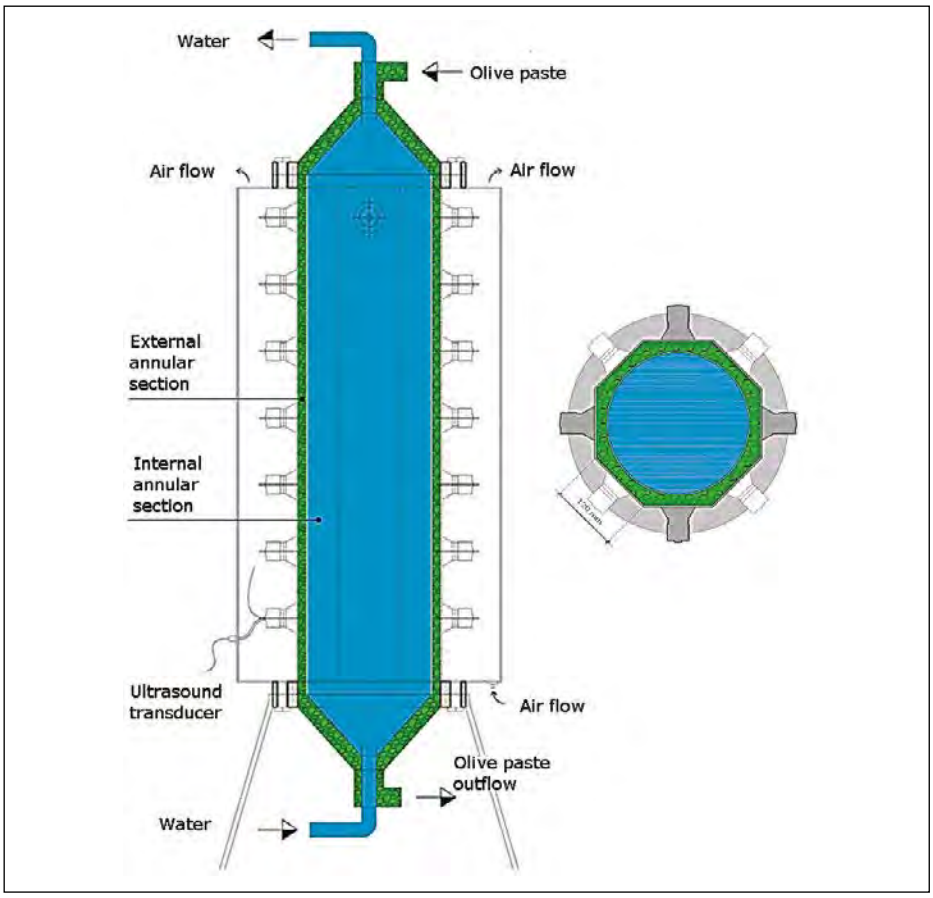
Le leve che guidano la ricerca e lo sviluppo di innovazioni in frantoio sono costituite dalla necessità di favorire, durante il processo estrazione, la separazione della più elevata quantità di olio, e della migliore qualità, modulando opportunamente la

complessa serie di trasformazioni fisiche, chimiche e biochimiche all'interno della pasta di olive. L'incremento della resa e della qualità del prodotto sono obiettivi, con la tecnologia attualmente in uso, in antitesi, che non possono quindi essere conseguiti contemporaneamente, ma che è necessario conciliare, sviluppando soluzioni per garantire una equa redditività agli operatori del comparto.

Le soluzioni innovative possono essere distinte per il grado di novità rispetto alla tecnologia, all'organizzazione e alla domanda esistenti, in due differenti tipologie: le *innovazioni incrementali* e le *innovazioni radicali*. Le innovazioni incrementali comportano il miglioramento di un processo, di un prodotto o servizio rispetto ad uno specifico modello o processo già esistente. Le innovazioni radicali rappresentano una rottura con i prodotti o processi esistenti. Le innovazioni incrementali sono molto numerose, mentre quelle radicali sono più rare.

## L'innovazione radicale del sistema continuo

Se consideriamo l'industria delle macchine ed impianti per il settore oleario possiamo affermare che la vera rivoluzione, cioè la prima, e al contempo l'ultima, innovazione di tipo radicale, è rappresentata dall'introduzione della separazione centrifuga dell'olio e la trasformazione dell'obsoleto sistema di estrazione a pressione, caratterizzato da bassa capacità lavorativa, elevata richiesta di manodopera e scarsi standard igienici, nel moderno sistema continuo, altamente efficace ed efficiente. Questa innovazione, risale ormai agli anni 1970 e ha comportato la necessità di combinare il decanter, la centrifuga ad asse orizzontale che separa in modo continuo l'olio dalla pasta di olive, con la gramola, macchina che opera *in batch* e che è necessaria per favorire, grazie allo scambio termico e all'agitazione, la coalescenza delle minute goccioline d'olio liberate dalla frangitura in gocce di diametro maggiore, sufficiente per essere separate in un campo centrifugo. Che la gramolazione fosse un male necessario, come la amava definire il Prof. Montedoro, è noto da tempo, e la maggior parte delle innovazioni incrementali sviluppate negli ultimi trenta anni hanno avuto lo scopo di migliorarne le prestazioni, ottimizzando la geometria delle macchine e lo scambio termico, anche grazie all'introduzione di scambiatori di calore che, migliorando il rapporto tra volume di pasta olearia da trattare e superficie di scambio, potessero sensibilmente ridurre i tempi di trattamento e il numero di gramole, in serie o parallelo, necessarie a garantire continuità al processo.




▲ **Schema progettuale del prototipo in scala industriale che combina ultrasuoni e scambio termico (*heat-sono-exchanger*), equipaggiato con trasduttori a piastra.**

Osservando i principi sui quali si sono basate le innovazioni incrementali, è possibile affermare che le leve sperimentate per sviluppare nuove macchine, in grado di migliorare le rese di estrazione e ridurre il residuo di grasso presente nei sottoprodotti, sono, sul piano fisico, gli stessi principi su cui tradizionalmente la tecnologia olearia si è sempre basata: riscaldamento e agitazione. Possiamo considerare, con buoni margini di certezza, che ogni sforzo tecnologico basato sull'ottimizzazione di questi fattori abbia raggiunto l'apice dell'applicabilità e che le macchine attualmente in commercio siano le migliori possibili, con scarse prospettive di ulteriore ottimizzazione se si utilizzano gli stessi approcci ormai consolidati.

## Efficacia ed efficienza degli impianti oleari

Guardando alle caratteristiche dei sottoprodotti oleari è chiaro che c'è ancora spazio per incrementare l'efficacia e l'efficienza delle macchine destinate all'estrazione olearia. Ed è qui forse il caso di soffermarsi sui termini "efficacia" ed "efficienza", spesso usati indistintamente come sinonimi, ma che riflettono in realtà due concetti ben distinti. L'efficacia, infatti, indica la capacità di raggiungere l'obiettivo prefissato, mentre l'efficienza valuta l'abilità di farlo impiegando le risorse minime indispensabili. Nel caso dell'impiantistica olearia possiamo affermare che una tecnologia è efficace se è in grado incrementare le rese e il contenuto di sostanze antiossidanti riducendone le perdite nei sottoprodotti, ed è efficiente se raggiunge questi obiettivi in maniera sostenibile, riducendo i costi energetici con vantaggio per le economie aziendali e l'impatto sull'ambiente.

Efficacia ed efficienza possono essere obiettivi conseguibili anche grazie

all'impiego di tecnologie emergenti, cioè tecnologie disponibili a livello sperimentale, che hanno già mostrato vantaggi in altri campi di applicazione e i cui sviluppi sono considerati promettenti nei prossimi decenni. Nel caso del processo di estrazione dell'olio extravergine di oliva le tecnologie emergenti devono garantire di ottenere simultaneamente due effetti: meccanico, per la rottura delle cellule passate integre al frangitore e la liberazione di ulteriori quote di olio e composti minori, e termico, per accelerare, per mezzo dell'effetto idrofobico, la coalescenza delle minute goccioline lipidiche. Tra le tecnologie emergenti che si stanno diffondendo nell'industria alimentare, candidabili a divenire nel prossimo futuro impianti in scala reale nel settore oleario, il nostro gruppo di ricerca multidisciplinare, ha individuato, in fase esplorativa, gli ultrasuoni e le microonde. La scelta di queste due tecniche si è basata su una strategia consolidata all'interno del team di ricerca, che partendo da una radicata e pluriennale competenza sulle tecnologie emergenti, passando per la progettazione di prototipi e la loro verifica sperimentale mira allo sviluppo di prodotti pronti per il mercato. Sulla scorta delle esperienze già note, entrambe le tecnologie, ultrasuoni e microonde, sono accomunate dalla possibilità di determinare contemporaneamente effetti termici ed effetti meccanici.

## Microonde e ultrasuoni a confronto

Le microonde sono radiazioni elettromagnetiche non ionizzanti con frequenze tra 300 MHz e 300 GHz, che determinano nella matrice macroscopici effetti termici, riconducibili all'azione che la radiazione elettromagnetica esercita sulle molecole polari, come l'acqua, presenti nel mezzo; le molecole polari ruotano con elevata frequenza per allineare il proprio dipolo al campo elettromagnetico, generando attriti e frizioni con le molecole adiacenti che inducono un rapido, ma disomogeneo, riscaldamento volumetrico. Gli spot termici, zone in cui per la nota disomogeneità di distribuzione della radiazione si concentra un elevato innalzamento termico, causano come effetto collaterale la dilatazione della fase acquosa del citoplasma, inducendo una blanda e localizzata azione meccanica di rottura delle pareti cellulari.

Gli ultrasuoni sono onde sonore con frequenze da 20 kHz a qualche GHz, superiori al limite udibile dell'orecchio umano. Alle basse frequenze, tra 20 e 40 kHz, determinano un evidente effetto meccanico, dovuto al fenomeno della cavitazione, che contribuisce in maniera significativa alla rottura delle cellule passate integre al frangitore liberandone il contenuto lipidico; l'effetto termico è blando e trascurabile.

Nei test preliminari, mirati a valutare l'attitudine delle due tecnologie a essere trasferite nella progettazione di impianti in scala reale ed trasferibili nei moderni frantoi, sono state analizzate le prestazioni in termini di efficacia e di efficienza.

Sotto il profilo dell'efficacia, quindi della capacità di innalzare le rese di estrazione preservando e/o migliorando la qualità del prodotto, le prove sperimentali hanno confermato gli effetti caratteristici delle due tecnologie. Per i noti effetti termici, le microonde hanno mostrato la capacità di ridurre significativamente la durata della gramolazione a parità di rese di estrazione. Al contrario, l'azione meccanica degli ultrasuoni ha dimostrato di poter determinare un sensibile incremento delle rese di estrazione in tempi significativamente brevi.

▲ **Corpo centrale del prototipo ad ultrasuoni in scala reale equipaggiato con trasduttori a piastra (*heat-sono-exchanger*).**

Due tecnologie a confronto con due diversi effetti. Quali strategie applicare per progettare l'impianto che potrà, con maggiore probabilità, contribuire al miglioramento del processo?

Accanto alle osservazioni di efficacia, decisive sono state le considerazioni in termini di efficienza. Le prove condotte allo scopo di misurare l'efficienza dei processi hanno rivelato come le microonde rappresentino una tecnologia, allo stato attuale, estremamente energivora e non compatibile con le più recenti linee di indirizzo dell'industria 4.0, che privilegiano processi in grado di preservare le risorse naturali.

Le evidenze sperimentali hanno indotto ad escludere l'adeguamento industriale della tecnologia a microonde: l'unico vantaggio costituito dalla sensibile contrazione dei tempi di processo non si coniuga con l'auspicato incremento delle rese. L'eccessivo costo impiantistico e la scarsa efficienza energetica, inoltre, rappresentano una minaccia di incremento dei costi di produzione incompatibile con un contesto produttivo che offre margini ristretti di guadagno.

Promettenti, al contrario, sono state le premesse di implementazione della tecnologia a ultrasuoni, grazie al costo impiantistico accessibile, combinato con il positivo incremento di resa, il blando effetto termico, e l'elevata efficienza energetica: chiare evidenze che hanno aperto la prospettiva di raggiungere l'obiettivo di incrementare le rese e la concentrazione di composti minori, riducendo i costi di produzione e migliorando i margini di profitto delle aziende.

## Dalla sperimentazione alla scala industriale

Come passare dal dispositivo di laboratorio *in batch*, che è in grado di trattare quantitativi limitati di pasta olearia (circa 3 kg) a impianti che operano in continuo lavorando decine di quintali di olive?

È qui che diventa fondamentale coniugare le competenze multidisciplinari dei gruppi di ricerca. Dalla collaborazione tra le Tecnologie Alimentari e l'Ingegneria dei Sistemi Energetici è stata delineata una strategia di progettazione basata prima sulla definizione della geometria ideale e sulla verifica di una cavitazione efficace, e poi sui calcoli energetici neces-

sari a realizzare un impianto che garantisse di ricreare le condizioni favorevoli di processo ottenute in laboratorio, aggiungendo il salto di qualità indispensabile per un processo industriale: la conversione delle condizioni testate *in batch* in un trattamento ultrasonico somministrato in continuo.

Sotto il profilo della geometria, la realizzazione di un impianto a ultrasuoni deve partire dalle caratteristiche dei trasduttori presenti in commercio e dalla flessibilità che questi possono offrire in fase di progettazione, anche con uno sguardo alla possibilità di realizzare soluzioni impiantistiche adatte alle diverse capacità lavorative dei frantoi oleari. I trasduttori più comunemente impiegati sono i cosiddetti trasduttori a forma di stelo. I primi prototipi realizzati hanno privilegiato questo modello poiché si integrava bene con gli scambiatori di calore a triplo tubo già diffusi in commercio. Questa combinazione è stata privilegiata per massimizzare gli effetti degli ultrasuoni, che sono enfatizzati dal simultaneo riscaldamento della pasta olearia, che, riducendo la viscosità del fluido, favorisce la propagazione dell'onda nel mezzo. Prove di simulazione fluidodinamica, condotte simultaneamente ai test sperimentali, hanno però evidenziato alcuni limiti di questa geometria, a prova di quanto sia lungo, tortuoso ed oneroso il percorso necessario a sviluppare una innovazione. Così, il passo successivo è stato costituito dalla progettazione, costruzione e realizzazione di un impianto a ultrasuoni basato sull'impiego di trasduttori a piastra. Con il sostegno economico della Regione Puglia, grazie al progetto **Perform Tech**, è stato realizzato un impianto a sezione ottagonale che combina il trattamento a ultrasuoni con lo scambio termico, e secondo le più recenti evidenze scientifiche, risultato delle attività di ricerca del Prof. Maurizio Servili dell'Università di Perugia, consente un condizionamento termico della pasta olearia finalizzato tanto al riscaldamento quanto al raffreddamento, a seconda del contesto ambientale e territoriale nel quale la tecnologia viene implementata. Il dimensionamento, basato sul calcolo dell'energia specifica da somministrare, ha dimostrato che la quantità di energia necessaria a massimizzare i vantaggi ottenibili dall'impiego degli ultrasuoni, per frequenze comprese tra 20 e 40 kHz, è pari a circa 18.000 J/kg. 18.000 J/kg è un numero che può non significare nulla se non paragonato ad altre operazioni di frantoio. Per rendere chiaro il significato del trattamento a ultrasuoni è sufficiente constatare che l'energia specifica trasferita da un frangitore meccanico è all'incirca 30.000 - 36.000 J/kg. Il trattamento a ultrasuoni, in questa ottica, può essere considerato una sorta di finitura della frangitura.

▲ **Prototipo del sistema combinato ad ultrasuoni e scambio termico, equipaggiato con trasduttori a piastra, in un impianto in scala reale.**

## Rese elevate e incremento di polifenoli

Il trattamento a ultrasuoni della pasta di olive è a pieno titolo classificabile come una tecnologia delicata che consente di coniugare l'incremento della resa (pari a circa 1 kg in piu di olio per 100 kg di olive) con l'incremento del contenuto in sostanze polifenoliche, minimizzando il danno termico ed ossidativo, attestato dalle analisi chimiche finalizzate alla classificazione merceologica e dal panel test. Il trattamento a ultrasuoni della pasta di olive è una innovazione radicale poiché è l'unico processo che ha reso possibile estrarre più olio e con un contenuto polifenolico maggiore rispetto alla tecnica nota, a costi d'impianto che si ripagano ampiamente durante la prima campagna d'utilizzo grazie ai maggiori quantitativi d'olio con valore commerciale più elevato. L'impiego degli ultrasuoni nel settore oleario rientra nelle *key enabling technology,* in quanto rappresenta una soluzione tecnologica capace di rivitalizzare il sistema produttivo, ed incrocia le sfide sociali legate alla sicurezza alimentare, all'agricoltura sostenibile e alla bio-economia in quanto rappresenta un sistema di produzione efficiente e capace di accelerare la conversione delle imprese verso la sostenibilità. Gli ultrasuoni inoltre aprono concretamente la strada ad un modello produttivo che, coerente con i principi dell'economia circolare, porti i frantoi a sfruttare la potenzialità di integrare in maniera remunerativa l'impiego della frangitura differenziata all'interno della linea di trasformazione. L'uso della denocciolatrice, oggi poco diffusa per le note perdite di resa, potrà essere incentivato dall'impiego degli ultrasuoni che hanno una azione positiva sulla estraibilità dell'olio. L'eliminazione del nocciolo prima della trasformazione ha il vantaggio di incrementare la capacità lavorativa degli impianti e migliorare l'efficienza energetica, e offre la possibilità di destinare le sanse denocciolate a scopi più remunerativi, e rendere disponibile il nocciolo intero per l'industria cosmetica e farmaceutica.

L'implementazione degli ultrasuoni nel processo di estrazione dell'olio di oliva è caratterizzato da un livello di maturità tecnologica elevata (Trl - *Technology readiness level*s) pari a 8, che corrisponde allo sviluppo e la sua convalida su scala reale. Sono ancora necessari test e valutazioni per verificare le condizioni di ottimizzazione, in particolare collocando la macchina in aree geografiche differenti, per studiarne il comportamento nei confronti di diverse cultivar e gradi di maturazione differenti. Il raggiungimento del Trl 9, il massimo livello di maturità tecnologica, cioè la tecnologia nella sua forma definitiva, richiede ancora alcuni piccoli sforzi che saranno possibili solo con la collaborazione dei frantoiani, che potranno suggerire strade di continuo miglioramento anche in relazione alle caratteristiche della materia prima e di quelle organolettiche desiderate nel prodotto. ■