

Innovazioni impiantistiche per la produzione e valorizzazione dell'olio di oliva nel rispetto dell'ambiente

Paolo Amirante^{*1}, Maria Lisa Clodoveo¹, Alessandro Leone², Antonia Tamborrino¹

¹Dipartimento di Progettazione e Gestione dei Sistemi Agro-Zootecnici e Forestali, Università di Bari
Via Amendola 165/a, 70126 Bari

²Dipartimento di Scienze delle Produzioni e dell'Innovazione nei Sistemi Agro-alimentari Mediterranei,
Università di Foggia,
Via Napoli 25, 71100 Foggia

Associazione Italiana di Ingegneria Agraria

Riassunto

Le innovazioni tecnologiche degli impianti agroalimentari sono sempre più rivolte alla valorizzazione delle caratteristiche qualitative del prodotto elaborato nel rispetto dell'ambiente. La domanda dei consumatori registra, infatti, un progressivo interesse verso prodotti ad elevato valore edonistico, nutrizionale e salutistico. Le ragioni di questo fenomeno sono riconducibili essenzialmente al fatto che la scienza medica ha da tempo evidenziato gli effetti salutistici della dieta, con particolare riguardo a quella dei Paesi del Mediterraneo. Particolare attenzione viene, inoltre, rivolta alla tipicità delle produzioni, oltre, che al soddisfacimento delle caratteristiche di genuinità e di salubrità, che devono inquadrarsi prioritariamente con le condizioni pedoclimatiche ed agronomiche dei luoghi di produzione, in modo da rendere le caratteristiche dell'alimento differenziabili anche all'interno dello stesso areale produttivo, con l'esigenza di fornire la certezza della genuinità del prodotto finito, tendendo a favorire la produzioni in filiere corte, in cui all'interno della stessa azienda agricola si possa chiudere il ciclo di processo. Il sistema produttivo, oltre a garantire elementi di elevata qualità e ad alto valore aggiunto, deve consentire la certezza della tracciabilità di filiera, anche in areali relativamente estesi. L'attività di ricerca deve essere necessariamente interdisciplinare, in collaborazione con gli altri settori disciplinari e con le industrie costruttrici degli impianti, incentrando l'attenzione, da un lato sulle caratteristiche del prodotto e dall'altro sugli impianti innovativi, con l'introduzione dei nuovi sistemi di lavorazione nel rispetto dell'ambiente. La ricerca deve, pertanto, interfacciarsi con il territorio, in quanto, la progettazione di un impianto deve tener conto di tutta una serie di competenze che riguardano: la tutela ambientale, la sicurezza del lavoro, l'igiene della produzione, la tecnologia di processo, la tecnica impiantistica, l'ergonomia, la tecnica gestionale, l'urbanistica, gli aspetti edilizi, il marketing e la gestione finanziaria dell'attività produttiva. La normativa da applicarsi, ancorché in parte ancora ignorata, è ampia e di non semplice lettura interpretativa. Pertanto, la ricerca deve definire le caratteristiche degli impianti anche in una logica di successiva progettazione del singolo manufatto. In definitiva, l'impianto agroalimentare, normalmente collocato nelle aziende agricole o in prossimità delle stesse, oltre alla funzione economico-produttiva deve avere una funzione sociale ed ambientale che possa sottolineare una cultura di convivenza ecologica millenaria nel rispetto delle esigenze economiche del produttore.

Parole chiave: impianti di estrazione di olio di olive, frangitori, decanter, gramolazione, fenoli totali, componenti volatili, scambio termico.

Summary

INNOVATION IN OLIVE OIL PROCESSING PLANTS TO PRODUCE AN EXCELLENT OLIVE OIL AND TO REDUCE ENVIRONMENTAL IMPACT

The focus of technological innovations in agro-industrial plants has been more and more on promoting of quality aspects of the final product with the environment in mind. The consumer demand, in fact, indicates an increasing interest towards a product with high hedonistic, nutritional and health value. The reasons for this phenomenon are mostly due to the fact that medical science has demonstrated the benefits of a healthy diet, especially those benefits from a diet from Mediterranean countries. Thereby, particular attention is given to both the typical aspects of the production line and the health and authenticity requirements which must, above all, conform to the pedo-climatic

* Autore corrispondente: tel.: +39 080 5443015; fax: +39 080 5443015. Indirizzo e-mail: paolo.amirante@agr.uniba.it

matic and agronomical conditions of the production area in order to differentiate the product, even from those found in the same production area. This, to assure the authenticity of the final product and therefore preference is given to the short production line where the whole production line can be carried out in the agricultural farm itself. The production system guarantees the elements necessary for high quality, with high value added, as well as assuring that the production line is traceable, even in relatively large extended areas. The research activities therefore must be in contact with other academic fields, collaborate with similar sectors and with plant manufacturers. Thereby concentrating on the one hand on the characteristics of the product, on the other hand on innovative plants and introducing new production systems that respect the environment. The research must therefore interface with the territory, in as much as, the developing of a plant must consider a series of matters such as: the environment, safety of the workers, hygiene standards of the product, process technology, plant technology, ergonomics, management techniques, town planning, building aspects, marketing and the financial aspects of the production line. The many laws that apply are partly non addressed and not easy to interpret. However, researches must define the characteristics of the plants, even if it consists of a step-by-step description of the manufacturing of a single plant. In conclusion, the agro-industrial plant which is usually found in agricultural farms or in the vicinity needs to have, besides an economic-productive function, also a social and environmental function in order to create a cohabitation between the more than a thousand year old environmental conditions and the economic demands of the producer.

Key-words: olive oil processing technology, crusher, decanter, malaxation, total phenols, volatile compounds, exchange heat.

1. Introduzione

Nel caso specifico della produzione dell'olio extra vergine di oliva, l'evoluzione della domanda alimentare richiede l'utilizzazione di impianti di estrazione sofisticati, che oltre a risolvere l'obiettivo di ottimizzare le rese di estrazione, devono tendere ad esaltare le caratteristiche qualitative del prodotto finale (Amirante P. et al., 2005a; Caruso et al., 1999; Amirante P. et al., 2005b; Saitta et al., 2000).

Pertanto, le industrie costruttrici di impianti e la ricerca scientifica devono tendere alla messa a punto di impianti che utilizzino tecnologie delicate con sistemi di lavorazione che siano anche flessibili, in modo da fornire oli robusti, cioè ricchi di sostanze che esaltino il gusto dell'amaro e del piccante (e cioè composti antiossidanti), ma che anche consentano di ottenere oli a bassa acidità e ricchi di composti aromatici (Baccioni, 2003; Amirante P. et al., 2006).

Gli impianti devono, quindi, essere dotati di diversi sistemi di frangitura e di gramolazione, anche sotto atmosfera inerte, e che abbiano la possibilità di lavorare con temperature e tempi di gramolazione controllati e con ridotte aggiunte di acqua e con la possibilità di essere dotati di sistema di acquisizione dei dati di lavorazione dell'olio, al fine di definirne la tracciabilità.

L'attività di ricerca interdisciplinare, svolta dalla Sezione Meccanica del Dipartimento PRO.GE.SA, in collaborazione con le industrie costruttrici di impianti oleari, ha permesso di

esaminare l'influenza dell'innovazione tecnologica sulla qualità dell'olio, incentrando l'attenzione, da un lato sulle caratteristiche reologiche delle olive e delle paste olearie e dall'altro sugli impianti innovativi, con l'introduzione dei nuovi sistemi di frangitura delle olive, nonché con sistemi di gramolazione controllata, come tempi, temperatura e superfici di scambio termico, sotto atmosfera d'aria o di gas inerti (Amirante P. et al., 2002; Amirante P. et al., 2005c; Amirante R. et al., 1998; Angerosa, 2000;).

Inoltre, sono stati messi a punto nuovi estrattori centrifughi a risparmio d'acqua, a Δn variabile e a cono corto (Amirante R. et al., 1999), nonché impianti di piccole dimensioni che possano essere utilizzati anche nell'ambito delle aziende agricole (Amirante P. et al., 2005).

La presente nota ha avuto lo scopo di valutare l'evoluzione della tecnologia impiantistica a partire dall'introduzione della prima linea continua, fino alle più moderne tecnologie che consentono di ottimizzare la qualità dell'olio extravergine di oliva.

2. Evoluzione tecnologica degli impianti di estrazione olearia

L'evoluzione della tecnologia di estrazione verso sistemi di lavorazione che eseguano il processo in modo automatico e senza il diretto intervento dell'uomo ha determinato una riduzione sensibile dell'impiego degli impianti a

pressione, che richiedono molta manodopera, per cui attualmente si tende ad utilizzare soltanto gli impianti continui che puntino all'utilizzo del sistema centrifugo per la separazione delle fasi (Amirante R. et al., 1998).

Il brevetto dell'utilizzo del decanter per l'estrazione centrifuga, presentato dall'Alfa Laval, per quanto riguarda il settore specifico dell'olio di oliva, nel 1962 ma approvato in Italia nel 1964, aveva per oggetto il "Sistema a funzionamento continuo per recuperare olio da una pasta costituita da sostanze vegetali finemente suddivise", e non prevedeva l'aggiunta di acqua di processo, ma l'eventuale riciclo delle acque vegetali; infatti, l'estrattore centrifugo è nato come macchina per separare per via centrifuga un solido da un liquido; tuttavia nella applicazione al settore oleario, durante le prime prove svolte in Toscana nella campagna olearia 1963-64 presso il frantoio Gonnelli (località Cascia Reggello in provincia di Firenze), sorse l'esigenza di aggiungere dell'acqua nella introduzione della pasta nel decanter (Amirante P., 1995).

L'applicazione del primo impianto continuo, attraverso la ricerca di campo, è stata sviluppata tenendo conto dei seguenti aspetti tecnologici:

- l'impianto doveva simulare il funzionamento dell'impianto a pressione e quindi non era previsto l'uso di aggiunta di acqua al decanter;
- la pasta olearia dopo la frangitura veniva scaricata nel cono di spiaggiatura e l'olio doveva scivolare nel piccolo tamburo (fig. 1);
- le rese dovevano essere accettabili e cioè simili a quelle conseguibili con l'impianto a pressione.

Pertanto, dopo qualche anno nel 1967, con l'aggiunta di acqua pari al 50-60% del peso delle olive, vennero commercializzati i primi impianti centrifughi continui (Amirante P. et al., 1995a).

Il passaggio dagli impianti a pressione a quelli continui, se da un lato risolveva il problema della manodopera e garantiva una maggiore igienicità al processo, tuttavia incrementava la produzione di acque di vegetazione da valori di circa 40-60 kg/100 kg di olive a valori di 80-120 kg/100 kg di olive, oltre ad incrementare l'umidità della sansa che passava dal 24-30% al 48-54% (Amirante P. et al., 1995b).

Tuttavia il processo continuo di estrazione si diffuse rapidamente, in quanto consentiva di

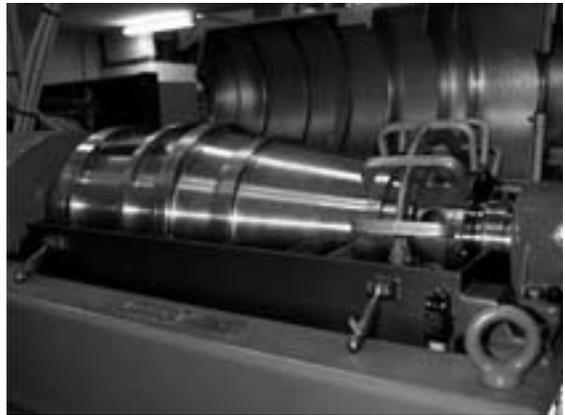


Figura 1. Decanter di prima generazione, con lungo cono di spiaggiatura e cilindro di piccole dimensioni.

Figure 1. Decanter of first generation with long cones for drainage cone and with cylinders of small dimensions.

conseguire un notevole vantaggio economico, rappresentato dall'eliminazione dei fiscoli (che essendo elementi notevolmente soggetti ad usura influiscono negativamente sui costi di estrazione) e delle operazioni di carico e scarico delle pile con conseguente risparmio di tempo.

Un ulteriore vantaggio è rappresentato dal fatto che la lavorazione a ciclo continuo elimina completamente la manipolazione da parte di operatori nelle fasi intermedie e riduce notevolmente l'impiego di manodopera, tanto che l'impianto può essere controllato anche da un solo operatore.

La necessità di contenere i consumi idrici per ridurre lo scarico delle acque reflue, la possibilità di migliorare la qualità dell'olio d'oliva, eliminando, nell'estrazione olearia, l'aggiunta di acqua di processo, nonché la notevole variabilità nel rapporto tra fase solida e fasi liquide (acqua ed olio) riscontrabile in lavorazione, hanno determinato l'esigenza di approfondire lo studio dei parametri costruttivi e funzionali dei decanter, al fine di ottimizzarne il funzionamento attraverso un più razionale dimensionamento costruttivo e fornire agli operatori del settore gli strumenti per migliorare il controllo e la gestione dei parametri operativi durante la fase di estrazione.

Per circa dieci anni le ditte costruttrici si impegnarono a modificare il nuovo impianto nelle diverse operazioni unitarie, ma principalmente ad ottimizzare l'estrazione centrifuga.

2.1 Studio teorico del decanter

Lo studio teorico della estrazione centrifuga è stato impostato sulla valutazione delle prestazioni delle macchine in relazione ai seguenti parametri:

- volume utile della centrifuga,
- geometria (profili) e materiali impiegati nella costruzione del decanter,
- velocità angolare,
- portata della pompa di alimentazione,
- caratteristiche reologiche della pasta,
- caratteristiche geometriche delle particelle da separare.

L'espressione analitica del moto relativo tra fluidi e particelle solide è stata ricavata come segue:

$$Q_s = 2 \cdot \frac{D_{50}^2 (\rho_s - \rho_l) g K_{cs}}{18\mu} \cdot \frac{\pi (R_1^2 - R_2^2) L \omega^2}{g \ln \left(\frac{2R_2^2}{R_1^2 + R_2^2} \right)}$$

in cui, una particella solida di massa volumica ρ_s e volume V_s , sospesa in un liquido di massa volumica ρ_l e viscosità μ_s , immessa in un campo centrifugo (corrispondente ad una velocità angolare ω che si assume ovunque costante e pari alla velocità di rotazione del rotore e ad una distanza r dall'asse di rotazione) è soggetta alle azioni dinamiche dell'estrattore (Amirante e Catalano, 1993).

Il valore della portata del decanter è sintetizzato nella formula:

$$Q_s = 2v_{sg} \Sigma$$

in cui:

- il primo termine è la velocità di sedimentazione naturale v_{sg} , data dalla formula:

$$v_{sg} = D_{50}^2 \frac{(\rho_s - \rho_l) g}{18\mu}$$

- il secondo termine Σ è stato denominato "coefficiente dinamico di produttività", in quanto, fissate le condizioni standard di sedimentazione ($t_r = t_s$), che rappresentano rispettivamente il tempo di ritenzione, espresso dalla seguente formula:

$$t_r = \frac{V}{Q} = \frac{V}{Q_s + Q_c}$$

e il tempo di sedimentazione nel decanter espresso da

$$t_s = \frac{18\mu \ln \left(\frac{2R_2^2}{R_1^2 + R_2^2} \right)}{2D_p^2 (\rho_s - \rho_l) K_{cs} \omega^2}$$

Pertanto, il Σ rappresenta la grandezza, funzione delle caratteristiche cinetiche e geometriche del decanter, che determina la portata da richiedere alla pompa di alimentazione.

In definitiva, macchine che hanno lo stesso "coefficiente dinamico di produttività" (Σ) dovrebbero lavorare con prestazioni capacitive uguali.

In base alle formule precedenti, per due differenti decanter con uguale capacità di lavorazione, si ottiene quindi:

$$\frac{V_1}{\Sigma_1} = \frac{V_2}{\Sigma_2} = \text{cost} = H_c$$

Pertanto, H_c è un indice che caratterizza in modo univoco la funzionalità della macchina; infatti all'aumentare di H_c aumenta il tempo necessario a completare la sedimentazione senza modifica alcuna nella qualità ottenibile. Tale parametro funzionale viene da noi denominato "altezza efficace di sedimentazione" (Amirante e Catalano, 1993).

3. Innovazioni costruttive dei frangitori e dei decanter a risparmio d'acqua e VDP

Successivamente, a partire dalla fine degli anni '75-80 iniziarono ad introdursi nuove tecnologie e cioè:

- prototipi di frangitori meccanici (brevetti di frangitori e molitori continui 1975-78);
- prima macchina denocciolatrice (1982);
- decanter a risparmio d'acqua (1992);
- primo decanter a giri differenziali variabili (1992) e sistemi di lavorazione a 2 e 3 fasi e a paste snocciolate;
- impianti automatici con gramole confinate (2003);
- impianti tecnologicamente avanzati per filiera corta (2004).

Analizzando sinteticamente gli effetti positivi di tali innovazioni sulle prestazioni degli impianti è possibile evidenziare quanto segue.

Le prove di confronto dei tre diversi sistemi di frangitura (frangitore a martelli, frangitore a dischi e molazza con finitore, cfr. fig. 2) consentono di verificare che si ottengono i seguenti risultati:

- una distribuzione di particelle di maggiori dimensioni e minor riscaldamento della pasta con il frangitore a dischi (curva A);
- una granulometria più fine, con possibili

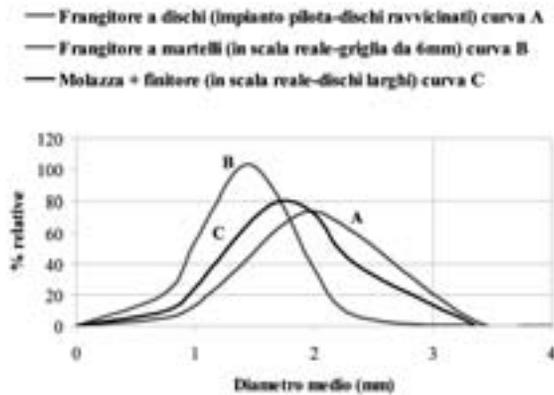


Figura 2. Distribuzione dimensionale dei frammenti di nocciola ottenuti con diversi sistemi di frangitura.

Figure 2. Distribution according to dimension of the pit fragments obtained from different crushing systems.

riscaldi per il frangitore a martelli (curva B);
 – una granulometria maggiore ma più distribuita nelle diverse dimensioni per il sistema di frantumazione molazza+finitore, con minor riscaldamento, ma con maggiori tempi frantumazione e possibili ossidazioni (curva C) (Amirante e Catalano, 2000).

Le successive ricerche eseguite correlando le applicazioni dei nuovi sistemi di frangitura, con le nuove tecnologie a risparmio d'acqua e con un più corretto sistema di regolazione dei tempi e temperature di gramolazione hanno consentito di conseguire i seguenti risultati.

Gli incrementi della temperatura e della durata della gramolazione in termini contenuti, determinano un aumento della resa di estrazione in olio, qualunque sia il sistema di frantumazione delle olive impiegato.

Da numerose ricerche sperimentali svolte negli ultimi anni dal Dipartimento PRO.GE.SA, si evince che, all'aumentare della temperatura della pasta, in termini contenuti, si riduce la sua viscosità facilitando la successiva separazione delle fasi liquide mediante centrifugazione; tali effetti sono in genere mitigati se non risulta ben predisposto lo scambio termico. Inoltre, un prolungato tempo di gramolazione potrebbe favorire l'ossidazione dell'olio e la sua emulsione.

La riduzione della viscosità è, inoltre, ottenibile, dopo la gramolazione, attraverso una opportuna diluizione della pasta.

Tuttavia, oltre certi valori (50% circa) del contenuto totale di acqua nella pasta (fig. 3),

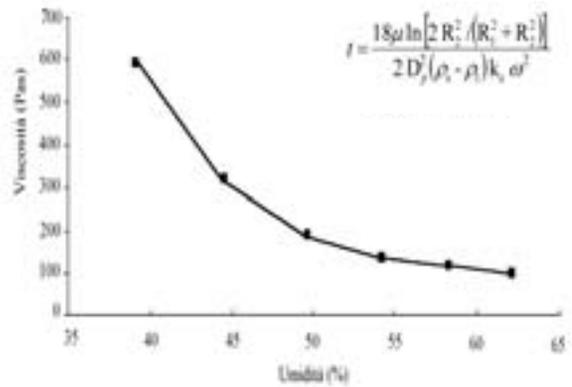


Figura 3. Andamento della viscosità della pasta olearia in funzione del suo contenuto in acqua.

Figure 3. The viscosity curve of the oil paste in function of its water content.

non si riscontrano variazioni importanti nel valore della viscosità; per contro, un eccesso di acqua aggiunta certamente comporta un peggioramento della qualità dell'olio estratto, conseguendo peraltro perdite di resa già da valori dell'aggiunta d'acqua pari al 30% (fig. 4) (Amirante R. et al., 1998).

Inoltre, anche gli incrementi eccessivi di temperatura e di durata dell'operazione di gramolazione influiscono negativamente sul tenore degli antiossidanti naturali presenti negli oli di oliva prodotti.

Infatti, l'incremento della temperatura di gramolazione determina, inizialmente, l'aumento del contenuto di fenoli dell'olio, le cui carat-

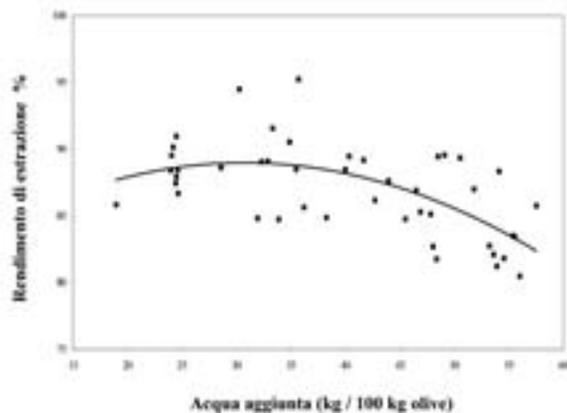


Figura 4. Influenza dell'aggiunta d'acqua sulla resa dell'olio estratto.

Figure 4. The influence of added water on the extracted oil yield.

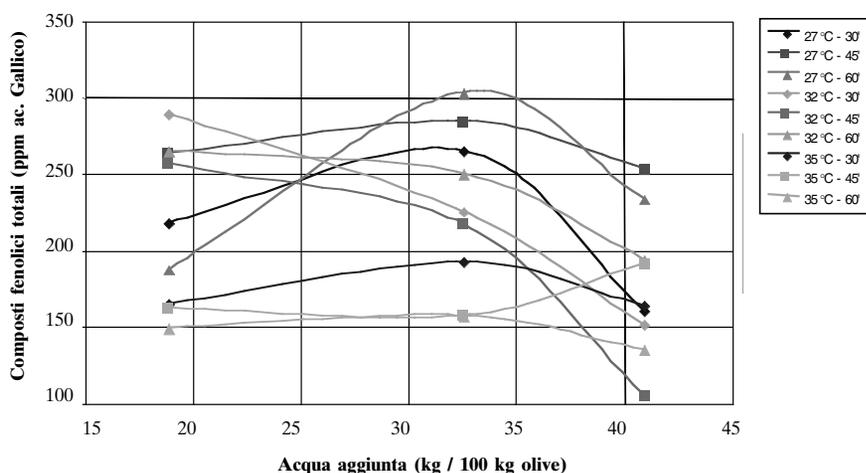


Figura 5. Influenza dell'aggiunta di acqua e dei parametri di gramolazione sulla qualità dell'olio estratto.

Figure 5. The influence of added water and the malaxation parameters on the quality of the extracted oil.

teristiche organolettiche, tuttavia, possono essere negativamente influenzate da valori troppo elevati (superiori a 30-35 °C) del parametro in esame (fig. 5).

L'aumento eccessivo della durata dell'operazione di gramolazione può determinare, invece, la riduzione del tenore di fenoli totali degli oli a causa della diminuzione della loro concentrazione, dovuta a fenomeni enzimatici aerobici di ossidazione e polimerizzazione, che, per la legge dell'equilibrio chimico, determinano anche la riduzione della concentrazione delle stesse sostanze negli oli (Amirante P. et al., 2000).

L'operazione di gramolazione, importante ai fini della resa in olio, deve essere opportunamente controllata, relativamente alla durata ed alla temperatura della pasta di olive, per conseguire risultati ottimali, anche sotto l'aspetto qualitativo delle produzioni olearie; pertanto, si stanno conducendo prove sperimentali con altre tecnologie per verificare una migliore efficacia del trattamento della pasta olearia attraverso un'azione congiunta di un migliore scambio termico e di una riduzione delle possibili ossidazioni, lavorando sotto un'atmosfera di gas inerte. Le suddette innovazioni tecnologiche potrebbero far rivedere le condizioni ottimali di tempi e temperatura di gramolazione.

Il decanter del tipo a risparmio d'acqua con scarico a tre fasi, dotato di sistema di regolazione della velocità differenziale coclea/tamburo, assistito da un meccanismo di controllo automatico, programmabile a diversi valori del Δn , consente le seguenti condizioni distinte di regolazione (Amirante P. et al., 1995):

- controllo della velocità differenziale tamburo/coclea (Δn);

- controllo della coppia (M) misurata sull'asse della coclea;
- controllo del rapporto $M/\Delta n$.

Su tale impianto, utilizzato in diverse condizioni di esercizio e con diverse varietà di olive, è stata condotta una sperimentazione dalla quale sono state tratte le seguenti considerazioni conclusive:

- all'aumentare del Δn è possibile aumentare l'umidità della sansa riducendo contestualmente le quantità di acque di vegetazione scaricate (fig. 6);
- esiste un valore limite massimo del Δn , in funzione delle caratteristiche costruttive del decanter, per cui è possibile ridurre a zero le acque di vegetazione scaricate (lavorazione a 2 fasi), ottenendo tuttavia sansa ad elevato tenore di umidità 59-62%;

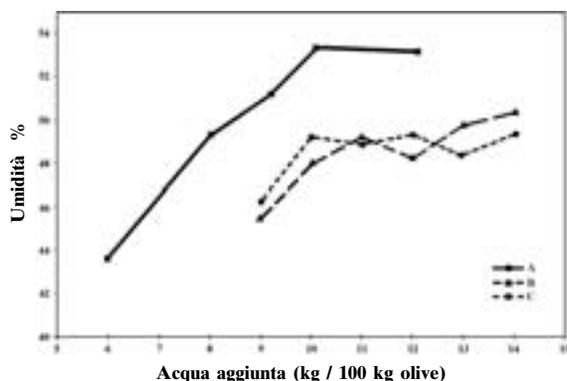


Figura 6. Andamento dell'umidità della sansa al variare del Δn .

Figure 6. The curve of pomace humidity to the variation of Δn .

- il residuo grasso delle sanse non subisce sensibili variazioni al variare del Δn , nel campo usualmente utilizzato per gli impianti a risparmio d'acqua (Δn compreso fra 9-15 giri/min) (fig. 6) (Amirante P. et al., 1995).

I decanter di vecchia generazione sono delle macchine molto rigide in termini di impiego, e gli unici parametri a disposizione degli operatori addetti all'estrazione sono limitati al controllo della portata di alimentazione della pasta e al livello di diluizione.

La messa a punto di macchine che permettono un controllo della velocità differenziale tra tamburo e coclea sulla pasta in fase di estrazione consente di ottimizzare in modo rapido e senza eseguire smontaggi le prestazioni operative della macchina e quindi di scegliere la portata di alimentazione, l'umidità della pasta, l'umidità della sansa e il volume di acqua di vegetazione che si intende produrre.

Le indicazioni fornite da uno studio teorico-sperimentale preliminare sull'estrazione centrifuga a risparmio d'acqua ha consentito di trarre importanti considerazioni sulla reale distribuzione delle dimensioni delle particelle solide e sul movimento del liquido chiarificato nella parte cilindrica del decanter.

Lo studio ha consentito di fornire indicazioni sulle modalità di regolazione dei parametri di funzionamento del decanter, in modo tale che lo spessore dell'acqua, che si interpone tra l'anello di olio e la sansa, sia tale da superare il limite di inversione del profilo delle velocità (fig. 7) (Amirante e Formato, 2003).

Tale aspetto, ha suggerito una analisi più accurata della zona del decanter coincidente con il cono di spiaggiatura al fine di ottenere una riduzione della quantità di olio presente nella sansa vergine prodotta.

Infatti, si è proceduto alla introduzione di barriere in prossimità della bocca di scarico del decanter, all'utilizzo di coclee a velocità variabile ed al miglioramento del profilo del cono di spiaggiatura; il tutto al fine di produrre un effetto aggiuntivo di separazione delle fasi liquide dalla matrice solida

I risultati di questo studio hanno permesso la messa a punto di una nuova serie di decanter con queste innovazioni costruttive, che, convengono un'ampia possibilità di regolazione delle condizioni di lavorazione, agendo sui seguenti parametri:

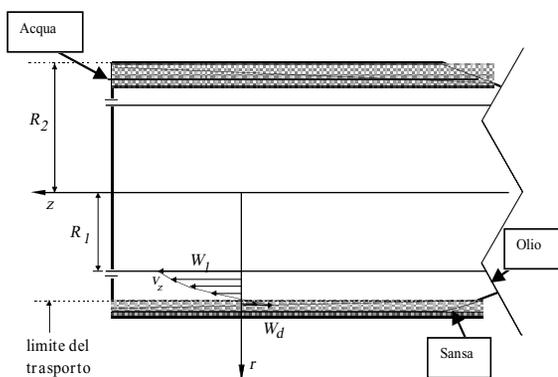


Figura 7. Profilo delle velocità delle diverse fasi all'interno del decanter.

Figure 7. Speed profile of the different phases inside of the decanter.

- volumi di acqua di processo e portata della pasta olearia;
- posizione ottimale del tubo di scarico della pasta all'interno del decanter;
- velocità differenziale della coclea rispetto al tamburo;
- livelli di scarico dell'acqua e dell'olio.

In tali decanter innovativi il rendimento di estrazione espresso come rapporto tra il grasso estratto nel processo produttivo e quello contenuto nelle olive, risulta essere sempre elevato, specie a bassa diluizione delle paste olearie.

Infatti, la modifica del profilo della coclea insieme agli accorgimenti costruttivi connessi, eseguiti sul cono di spiaggiatura (VDP-decanter con cono "stretto" a pressione dinamica variabile), permette di ridurre sensibilmente le perdite di grasso nella sansa, rispetto ai decanter di precedente costruzione, migliorando così il rendimento di estrazione (fig. 8) (Amirante R. et al., 1999).

L'effetto congiunto di tale modifica costruttiva, con la possibilità di regolare la velocità differenziale coclea/tamburo, utilizzando un rotismo epicicloidale compensatore, consente di ottenere le migliori prestazioni del decanter con basse diluizioni della pasta olearia (10-15 litri di acqua aggiunta per 100 kg di olive).

Inoltre la possibilità di ottenere elevati rendimenti, a bassa diluizione della pasta olearia, riducendo così l'acqua di processo aggiunta, consente di migliorare sensibilmente le caratteristiche qualitative dell'olio che, in tali condizioni operative, consegue un tenore più elevato di componenti minori.

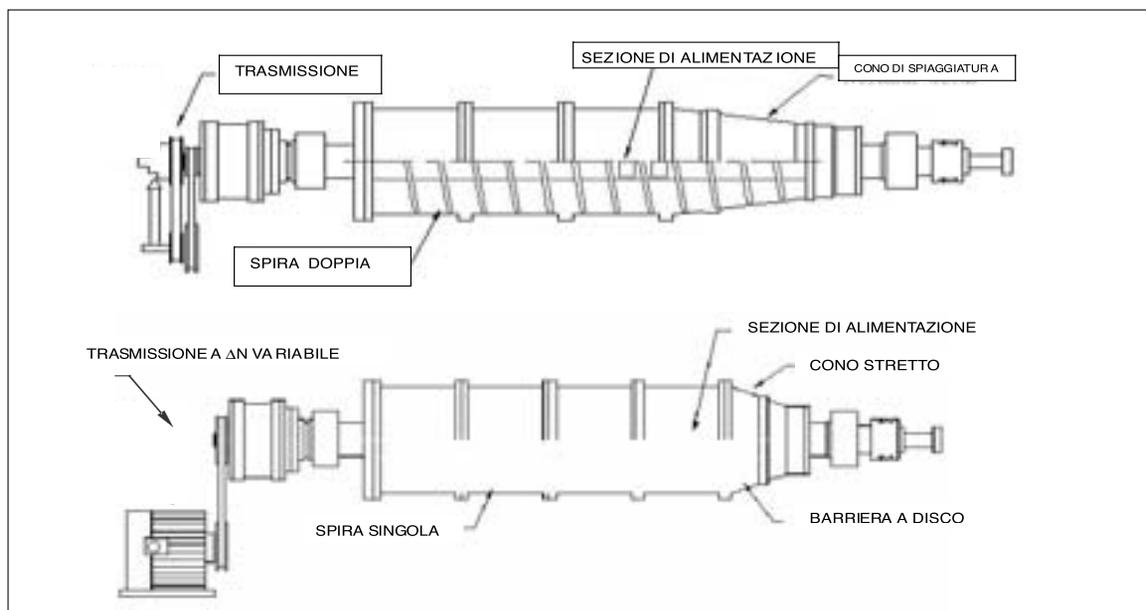


Figura 8. Decanter di vecchia concezione dove si può notare l'assenza del rotismo epicicloidale compensatore a controllo automatico, la spirale doppia, il punto di alimentazione della pasta quasi centrale e l'assenza di barriera per la dinamica compressione della pasta (sopra). VDP-decanter UVNX X20 in cui sono presenti le seguenti soluzioni costruttive innovative: velocità variabile della coclea con rotismo epicicloidale compensatore a controllo automatico, aumento del passo delle spirale, punto di alimentazione (sotto).

Figure 8. Old style decanter without the following construction details: epicyclic train system compensator with automatic control, double coil, the almost central positioning of the paste feeding point and the barrier for the paste dynamic compression (above). VDP-decanter UVNX X20 in which are present the following innovative construction details: variable speed of the cochlea with epicyclic train system compensator with automatic control, increase of the coil pitch, feeding point (under).

Il più ampio sistema di regolazione installato su questi decanter di terza generazione consente di ottenere risultati migliori al variare del rapporto tra le fasi liquide e quelle solide, ottimizzando, quindi, in modo rapido e senza eseguire smontaggi, le prestazioni operative, in rapporto alle caratteristiche reologiche della pasta olearia.

Inoltre, questi decanter consentono di ottenere prestazioni più elevate in un intervallo di portata della pasta più ampio rispetto ai valori indicati dalla ditta costruttrice, in quanto, a portate più elevate, aumentando la velocità differenziale coclea/tamburo, si rende possibile utilizzare sempre tutto il tamburo per una migliore separazione delle fasi liquide e delle frazioni minute della polpa, incrementando peraltro il tempo di residenza delle fasi liquide nel decanter.

Considerato che l'automatismo di comando della velocità differenziale, di cui dispone il decanter, consente di scegliere il valore ottimale

del Δn al variare della portata, a costanti caratteristiche reologiche della pasta (bassa o alta diluizione e grado di invaiatura delle olive), nelle figure 9 e 10 si sono riportati, estrapolandoli dai corrispondenti diagrammi generali, i valori ottimali del rendimento di estrazione al variare della portata.

La curva di correlazione tracciata nel diagramma di figura 9, riferita al decanter modello X20 sperimentato, evidenzia che in un intervallo di portata molto ampio (1800-2800 kg/h), agendo sul Δn si possono ottenere rendimenti elevati, superiori a quelli delle macchine non dotate di tale dispositivo, e pressoché costanti (Amirante R. et al., 1999).

La curva tracciata a media diluizione (fig. 10) evidenzia valori accettabili del rendimento per portate tra 1600 e 2800 kg/h, ma con sensibili riduzioni del rendimento per portate più elevate. Quindi è possibile affermare che l'effetto congiunto, di maggiore diluizione e maggiore portata, costituisce di fatto un incremento com-

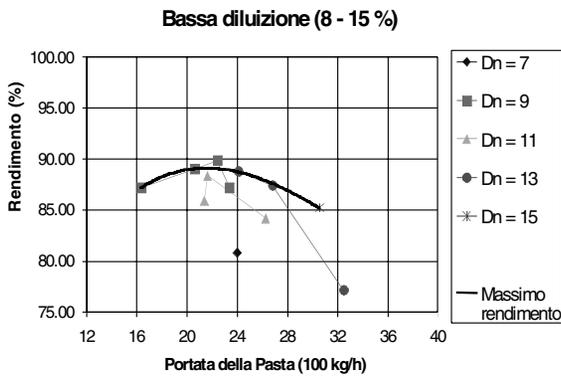


Figura 9. Andamento del rendimento di estrazione nelle prove effettuate sul decanter X20, in funzione della portata della pasta olearia per bassi valori della diluizione della pasta e per diversi valori del Δn .

Figure 9. The extraction performance curve in trials when decanter X20 was used in function of the ranges of oil paste for low values of paste dilution and for different values of Δn .

plessivo della portata totale e ciò agisce negativamente sulle prestazioni della macchina (Amirante R. et al., 1999).

Analizzando l'andamento del rendimento di estrazione in funzione della portata totale del decanter (somma della portata di pasta olearia e di quella dell'acqua di processo) per i due valori di diluizione, risulta evidente l'influenza del valore della diluizione della pasta olearia sul rendimento di estrazione; infatti, a parità di portata totale il rendimento diminuisce sensibilmente al crescere della diluizione ed esiste sempre un valore ottimale del Δn che consente di ottenere rendimenti sensibilmente elevati.

Inoltre, è possibile riscontrare che tali rendimenti raggiungono valori superiori all'85%, non facilmente ottenibili con altri decanter di precedente concezione costruttiva, mantenendo bassa la diluizione e regolando il Δn in un intervallo di valori compresi tra 9 e 13 giri/min, in funzione della portata della pasta al decanter che, per il modello sperimentato, può variare nell'intervallo 2000-2700 kg/h, superando la capacità massima di lavorazione garantita dalla ditta costruttrice.

Ai fini di una migliore gestione del processo non va trascurato l'aspetto delle riduzioni dei volumi delle acque di vegetazione prodotte.

Dall'esame dei grafici si riscontra altresì che le acque di vegetazione prodotte lavorando a basse diluizioni della pasta, sono contenute in

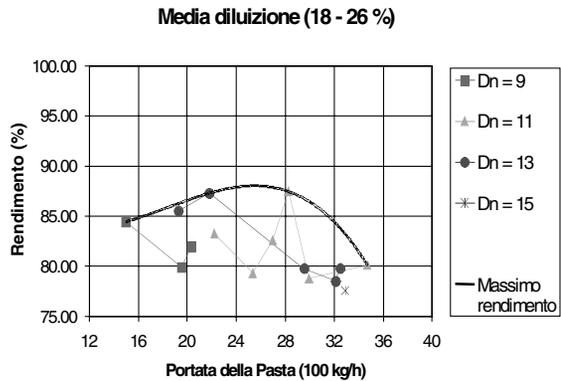


Figura 10. Andamento del rendimento di estrazione nelle prove effettuate sul decanter X20, in funzione della portata della pasta olearia per valori medi della diluizione della pasta e per diversi valori del Δn .

Figure 10. The extraction performance curve in trials when decanter X20 was used in function of the ranges of oil paste for low values of paste dilution and for different values of Δn .

valori del 30% (30 kg di acque di vegetazione/100 kg di olive), mantenendo l'umidità della sansa in termini del 50% circa (Amirante R. et al., 1999).

In conclusione, quindi, con le suddette innovazioni tecnologiche è possibile aumentare le rese di estrazione e le capacità di lavorazione a parità di lunghezza del tamburo, riducendo le acque di vegetazione e consentendo altresì di prevedere miglioramenti della qualità dell'olio estratto per la minore quantità di acqua di processo immessa nel decanter.

Dall'analisi delle figure 9 e 10 si possono trarre le seguenti ulteriori considerazioni:

- esiste sempre un valore di Δn che rende significativamente elevato il valore del rendimento per qualunque condizione di lavorazione delle olive (portata della pasta e sua diluizione);
- il Δn ottimale risulta crescente con la portata della pasta, sia in termini di rendimento che di grasso residuo nelle sansa per basse diluizioni, mentre per le medie diluizioni risulta, in genere, più conveniente utilizzare valori di Δn più elevati, in quanto la percentuale di acqua di processo aggiunta alla pasta influenza in modo significativo il valore della portata totale del decanter;
- le migliori condizioni operative, con rendimenti compresi nell'intervallo 85-90%, risultano quelle corrispondenti alle basse dilui-

zioni con portate della pasta che possono raggiungere valori elevati, anche leggermente superiori a 2500 kg/h e, comunque, nell'intervallo 2000-2500 kg/h.

L'impiego di decanter VDP con Δn variabile e del decanter a risparmio d'acqua ha consentito di proporre impianti innovativi con snocciolatrici ed altri sistemi di frangitura montati in parallelo.

Lo studio comparativo delle caratteristiche reologiche di paste di oliva ottenute con diversi sistemi di frantumazione, sia tradizionali, quali frangitore a martelli, molazza e frangitore a dischi dentati, che innovativi come la snocciolatrice, ha fornito utili indicazioni sugli aspetti costruttivi della macchina snocciolatrice, nonché precise indicazioni sui parametri di regolazione delle singole operazioni elementari del processo di estrazione.

La nuova filosofia dell'innovazione tecnologica nell'estrazione olearia è, quindi, indirizzata all'incremento della qualità dell'olio estratto, incrementando il contenuto in componenti minori, migliorando gli aspetti edonistiche, nutrizionali e salutistiche dell'olio prodotto.

Valutando il contenuto medio dei fenoli totali negli oli ottenuti con la tecnica della denocciolatura, si evidenzia una quantità superiore di circa del 10% rispetto all'utilizzo in fase di preparazione della pasta del frangitore. I risultati ottenuti impiegando la denocciolatrice confermano quindi, ciò che era già stato evidenziato in precedenti ricerche condotte dagli autori (Amirante P. et al., 2001; Amirante P. et al., 2002).

Come spiegato da Salas, Williams, Sanchez e Harwood nel 1999 il contenuto in fenoli negli oli estratti, impiegando la denocciolatrice, è maggiore rispetto alle tecnologie che prevedono la frantumazione dell'oliva intera, in quanto, insieme al nocciolo, vengono allontanati la maggior parte degli enzimi ossidoreduttasici localizzati soprattutto nella mandorla.

4. Innovazioni costruttive per le lavorazioni flessibili nella filiera corta

Le suddette innovazioni hanno consentito di rendere disponibili impianti flessibili con possibilità di montare sistemi alternativi di frangitura, gramolazione ed estrazione a due o tre fasi,

anche attraverso l'uso di sensori e relative schede di acquisizione dei dati, che consentono di monitorare e registrare su computer le modalità di estrazione, rendendo così possibile la tracciabilità del processo e di lavorare anche all'interno di aziende agricole, realizzando così processi di lavorazione a filiera corta.

Da questa ricerca è scaturito il primo prototipo di impianto, denominato OLIVER 500 (fig. 11), progettato e realizzato per consentire anche alle piccole e medie aziende olivicole di avere un proprio frantoio con il quale ottenere un prodotto di eccellenza, grazie alla dotazione di soluzioni impiantistiche di elevata tecnologia.

In tali condizioni produttive, le olive, fresche di raccolta, possono essere lavorate nell'impianto con alternative di processo e differenziazioni tecnologiche in grado di ottenere l'olio con le caratteristiche richieste. Questo impianto è dotato di due diversi sistemi di frantumazione delle olive (frangitore a dischi e denocciolatrice) e tre diversi sistemi di gramolazione (con esposizione all'aria, gramola confinata e sotto atmosfera di gas inerte), pertanto, con una preparazione della pasta più o meno delicata e variando la composizione dell'atmosfera dello spazio di testa della gramola, è possibile bilanciare la sintesi degli aromi con l'integrità del patrimonio antiossidante dell'olio. L'impianto è completato con un decanter dotato delle più recenti innovazioni tecnologiche e, lavorando a due fasi, con la successiva pulizia dell'olio con un separatore appositamente progettato, consente di ottenere un olio di elevata qualità, liberando l'a-



Figura 11. Impianto Alfa Laval OLIVER 500.

Figure 11. Alfa Laval OLIVER 500 plant.

zienda agricola dal problema di gestione delle acque si vegetazione.

Lo scopo del presente lavoro è stato quello di valutare le prestazioni del prototipo del mini decanter attraverso un confronto con un decanter industriale della serie X32. Le prove sono state condotte sia sulle paste integrali, utilizzando la molazza inserita nella linea di produzione della serie X32, sia sulle paste denocciolate. Dopo aver confrontato le rese in olio, in prove successive, è stata valutata l'influenza del sistema di frangitura e delle condizioni di gramolazione sulla qualità degli oli. Grazie alla ampia flessibilità della gramola in dotazione al mini frantoio è stata testata l'influenza della composizione dell'atmosfera a contatto con la pasta olearia. Sugli oli ottenuti sono stati valutati oltre ai parametri convenzionali, utilizzati per la classificazione merceologica (acidità, numero perossidi, assorbimento specifico nell'ultravioletto), anche la quantità di fenoli, responsabili delle proprietà antiossidanti dell'olio, e la quantità di composti volatili, che conferiscono al prodotto gli aromi gradevoli tipici di verde, fruttato ed erba appena tagliata.

4.1 Scelta del sistema di frangitura: effetti sulla qualità dell'olio

La presenza dei fenoli negli oli e la generazione dei composti volatili attraverso le reazioni di ossidazione degli acidi grassi polinsaturi sono aspetti fortemente condizionati dal sistema di frangitura delle olive. Nessun sistema di frangitura può essere considerato migliore di un altro, ma ciascuno determina effetti sul prodotto, positivi o negativi, in funzione della cultivar utilizzata.

Quando la drupa viene frantumata, i tessuti vegetali vengono lacerati, i compartimenti cellulari distrutti, quindi gli enzimi e i substrati che nella drupa integra erano confinati in spazi distinti si incontrano innescando le reazioni desiderate o indesiderate.

Nel caso dei composti fenolici, la frangitura libera gli enzimi quali le polifenolossidasi e le perossidasi che ossidano i fenoli riducendone la concentrazione nel prodotto finito. Nell'attività di ricerca svolta sono stati confrontati gli effetti della molazza e della denocciolatrice sulla quantità di fenoli presenti negli oli estratti. Al fine di escludere l'influenza dei fenomeni ossidativi che possono avvenire in fase di gramola-

zione, le prove sono state condotte saturando lo spazio di testa della gramola con azoto; ciò in quanto gli enzimi polifenolossidasi e perossidasi necessitano della presenza dell'ossigeno, che costituisce uno dei substrati della reazione. Per quanto riguarda i campioni estratti utilizzando la molazza, gli oli di Coratina presentavano un contenuto medio in fenoli pari a 386 ± 27 ppm, mentre gli oli di Peranzana presentavano un contenuto medio in fenoli pari a 278 ± 36 ppm. I campioni estratti utilizzando la denocciolatrice, per gli oli di Coratina, presentavano un contenuto medio in fenoli pari a 463 ± 29 ppm, mentre per gli oli di Peranzana, presentavano un contenuto medio in fenoli pari a 313 ± 23 ppm. Il contenuto in fenoli è maggiore negli oli estratti impiegando la denocciolatrice in quanto, insieme al nocciolo, vengono allontanati la maggior parte degli enzimi ossidoreduttasici localizzati soprattutto nella mandorla (Sala et al., 1999).

La frangitura mediante molazza, al contrario, favorisce l'ossidazione dei fenoli in quanto consiste in una lunga operazione di schiacciamento e rimescolamento delle drupe che espone un'ampia superficie della pasta olearia neoformata all'aria. In note precedenti gli autori hanno invece riportato i risultati di confronto tra la molazza e il frangitore a martelli: anche nel caso degli oli estratti con il frangitore si ha un contenuto in fenoli superiore rispetto agli oli ottenuti con la molazza, tuttavia in questo caso oltre all'aspetto riconducibile ad una minore esposizione all'ossigeno della pasta in fase di frangitura, c'è da considerare il danno termico che inattiva i pool enzimatici (sia gli enzimi con azione negativa che positiva); la pasta olearia, infatti, subisce un notevole riscaldamento dovuto alla grande energia rotazionale dei martelli che si converte in energia termica.

In generale, si può suggerire l'utilizzo della molazza qualora si lavorino cultivar molto ricche in fenoli che conferiscono all'olio un sapore eccessivamente amaro e piccante; questa scelta tecnologica consente di arrotondare il gusto dell'olio. Una frangitura più delicata del frangitore a martelli può essere ottenuta con il frangitore a dischi di cui è dotato anche il mini impianto. Se l'obiettivo è ottenere oli più armonici e più stabili nel tempo una soluzione conveniente è la denocciolatrice in quanto consente l'allontanamento, insieme alla mandorla, degli

enzimi responsabili dell'ossidazione dei fenoli e contemporaneamente, poiché non riscalda la pasta, preserva gli enzimi della via metabolica della lipossigenasi che vengono danneggiati dal calore. È chiaro che operando questa scelta tecnologica si deve tener conto delle lievi perdite di resa che possono essere però compensate da un elevato valore aggiunto del prodotto.

4.2 Scelta del sistema di gramolazione: effetti sulla qualità dell'olio

La fase cruciale del processo di trasformazione, nella quale si può creare o distruggere la qualità, è la gramolazione, in quanto costituisce il momento in cui le reazioni enzimatiche avvengono con più facilità grazie ai tempi di impastamento ed alle temperature relativamente blande di riscaldamento della pasta di olive. Questa fase è anche decisiva per l'innalzamento delle rese che rappresenta sempre l'obiettivo più importante dall'attuale punto di vista dei produttori.

Durante la suddetta operazione si realizzano le condizioni che favoriscono lo svolgimento di diverse reazioni enzimatiche in concomitanza con variazioni notevoli delle proprietà reologiche della pasta olearia. La fase che precede la gramolazione, quindi la fase di frangitura, e quella che la segue, la separazione centrifuga, possono esaltare o ridurre gli effetti della gramolazione stessa.

L'attività di ricerca sviluppata ha avuto lo scopo di verificare l'influenza delle diverse condizioni operative sulla componente fenolica e sui composti volatili in particolare testando l'influenza della composizione dell'atmosfera a contatto con la pasta di olive in fase di gramolazione.

L'impianto dotato di gramola ermetica, è stato testato, in una prima fase, mantenendo la gramola aperta. Le successive ricerche sono state condotte chiudendo la gramola ermeticamente, mentre l'ultima fase della sperimentazione ha richiesto la saturazione dello spazio di testa mediante l'immissione di azoto. I risultati conseguiti possono essere così riassunti.

Quando la gramola è stata mantenuta aperta i campioni di olio analizzati mostravano per la cultivar Coratina un contenuto medio in fenoli di 269 ± 37 ppm, mentre per la cv Peranzana un contenuto medio pari a 181 ± 23 ppm. Gli oli estratti da paste denocciolate presenta-

vano rispettivamente 307 ± 21 ppm per la cv Coratina e 206 ± 35 ppm per la cv Peranzana. Tali valori erano inferiori di circa il 30 % rispetto ai risultati ottenuti con la gramola confinata e di circa il 40% rispetto agli oli ottenuti in atmosfera controllata.

Per quanto riguarda l'andamento dei componenti volatili, possiamo concludere che il quantitativo minore è stato riscontrato negli oli estratti dalla pasta di olive lavorata in gramola aperta rispetto alle altre due condizioni sperimentali. Tale effetto può essere ricondotto ad una fuga dei composti volatili neo formati nell'ambiente. Gli oli ottenuti con una gramolazione in atmosfera controllata, cioè in assenza di ossigeno, presentavano un profilo aromatico più povero sia nella quantità che nella qualità dei composti volatili. Tale risultato può essere spiegato alla luce del fatto che la sintesi dei composti volatili caratteristici dell'olio di oliva richiede la presenza di ossigeno.

Una prova supplementare ha riguardato il monitoraggio della concentrazione di ossigeno all'interno della gramola ermeticamente chiusa. Come è possibile osservare dalla figura 12, la concentrazione di ossigeno durante la gramolazione decresce progressivamente perché viene utilizzato dai sistemi enzimatici.

Monitorando il valore del numero di perossidi dell'olio estratto a tempi crescenti di gramolazione non si osserva una variazione significativa di questo parametro. Questo dato può essere spiegato alla luce del fatto che la lipossigenasi catalizza in una prima fase l'ossidazione dell'acido grasso polinsaturo nel corrispondente idroperossido; in una seconda fase l'enzi-

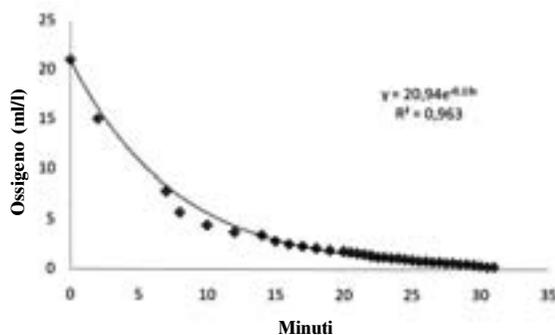


Figura 12. Concentrazione di ossigeno monitorato all'interno della gramola ermetica durante il rimescolamento della pasta olearia.

Figure 12. Oxygen concentration monitored inside of hermetic malaxer during heating of oil paste.

ma idroperossido liasi spezza l'idroperossido precedentemente ottenuto in due parti, producendo un aldeide volatile e un ossiacido non volatile (Salas e Sanchez, 1999). Il numero di perossidi probabilmente non aumenta in quanto l'idroperossido liasi possiede un'attività molto più elevata della lipossigenasi e quindi riesce a consumare immediatamente gli idroperossidi neoformati. Questa ipotesi è stata già dimostrata sulle cultivar Leccino (Commessatti, 2005). Ciò significa che l'ossigeno viene sequestrato con molta rapidità dagli enzimi che ossidano i fenoli e producono aromi e non si rende disponibile per la reazione di autossidazione degli acidi grassi.

I vantaggi conseguiti dall'utilizzo della gramola ermetica riguardano sia la componente fenolica che aromatica; da un lato gli enzimi che determinano la degradazione ossidativa dei fenoli vengono progressivamente inibiti dalla diminuzione della concentrazione di ossigeno; dall'altro i composti volatili di neoformazione che si originano dal pathway della lipossigenasi vengono confinati nella gramola e non si disperdono nell'ambiente circostante come nel caso delle gramole aperte. Saturando, invece, lo spazio di testa della gramola con azoto vengono inibiti gli enzimi che determinano la degradazione ossidativa dei fenoli, ma l'olio ottenuto risulta meno ricco di aromi poiché viene a mancare l'ossigeno che è uno dei substrati della lipossigenasi (Amirante P. et al., 2005).

4.3 Prestazioni funzionali dell'impianto per filiera corta

Al fine di verificare il reale stato di funzionamento dell'impianto sono state effettuate prove sperimentali di confronto tra il mini decanter OLIVER 500 e il decanter industriale modello X32. Entrambi i decanter sono stati testati utilizzando paste integrali e paste denocciolate. Note scientifiche precedenti hanno già dimostrato sui decanter industriali che, per ogni valore di Δn esiste un valore di portata che consente di ottenere la massima resa (Amirante P. et al., 2000; Amirante P. et al., 2002). Prove analoghe sono state condotte sul mini decanter al fine di valutare come varia la resa di estrazione in olio al variare della portata della pasta olearia in ingresso nella centrifuga. Lo scopo di tali prove è dunque l'individuazione della portata ottimale di lavorazione del decanter. Le

prove condotte in un triennio su paste integrali hanno mostrato che le portate che sono molto influenzate dalle caratteristiche delle olive.

Infatti, nelle prove eseguite sulle varietà Coratina e Peranzana, i valori delle capacità di lavorazione sono variati, per lavorazioni eseguite su paste integrali da 360 a 760 kg/h ed hanno mostrato che il mini impianto garantisce rese paragonabili a quelle di un impianto industriale.

Nelle prove eseguite su varietà difficili, Ogliarola salentina e Cellina di Nardò, i valori delle capacità di lavorazione per prove condotte su paste integrali hanno consentito di ottenere portate variabili da 360 a 460 kg/h, riscontrando, altresì, che il mini impianto garantisce rese paragonabili a quelle di un impianto industriale. La portata del mini decanter con paste integrali ha conseguito valore lievemente inferiori di circa il 10%.

5. Conclusioni

La ricerca sviluppata dalla sezione meccanica del Dipartimento PRO.GE.SA in collaborazione con le ditte costruttrici di impianti di estrazione, ha consentito la messa a punto di tecnologie di estrazione innovative che tendono all'utilizzo di impianti sia di piccole dimensioni per filiere corte, sia di sempre maggiori capacità di lavorazione, non inferiori a 2-5 t/h per filiere destinate alla produzione di oli standard, con sistemi di regolazione dei parametri di processo molto flessibili, che possano anche consentire l'automazione dei sistemi di regolazione del processo.

La valutazione disgiunta delle operazioni elementari che definiscono il processo di estrazione ha consentito di constatare l'esigenza di monitorare in modo continuo le operazioni di frangitura, di gramolazione e di estrazione; tuttavia è opportuno puntare a sistemi di frangitura che riducano la ruvidezza delle paste e su tempi e temperature di gramolazioni in limiti contenuti e tali da non favorire i processi di ossidazione dell'olio; inoltre, nella estrazione con decanter è indispensabile ridurre l'acqua di processo aggiunta e utilizzare estrattori che consentano una adeguata regolazione dei parametri di processo.

L'estrazione dell'olio extravergine di oliva da paste snocciolate, di cui si è, anche, riferito nella presente nota, consente attualmente di es-

sere eseguita con impianti in scala reale con portate 2-2.5 t/h che garantiscono una qualità dell'olio decisamente elevata.

La ricerca, svolta nelle recenti campagne olearie, ha fornito utili indicazioni sugli aspetti costruttivi della macchina denocciolatrice, nonché precise indicazioni sui parametri di regolazione delle singole operazioni elementari del processo di estrazione.

Inoltre, si è riscontrata una buona efficienza dell'impianto con rese di estrazione ottimali, anche in relazione al differente bilancio di massa ed alle modificate caratteristiche reologiche della pasta olearia ottenuta con la macchina denocciolatrice.

La nuova filosofia dell'innovazione tecnologica nell'estrazione olearia è, quindi, indirizzata all'incremento della qualità dell'olio estratto, riducendo la degradazione dei trigliceridi ed incrementando il contenuto in componenti minori nell'olio, al fine di preservare le sue caratteristiche chimico-fisiche, migliorandone le qualità edonistiche, nutrizionali e salutistiche.

Il proseguimento delle attività di ricerca eseguite congiuntamente a ditte costruttrici e ai produttori sarà indirizzato alla modifica di alcune operazioni elementari per aumentare l'estrazione di quei componenti minori che contribuiscono a caratterizzare la qualità dell'olio estratto e alla messa a punto di impianti di piccole dimensioni dotati sistemi di lavorazione tecnologicamente avanzati e flessibili destinati alla produzione di oli di alta gamma e di areali produttivi ben definiti, garantendo una sicura rintracciabilità della zona di produzione dell'olio.

Bibliografia

- Amirante P., Catalano P. 1993. Analisi teorica e sperimentale dell'estrazione dell'olio di oliva per centrifugazione. *Rivista Italiana Sostanze Grasse*, LXX:329-336.
- Amirante P. 1995. Qualità, produttività e ambiente: aspetti inscindibili della nuova tecnologia olearia. *Atti del Convegno di studi "Il vino e l'olio: la meccanizzazione, l'imprenditorialità ed il mercato"*, 20-23 giugno 1995, Trapani.
- Amirante P., Colelli G., Greco L. 1995a. Valutazione degli aspetti produttivi e qualitativi degli impianti di estrazione olearia in provincia di Lecce. *Seminario di studio della II e VI Sezione Tecnica dell'AIIA*. Selva di Fasano.

- Amirante P., Di Renzo G.C., Colelli G. 1995b. Estrazione centrifuga con controllo in continuo dei parametri operativi. *Atti del Convegno di Studi "Il vino e l'olio: la meccanizzazione, l'imprenditorialità ed il mercato"*, 20-23 giugno 1995, Trapani.
- Amirante P., Baccioni L., Clodoveo M.L. 2000. La qualità degli oli vergini in funzione delle macchine utilizzate per la preparazione della pasta di olive. *Rivista Imbottigliamento*, 1/2000.
- Amirante P., Catalano P., Amirante R., Montel G.L., Dugo G., Lo Turco V., Baccioni L., Fazio D., Mattei A., Marotta F. 2001. Estrazione da paste snocciolate. *Olio & Olio*, 4:48-58.
- Amirante P., Catalano P., Amirante R., Clodoveo M.L., Montel G.L., Leone A., Baccioni L. 2002. Prove sperimentali di estrazione di oli extravergini di oliva da paste snocciolate. *Olio & Olio*, 5, 6:16-22.
- Amirante P., Formato A. 2003. Influenza della ricerca applicata sulla innovazione tecnologica dell'industria agro-alimentare. 16-17 ottobre 2003, Anacapri.
- Amirante P., Baccioni L., Clodoveo M.L., Dugo G., Leone A., Tamborrino A. 2005a. Prove sperimentali di estrazione olearia con un nuovo mini impianto gestibile nelle aziende agricole: un caso di filiera corta. *Olio & Olio*, 5, 6:16-22.
- Amirante P., Clodoveo M.L., Dugo G., Leone A., Tamborrino A. 2005b. "Advance technology in virgin olive oil production from traditional and de-stoned pastes: influence of the introduction of a heat exchanger on oil quality" in *Food Chemistry*. Available on line in <http://www.sciencedirect.com/>. *Food Chemistry*, 98:797-805.
- Amirante P., Clodoveo M.L., Leone A., Dugo G., Pollicino D., Lo Turco V., Tamborrino A. 2005c. Virgin olive oil from de-stoned paste: Introduction of a new decanter with short and variable dynamic pressure cone to increase olive oil yield. *EFFoST 2005 IN-TRAFOOD 2005 - Innovations in Traditional Foods Polytechnical*, 25-28 October 2005, University of Valencia, Spain, vol. II, 1183-1186.
- Amirante P., Baccioni L., Clodoveo M.L., Leone A., Tamborrino A. 2006. L'impiego delle più recenti innovazioni impiantistiche per la valorizzazione dell'olio da olivi secolari: un esempio di tutela paesaggistica a salvaguardia di un patrimonio storico e culturale. *Olive e Olio*, in stampa.
- Amirante R., Baccioni L., Catalano P. 1998. Analisi teorico-sperimentale dell'estrazione olearia a risparmio d'acqua dell'olio di oliva da paste snocciolate. *Atti del Convegno Nazionale dell'AIIA*, 11-12 settembre, Ancona.
- Amirante R., Baccioni L., Catalano P., Montel G.L. 1999. Nuove tecnologie per l'estrazione dell'olio di oliva: il decanter a cono corto a pressione dinamica variabile e controllo della velocità differenziale tamburo/coclea. *Rivista Italiana Sostanze Grasse*, 76:129-140.
- Amirante R., Catalano P. 2000. Fluid dynamic analysis of the solid-liquid separation process by centrifuga-

- tion. Journal of Agriculture Engineering Research, 77, 2:193-201.
- Angerosa F., Mostallino R., Basti C., Vito R. 2000. Virgin olive oil odour notes: their relationships with volatile compounds from the lipoxygenase pathway and secoiridoid compounds. Food Chemistry, 68, 3:283-287.
- Baccioni L. 2003. Alcune riflessioni sulle filiere olivicole di competitività di costo e di premio di prezzo. Atti della Giornata di Studio: Innovazione tecnologica e qualità dell'olio extra vergine di oliva. Foggia, 1-6.
- Caruso D., Berra B., Giovanini F., Cortesi N., Fedeli E., Galli G. 1999. Effect of virgin olive oil phenolic compounds on in vitro oxidation of human low density lipoproteins. Nutrition Metabolism and Cardiovascular Diseases, 9:102-107.
- Commessatti A. 2005. Le caratteristiche organolettiche dell'olio di oliva. Notiziario ERSA, vol. 2, 17-19.
- Saitta M., Lo Curto S., Di Bella F., Salvo F., Dugo G. 2000. Identificazione di composti fenolici in oli di oliva mediante G. HRGC-MS/MS. Atti del IV Congresso Nazionale di Chimica degli Alimenti, 28-30 giugno 2000, Ferrara, 21.
- Salas J.J., Sanchez J. 1999. Hydroperoxide lyase from olive (*Olea europaea*) fruits. Plant science, 143:19-26.
- Salas J.J., Williams M., Harwood J.L., Sanchez J. 1999. Lipoxygenase Activity in Olive (*Olea europaea*). Fruit Journal of American Oil Chemist's Society, 10:1163-1168.