



Foto di H. Toyama

Un antico estrattore di principi attivi (Aboca Museum)

## Il principio di Naviglio e il Naviglio Estrattore Venti anni di applicazioni

*Il principio di Naviglio fu enunciato nel 2003 in un articolo scientifico pubblicato sulla rivista Analytical Chemistry (Naviglio D. 2003) dal titolo "Naviglio's principle and presentation of an innovative solid-liquid extraction technology: Extractor Naviglio®" e tutt'oggi esso è ancora valido non essendoci stata nessuna confutazione o prova che esso non sia valido.*

*Nell'articolo, una dettagliata presentazione dell'apparecchiatura e delle sue caratteristiche.*

**\* Daniele Naviglio**  
**\*\* Paolo Trucillo**

Il principio di Naviglio recita nel modo seguente: "La generazione, con opportuno solvente, di un gradiente di pressione negativo tra l'esterno e l'interno di una matrice solida contenente del materiale estraibile, seguita da un repentino ripristino delle condizioni di equilibrio iniziali, induce l'estrazione forzata dei composti non chimicamente legati alla struttura principale di cui è costituito il solido. Il Naviglio Estrattore® è l'apparecchiatura che ha consentito di scoprire il principio di Naviglio e che oggi ne consente l'applicazione nella pratica; esso rappresenta una innovazione tecnologica nel settore dell'estrazione solido-liquido. Questa invenzione è il frutto dell'applicazione della scoperta del nuovo principio di estrazione solido-liquido che prende il nome, per l'appunto, di Principio di Naviglio. Il Naviglio Estrattore® si basa su un effetto di risucchio generato da una compressione del solvente estraente sul solido a circa 10 bar di pressione, per un tempo determinato, ed una seguente immediata e rapida

decompressione alla pressione atmosferica (Principio di Naviglio). La differenza di pressione tra l'interno e l'esterno della matrice solida sottoposta al processo di estrazione induce la rapida fuoriuscita del liquido estraente dall'interno della matrice solida verso l'esterno, per l'effetto del gradiente di pressione e trasporta meccanicamente verso l'esterno le sostanze estraibili contenute nella matrice solida. Un ciclo estrattivo comprende una fase statica e una dinamica. Durante la fase statica, il sistema viene lasciato sotto pressione per un tempo scelto in dipendenza della consistenza della matrice solida da estrarre (da 1 a 3 minuti): in questa fase il liquido penetra all'interno del solido e permea tutti gli spazi vuoti attraversando anche le pareti cellulari dei vegetali in una maniera più efficace rispetto alla macerazione. Terminata la fase statica inizia immediatamente la fase dinamica che assolve a due obiettivi: il primo è quello della generazione del gradiente di pressione negativo tra l'interno e l'esterno della matrice solida, che rappresenta l'effetto trainante dell'estrazione (Principio di Naviglio), mentre il secondo è quello di rimescolare il liquido in tutto il sistema per evitare la formazione di zone di sovrassaturazione dei composti estratti in prossimità della superficie del solido, evitando quindi il raggiungimento dell'equilibrio dinamico che fermerebbe il processo estrattivo.

**Parole chiave:** Estrazione solido-liquido, Principio di Naviglio, Estrattore Naviglio, Estrazione Rapida Solido-Liquido Dinamica (RSLDE), macerazione, percolazione

## ABSTRACT

*The Naviglio principle was stated in 2003 in a scientific article published in the journal Analyti-*

*cal Chemistry (Naviglio D. 2003) entitled "Naviglio's principle and presentation of an innovative solid-liquid extraction technology: Extractor Naviglio®" and still today it is valid since there has been no refutation or proof that it is invalid. Naviglio's principle reads as follows: "The generation, with a suitable solvent, of a negative pressure gradient between the outside and the inside of a solid matrix containing extractable material, followed by a sudden restoration of the initial equilibrium conditions, induces the forced extraction of the compounds not chemically related to the main structure of which the solid is made up of. The Naviglio Estrattore® is the device that made it possible to discover the principle of Naviglio and which today allows its application in practice; it represents a technological innovation in the solid-liquid extraction sector. This invention is the result of the application of the discovery of the new solid-liquid extraction principle which takes its name, precisely, from the Naviglio Principle. The Naviglio Estrattore® is based on a suction effect generated by a compression of the extracting solvent on the solid at about 10 bar of pressure, for a determined time, and a subsequent immediate and rapid decompression at atmospheric pressure (Principle of Naviglio). The pressure difference between the inside and outside of the solid matrix subjected to the extraction process induces the rapid outflow of the extracting liquid from inside the solid matrix towards the outside, due to the effect of the pressure gradient and transports mechanically towards the outside the extractable substances contained in the solid matrix. An extraction cycle includes a static and a dynamic phase. During the static phase, the system is left under pressure*

*for a time chosen according to the consistency of the solid matrix to be extracted (from 1 to 3 minutes): in this phase the liquid penetrates inside the solid and permeates all the empty spaces, crossing even the cell walls of plants in a more effective way than maceration. Once the static phase is over, the dynamic phase immediately begins which fulfills two objectives; the first is that of the generation of the negative pressure gradient between the inside and the outside of the solid matrix, which represents the driving effect of the extraction (Principle of Naviglio), while the second is that of mixing the liquid throughout the system to avoid the formation of oversaturation zones of the extracted compounds near the surface of the solid thus avoiding the achievement of the dynamic equilibrium which would stop the extraction process.*

**Keywords:** Solid-liquid extraction, Naviglio's Principle, Extractor Naviglio, Rapid Solid-Liquid Dynamic Extraction (RSLDE), maceration, percolation

## L'estrazione come operazione unitaria

In molti processi industriali la fase di preparazione di un prodotto richiede un'operazione unitaria per isolare i principi attivi contenuti nelle matrici vegetali di partenza. Generalmente, da piante officinali si ricavano molecole con proprietà nutraceutiche e farmaceutiche, per la cura di numerose patologie. Anche nel settore industriale del beverage viene impiegata questa tecnica per ottenere estratti alcolici di bucce di agrumi, fiori e foglie che, mediante contatto fra la matrice solida e il liquido estraente, vengono mescolati con acqua e zucchero per l'ottenimento del prodotto finito.

Le attuali tecniche di estrazione solido-liquido, si basano essenzialmente su due fenomeni fondamentali: la diffusione e l'osmosi, sulle quali è possibile intervenire per ridurre il tempo di estrazione e per aumentare la resa estrattiva dei principi attivi. La tendenza attuale è quella di aumentare la temperatura del sistema estrattivo per ottenere migliori risultati oppure realizzare più volte il contatto del solvente estraente con il solido da estrarre. Tuttavia, se da una parte il riscaldamento può accelerare l'estrazione delle sostanze contenute nelle matrici solide, dall'altra aumentano le probabilità di degradare composti sensibili all'aumento di temperatura.

La macerazione è la tipologia convenzionale più diffusa di estrazione solido-liquido. Oltre a essere la più facile da realizzare, è ancora particolarmente economica, ma richiede lunghi tempi di contatto tra solido e liquido. Inoltre l'uso dell'acqua come liquido estraente causa spesso fenomeni di putrefazione dovuti a proliferazione batterica.

Una possibile alternativa alla macerazione è la percolazione, ritenuta una variante della macerazione classica. Essa consiste nell'inserimento del materiale solido da estrarre in un contenitore cilindrico impaccato, che possiede sul fondo un setto poroso che permette il passaggio del liquido pur bloccando il materiale solido al suo interno. Il liquido estraente viene fatto passare nella colonna dall'alto verso il basso sia per gravità che a bassa pressione, se il materiale è in polvere polverizzato. In questo caso, è possibile scalare l'estrazione su grandi quantità di materiale solido con grandi volumi di liquido, a scapito però dell'efficienza di estrazione.

Un'ulteriore alternativa consiste nella tecnica di spremitura,

che si basa sullo schiacciamento, abrasione e/o rottura della struttura principale di cui è costituita la matrice solida per l'ottenimento del liquido in essa intrappolato. Un classico esempio anche casalingo consiste nella produzione di succhi da frutta per spremuta, in cui il liquido è già pronto per essere bevuto. Invece, nel caso della spremitura delle olive, si ottiene una "pasta" che deve essere ulteriormente lavorata per l'ottenimento dell'olio. In questo contesto è rilevante anche la produzione di oli essenziali di agrumi che vengono ottenuti per abrasione della buccia più esterna dell'agrume; il processo di abrasione della buccia può essere equiparato alla spremitura in quanto produce un estratto che deve essere poi separato nelle sue due componenti essenziali: l'acqua, che ha una densità più elevata e tende ad andare verso il basso e l'olio essenziale agrumario, che tende a stratificarsi sulla superficie libera dell'acqua portando così ad un sistema a due fasi da separare ulteriormente.

Negli ultimi decenni sono state inoltre proposte tecniche di estrazione innovative mediante l'uso di fluidi supercritici (SFE, Supercritical Fluid Extraction). L'anidride carbonica in condizioni supercritiche (31 °C e 73 bar) assume le caratteristiche di solvente non polare ed è paragonabile a un liquido dal punto di vista della densità e a un gas dal punto di vista della viscosità. Le sue proprietà di non tossicità, non infiammabilità e basso costo ne fanno una valida alternativa ai solventi usati nei processi convenzionali. Grazie all'uso della CO<sub>2</sub>, è possibile estrarre composti non polari da matrici solide, separando il principio attivo e allontanandosi poi sotto forma di gas. Prevedendo un opportuno riciclo del solvente gassoso, questa tecnica può

essere considerata a impatto ambientale nullo. Da un lato, l'efficienza estrattiva e l'impatto ambientale sono i punti di forza; d'altro canto, l'estrazione con fluidi supercritici richiede un particolare sistema estrattivo con investimenti non trascurabili in impianti adatti all'alta pressione. Ad oggi, esistono numerosi impianti che operano con CO<sub>2</sub> supercritica come ad esempio per l'estrazione della caffeina dai chicchi di caffè, l'estrazione della nicotina dal tabacco e l'estrazione del grasso da olio di semi.

Per la produzione di oli essenziali e, in genere, composti ad alta tensione di vapore contenuti ad esempio in piante odorose, si può ricorrere alla distillazione in corrente di vapore. Questa ulteriore tecnica di estrazione, ben nota per la separazione di composti con volatilità differenti, non è adatta a separare composti termolabili, poiché il sistema è sottoposto in genere a un forte aumento di temperatura. La distillazione, infatti, è una tecnica specifica per le sostanze volatili e anche stabili al calore in modo da poter essere separate integre dalla matrice solida in cui si ritrovano.

Come è possibile dedurre, le tecniche appena descritte non sono pertanto applicabili in maniera universale. Ciò è dovuto, da un lato, alla grande varietà di matrici vegetali che la natura ci ha messo a disposizione; dall'altro, alla grande numerosità di sostanze che in esse sono contenute. Una tecnica di estrazione solido-liquido può essere adatta per l'estrazione di una specifica famiglia di composti, mentre può non essere adatta per l'estrazione di altre componenti con caratteristiche chimicamente differenti. Ad esempio, l'estrazione degli oli essenziali agrumari è stata ottimizzata attraverso la tecnica dell'abra-

sione a temperatura ambiente e perciò non sarebbe possibile ottenerla impiegando la distillazione in corrente di vapore, per via delle elevate temperature raggiunte, che li degraderebbero. In aggiunta, non è pensabile ottenere i principi attivi delle piante officinali per spremitura delle varie parti delle piante (foglie, radici, cortecce etc.) in quanto il processo porterebbe a un essudato molto complesso chimicamente e perciò molto difficile da separare nelle sue singole componenti.

### Storia dell'Estrattore Naviglio

Il percorso che ha portato alla realizzazione dell'Estrattore Naviglio deriva dall'applicazione della metodica di Estrazione Rapida Solido-Liquido Dinamica (RSLDE) e ha preso il via dall'idea iniziale di migliorare il processo di percolazione. Infatti, il metodo convenzionale non prevedeva il rimescolamento del materiale all'interno del percolatore senza interrompere il processo di percolazione. Pertanto, si pensò di collegare due colonne tramite un condotto alla base e spingere il fluido con due pistoni (**Figura 1**). Alternando la spinta sull'uno e sull'altro pistone era possibile effettuare la percolazione su una colonna di materiale mentre il liquido in controcorrente nell'altra colonna provvedeva a rimescolare il solido. L'ulteriore spinta del pistone dove era stato rimescolato il materiale solido provvedeva a realizzare la percolazione



Figura 1 - Sistema a due siringhe manuale (a) e prototipo a due camere dell'Estrattore Naviglio

Il prototipo della doppia percolazione è stato poi migliorato con la creazione dell'Estrattore Naviglio per il recupero più efficiente dei principi attivi contenuti nelle piante officinali. Nel dettaglio, la matrice vegetale solida viene posta all'interno del reattore di estrazione, che è successivamente riempito con il liquido estraente, che può essere, ad esempio, acqua o etanolo. Il sistema viene chiuso ermeticamente e vengono azionati due pistoni che si muovono alternativamente per generare uno spostamento del liquido all'interno dell'estrattore; i due pistoni si muovono mantenendo costantemente il liquido sotto pressione. A questa fase dinamica, segue una fase statica che prevede un incremento della pressione del liquido rispetto a quella in cui esso si trovava nella fase dinamica fino al valore massimo attuale di 10 bar; la forza con cui il liquido spinge sulla matrice solida aumenta: in questo momento i pistoni avanzano contemporaneamente fino al raggiungimento della pressione desiderata e quindi si fermano dando la possibilità

Il prototipo della doppia perco-

zione è stato poi migliorato con la creazione dell'Estrattore Naviglio per il recupero più efficiente dei principi attivi contenuti nelle piante officinali.

Nel dettaglio, la matrice vegetale solida viene posta all'interno del reattore di estrazione, che è successivamente riempito con il liquido estraente, che può essere, ad esempio, acqua o etanolo. Il sistema viene chiuso ermeticamente e vengono azionati due pistoni che si muovono alternativamente per generare uno spostamento del liquido all'interno dell'estrattore; i due pistoni si muovono mantenendo costantemente il liquido sotto pressione. A questa fase dinamica, segue una fase statica che prevede un incremento della pressione del liquido rispetto a quella in cui esso si trovava nella fase dinamica fino al valore massimo attuale di 10 bar; la forza con cui il liquido spinge sulla matrice solida aumenta: in questo momento i pistoni avanzano contemporaneamente fino al raggiungimento della pressione desiderata e quindi si fermano dando la possibilità

- Produzione saponette vegetali 100% personalizzate per erboristerie, profumerie, farmacie
- Saponette da Hotel
- Produzione di cosmetici
- Lavorazione c/o terzi





**Alchimia Soap Srl**  
Via Mantova, 5  
21057 Olgiate Olona (VA)  
Tel.: 0331631582  
Fax: 0331674574  
www.alchimiasoap.it  
soap@alchimiasoap.it

al liquido estraente, che si trova sotto pressione, di penetrare all'interno del solido. È in questo momento che inizia il processo estrattivo vero e proprio. Il liquido che è entrato all'interno delle cellule vegetali si mette in equilibrio con quello che è all'esterno; in questa fase i principi attivi si muovono per diffusione e il liquido estraente inizia ad arricchirsi in tali componenti. Allorché i pistoni si mettono in azione per spostare il liquido facendolo diffondere in tutte le parti dell'estrattore si genera un abbassamento repentino della pressione all'esterno delle cellule vegetali e, in generale all'esterno della matrice solida; a questo punto il liquido contenuto a pressione più alta nelle cellule fuoriesce all'esterno attraversando la parete cellulare con grande velocità e trasportando all'esterno i composti che in essa vi si trovano. Le fasi di funzionamento del processo sono descritte in **Figura 2**.

Questo effetto di risucchio determinato dalla differenza di pressione tra l'interno e l'esterno della cellula rappresenta il nuovo principio di estrazione registrato a nome dello scopritore come il Principio di Naviglio per l'estrazione solido-liquido. Il

dispositivo funziona alternando una fase statica con una fase dinamica che svolge tre importanti ruoli: attua il principio di estrazione; diffonde i principi in tutto il liquido; rimuove la matrice solida dal setto poroso rimescolandola. Alternando più cicli di statica con cicli di dinamica l'estrazione diventa esauriente in tempi rapidi; la maggior parte delle applicazioni testate prevede un ciclo estrattivo totale di circa 2-4 ore. Per ogni ciclo di estrazione, la fase dinamica consente, allo stesso tempo un rimescolamento rapido e completo della matrice solida e una diffusione istantanea delle sostanze estratte in tutta la massa del liquido evitando così dei fenomeni di sovrassaturazione locali.

### Vantaggi e confronti con le altre tecniche

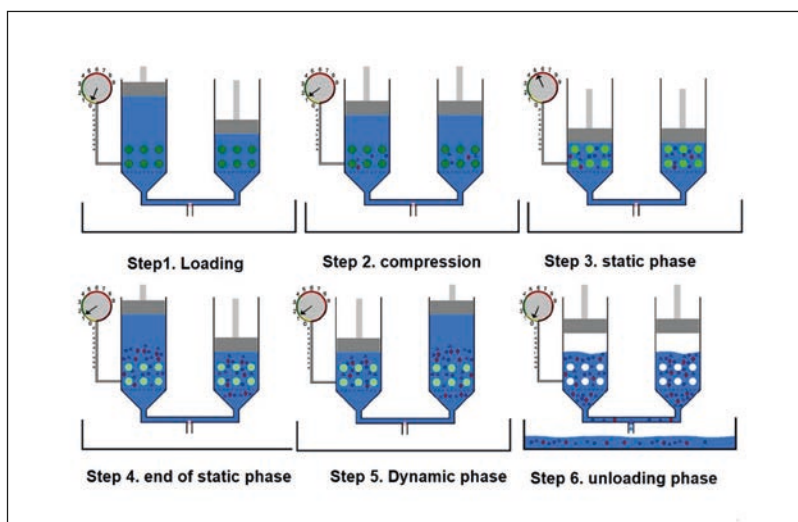
Il brevetto di invenzione industriale è stato depositato nel 1998, con rilascio definitivo avvenuto nel 2000. Inoltre, dopo soli 3 anni dalla concessione del brevetto, un articolo scientifico pubblicato sulla rivista internazionale *Analytical Letters* ha per primo descritto il Principio di Naviglio, evidenziandone le potenzialità. Fino ad oggi, la tecnica non ha ricevuto ancora

alcuna opposizione o confutazione scientifica. Di seguito si riportano alcuni esempi di estrazioni da matrice vegetale realizzata con successo con l'Estrattore Naviglio.

Il Naviglio Estrattore è un estrattore rivoluzionario in quanto cambia completamente la filosofia dell'estrazione solido-liquido; non si estrae per diffusione né per osmosi, come avviene nella maggior parte dei metodi estrattivi tradizionali. Infatti, il principio estrattivo si basa su una azione meccanica reiterata prodotta dallo scorrimento rapido del liquido estraente che, fuoriuscendo dal solido, trasporta con sé tutto il materiale estraibile, lasciando intatta la struttura molecolare principale di cui è costituito il solido.

L'altra inversione di tendenza è che, fino ad oggi, si è ritenuto che un aumento di temperatura del sistema estrattivo facilitasse l'estrazione senza tenere conto delle forti degradazioni prodotte a carico di sostanze come i principi attivi delle piante officinali; il Naviglio Estrattore dimostra invece che è possibile estrarre anche raffreddando il sistema estrattivo in quanto l'effetto di trascinarsi delle sostanze dall'interno all'esterno della matrice solida si realizza anche se la diffusione dei composti è bassa. In altri termini l'estrazione solido-liquido realizzata mediante l'Estrattore Naviglio rende il processo "attivo" in quanto le sostanze contenute nella matrice solida sono forzate ad uscire verso l'esterno trasportate dal flusso del liquido estraente; di contro i processi di estrazione convenzionali basati sulla diffusione e sull'osmosi come la macerazione e la percolazione sono dei processi "passivi" in quanto non è possibile agire dall'esterno per accelerare il processo se non

Figura 2. Fasi di funzionamento dell'estrattore Naviglio



con aumento della temperatura che nella maggior parte dei casi ha conseguenze negative sulla struttura dei principi attivi.

Il Naviglio Estrattore è una tecnica poco costosa e richiede un dispendio energetico minimo, se paragonata all'estrazione con fluidi supercritici (Anidride carbonica supercritica) o all'estratto ASE® (Accelerated Solvent Extraction) brevetto della Dionex americana.

Riassumendo, i principali vantaggi del Naviglio Estrattore sono: esaurimento in tempi brevi delle matrici solide, contenenti sostanze estraibili, a temperature operative basse (Ambiente o sub-ambiente) e, in aggiunta, riproducibilità dell'estrazione; di conseguenza gli estratti risultano standardizzati per il contenuto di principi attivi. Queste caratteristiche garantiscono la produzione di estratti di qualità. Nessuna tecnica di estrazione solido-liquido attualmente esistente fornisce contemporaneamente tutti i vantaggi sopra esposti.

L'impiego più importante del Naviglio Estrattore è nel settore delle piante officinali; la Farmacopea Ufficiale impone una estrazione di 21 giorni in macerazione per l'ottenimento dell'estratto; gli estratti ottenuti con il Naviglio Estrattore riescono ad arrivare, in poche ore, a una concentrazione di principi attivi più elevata rispetto a quelli ottenuti con le tecniche convenzionali. L'estratto Naviglio, negli ultimi 20 anni, è stato impiegato in numerosi campi di applicazione, quali quello erboristico e cosmetico, e nell'industria delle bevande alcoliche derivanti da estratti in alcol etilico di bucce di agrumi (Limone, mandarino, arancio etc.) oppure da erbe come nel caso degli amari, e persino nell'industria dei profumi, laddove è possibile ottenere estratti di piante odorose e aromatiche.

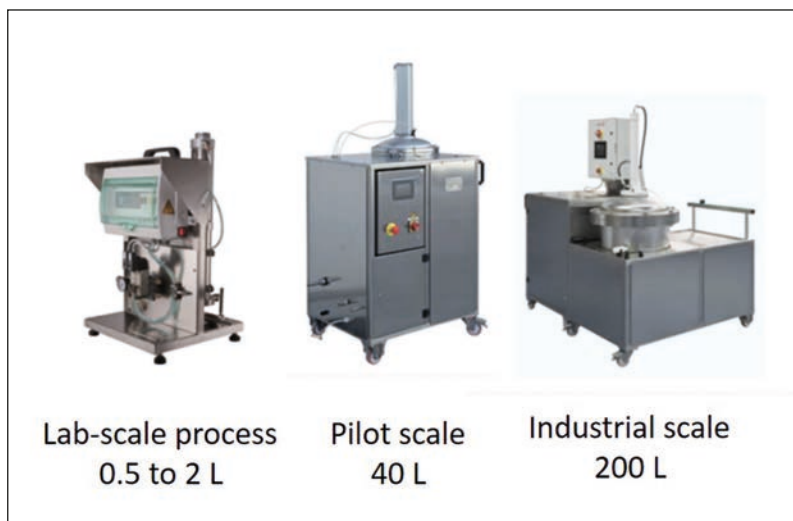


Figure 3. Versione attuale dell'Estrattore Naviglio e scale up industriale

Il Naviglio Estrattore è dimensionabile a diverse grandezze (Figura 3), da quella in scala di laboratorio (0.5-2 L) e in scala pilota (40 L) fino a quella in scala industriale (200 L).

La tecnica RSLDE garantisce una maggiore riproducibilità della composizione degli estratti. Mentre per la macerazione si ottiene in genere una variazione dei contenuti fino al 20%, nel caso degli estratti ottenuti impiegando la tecnica RSLDE la variazione è stata contenuta al di sotto del 5%. Questo risultato è spiegabile ancora in base al fatto che essendo la RSDLE molto veloce, il contatto solido liquido diventa di minore impatto sulla resa, e le sostanze estratte non hanno molto tempo per interagire con la matrice solida.

### Produzione del limoncello con Estrattore Naviglio

Il liquore di limone, detto comunemente limoncello, è una bevanda alcolica la cui ricetta originaria è contesa tra la Penisola Sorrentina e la Costiera Amalfitana grazie alla coltivazione di limoni particolarmente aromatici quali lo "sfusato amalfitano" e il "femminiello sorrentino". La ricetta tradizionale è il frutto

di esperimenti basati su "trial and error", da quando si osservò che l'alcol etilico era capace non solo di conservare sterili gli alimenti, ma allo stesso tempo funzionava da liquido estraente di oli essenziali contenuti nei vacuoli delle cellule oleifere del flavedo. La produzione industriale classica avviene mediante macerazione, metodo peraltro usato spesso anche a livello casalingo. In base al processo tradizionale, l'infusione viene protratta da un minimo di 7 a un massimo di 21 giorni.

Il Naviglio Estrattore introduce molteplici vantaggi nella produzione del limoncello, primo fra tutti la riduzione di consumo di limoni (circa 33%) a parità di concentrazione ottenuta, ottenendo allo stesso tempo un liquore gradevole e aromatico, senza nulla perdere nelle caratteristiche organolettiche del prodotto finito. Un ulteriore vantaggio è dato dal fatto che l'estratto alcolico viene ottenuto in sole 2 h di estrazione con notevole riduzione del tempo complessivo di produzione ed è possibile, al contempo, recuperare l'alcol etilico imbibito nelle bucce mediante due lavaggi consecutivi con acqua potabile. Ciò è possibile grazie al fatto che il processo estrattivo rea-

Figura 4. Produzione del limoncello per macerazione e con Estrattore Naviglio a confronto



lizzato in tempi brevi con alcol etilico non danneggia le bucce, come invece avviene nel caso della macerazione prolungata, dove non è più possibile recuperare l'alcol etilico. Infine, le bucce di limone, essendo state "lavate" con acqua, non conteranno alcol etilico, se non in tracce trascurabili, tanto che potranno essere essiccate in aria e potranno essere destinate all'alimentazione (Figura 4).

### Altre applicazioni riportate in letteratura

L'estrattore Naviglio, oltre a realizzare estrazioni canoniche solido-liquido quali quelle che prevede la farmacopea ufficiale (come già descritto in precedenza), è stato utilizzato anche per realizzare l'idratazione rapida dei legumi (in 1-2 h) e per la cottura a freddo (20 °C) dei

broccoli. Nel primo caso, l'effetto della pressione e depressione ha determinato un rapido ingresso dell'acqua fino al cuore del legume, predisponendolo in soli 30 minuti alla cottura, in alternativa alle consuete 12-24 h richieste per l'ammollo tradizionale. Nel secondo caso, tale effetto genera una destrutturazione della matrice vegetale, rendendola simile a quella che si ottiene dopo la cottura a caldo che avviene tradizionalmente in cucina. Inoltre, un'altra valida applicazione è quella dell'estrazione del licopene in forma para-cristallina dalle bucce di pomodoro derivanti dagli scarti della lavorazione. In questo caso, è stato possibile estrarre impiegando come liquido estraente soltanto acqua, con un conseguente ridotto impatto ambientale.

Le attuali tecniche di estrazione solido-liquido, si basano essenzialmente su due fenomeni fondamentali: la diffusione e l'osmosi.



Foto di Monika



Foto di cgdsro

La macerazione è la tipologia convenzionale più diffusa di estrazione solido-liquido.

Una ulteriore applicazione industriale consiste nella pulizia delle rondelle di sughero che si trovano alla base della produzione dei tappi che servono a chiudere le bottiglie di vino. La naturale presenza di muffe nel sughero, in determinate condizioni, può produrre il tri-cloro-anisolo, responsabile del cosiddetto "sapore di tappo". Con il processo Naviglio è possibile ripulire queste rondelle di sughero usando esclusivamente acqua di fonte, rimuovendo le muffe. Alternativamente, i processi convenzionali fanno uso di vapore acqueo o di dicloro-metano, con un notevole impatto energetico e ambientale. Allo stesso modo, il processo può essere vantaggiosamente usato per la pulizia di altri materiali e supporti solidi. Infine, è possibile indurre artificialmente il processo di invecchiamento del vino, delle grappe e dei distillati, processandoli con trucioli di legni specificamente selezionati (rovere, castagno, quercia etc). Per questa ultima applicazione è sufficiente un trattamento di circa 4 h per avviare il processo di aromatizzazione nelle successive due settimane. Il prodotto ottenuto è assolutamente confrontabile con vini, grappe e distillati invecchiati in botti di legno per diversi anni.

## Conclusioni

La scoperta del nuovo principio di estrazione solido-liquido noto come il principio di Naviglio ha aperto la strada a un nuovo corso nell'ambito della ricerca delle sostanze naturali contenute nelle piante officinali e, mediante la messa a punto di impianti industriali, ha dato la possibilità da più di due decenni ai produttori di estratti di lavorare più velocemente, esaurire meglio le matrici vegetali e ottenere estratti qualitativamente superiori se confrontati con quelli ottenuti con le tecniche convenzionali di estra-

zione solido-liquido come la macerazione e la percolazione. Più di duecento matrici di origine vegetale sono state sottoposte ad estrazione e gli estratti ottenuti sono stati confrontati con i metodi ufficiali di analisi. Da questi confronti si evincono i vantaggi dell'utilizzo della nuova tecnica estrattiva, sia per la rapidità, sia per la completezza dell'estrazione, sia per l'ottenimento dell'estratto a temperatura ambiente, evitando la degradazione termica di sostanze termolabili e aprendo la strada alla produzione di tisane a temperatura ambiente, con una notevole riduzione dell'impatto ambientale, nell'ottica di un'evoluzione verso il green dell'estrazione su scala industriale.

*\*Department of Chemical Sciences,  
University of Naples Federico II*

*\*\*Department of Chemical, Materials  
and Industrial Production Engineering,  
University of Naples*

## Bibliografia

- Naviglio, D., et al. (2022). High Efficiency and New Potential of RSLDE: A Green Technique for the Extraction of Bioactive Molecules from Not Completely Exhausted Plant Biomass and Organic Industrial Processing Waste. *Applied Sciences*, 12(22), 11726.
- Naviglio, D. et al. (2022). Extraction and Purification of Phycocyanin from *Arthrospira platensis* Microalgae Using a Green Solid-Liquid Extraction Technology (RSLDE). In *Macromolecular Symposia* (Vol. 404, No. 1, p. 2100268).
- Naviglio, D. et al. (2022). Various Applications of Processing of Olive Leaves Waste Extracted with RSLDE: A Green Technology. In *Macromolecular Symposia* (Vol. 404, No. 1, p. 2100271).
- Panzella, L et al. (2020). Bioactive phenolic compounds from agri-food wastes: An update on green and sustainable extraction methodologies. *Frontiers in nutrition*, 7, 60.
- Gallo, M. et al. (2017). Analysis and comparison of the antioxidant component of *Portulaca oleracea* leaves obtained by different solid-liquid extraction techniques. *Antioxidants*, 6(3), 64.
- Cozzolino, I., et al. (2016). Extraction and curcuminoids activity from the roots of *Curcuma longa* by RSLDE using the Naviglio extractor. *European Scientific Journal*, (Special Edition).

Formato, A. et al. (2013). Supercritical fluid extraction of  $\alpha$ - and  $\beta$ -acids from hops compared to cyclically pressurized solid-liquid extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*, 84, 113-120.

Daniele, N. et al. (2008). Extraction of pure lycopene from industrial tomato waste in water using the extractor Naviglio®. *African Journal of Food Science*, 2(4), 037-044.

Daniele, N. et al. (2007). An innovative solid-liquid extraction technology: use of the naviglio extractor® for the production of lemon liquor. *African Journal of Food Science*, 1(4), 042-050.

Naviglio, D. (2003). Naviglio's principle and presentation of an innovative solid-liquid extraction technology: extractor Naviglio®. *Analytical letters*, 36(8), 1647-1659.

# AQUAMARIS

elixir

## ...naturale effetto detossificante

Con Tarassaco, Betulla e Gramigna  
che favoriscono il drenaggio  
dei liquidi corporei  
e le funzioni depurative dell'organismo.



**SARANDREA**  
FITOTERAPIA

Sarandrea,  
da 100 anni  
una storia  
naturale.

www.sarandrea.it

COLLEPARDO (FR)  
Via D'Alatri, 3/b  
Tel. 0775.47012  
Fax 0775.47351