



Foto di H. Toyama

Nel comparto agroalimentare bucce, vinacce, raspi, sanse e reflui di lavorazione sono stati per decenni destinati allo smaltimento, al recupero energetico diretto o a impieghi marginali a basso valore aggiunto.

L'alchimia verde di PERCIVAL¹ Dallo scarto alla bioattività: vinacce ed esocarpi agrumicoli come matrici funzionali in un modello di bioraffineria a cascata

Il progetto PERCIVAL mostra con chiarezza che la biomassa residuale non è un avanzo inerte, ma una materia complessa, ancora capace di esprimere funzioni biologiche, applicazioni tecnologiche e opportunità industriali. In questo quadro, il contributo dell'Unità di ricerca dell'Università di Ferrara assume un rilievo particolare per aver orientato l'indagine sulla rivalutazione salutistica e fitoaiatrica delle matrici, dimostrando che vinacce ed esocarpi agrumicoli possono diventare sorgenti di estratti polifenolici, ingredienti cosmetici sicuri, formulati antiossidanti e potenziali strumenti di protezione delle colture.

¹ Acronimo del progetto intitolato "Processi di EstRazione di bioprodotto da sCarti agroIndustriali e VALorizzazione in cascata" - Progetto di ricerca industriale e sviluppo sperimentale nelle 12 aree di specializzazione individuate nel PNR 2015-2020 - PON 2017, di cui al D.D. del 13 luglio 2017 n. 1735 - Chimica verde

***Massimo Tacchini,
*Maria Eleonora Foletti,
*Alessandra Guerrini,
*Aurora Kupe,
*Immacolata Maresca,
*Gianni Sacchetti,
Alessandro Massi

Abstract

Il progetto PERCIVAL propone un modello di bioraffineria integrata fondato sulla valorizzazione in cascata dei sottoprodotti agroindustriali secondo i principi della bioeconomia circolare e della chimica verde. In questo quadro, l'Unità di ricerca dell'Università di Ferrara ha sviluppato un percorso specifico di rivalutazione salutistica e fitoaiatrica delle matrici residue, concentrandosi sull'isolamento, la caratterizzazione e la purificazione di fitocomplessi ottenuti da vinacce post-vinificazione di *Vitis vinifera* L. e da esocarpi di *Citrus reticulata* L. I risultati mostrano che la qualità funzionale degli estratti non coincide necessariamente con la resa quantitativa: le vinacce esauste, pur meno produttive in termini ponderali rispetto all'uva fresca, risultano più ricche di polifenoli nobili e antociani, mentre il mandarino consente una duplice valorizzazione, attraverso il recupero della frazione terpenica volatile e di quella fenolica idrosolubile. L'integrazione di estrazione assistita da ultrasuoni, distillazione ottimiz-

**DALLO SCARTO AL VALORE:
COME FUNZIONA UNA BIORAFFINERIA
A CASCATA**

Quando si parla di sottoprodotti agroindustriali, il recupero energetico viene spesso considerato la soluzione più immediata. In realtà, secondo i principi della bioeconomia circolare, la biomassa dovrebbe essere valorizzata seguendo una precisa gerarchia.

La bioraffineria a cascata applica questo concetto organizzando una sequenza di utilizzi successivi della stessa materia prima. Le componenti a maggiore valore aggiunto vengono recuperate per prime, mentre solo le frazioni residue vengono destinate a impieghi energetici.

Nel caso degli esocarpi di mandarino, ad esempio, è possibile ottenere inizialmente l'olio essenziale, successivamente recuperare i composti fenolici presenti nelle acque aromatiche e, infine, utilizzare i residui finali per la produzione di energia o altri impieghi industriali.

L'obiettivo è semplice: estrarre il massimo valore possibile da ogni frazione della biomassa, riducendo gli sprechi e migliorando la sostenibilità complessiva del processo.

zata, purificazione su resine adsorbenti e protocolli bioguidati conferma la fattibilità di un approccio "zero waste" orientato alla cosmetica funzionale, alla nutraceutica e alla protezione sostenibile delle colture.

Parole chiave: bioraffineria a cascata; sottoprodotti agroindustriali; polifenoli; mandarino; vinacce; fitoiatria; chimica verde

Introduzione: quando lo scarto diventa una matrice di funzioni

Nel lessico industriale tradizionale, lo scarto è stato a lungo considerato come il residuo di un processo il cui valore era già stato estratto altrove: nel frutto commercializzabile, nel pro-

dotto principale, nella frazione ritenuta economicamente nobile. Questa lettura lineare ha interessato in modo particolare il comparto agroalimentare, dove bucce, vinacce, raspi, sanse e reflui di lavorazione sono stati per decenni destinati allo smaltimento, al recupero energetico diretto o a impieghi marginali a basso valore aggiunto. Eppure, osservate con gli strumenti della chimica delle sostanze naturali, della biologia farmaceutica e delle biotecnologie verdi, queste matrici appaiono sotto una luce del tutto diversa: non materiali esausti, ma sistemi ancora ricchi di metaboliti secondari, composti volatili, frazioni fenoliche e potenzialità funzionali.

È proprio in questo cambio di sguardo che si colloca il progetto PERCIVAL (Processi di Estrazione di bioprodotto da sCarti agroIndustriali e VALorizzazione in cascata), concepito per trasformare i sottoprodotti agroindustriali in risorse ad alto valore aggiunto attraverso un modello di bioraffineria integrata. All'interno di questo quadro multidisciplinare, l'Unità di ricerca dell'Università di Ferrara ha assunto un ruolo preciso: la rivalutazione delle matrici residuali in termini salutistici e fitoiatrici, mediante l'identificazione, l'estrazione, la caratterizzazione e la purificazione di fitocomplessi e frazioni bioattive destinabili alla cosmetica funzionale, alla nutraceutica e alla protezione delle colture.

Questo articolo prende in esame soprattutto tale linea di lavoro. L'attenzione si concentra quindi sulla selezione delle matrici, sull'ottimizzazione dei protocolli estrattivi coerenti con i principi della *green chemistry*, sulla purificazione selettiva delle frazioni più promettenti e sulla validazione delle loro proprietà biologiche. In primo piano vi sono due sistemi modello:

le vinacce post-vinificazione di *Vitis vinifera* L. e l'esocarpo di *Citrus reticulata* L., scelti non come semplici scarti da trattare, ma come matrici da reinterpretare alla luce delle loro vocazioni chimiche e applicative.

La parola che meglio sintetizza questa prospettiva è "cascata", ovvero non un unico impiego della biomassa, ma una sequenza ordinata di valorizzazioni: prima le molecole a maggiore valore biologico, poi le frazioni intermedie, infine il recupero energetico dei residui finali. In questa logica, lo scarto cessa di essere un problema terminale e diventa un archivio di funzioni.

**ESTRAZIONE ASSISTITA DA
ULTRASUONI: PRINCIPI E VANTAGGI**

L'estrazione assistita da ultrasuoni (UAE, Ultrasound-Assisted Extraction) è una tecnologia sempre più utilizzata per recuperare sostanze bioattive da matrici vegetali.

Gli ultrasuoni generano nel liquido milioni di microscopiche bolle che si formano e collassano rapidamente. Questo fenomeno, noto come cavitazione acustica, produce microturbolenze e variazioni locali di pressione che favoriscono la disgregazione dei tessuti vegetali.

Di conseguenza, le molecole presenti nelle cellule vengono rilasciate più facilmente nel solvente, aumentando l'efficienza dell'estrazione.

Rispetto alle tecniche tradizionali, l'UAE consente spesso di ridurre tempi di lavorazione, consumi energetici e quantità di solvente impiegato, operando inoltre a temperature più moderate. Questo aspetto è particolarmente importante quando si lavora con composti sensibili al calore, come polifenoli e antociani.

Una bioraffineria integrata guidata dalla chimica verde

L'elemento distintivo di PERCIVAL non risiede soltanto nelle matrici studiate, bensì nell'architettura del progetto. La bioraffineria a cascata proposta non è una somma di tecnologie giustapposte, ma una strategia integrata che organizza il valore lungo più stadi del processo. La biomassa non viene trattata in modo indifferenziato: viene letta, scomposta e indirizzata verso diverse traiettorie applicative in base alle sue caratteristiche chimiche e biologiche.

Questo assetto è pienamente coerente con i principi della *green chemistry* e con il criterio DNSH (*Do No Significant Harm*). In termini pratici, ciò significa privilegiare quando possibile solventi a bassa o nulla tossicità (es. acqua ed etanolo) come mezzi di processo; contenere il fabbisogno energetico, migliorare la selettività delle separazioni e progettare passaggi compatibili con un bilancio ambientale complessivamente favorevole. L'innovazione non consiste quindi semplicemente nell'ottenere un estratto, ma nell'ottenere un estratto migliore con processi più intelligenti e meno impattanti.

In questo senso, l'azione dell'Unità di Ferrara si inserisce in una visione molto concreta della sostenibilità: non una nozione astratta o dichiarativa, ma un criterio operativo che orienta la selezione delle matrici, delle condizioni di pretrattamento, delle tecnologie estrattive e delle opzioni di purificazione.

Due matrici, due modelli di valorizzazione

Per verificare la robustezza del modello, il progetto ha lavorato su due matrici vegetali profondamente diverse ma complementari: i sottoprodotti della filiera vitivinicola e quelli della

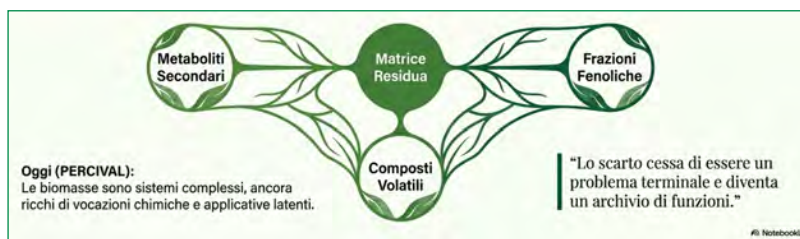


Fig. 1. La matrice residuale diventa una fonte di composti inserendosi nel contesto della sostenibilità.

filiera agrumicola. La loro differenza compositiva è, in realtà, uno dei punti di forza del lavoro, perché consente di mostrare che la logica della bioraffineria non è legata a un singolo materiale, ma a un metodo di interpretazione della biomassa. Nel caso dell'uva, il confronto è stato impostato tra uve fre-

sche di scarto e vinacce esauste post-vinificazione, con particolare attenzione a campioni da vitigni Lambrusco e Raboso, utilizzati come matrici sperimentali modello per studiare il recupero delle frazioni polifenoliche. I risultati sono particolarmente istruttivi perché smentiscono una convinzione intuitiva

IL GRANO FONTE DI VITA DAL GRANO IL LISOSAN®

- L'AIUTO NATURALE PER L'INFIAMMAZIONE
- PER LE TUE VENE, PER IL TUO CUORE
- PROGRAMMAZIONE CELLULARE BIOENERGETICA

PER IL BENESSERE



AGRI-SAN SRL
Via Matteotti 1950/B - Larciano (PT)
Tel. 0573/83203 - www.agrisan.com

LIOFILIZZAZIONE: UNA TECNOLOGIA PER PRESERVARE LA QUALITÀ FITOCHIMICA

La liofilizzazione è una tecnica di conservazione che rimuove l'acqua da un materiale precedentemente congelato.

A differenza dell'essiccazione tradizionale, l'acqua viene eliminata dalla matrice precedentemente congelata senza passare attraverso lo stato liquido, ma trasformandosi direttamente in vapore mediante un processo chiamato sublimazione.

Questo metodo riduce notevolmente lo stress termico subito dalla matrice vegetale e permette di preservare più efficacemente molte sostanze naturali sensibili al calore e all'ossidazione.

Nel caso delle vinacce, la liofilizzazione ha mostrato una migliore conservazione degli antociani e del profilo fitochimico complessivo rispetto all'essiccazione in stufa a temperature elevate.

Per questo motivo rappresenta spesso una delle strategie più efficaci per stabilizzare biomasse destinate alla produzione di estratti ad elevato valore funzionale.

ma fuorviante: che la matrice più "ricca" in termini di resa sia automaticamente la più interessante.

Le uve fresche, infatti, mostrano rese estrattive superiori, ma una parte molto consistente dell'estratto è costituita da zuccheri, in particolare D-glucosio e D-fruttosio, che possono rappresentare tra il 60% e l'80% del fitocomplesso. La resa ponderale, dunque, è alta, ma scarsamente selettiva. Le vinacce

esauste mostrano invece una resa quantitativa inferiore, ma un contenuto zuccherino drasticamente ridotto - in alcuni casi intorno al 4% - e un arricchimento relativo in polifenoli nobili, antociani e altri metaboliti secondari. Le analisi RP-HPLC-DAD e il *fingerprinting* HPTLC hanno confermato un profilo fitochimico più concentrato e più favorevole per applicazioni funzionali.

Nel caso del mandarino, l'interesse della matrice risiede soprattutto nella sua duplice vocazione estrattiva. L'esocarpo di *C. reticulata* consente infatti di ottenere, dalla stessa biomassa, sia una frazione volatile lipofila, costituita dall'olio essenziale, sia una frazione idrofila, rappresentata dalle acque aromatiche e dai composti fenolici in esse disciolti. Si tratta di un esempio quasi paradigmatico di valorizzazione a cascata: da un unico sottoprodotto si originano correnti di prodotto con destinazioni applicative differenti ma complementari.

Stabilizzare la biomassa: il ruolo decisivo del pretrattamento

Uno degli insegnamenti più importanti emersi dal progetto riguarda il pretrattamento della matrice. Le biomasse residuali non sono materiali statici: evolvono rapidamente sotto l'effetto di temperatura, umidità, ossidazione, attività enzimatica e proliferazione microbica. Per questo, la qualità finale dell'estratto dipende anche da come la materia viene raccolta, conservata e stabilizzata prima ancora dell'estrazione. Nel caso delle matrici vitivinicole, il confronto tra liofilizzazione ed essiccazione termica ha mostrato chiaramente la superiorità della prima. L'essiccazione in stufa, soprattutto nell'intervallo 60-70°C, induce una degradazione significativa delle molecole termolabili, in particolare degli antociani, con una perdita sia in termini quali-

tativi sia di bioattività. La liofilizzazione, al contrario, conserva meglio la struttura porosa della biomassa e preserva più efficacemente il profilo fitochimico originario.

A questo si aggiunge il fattore tempo. I dati mostrano che già dopo 24-48 ore dalla vinificazione, se la matrice non è mantenuta a basse temperature, si osserva una riduzione della resa e del contenuto di antociani. Questo risultato suggerisce una strategia operativa importante nell'intero processo a cascata, ovvero che la sostenibilità e l'efficienza di una filiera di valorizzazione non dipendono soltanto dalle tecnologie finali, ma dalla gestione intelligente dell'intera vita del sottoprodotto.

In questa finestra temporale, inoltre, non si può escludere l'instaurarsi di fenomeni enzimatici e microbici capaci di rimodellare in modo significativo il profilo compositivo della biomassa. Da un lato, tali processi possono contribuire al consumo della frazione zuccherina, relativamente poco interessante in un'ottica di *up-cycling*; dall'altro, possono favorire la comparsa o l'arricchimento relativo di prodotti di trasformazione e metaboliti potenzialmente più interessanti sotto il profilo funzionale. Si tratta, tuttavia, di una dinamica ambivalente: se opportunamente controllata potrebbe aprire prospettive di biovalorizzazione guidata, mentre in condizioni spontanee e non presidiate rischia soprattutto di ridurre la riproducibilità della matrice e di accelerare la perdita dei composti più labili, come gli antociani.

Estrarre meglio: ultrasuoni, distillazione ottimizzata e purificazione selettiva

Nel cuore sperimentale del progetto, l'Unità di Ferrara ha lavorato sull'ottimizzazione di tecnologie estrattive in grado di



Fig 2. Stabilizzazione delle biomasse residuali: confronto tra liofilizzazione ed essiccazione termica e impatto del tempo di conservazione sulla qualità fitochimica.

L'IDENTIKIT CHIMICO DEGLI ESTRATTI VEGETALI

La caratterizzazione chimica di un estratto vegetale richiede tecniche analitiche capaci di separare, identificare e quantificare le numerose sostanze presenti nel fitocomplesso. Nessuna metodica, da sola, è in grado di fornire tutte le informazioni necessarie: per questo motivo i ricercatori utilizzano approcci complementari.

L'HPTLC (High Performance Thin Layer Chromatography) permette di ottenere una sorta di "impronta chimica" dell'estratto. I diversi composti si distribuiscono sulla piastra secondo le proprie caratteristiche chimico-fisiche, generando un profilo utile per confrontare campioni differenti e valutarne rapidamente la composizione.

La RP-HPLC-DAD (Reverse Phase High Performance Liquid Chromatography con rivelatore a serie di diodi) consente invece di separare i singoli componenti della miscela e di determinarne la quantità. Questa tecnica è particolarmente impiegata nello studio di polifenoli, antociani e altri metaboliti secondari di interesse biologico.

Per le sostanze volatili, come quelle presenti negli oli essenziali, si utilizza spesso la GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry). In questo caso, i composti vengono separati mediante gascromatografia e successivamente identificati tramite il loro spettro di massa, ottenendo informazioni dettagliate sulla composizione della miscela.

L'integrazione di queste metodiche consente di costruire un vero e proprio identikit chimico dell'estratto, indispensabile per comprenderne la qualità, la composizione e il potenziale applicativo.

coniugare efficienza, selettività e compatibilità ambientale.

Per le matrici solide, come vinacce, raspi e bucce, è stata impiegata con successo l'estrazione assistita da ultrasuoni (UAE). Il fenomeno della cavitazione acustica favorisce la disgregazione dei tessuti vegetali e migliora il trasferimento di massa tra matrice e solvente, consentendo di operare in tempi più brevi e a temperature moderate. Questo aspetto è particolarmente importante quando si lavora con molecole termosensibili, come molti composti fenolici e gli antociani.



Fig 3. Strategia operativa per una filiera efficiente e sostenibile.



Nel caso del mandarino, l'ottimizzazione ha riguardato il processo di distillazione. L'introduzione di uno step di omogeneizzazione del macerato direttamente nella camera di distillazione, dopo una prima fase di trattamento, ha determinato un incremento molto rilevante della resa estrattiva: da circa 0,14% a 2,86%.

Si tratta di un risultato tecnicamente importante, perché dimostra che anche piccole modifiche nella gestione fisica della matrice possono cambiare radicalmente l'efficienza del processo.

Un ulteriore passaggio chiave è stato la purificazione su resine adsorbenti, in particolare mediante Amberlite XAD-2, impiegata per arricchire la frazione fenolica delle acque aromatiche e ridurre le interferenze zuccherine residue. Questo ha consentito di trasformare una corrente secondaria della distillazione in una matrice più pulita, concentrata e funzionalmente più promettente.

Vinacce esauste: meno resa, più valore funzionale

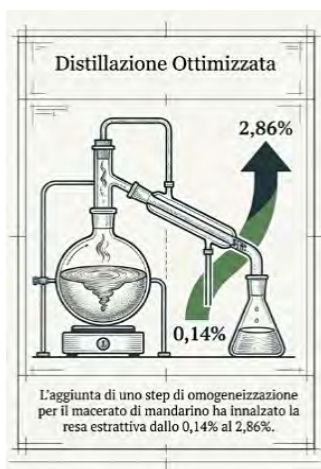
Il caso delle vinacce è forse il più eloquente nel mostrare come il paradigma quantitativo possa risultare fuorviante. La minore resa complessiva rispetto all'uva

Herbo Veneta[®]

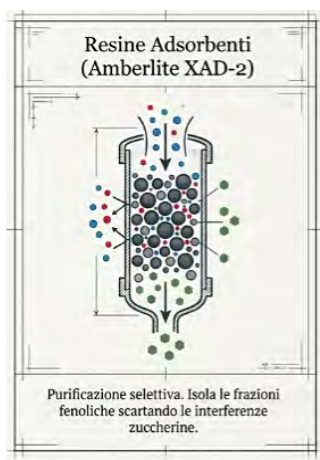
Azienda Erboristica Artigianale

Dal 1989 sviluppiamo e produciamo prodotti erboristici tradizionali, biologici, integratori alimentari e cosmetici naturali.

Herbo Veneta di Breseghello Mauro
Via Umbria, 24 - 35043 Monselice -PD-
www.herboveneta.it info@herboveneta.it



fresca potrebbe indurre, in una logica tradizionale, a considerare la vinaccia una matrice meno interessante ma i risultati ottenuti contrastano invece con tale ragionevole deduzione.



IC₅₀: SIGNIFICATO E INTERPRETAZIONE

Nella valutazione delle attività biologiche compare spesso il parametro IC₅₀ (Inhibitory Concentration 50). Questo valore indica la concentrazione di una sostanza necessaria per ottenere il 50% dell'effetto massimo osservabile in uno specifico sistema sperimentale.

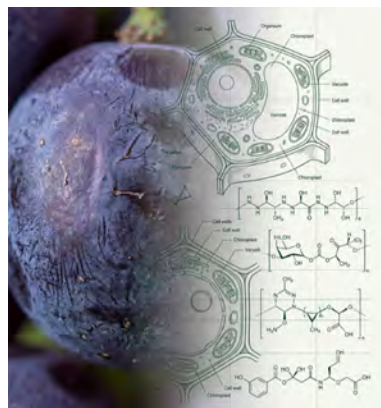
In termini pratici, l'IC₅₀ rappresenta una misura dell'efficacia biologica: più il valore è basso, minore è la quantità di sostanza necessaria per produrre l'effetto desiderato e, di conseguenza, maggiore è l'attività biologica osservata nelle condizioni sperimentali adottate.

Per esempio, se due estratti vengono testati contro lo stesso microrganismo e uno presenta un'IC₅₀ inferiore, quest'ultimo risulta generalmente più attivo nelle condizioni sperimentali adottate.

È importante ricordare che l'IC₅₀ non misura direttamente la sicurezza o l'efficacia clinica di un prodotto, ma costituisce un utile indicatore comparativo nelle fasi di ricerca e sviluppo.

Grazie alla riduzione della frazione zuccherina e alla maggiore concentrazione relativa di metaboliti secondari, le vinacce post-vinificazione si rivelano più adatte alla produzione di estratti funzionali, soprattutto in ambito salutistico e cosmetico. Le analisi cromatografiche hanno evidenziato una presenza più marcata di polifenoli e antociani, con minori interferenze dovute ai componenti non attivi. In altri termini, la vinaccia non è un residuo impoverito, ma una matrice già "selezionata" dal processo primario, in cui alcune componenti indesiderate risultano ridotte e quelle di maggiore interesse relativo emergono con maggiore chiarezza.

Questo dato ha anche un valore culturale. Invita infatti a supera-



re l'idea che la materia fresca sia sempre superiore per definizione e suggerisce che, in certi casi, la trasformazione industriale a monte possa produrre sottoprodotti con caratteristiche persino più favorevoli per specifiche applicazioni.

Mandarino: l'olio essenziale come risorsa fitoiatrica

La frazione volatile ottenuta dall'esocarpo di mandarino ha mostrato un profilo chimico fortemente caratterizzato dalla presenza di limonene (82,22%), accompagnato da γ -terpinene (11,25%) e da altri monoterpeni

in concentrazioni minori. Questa composizione conferisce all'olio essenziale una fisionomia ben definita sia sul piano aromatico sia sul piano biologico.

Ancora più rilevante è la performance del D-limonene puro, con IC₅₀ comprese tra 12,91 e 14,96 Qg/ml. Il confronto tra olio grezzo e composto puro non diminuisce il valore dell'estratto, ma aiuta a collocarlo correttamente: come matrice bioattiva reale, suscettibile però di ulteriore ottimizzazione formulativa.

Sul piano fitoiatrico, questo risultato apre alla possibilità di ricavare da uno scarto agrumicolo sostanze bioattive verso patogeni di interesse agricolo rafforza l'idea che i sottoprodotti possano alimentare non solo filiere cosmetiche o nutraceutiche, ma anche strategie di biocontrollo più sostenibili.

Acque aromatiche: una corrente secondaria che diventa ingrediente funzionale

Tra i risultati più interessanti del progetto vi è senza dubbio la rivalutazione delle acque aromatiche di mandarino. Tradizionalmente considerate frazioni minori della distillazione, esse si sono rivelate invece una matrice idrofila di notevole interesse, ricca di composti fenolici e potenzialmente utile in ambito cosmetico e salutistico.

La purificazione mediante Amberlite XAD-2 ha permesso di aumentare il contenuto di polifenoli totali da circa 14 mg GAE/g a circa 30 mg GAE/g, migliorando sensibilmente il profilo della frazione. Contestualmente, le analisi HPTLC hanno confermato la totale assenza di furanocumarine fototossiche, un elemento decisivo per la sicurezza di applicazioni topiche.

I fitocomplessi e le sinergie

Uno degli esiti del lavoro dell'Unità di Ferrara è la formulazione

di un prototipo ottenuto dalla miscela di estratto di vinacce liofilizzate e acqua aromatica di mandarino purificata. L'idea alla base del formulato è semplice ma scientificamente forte: mettere in dialogo due matrici complementari, una ricca di antociani e polifenoli, l'altra funzionale, sicura e idrosolubile.

Il test DPPH ha mostrato per questa miscela una significativa attività antiossidante *radical scavenger*, con un valore di IC_{50} pari a 107,39 Qg/ml. Il dato, di per sé rilevante, acquista maggiore significato se interpretato nel contesto della sinergia tra fitocomplessi. Non siamo di fronte alla semplice addizione di due ingredienti, ma alla costruzione di una matrice formulativa in cui l'efficacia può derivare

dall'interazione tra classi diverse di metaboliti secondari.

Questo punto è importante anche sul piano teorico. La chimica delle sostanze naturali insegna da tempo che l'attività biologica di un estratto non coincide sempre con quella del suo componente principale. Il lavoro di PERCIVAL si inserisce bene in questa tradizione, mostrando come le biomasse residuali possano essere valorizzate non solo per singole molecole marker, ma per la complessità organizzata dei loro fitocomplessi.

Oltre la salute: prospettive fitoiatriche e gerarchia del valore

Sebbene il presente contributo si concentri soprattutto sulla

IL VALORE NASCOSTO DELLE SINERGIE NATURALI

Le piante non producono una sola molecola attiva, ma un insieme complesso di sostanze chimiche che interagiscono tra loro. Questo insieme prende il nome di fitocomplesso.

Per molti anni la ricerca ha concentrato l'attenzione soprattutto sui singoli principi attivi isolati. Oggi è sempre più chiaro che, in numerosi casi, l'attività biologica di un estratto dipende anche dalle interazioni tra le diverse componenti presenti.

Questo fenomeno viene definito sinergia: alcuni composti possono potenziare l'attività di altri, migliorarne la stabilità oppure favorirne l'assorbimento.

Per tale motivo due estratti contenenti sostanze differenti possono, una volta combinati, manifestare proprietà superiori a quelle attese dalla semplice somma dei loro effetti individuali.

La valorizzazione dei fitocomplessi rappresenta uno degli aspetti più caratteristici della moderna ricerca sulle sostanze naturali e costituisce uno dei principi guida delle strategie di bioraffineria applicate alle biomasse residuali.

UNA MENTE SEMPRE IN FORMA.



Gli impegni di lavoro, di studio, lo stress della vita quotidiana o anche solo il progredire dell'età possono affaticare la nostra mente compromettendo memoria, concentrazione e capacità di elaborazione. Gli estratti di Goji, Bacopa e Melissa che caratterizzano la nuova formulazione di Cognimind OMEOSTAT, potenziata con vitamine del gruppo B da grano saraceno, aiutano la mente a rimanere naturalmente lucida e attiva ad ogni età.

Scopri lo qui



info@fitomedical.com www.fitomedical.com



FITOMEDICAL
star bene è naturale

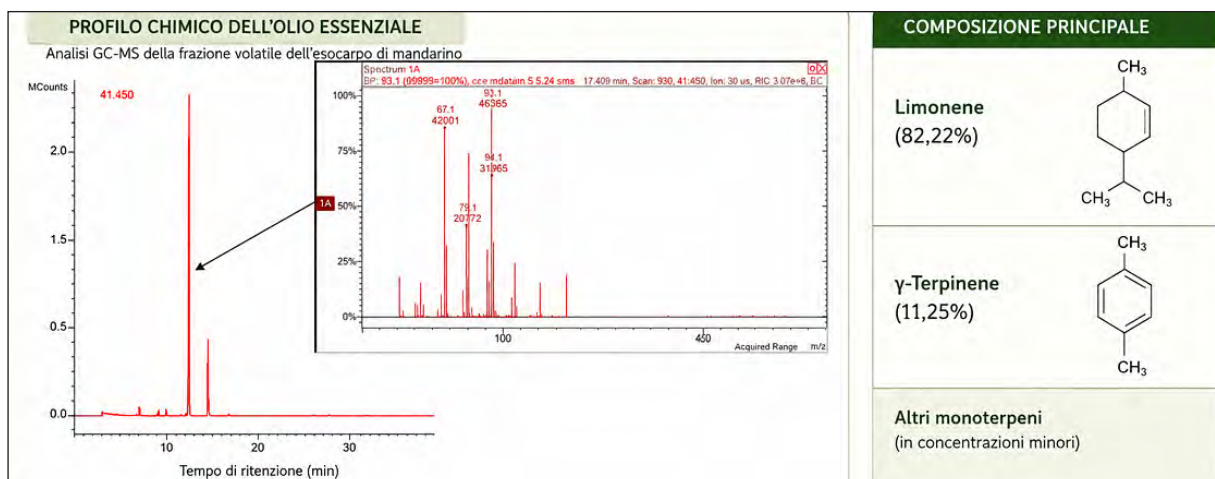


Fig 4. Profilo gascromatografico accoppiato a spettrometro di massa dell'olio essenziale di mandarino. Limonene e terpinene compongono il 93,47% del fitocomplesso totale. Le prove di attività antibatterica in vitro nei confronti di *Clavibacter michiganensis* e *Pseudomonas syringae* hanno restituito valori di IC_{50} rispettivamente pari a 412,97 3 47,43 Qg/ml e 427,31 3 48,09 Qg/ml. La scelta di questi microrganismi non è casuale: si tratta infatti di fitopatogeni di rilevante interesse agronomico, frequentemente associati a fitopatie responsabili di perdite produttive e criticità gestionali in diverse colture, e dunque particolarmente adatti per una prima valutazione del potenziale fitoiatrico di estratti naturali destinati al biocontrollo.



AI generated image

L'Unità di ricerca dell'Università di Ferrara ha sviluppato un percorso specifico di rivalutazione salutistica e fitoiatrica delle matrici residuali, concentrandosi sull'isolamento, la caratterizzazione e la purificazione di fitocomplessi ottenuti da vinacce post-vinificazione di *Vitis vinifera* L. e da esocarpi di *Citrus reticulata* L.



Fig 5. Valorizzazione fitoiatrica: potenziale antibatterico verso fitopatogeni di interesse agronomico.



Fig 6. Acque aromatiche di mandarino purificate mediante Amberlite XAD-2: incremento del contenuto polifenolico e assenza di furanocumarine fototossiche.



Fig 7. Sinergie tra fitocomplessi: formulazione sperimentale ottenuta dalla combinazione di estratti di vinacce liofilizzate e acqua aromatica di mandarino.

rivalutazione salutistica e fitoiatrica delle matrici, il modello PERCIVAL suggerisce una lezione più ampia: il valore della biomassa emerge quando le sue diverse frazioni vengono collocate all'interno di una gerarchia intelligente di usi.

Le evidenze ottenute sull'olio essenziale di mandarino, D-limonene e frazioni vitivinicole mostrano che il comparto fitoiatrico rappresenta una destinazione promettente per estendere la vita utile degli scarti agroindustriali. Allo stesso tempo, il progetto ricorda che il recupero energetico non dovrebbe essere la prima scorciatoia, ma l'ultimo anello della cascata, riservato ai residui già privati delle compo-

nenti a più alto valore biologico e formulativo.

Conclusioni: leggere le biomasse residue come sistemi complessi

Il progetto PERCIVAL mostra con chiarezza che la biomassa residuale non è un avanzo inerte, ma una materia complessa, ancora capace di esprimere funzioni biologiche, applicazioni tecnologiche e opportunità industriali. In questo quadro, il contributo dell'Unità di ricerca dell'Università di Ferrara assume un rilievo particolare per aver orientato l'indagine sulla rivalutazione salutistica e fitoiatrica delle matrici, dimostrando che vinacce ed esocarpi agrumicoli

SARANDREA®
ORTO DEL CENTAURO
Colleparado dal 1918

**INTEGRATORI ERBORISTICI
e ALIMENTARI**

Piante officinali e fitoderivati - Antica Liquoreria

**GEMMOTERAPIA
(Meristemoterapia)**

Il nuovo panorama
nella tradizione italiana.

*La Meristemoterapia efficace, sicura di qualità;
da generazioni all'avanguardia nella raccolta
e lavorazione delle piante spontanee fresche.*

COLLEPARDO (FR) Via D'Alatri, 3/b
Tel. 0775.47012 Fax 0775.47351
farma@sarandrea.it www.sarandrea.it

HortusHernicus

*Da 108 anni
una storia naturale.*

PURIFICAZIONE SELETTIVA MEDIANTE RESINE ADSORBENTI

Gli estratti vegetali e le acque aromatiche ottenuti dai processi di estrazione contengono spesso una miscela molto complessa di sostanze. Accanto ai composti di interesse biologico possono essere presenti zuccheri, acidi organici e altre molecole che diluiscono o mascherano l'attività delle frazioni più pregiate.

Per aumentare la concentrazione dei metaboliti desiderati è possibile ricorrere a resine adsorbenti, materiali porosi progettati per trattenere selettivamente determinate classi di composti.

Nel progetto PERCIVAL è stata impiegata la resina Amberlite XAD-2, particolarmente adatta all'adsorbimento di numerose sostanze fenoliche. Durante il processo, l'estratto viene fatto passare attraverso la resina: i composti indesiderati vengono allontanati, mentre i polifenoli vengono temporaneamente trattenuti. Una successiva fase di eluizione consente di recuperarli in forma più concentrata e purificata.

Questo approccio consente di ottenere frazioni caratterizzate da una maggiore densità di composti bioattivi, senza ricorrere a procedure particolarmente aggressive o a solventi ad elevato impatto ambientale.

Nel caso delle acque aromatiche di mandarino, la purificazione su Amberlite XAD-2 ha consentito di incrementare sensibilmente il contenuto di polifenoli, trasformando una corrente secondaria della distillazione in una matrice di maggiore interesse per applicazioni cosmetiche e salutistiche.



L'esocarpo di *C. reticulata* consente infatti di ottenere, dalla stessa biomassa, sia una frazione volatile lipofila, costituita dall'olio essenziale, sia una frazione idrofila, rappresentata dalle acque aromatiche e dai composti fenolici in esse disciolti.

possono diventare sorgenti di estratti polifenolici, ingredienti cosmetici sicuri, formulati antiossidanti e potenziali strumenti di protezione delle colture.

Forse il risultato più importante del progetto non è soltanto aver prodotto nuovi estratti o nuovi protocolli, ma aver modificato la domanda di partenza. Non più: "come smaltire uno scarto?", bensì: "quali funzioni sono ancora custodite in questa matrice?". È in questo spostamento di prospettiva che si coglie il senso più profondo della bioraffineria a cascata: non una semplice tecnologia di recupero, ma una forma di intelligenza applicata alla biomassa.

*** UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA, Dipartimento di Scienze della Vita e Biotecnologie, Laboratorio di Biologia farmaceutica, Tecnopolo Terra&Acqua Tech**

**** UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA, Dipartimento di Scienze Chimiche, Farmaceutiche e Agrarie**

Questi studi sono stati finanziati dal Progetto di ricerca industriale e sviluppo sperimentale nelle 12 aree di specializzazione individuate nel PNR 2015-2020 - PON 2017, di cui al D.D. del 13 luglio 2017 n. 1735 - Chimica verde, Pr. "PERCIVAL" con il coordinamento di ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile).

