

# Il Progetto IT4NUEVOO

Impianti e tecnologie innovative per l'estrazione di un nuovo olio extravergine  
d'oliva nutraceutico e con elevato contenuto di sostanze salutari

*Progetto di ricerca finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali,  
nell'ambito del settore olivicolo-oleario ai sensi del D.M. n. 30311 del 31/10/2018*

a cura di

Giuseppe Altieri, Francesco Genovese, Attilio Matera, Giovanni Carlo Di Renzo



---

# Il Progetto IT4NUEVOO

## The IT4NUEVOO Project

---

Impianti e tecnologie innovative per l'estrazione di un nuovo olio extravergine d'oliva nutraceutico e con elevato contenuto di sostanze salutari

*Progetto di ricerca finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, nell'ambito del settore olivicolo-oleario ai sensi del D.M. n. 30311, 31/10/2018*

---

Innovative plants and technologies for the extraction of a new nutraceutical extra virgin olive oil with a high content of healthy substances

*Research project funded by the Ministry of Agricultural, Food and Forestry Policies, in the olive-oil area according to Ministerial Decree no. 30311, 31/10/2018*

---

a cura di

Giuseppe Altieri, Francesco Genovese, Attilio Matera, Giovanni Carlo Di Renzo



Il Progetto IT4NUEVOO : impianti e tecnologie innovative per l'estrazione di un nuovo olio extravergine d'oliva nutraceutico e con elevato contenuto di sostanze salutari : progetto di ricerca finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, nell'ambito del settore olivicolo-oleario ai sensi del D.M. n. 30311, 31/10/2018 = The IT4NUEVOO Project : Innovative plants and technologies for the extraction of a new nutraceutical extra virgin olive oil with a high content of healthy substances Research : project funded by the Ministry of Agricultural, Food and Forestry Policies, in the olive-oil area according to Ministerial Decree no. 30311, 31/10/2018 / a cura di Giuseppe Altieri, Francesco Genovese, Attilio Matera, Giovanni Carlo Di Renzo. – Potenza : BUP - Basilicata University Press, 2022. – X, 200 p. ; 30 cm.

ISBN: 978-88-31309-18-9

Progetto di ricerca finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, nell'ambito del settore olivicolo-oleario ai sensi del D.M. n. 30311 del 31/10/2018

*Direzione scientifica*

Giuseppe Altieri (Univ. Basilicata); Francesco Genovese (Univ. Basilicata); Attilio Matera (Univ. Basilicata); Giovanni Carlo Di Renzo (Univ. Basilicata).

Università degli Studi della Basilicata, Scuola di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari ed Ambientali - SAFE

SITO WEB del Progetto IT4NUEVOO: <https://sites.google.com/unibas.it/iti4nuevoo/>



Tutti i testi pubblicati sono stati rivisti, secondo le modalità del “doppio cieco” (*double blind peer review*), da non meno di due revisori specialisti nel campo.

© 2022 BUP - Basilicata University Press

Università degli Studi della Basilicata

Biblioteca Centrale di Ateneo

Via Nazario Sauro 85

I - 85100 Potenza

<https://bup.unibas.it>

Published in Italy

Prima edizione: novembre 2022

Gli E-Book della BUP sono pubblicati con licenza

Creative Commons Attribution 4.0 International

**In copertina:** separazione finale dell'olio extravergine di oliva, a sinistra con centrifuga tradizionale, a destra con centrifuga innovativa (*final separation of extra virgin olive oil, on the left with traditional centrifuge, on the right with innovative centrifuge*). Foto cortesia di G.C. Di Renzo.



---

# Gli impianti di separazione olio / acqua per migliorare la qualità finale degli oli extravergini: valutazione tecnica e risultati sperimentali

---

*Attilio Matera\*, Giuseppe Altieri, Francesco Genovese, Giuseppe Genovese, Luciano Scarano, Giovanni Carlo Di Renzo*

*Scuola di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari ed Ambientali (SAFE), Università degli Studi della Basilicata*

## **Introduzione**

La crescente attenzione da parte del consumatore verso il ruolo che riveste l'alimentazione nella salvaguardia della salute ha consentito di inserire l'olio extra vergine d'oliva tra gli alimenti con un elevato significato funzionale e salutistico. Gli utilizzi dell'olio d'oliva sin dall'antichità sono stati i più vari, infatti anche se il ruolo più importante lo riveste nell'alimentazione per la cottura dei cibi e come condimento, l'olio di oliva è anche stato un componente dei medicinali più antichi. Diversi studi hanno dimostrato, infatti, che alcuni composti, principalmente sostanze fenoliche, sono correlati ad una lunga serie di effetti positivi sulla salute umana (1,2). I polifenoli presenti nell'olio d'oliva sono antiossidanti naturali che hanno effetti benefici per la nostra salute, ma anche per la stabilità dell'olio stesso poiché ne aumenta la conservabilità difendendolo dal danno ossidativo (3,4). La produzione di polifenoli, che avviene nelle cellule oleifere, è dovuta a reazioni catalizzate dal corredo enzimatico cellulare, il quale è determinato su base genetica e indotto da un insieme di fattori ambientali come il clima e il territorio. Ne risulta che il profilo quali-quantitativo di un olio è strettamente legato alla terra di produzione caratterizzata da determinati tipi di cultivar, condizioni climatiche e da un adeguato processo produttivo. Essi intervengono come antiossidanti diretti, abbassano i livelli di colesterolo e inibiscono la perossidazione delle LDL, rallentano la crescita tumorale inibiscono alcuni cancerogeni chimici, rallentano l'aggregazione piastrinica e, infine, svolgono attività anallergica e antinfiammatoria.

Fondamentale è anche l'aspetto sensoriale dell'olio extra vergine di oliva, rappresentato dall'insieme delle proprietà che lo rendono "accettabile" o "desiderabile" da parte del consumatore. La qualità sensoriale comprende quindi la valutazione del colore, dell'aroma e del gusto dell'alimento. Il colore è la prima valutazione sensoriale eseguita dal consumatore. I composti responsabili del colore degli oli vergini di oliva fanno parte dei costituenti minori. Trattasi di pigmenti liposolubili quali le clorofille, responsabili del colore verde, e dei carotenoidi che conferiscono il colore giallo. La nota olfattiva deriva da una serie di composti parzialmente volatili a temperatura ambiente, che li rende percettibili a livello di membrana olfattiva. Alcuni di questi composti, come ad esempio gli alcoli terpenici ed alcuni esteri sono definiti aromi "originari" in quanto pre-esistenti nel frutto. Altri, invece, quali aldeidi e alcoli sono chiamati aromi di "derivazione" in quanto si tratta di composti che si formano nel corso della frangitura delle olive per effetto di meccanismi enzimatici

endogeni catalizzati dalla lipossigenasi. Questi composti sono responsabili della sensazione di “fruttato” che per un olio di oliva rappresenta un elevato grado di qualità sensoriale.

Il gusto degli oli vergini di oliva è da ricondurre alla sensazione di “pungente” e di “amaro” probabilmente legata ad alcuni composti di natura fenolica. La fase “gusto-olfatto” dell’esame sensoriale è sicuramente la più complessa in quanto coinvolge contemporaneamente i composti volatili e non volatili ad impatto sensoriale e può evidenziare eventuali effetti sinergici legati alla loro combinazione.

Gli attributi sensoriali dell’olio vergine di oliva, sono da imputare alla forte stimolazione dei recettori sensoriali umani provocate sia da sostanze non-volatili sia da sostanze volatili (5,6,7,8).

Queste particolari caratteristiche degli oli extravergini sono più facili da apprezzare in quanto il consumatore può esprimere sulla base delle proprie percezioni sensoriali un giudizio di qualità sull’olio utilizzato. Sono proprio queste le caratteristiche che negli ultimi anni hanno determinato una crescente domanda di olio extravergine di elevata qualità, pertanto la scelta delle tecnologie e l’opportuna progettazione dei processi di estrazione rappresentano un importante strumento per tutelare e valorizzare le caratteristiche organolettiche e nutrizionali dell’olio durante il processo di trasformazione. Tutte le operazioni coinvolte nel processo di estrazione hanno, infatti, lo scopo di estrarre l’olio dal frutto conservando quanto più è possibile le caratteristiche organolettiche e nutrizionali originali. In tale ottica l’estrazione meccanica consente di estrarre i trigliceridi nella forma più integra possibile, consentendo di preservare il maggior numero possibile di composti minori che caratterizzano l’olio d’oliva dal punto di vista organolettico e favorisce la formazione di nuovi composti chimici aromatici che nella drupa non erano presenti, ma che si originano dall’azione degli enzimi liberati dalla rottura dei tessuti vegetali.

Per l’ottenimento di un olio di qualità sono necessari, inoltre, un giusto grado di maturazione delle drupe, idonee modalità di raccolta ed estrazione, non trascurando infine opportune misure igienico-sanitarie perseguibili attraverso un’adeguata difesa fitosanitaria e razionali operazioni di raccolta, post-raccolta e trasformazione che mirino a rendere minime le manipolazioni del prodotto. In definitiva, la qualità dell’olio di oliva si riesce ad ottenere solo attraverso il rispetto e la salvaguardia delle proprietà intrinseche del prodotto originale esaltate attraverso un razionale processo di estrazione.

Tali esigenze richiedono un maggior ordinamento fra la ricerca scientifica, l’industria costruttrice di macchine olearie e i produttori, al fine di proporre tecnologie innovative che esaltino la qualità dell’olio, senza penalizzare le rese di estrazione.

### **Processo di estrazione dell’olio extra vergine d’oliva**

L’olio vergine di oliva è un olio ottenuto unicamente attraverso processi meccanici o altri processi fisici, in condizioni tali da non causare alterazioni dell’olio, e che non ha subito alcun trattamento diverso dal lavaggio, dalla decantazione, dalla centrifugazione e dalla filtrazione. L’obiettivo dei metodi di estrazione consiste nell’estrarre il più possibile il quantitativo di olio dal frutto senza alterarne la qualità originale. Per questo motivo, è essenziale utilizzare unicamente

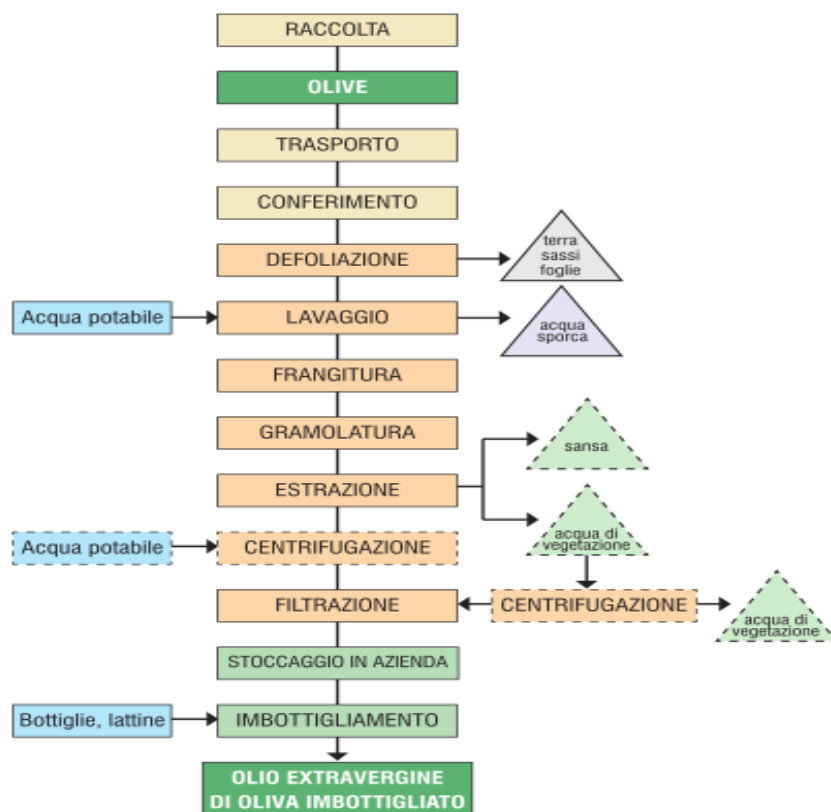
metodi meccanici o fisici, evitando reazioni chimiche o enzimatiche che ne possono alterare la composizione naturale.

La qualità dell'olio, infatti, è determinata principalmente:

- dallo stato di maturazione delle olive al momento della lavorazione;
- dalla tecnologia di estrazione;
- dalla delicata fase di condizionamento-conservazione dell'olio.

Le differenti operazioni tecnologiche possono portare ad un profondo cambiamento nella composizione dell'olio in seguito alla trasformazione di alcuni componenti naturali dell'oliva (in seguito ad interventi enzimatici ed ossidativi) ed alla ripartizione dei componenti aromatici ed antiossidanti tra la fase oleosa, la matrice solido-colloidale della pasta di olive e l'acqua di vegetazione.

Il processo di estrazione dell'olio vergine di oliva si compone di una serie di operazioni che portano alla liberazione della maggiore quantità possibile di olio contenuto nei vacuoli cellulari della drupa (Fig. 1).



**Fig. 1. Diagramma di flusso processo produttivo olio.**

L'estrazione diventa tanto più difficoltosa quanto più la quantità di olio è disperso in goccioline piccolissime nel sistema colloidale della pasta di olive o in emulsione con l'acqua di vegetazione. Le goccioline d'olio, che vengono liberate in seguito alla rottura delle cellule, si riuniscono in gocce più grandi durante la fase di gramolazione attraverso il fenomeno fisico della coalescenza, fino a raggiungere dimensioni tali da poter essere separate in una fase liquida continua: il mosto oleoso.

Il mosto oleoso in uscita dagli impianti di estrazione ha caratteristiche fisiche e chimiche che dipendono dalle tecnologie impiegate a monte del processo, in particolar gli impianti di separazione olio-sansa possono influire sia sulle proprietà sensoriali e sulla stabilità ossidativa, giocando un ruolo fondamentale sulla quantità e attività dei composti fenolici. La separazione del mosto oleoso dalla sansa di olive per pressione, sebbene restituisca un prodotto con più polifenoli, è stato attualmente quasi completamente sostituito dall'estrazione per separazione centrifuga orizzontale (decanter) a due o tre fasi, che ha consentito di dare continuità al processo e ridurre i tempi di estrazione (Fig. 2).

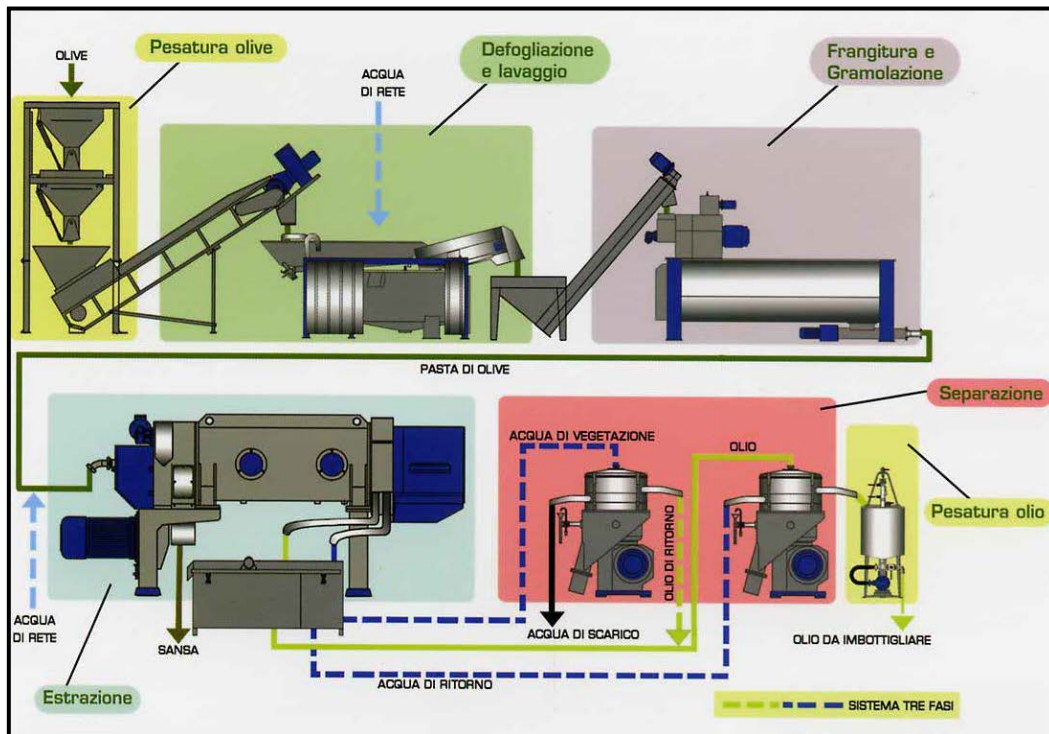


Fig. 2. Metodo continuo - estrazione con decanter a tre fasi.

### Impianti per la chiarificazione del mosto oleoso

Qualunque sia il sistema di estrazione che il frantoio oleario adotta, il mosto oleoso che si separa dall'impianto, è sempre accompagnato da quantità più o meno elevate di acqua di vegetazione e di piccoli frammenti vegetali. Il contenuto di acqua di vegetazione e solidi varia nel mosto oleoso varia dal 2-5% nel decanter a tre fasi fino al 5-15% nel decanter a due fasi.

L'acqua e i solidi vengono separati per le diverse densità dei liquidi, mediante due diverse tecniche:

- decantazione;
- centrifugazione.

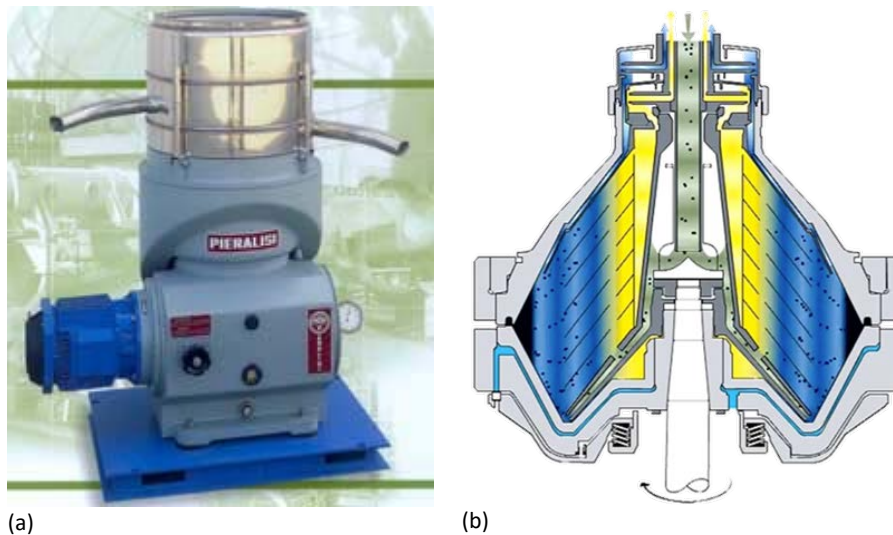
La decantazione è un metodo tradizionale, basato sulla non miscibilità dell'olio con l'acqua di vegetazione. Durante la fase di riposo l'olio, essendo più leggero dell'acqua, tende ad affiorare in superficie separandosi.



Dopo questa prima fase è necessario separare ancora l'acqua residua presente nell'olio; tale operazione richiede tempi più lunghi di stazionamento dell'olio in vasche di apposita muratura. Questo metodo è stato del tutto abbandonato, perché non consente di ottenere oli di elevata qualità. Oggi, la fase liquida proveniente dai vari strati di estrazione viene separata mediante separatori verticali a dischi (Fig. 3).

Le centrifughe a dischi presentano l'asse di rotazione verticale e sono note anche come centrifughe a calotte. Ruotando a elevata velocità (circa 5000-6000 rpm), consentono, da una parte, di far ottenere un olio vergine di oliva pulito, anche se ancora leggermente torbido e, dall'altra, di recuperare quella piccola parte di olio dispersa in emulsione nella fase acquosa.

Questo tipo di centrifughe sono formate da una serie di piatti tronco-conici, posti alla distanza di 1 mm circa l'uno dall'altro e montati sull'albero cavo del tamburo.



**Fig. 3. Centrifuga verticale a dischi (a); sezione della centrifuga, (2)**

In tale centrifuga l'alimentazione avviene dall'alto lungo un tubo centrale e fisso che sfocia in uno di diametro maggiore, rotante, il quale porta alla sua estremità inferiore un disco conico, alettato nella parte inferiore (chiamato distributore) per guidare il flusso verso l'esterno aiutandolo ad aumentare la sua velocità fino al valore previsto dalla centrifugazione. Sopra tale disco ne sono sovrapposti altri (circa un centinaio). Essi sono caratterizzati da risalti radiali sul dorso e hanno uno spessore non superiore ai 2 mm. In questo modo si formano degli spazi tra i dischi dello stesso spessore, entro i quali il liquido torbido risale verso il centro della centrifuga. Le frazioni di liquido pesante per effetto della forza centrifuga escono dalla parte bassa ed esterna dei dischi, lambendo la faccia inferiore del disco immediatamente superiore. Le particelle pesanti si raccolgono nella camera dei fanghi situata perifericamente. Tale camera, di forma biconica, è il risultato di due tamburi o boli, uno superiore e uno inferiore, entrambi conici che vanno a costituire la superficie di chiusura del complesso rotante. Le frazioni di liquido leggero, soggette a minor forza centrifuga, non potendosi scaricare verso l'esterno dei dischi, perché impedito dalla presenza del liquido pesante, a

causa della pressione centrifuga salgono verso il centro dei dischi scorrendo su di essi. I due liquidi scorrono pertanto in senso opposto ed è così possibile separarli.

I dischi fungono da superficie di sedimentazione e grazie alla loro inclinazione si auto puliscono consentendo lo scivolamento della feccia nella camera dei fanghi.

Durante il funzionamento della centrifuga i fanghi si accumulano sempre di più e bisogna eliminarli dalla camera. Tale operazione viene eseguita tramite dei fori che sono chiusi in fase di lavoro e si aprono in fase di scarico dei solidi. Il sistema di apertura e di chiusura dei fori costa essenzialmente di un doppio fondo mobile che si trova in posizione alta in fase di chiusura e si sposta in posizione bassa in fase di apertura. Il movimento del doppio fondo è dovuto ad un sistema idraulico che esercita una pressione verso l'alto in fase di chiusura e una pressione verso il basso in fase di apertura. Un gioco di valvole a comando manuale o automatico immette il liquido di servizio negli spazi appositi e lo scarica da questi per attuare il sistema.

Lo scarico dei solidi può essere parziale o totale. Nel primo caso il doppio fondo mobile si richiude quando ancora i solidi non si sono scaricati completamente. Quando è totale, invece, il doppio fondo rimane aperto abbastanza a lungo da far uscire tutti i solidi e anche una parte dei liquidi. Con lo scarico parziale dei solidi non si ha perdita di liquidi, ma la chiusura rischia di determinare un'usura del sistema di chiusura dei fori. Nello scarico totale dei solidi, invece, si ha la perdita dei liquidi. La soluzione migliore consiste nell'intercalare una serie di aperture parziali con un'apertura totale.

Il comando di apertura e chiusura dei fori può essere attuato da:

- un sistema a tempo: che regola gli intervalli tra un'apertura e un'altra;
- un sistema a misura di torbidità: una fotocellula sulla condotta del liquido chiarificato rileva la presenza di torbidità quando la camera dei fanghi è piena e comanda l'apertura dei fori;
- un sistema idraulico sensibile a variazioni di pressione: in pratica una piccola frazione di liquido chiarificato viene rinvia nella camera dei fanghi attraverso una piccola condotta. Un manometro di precisione misura la pressione necessaria a questo flusso. Quando la camera dei fanghi è piena la piccola condotta si occlude e la pressione di mandata del fluido aumenta. Tale aumento di pressione comanda l'apertura dei fori e lo scarico dei solidi.

Vi sono centrifughe decantatrici a scarico continuo dei sedimenti, nei quali i fori sono sempre aperti. Esse sono utilizzate per concentrare sospensioni di materiali pregiati (amido, lieviti) eliminando gran parte del liquido.

Per quanto riguarda lo scarico del liquido chiarificato, in quasi tutte le centrifughe, esso avviene per mezzo di un dispositivo che trasmette al fluido una notevole energia e fa funzionare la centrifuga come una vera e propria pompa. Ciò consente l'invio del liquido chiarificato ad un serbatoio di stoccaggio o ad un'altra macchina del processo. Si tratta di un semplice disco solidale con il canale di alimentazione della sospensione e internamente cavo con particolare alettatura a spirale. In questo disco l'energia cinetica posseduta dal fluido per effetto del moto di rotazione si trasforma in energia potenziale.

Un inconveniente delle centrifughe a dischi è dovuto al fatto che nell'impiego su liquidi alimentari determinano, a causa della violenta azione meccanica sviluppata dagli organi sul liquido, deterioramento delle caratteristiche meccaniche del fluido, riscaldamento e intima miscelazione di aria ambiente, con conseguente elevata diffusione di ossigeno nel liquido alimentare. Ciò è in contrasto con l'attuale sempre maggiore attenzione dei consumatori alla qualità merceologica dei prodotti alimentari, con un concetto di genuinità che collega il prodotto consumato al prodotto originario, che ha determinato una spinta e riesaminare i processi produttivi e le macchine impiegate nell'industria alimentare con una prospettiva che tiene conto della produttività, ma che punta prevalentemente al mantenimento di tutte le caratteristiche chimico fisiche del prodotto alimentare originale, senza determinare variazioni nella composizione dell'alimento trattato.

Oltre alle centrifughe a dischi sopra discusse, sono note anche le cosiddette "supercentrifughe". Si tratta di centrifughe con cesti di 10 cm di diametro, lunghi 1-2 m e muniti di piccoli diaframmi longitudinali perché il liquido possa raggiungere più rapidamente la stessa velocità del cesto. Questo ruota a circa 60000 giri/min, ma quando si debbano superare soluzioni colloidali o rompere emulsioni la velocità può raggiungere 100000 giri/min. In quest'ultimo caso, l'organo motore è per lo più simile ad una piccola turbina ad aria. Affinché il componente di peso specifico maggiore abbia il tempo di portarsi sulle pareti, si fa giungere la miscela dal basso e i due componenti separati vengono fatti uscire dall'alto dopo un percorso piuttosto lungo. Dal sito più lontano dall'albero vi è l'uscita del liquido più denso. Le supercentrifughe trovano applicazione nelle industrie degli oli minerali e vegetali, dei vini e dei liquori; presentano il vantaggio di ridurre notevolmente il tempo di separazione, rispetto ad una centrifuga normale.

Come le centrifughe a dischi, anche le supercentrifughe presentano il sopramenzionato inconveniente legato allo scarico dei solidi e l'inconveniente di causare un deterioramento delle caratteristiche meccaniche del fluido, riscaldamento e intima miscelazione di aria ambiente, con conseguente elevata diffusione di ossigeno nel liquido alimentare.

La ricerca sviluppata nell'ultimo trentennio, attraverso lo studio fluidodinamico delle centrifughe orizzontali (decanter) ha avuto come obiettivo fondamentale il miglioramento delle rese attraverso la costruzione di macchine sempre più efficienti ed affidabili. Tutto ciò non è sufficiente, in quanto è necessario rivisitare tutto il processo, nelle sue singole fasi operative e nel suo insieme, al fine di massimizzare la qualità nutrizionale e sensoriale, e nel contempo incrementare il contenuto in componenti minori. Da diversi anni si è posto l'interrogativo sull'influenza del passaggio forzoso del mosto oleoso nella centrifuga verticale e sull'effetto che l'alta velocità di rotazione può determinare sulla qualità dell'olio e sulla quantità di ossigeno che in esso si scioglie, a seguito dell'alta pressione generata dalla forza centrifuga (9).

In un lavoro svolto da Masella et al. (10) è stata valutata l'influenza delle centrifughe verticali sulla qualità dell'olio extra-vergine di oliva. I campioni di olio sono stati analizzati prima e dopo il trattamento in centrifuga; dai risultati conseguiti emerge che il trattamento determina importanti variazioni di alcuni aspetti qualitativi dell'olio di oliva. Subito dopo il trattamento in centrifuga è stato rilevato un aumento della concentrazione dell'ossigeno disciolto, inoltre si è riscontrato un aumento significativo del contenuto di perossidi e dell'indice spettrofotometrico K232, rispettivamente del 40 e 14%. Significative differenze si sono avute solo per i fenoli semplici, mentre

per i secoiridoidi, la classe più importante di polifenoli, non si sono riscontrate differenze significative tra prima e dopo il trattamento. Differenze significative si sono riscontrate anche per il contenuto di componenti volatili che risultano essere significativamente superiori per i campioni analizzati prima del trattamento con la centrifuga verticale. Tali oli presentano, infatti, note fruttate più marcate. Questo lavoro suggerisce la necessità di un'adeguata progettazione di separatori liquido-liquido in modo da ridurre il contenuto di ossigeno disciolto al fine di contenere la degradazione delle componenti funzionali per la stabilità dell'olio e per la salute dei consumatori.

### Parametri qualitativi dell'olio d'oliva

In base al livello qualitativo, identificato da parametri chimici (acidità; numero di perossidi; costanti spettrofotometriche ed etil esteri degli acidi grassi) ed organolettici (Valutazione organolettica) come definiti dall'allegato I del Reg. UE 2016/2095, gli oli di oliva vergini sono classificati in:

- Olio extra vergine di oliva
- Olio di oliva vergine
- Olio di oliva lampante

Tab. 1. Classificazione degli oli in base ai parametri chimici

Categoria	Acidità (%)	N° di Perossidi (mg O <sub>2</sub> /kg)	Esteri etilici di acidi grassi (mg/kg)	Spettrofotometria			Valutazione organolettica	
				K232	K270	Δ K	mediana Fruttato	mediana Difetto
Olio Extra Vergine di Oliva	≤ 0.8	≤ 20	≤ 35	≤ 2.5	≤ 0.22	≤ 0.01	> 0	= 0
Olio di Oliva Vergine	≤ 2.0	≤ 20	-	≤ 2,6	≤ 0.25	≤ 0.01	> 0	≤ 3,5
Olio di Oliva Lampante	>2.0	-	-	-	-	-	-	> 3.5*

### Acidità libera dell'olio

L'acidità misura, a seguito della lipolisi, la formazione di acidi grassi liberi. La lipolisi è una reazione di idrolisi che interessa la struttura dei trigliceridi e consiste nella rottura di un legame tra il glicerolo ed uno o più acidi grassi ad esso esterificati. Avviene ad opera di un enzima presente nella polpa delle olive, la lipasi in presenza di acqua. La misura dell'acidità è sicuramente il primo indice della qualità del prodotto in quanto è direttamente determinato dalla qualità delle olive in termini di integrità del frutto al momento della trasformazione. Fattori che influiscono sull'acidità libera dell'olio:

- grado di maturazione delle olive;
- stato fitosanitario delle olive;
- tempi di stoccaggio delle olive

Anche un prolungato contatto tra olio e acqua di vegetazione e/o morchie può determinare un innalzamento dell'acidità libera dell'olio.

### **Numero di perossidi**

Questo parametro misura l'ossidazione primaria dell'olio, quindi la formazione di idroperossidi per effetto della reazione tra acidi grassi insaturi e ossigeno in presenza di catalizzatori (calore; metalli; luce). Il valore assume significati diversi a seconda dei momenti della vita di un olio:

- In un olio fresco misura il livello di ossidazione dovuto alle operazioni di raccolta stoccaggio e conservazione delle olive, fornendo un'indicazione sulla qualità della materia prima impiegata;
- In conservazione misura l'accumulo di perossidi a seguito di fenomeni di ossidazione favoriti dalla presenza di aria e catalizzati da: calore, luce e metalli.

Il numero di perossidi tende tuttavia ad aumentare durante la fase di conservazione dell'olio per la lenta, ma progressiva azione dei fattori che favoriscono l'ossidazione radicalica.

### **Costanti spettrofotometriche**

Il numero di perossidi non è sufficiente a definire lo stato di ossidazione dell'olio in quanto durante la conservazione questo parametro può subire una diminuzione a seguito della decomposizione degli idroperossidi stessi (ossidazione secondaria) con formazione di aldeidi e chetoni e acidi volatili responsabili del difetto di rancido. Gli assorbimenti alle lunghezze d'onda 232 nm e 270 nm indicano lo stato ossidativo dell'olio, poiché si possono formare sistemi dienici e trienici coniugati in seguito all'ossidazione dell'olio. L'ossidazione primaria, che comporta la formazione degli idroperossidi, fa aumentare l'assorbimento a 232 nm. L'ossidazione secondaria, con formazione di composti carbonilici secondari, determina un aumento a 270 nm.

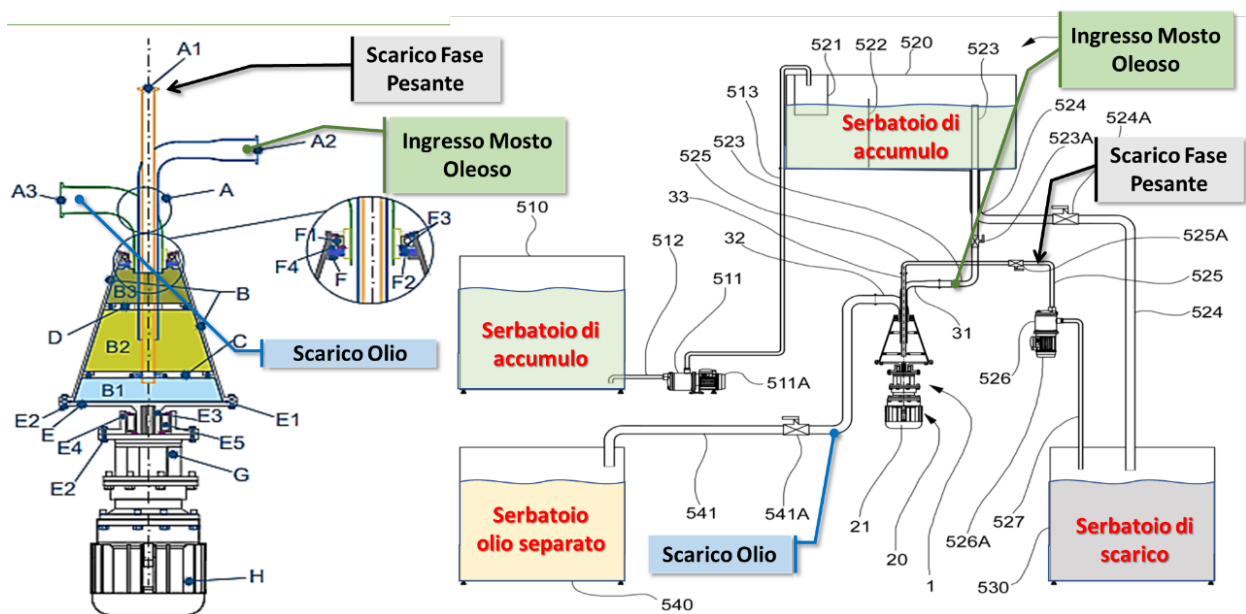
### **Attività sperimentali**

Le attività sperimentali sono state condotte lungo quattro stagioni olearie (2019-2022) ed hanno avuto come obiettivo il miglioramento della qualità dell'olio attraverso approcci di tipo impiantistico. La ricerca ha avuto come macro obiettivi: (i) la costruzione e il brevetto di un separatore centrifugo olio/acqua/morchia operante a bassi giri (Rotased) per migliorare la qualità finale dell'olio e (ii) lo sviluppo di un nuovo sistema di separazione in atmosfera controllata, al fine di salvaguardare dall'ossidazione l'EVOO e di creare le condizioni ottimali per massimizzare la stabilità ossidativa delle componenti nutraceutiche e massimizzare la qualità finale complessiva dell'olio, rispetto ai parametri merceologici (11, 12). Le attività sono state condotte in sinergia con i partner aziendali del progetto con approcci dipendenti dal tipo di attività, come descritto in seguito. Per la messa a punto del Rotased le prove sono state condotte presso l'oleificio Ruscigno (Tricarico, MT), dove la macchina stata installata a valle della linea di estrazione ed ha operato sotto diverse condizioni, con l'obiettivo di definire le condizioni di massima per ottimizzare la qualità del prodotto finale. Le attività successive hanno previsto l'estrazione del mosto oleoso in oleificio (Ruscigno; Picciariello (Bitonto, BA)), il trasporto presso i laboratori dell'Università e l'inoculo con una coltura aggiuntiva (batteri e/o lieviti) selezionata dal gruppo di Microbiologia Industriale dell'Università

degli Studi della Basilicata. Il mosto oleoso inoculato (ed il controllo non inoculato), in seguito ad incubazione per 16h, è stato quindi trattato con un separatore centrifugo a dischi, operante in atmosfera controllata, per eliminare l'acqua e i solidi residui.

**Progettazione, costruzione e brevetto di un separatore olio/acqua/morchia per migliorare la qualità finale di EVOO.**

Il separatore centrifugo "ROTASED" messo a punto dal gruppo di Macchine ed Impianti per le Industrie Alimentari è di fatto un sedimentatore rotativo. Lo scopo della macchina è quello di mettere a disposizione una sedimentazione rotativa per la separazione solido/liquido e liquido/liquido di liquidi alimentari che sia in grado di ovviare o ridurre almeno in parte gli inconvenienti sopra discussi. L'invenzione sarà meglio compresa dalla seguente descrizione dettagliata di sue forme di esecuzione.



**Fig. 4. Sezione dettagliata del ROTASED (a sinistra) e dell'impianto di separazione completo (a destra).**

Facendo inizialmente riferimento alla Fig. 4, in tale figura è mostrato uno schema dell'impianto per la separazione solido/liquido e liquido/liquido di liquidi alimentari secondo una prima forma di realizzazione attualmente preferita. L'impianto di separazione comprende un sedimentatore rotativo in accordo ad una prima forma di realizzazione preferita. Il separatore è in particolare un sedimentatore rotativo ad asse verticale per la separazione solido/liquido e liquido/liquido di liquidi alimentari. In altre parole il sedimentatore rotativo è adatto a chiarificare sia una torbida (vale a dire un liquido da chiarificare) costituita da o comprendente ad esempio due liquidi insolubili di diversa densità sia una torbida costituita da o comprendente ad esempio un liquido e solidi. Come è noto con il termine "torbida" si intende un materiale allo stato liquido che comprende o è composto o da almeno due liquidi insolubili fra loro o da almeno un liquido e solidi che sono insolubili fra loro. L'impianto di separazione, comprende un serbatoio (510) per la torbida, una pompa (511) di alimentazione della torbida, una tubazione di prelievo (512) della torbida operativamente interposta fra la pompa 511 ed il serbatoio 510. L'impianto di separazione 500 comprende una tubazione di mandata (513) della torbida operativamente interposta fra la pompa

511 ed una vasca (520), o serbatoio di accumulo, che ha la funzione di serbatoio di accumulo di alimentazione per il sedimentatore rotativo. Il serbatoio di accumulo 520 comprende una griglia 521 a cestello ed un setto di separazione (522) disposto all'interno del serbatoio di accumulo (520). Una tubazione (523-31), di immissione della torbida, è operativamente interposta fra il serbatoio di accumulo 520 ed il sedimentatore rotativo. La torbida immessa nel sedimentatore comprende o è costituita da una prima frazione di torbida a minore densità (che corrisponde ad un liquido chiarificato destinato ad essere scaricato dal sedimentatore) ed una seconda frazione di torbida a maggiore densità rispetto alla densità della prima frazione di torbida.

Una tubazione di scarico 541-32 per scaricare un liquido chiarificato dal sedimentatore è operativamente interposta fra il sedimentatore rotativo ed una vasca di scarico (540) prevista per ricevere il liquido chiarificato. Si osservi che tale liquido chiarificato corrisponde alla suddetta prima frazione di torbida a minore densità della torbida immessa nel sedimentatore.

Una tubazione 525-33 di prelievo per prelevare la suddetta seconda frazione di torbida dal sedimentatore rotativo è operativamente interposta fra il sedimentatore rotativo e una pompa di prelievo (526). In particolare, la seconda frazione di torbida corrisponde in pratica alla frazione di torbida a maggiore densità che viene separata nel sedimentatore 1.

Le pompe 511 e 526 ed il sedimentatore rotativo sono provvisti ciascuno di una rispettiva unità di azionamento (511A, 526A, 20). Le unità di azionamento 511A, 526A delle pompe 511 e 526 comprendono rispettivi motori elettrici 511A e 526A. L'unità di azionamento 20 del sedimentatore rotativo 1 comprende un motore elettrico (21). In accordo ad una forma di realizzazione preferita, i motori elettrici sono operativamente connessi ad un quadro elettrico e sono controllati singolarmente da un inverter per la regolazione della velocità di rotazione di tali motori.

Per evitare il maltrattamento determinato dall'elevata velocità di rotazione della centrifuga a dischi e, per offrire agli operatori la possibilità di controllare il livello di chiarificazione desiderato, il Rotased agisce operando una sedimentazione per gravità, che viene migliorata tramite l'applicazione di un opportuno campo di accelerazione centrifuga alla miscela da separare.

Il principio fisico su cui si basa è la sedimentazione in regime laminare.

Operando a un numero o fattore "g" sensibilmente più basso ( $6 \times g$ ) rispetto alle centrifughe normalmente utilizzate ( $5000 \times g$ ), l'innovazione si pone come soluzione intermedia tra la sedimentazione naturale, generalmente considerata troppo lenta e poco efficace, e la sedimentazione eseguita con centrifughe a dischi estremamente efficace ma, meno "rispettosa" delle caratteristiche nutrizionali e organolettiche. Questa separazione consente di produrre una percentuale di olio di qualità, che oscilla dal 50% al 90% del mosto oleoso trattato, senza provocare ossigenazione, riscaldamento e omogeneizzazione del prodotto.

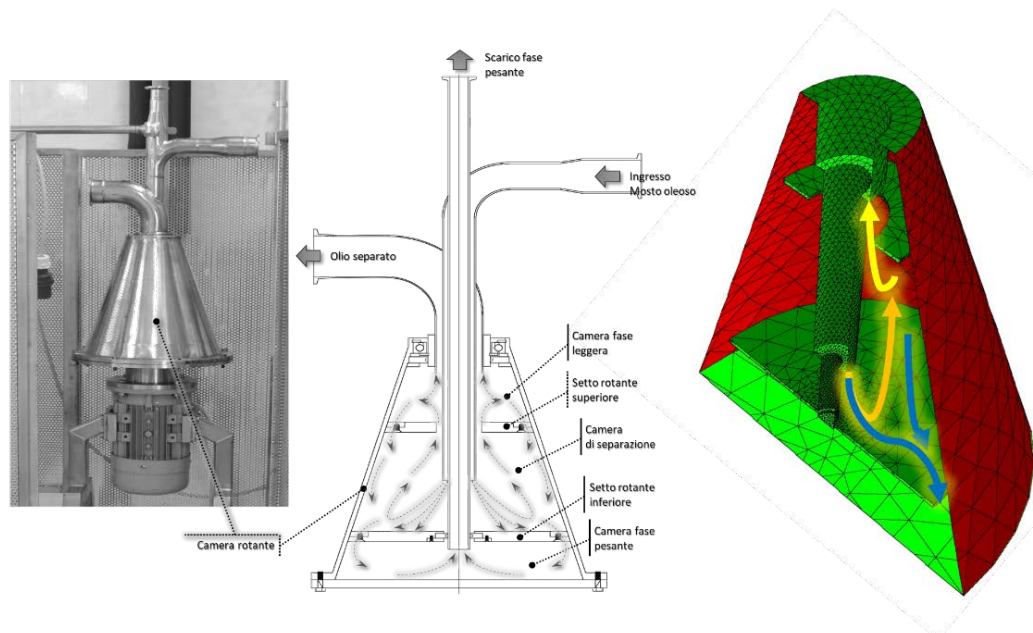
Una saracinesca permette la regolazione dell'ingresso e quindi del tempo di residenza del prodotto all'interno della macchina.

L'innovazione, rispetto alla pura sedimentazione per gravità, consiste nel miglioramento o aiuto alla sedimentazione ottenuta imponendo un'opportuna velocità di rotazione che, sempre in un campo fluidodinamico laminare, sommandosi all'accelerazione di gravità (questo è stato

progettato che avvenga a circa 100 RPM), genera dei vettori di accelerazione che sono paralleli alla superficie laterale del tronco di cono solo nella sua parte superiore (Fig. 5), in modo da creare un moto interno che trascina la fase leggera predominante verso lo scarico superiore, e allo stesso tempo, le fasi più pesanti verso lo scarico inferiore, con ulteriore separazione della fase leggera che viene spinta verso l'asse di rotazione e costretta quindi a risalire verso lo scarico superiore della fase leggera.

Innovativo risulta anche il sistema di alimentazione per la gestione autonoma del tempo di ritenzione del prodotto nella macchina, infatti le portate di alimentazione e di scarico della fase leggera, viene attuata tramite una pompa di ripescaggio della fase pesante sedimentata.

L'opportuna regolazione di quest'ultima consente di regolare la portata di liquido leggero separato che avviene per sfioramento dalla parte superiore del tronco di cono, mentre l'immissione del prodotto avviene per gravità da un serbatoio posto superiormente alla macchina stessa.



**Fig. 5. Foto del ROTASED e dettaglio dei vettori di accelerazione generati in fase di funzionamento e ricostruzione 3D della camera interna del sedimentatore.**

Preliminarmente è stata condotta una simulazione fluido-dinamica del funzionamento del prototipo utilizzando OpenFoam, un software open-source (Fig. 6).

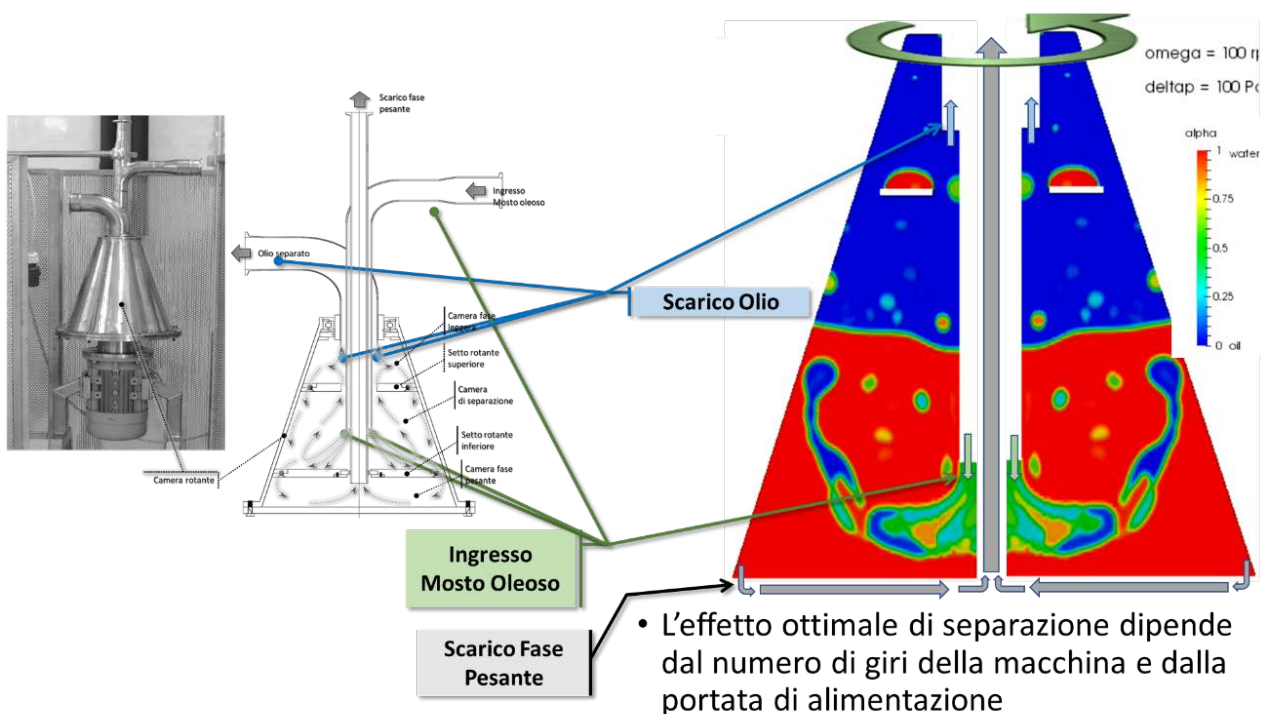
È stata condotta una simulazione fluido-dinamica del funzionamento del prototipo stesso utilizzando OpenFoam, un software open-source per la simulazione fluidodinamica e multifisica. Si è eseguita la simulazione di un flusso 2D incompressibile bifase, con rotazione e forza di gravità. Si è utilizzato un modello di turbolenza di tipo k-epsilon SST che ben si presta a descrivere regimi fluttuanti da laminare a turbolenti, anche se i casi test d'interesse sono laminari. In particolare sono privilegiati i funzionamenti in regime laminare per evitare rimescolamenti tra le fasi, e per avere una ottimale separazione delle stesse. Il flusso bifase è risolto attraverso un modello VOF (Volume Of Fluid). Esso caratterizza il flusso bifase attraverso le equazioni di Navier-Stokes scritte per la miscela, e risolvendo una nuova equazione per la frazione di volume (alpha) che descrive il grado di presenza delle due fasi in un determinato volumetto.



Dalla simulazione si denota:

- la corretta separazione delle due fasi olio(blue) + acqua (rosso);
- che la fase leggera (olio) viene accumulata e scaricata dalla parte superiore della macchina, mentre la fase pesante (acqua) viene trasferita nella parte inferiore;
- che la separazione viene agevolata dalla velocità di circa 100 rpm che induce una limitata forza centrifuga sul prodotto, accelerandone la separazione;
- che il moto permane laminare e non si riscontrano rimescolamenti con l'ossigeno contenuto nell'aria, in tal modo viene preservata intatta la qualità del prodotto iniziale.

La simulazione fluido-dinamica ha mostrato e chiarito come un aumento della portata generi differenti regimi di flusso all'interno della centrifuga, ma non riesce da solo a rendere selettivi i due outlet per le due differenti fasi.



**Fig. 6. Simulazione fluidodinamica condotta con OpenFoam**

### ***Prove sperimentali condotte con ROTASED***

Nel corso del primo anno di attività (2019), sono state svolte le prove sperimentali di confronto dei trattamenti del Rotased con la cv. Coratina presso l'oleificio Ruscigno di Tricarico (MT) (Fig. 7).

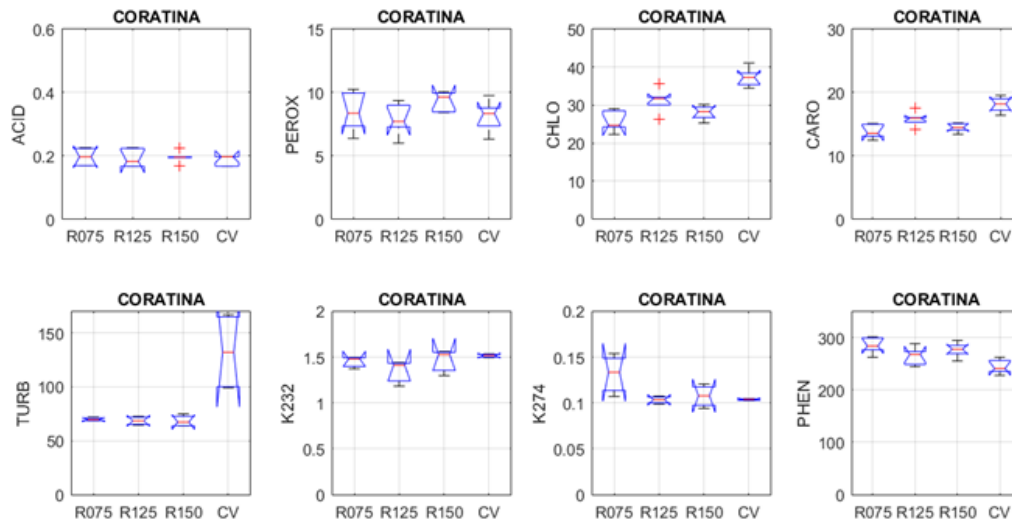
È stato valutato l'utilizzo del prototipo sperimentale (Rotased) per la separazione liquido-liquido con l'obiettivo di definire i criteri progettuali per la realizzazione di un prototipo di impianto per la separazione dell'olio di oliva dal mosto oleoso in uscita dal decanter, al fine di eliminare gran parte dell'acqua residua senza ricorrere al separatore centrifugo. Durante le prove sono state testate 3 condizioni operative, ovvero velocità di rotazione (75, 125, 150 rpm). Gli oli sperimentali ottenuti sono stati analizzati rispetto ai principali parametri commerciali (acidità, numero di

perossidi, indici spettrofotometrici K232 e K270) impiegando le metodiche ufficiali (11) e rispetto a criteri di qualità (polifenoli, carotenoidi, clorofilla, torbidità).

Il grado di maturazione delle olive Coratina utilizzate durante il test è stato di circa 60% verde e del 40% nero (Fig. 7), considerato un livello di maturazione ottimale per in relazione alla qualità dell'olio e al tasso di estrazione. In Fig. 8 sono rappresentati graficamente i risultati ottenuti dalle analisi dei campioni della cv. Coratina.



**Fig. 7.** In alto, foto delle impiegate nella sperimentazione. In basso foto dell'impianto di separazione installato in oleificio.



**Fig. 8. Risultati analisi della cv. Coratina.**

Dai risultati ottenuti il primo dato più importante è che tutti gli oli avevano i requisiti chimici minimi per essere categorizzati come extra vergini, tuttavia si sono osservati trend caratteristici per ogni parametro investigato. Il valore dell'acidità nei campioni sperimentali e nel controllo (CV) era molto basso (circa 0,2%), e non statisticamente differente tra i campioni. Il numero di perossidi era più basso nei campioni estratti impiegando il Rotased 125 rpm (7,71 mEq O<sub>2</sub>/kg), mentre il valore di carotenoidi e clorofille era più basso nei campioni sperimentali. Dai dati tal quali non si evince quale possa essere il trattamento migliore. È necessario considerare le variazioni relative percentuali rispetto ad un riferimento, il riferimento scelto è l'azione svolta dalla centrifuga verticale CV. Inoltre, per decidere sul trattamento migliore, è necessario scegliere un obiettivo, l'obiettivo scelto è lo stato di ossidazione complessivo del prodotto. Questo obiettivo è misurato dai 4 parametri ACID, PEROX, K270 e K232. Pertanto, la media dei 4 parametri (cambiata di segno) è stata usata per valutare lo stato di ossidazione. Un punteggio positivo indica uno stato di ossidazione basso mentre un punteggio negativo indica uno stato di ossidazione elevato (Tabella 2).

**Tab. 2. Variazioni relative percentuali dei parametri chimici rispetto alla centrifuga verticale.**

Coratina	R075	R125	R150	CV
ACID < 0.8	0.0%	-10.0%	0.0%	0.0%
PEROX < 20	0.2%	-7.6%	15.5%	0.0%
CHLO	-33.8%	-14.9%	-24.2%	0.0%
CARO	-25.4%	-12.3%	-20.5%	0.0%
TURB	-47.3%	-48.1%	-49.0%	0.0%
K232 < 2.5	-2.6%	-7.2%	0.7%	0.0%
K270 < 0.22	30.0%	0.0%	10.0%	0.0%
PHEN	17.8%	11.1%	15.2%	0.0%
<b>PUNTEGGIO</b>	↓ -6.9	↑ 6.2	↓ -6.5	

Con queste premesse si denota che R125 (Rotased a 125 rpm) ha un punteggio di +6,2 e rappresenta il trattamento migliore. In questo caso si osservano una diminuzione del 10%

dell'acidità, una diminuzione del'8% dei perossidi, una diminuzione del 7% di K232 ed un aumento dell'11% dei polifenoli totali. Gli oli sperimentali avevano un profilo fenolico più ricco dei campioni sperimentali, con un incremento relativo % rispetto a CV tra l'11,1% (125 rpm) e il 17,8% (75 rpm).



**Fig. 9. Cv. Coratina – Confronto tra le due estrazioni olearie. Olio ottenuto con Centrifuga verticale; (b) Olio ottenuto con Rotased.**

I dati sperimentali ottenuti con l'innovativo separatore Rotased, utilizzato per la pulizia finale del mosto oleoso prima del suo successivo imbottigliamento, evidenziano l'efficacia dello stesso nella pulizia dell'olio e la possibilità di sostituire i tradizionali separatori centrifughi ad asse verticale che vengono normalmente utilizzati nella fase di pulizia finale dell'olio. Tuttavia, a differenza di questi ultimi, il Rotased evita un'eccessiva ossigenazione e genera un minor riscaldamento dell'olio, originati dalle macchine in fase di separazione. Inoltre, il Rotased conserva le più importanti proprietà sensoriali e nutrizionali di un olio Extra-Vergine d'oliva. Complessivamente, le evidenze raccolte rappresentano una base di partenza per l'allestimento dell'impianto da utilizzare a livello industriale per la produzione di un olio extravergine di oliva "torbido".

Anche a seguito dei risultati ottenuti in queste prove, il Rotased ha ricevuto l'attestazione di brevetto per invenzione industriale dal Ministero dello Sviluppo Economico – Ufficio Italiano Brevetti in data 28/01/2019 con il numero 102016000078140.

Rotased può sostituire i tradizionali separatori nella pulizia dell'olio consentendo un notevole risparmio in termini di energia elettrica (1,1 kW), evita un'eccessiva ossigenazione e genera un minor riscaldamento dell'olio, conserva le più importanti proprietà sensoriali e nutrizionali di un olio Extra-Vergine d'oliva.

### **Separazione con prototipo di separatore in atmosfera modificata a bassi giri (SAM)**

#### **Attività 2020**

Le attività in questa fase hanno investigato l'effetto della variazione della velocità di rotazione (1000 rpm) e dell'atmosfera nello spazio di testa della centrifuga verticale a dischi. La centrifuga a dischi a bassi giri sperimentale che è stata impiegata è parte integrata di un mini-

impianto di estrazione in discontinuo in dotazione presso i laboratori della Scuola di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali (SAFE) dell'Università degli Studi della Basilicata.

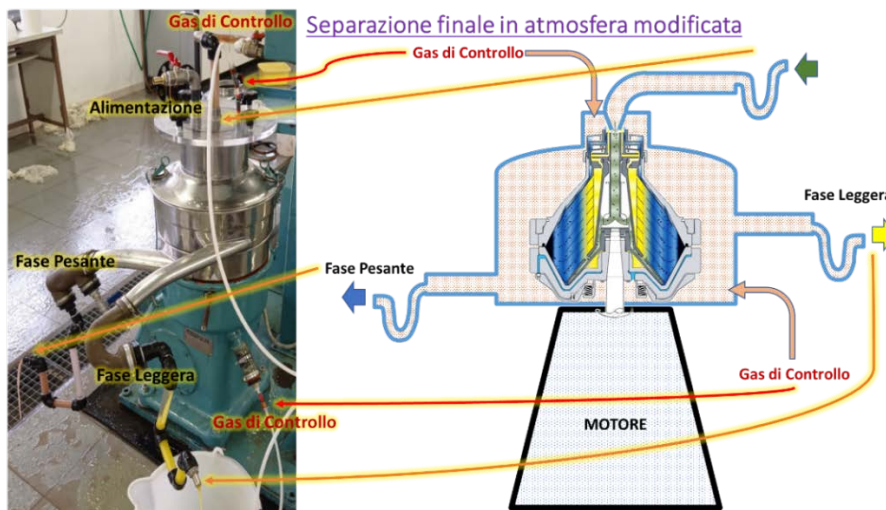


Fig. 10. Foto e schema della centrifuga in fase operativa.

Pertanto, in via generale, l'approccio sperimentale ha previsto la seguente serie di fasi comuni (Fig. 11): (i) approvvigionamento del mosto oleoso dagli oleifici partner; (ii) trasporto presso i laboratori SAFE; (iii) inoculo over night (12h) del mosto oleoso impiegando i microrganismi selezionati dal gruppo di Microbiologia Industriale; (iv) separazione dell'olio con centrifuga verticale a dischi a bassi giri (1000 rpm) in atmosfera modificata. La centrifuga è stata opportunamente modificata per consentirne, in fase di estrazione, il condizionamento con 100% azoto ( $N_2$ ) o in assenza di aria in ingresso (i.e. pressione parziale dell'ossigeno  $<20k$  Pa).

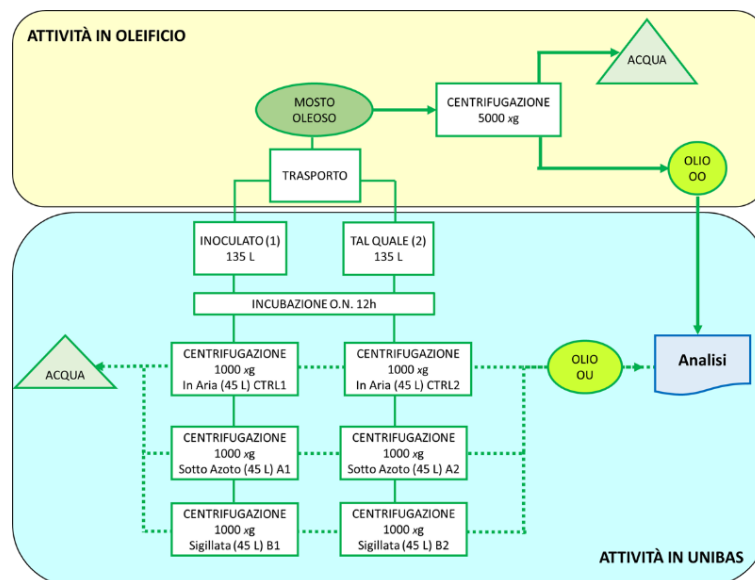


Fig. 11. Schematizzazione dell'attività sperimentale.

In questa attività le prove sono state condotte sulle cv. Coratina e Leccino, lungo diverse stagioni. L'olio estratto in aria (Ctrl) è stato usato come riferimento per valutare l'efficacia dell'estrazione in atmosfera modificata, mentre l'olio estratto con l'impiego della centrifuga

convenzionale a dischi in oleificio (RIF) è stato usato come controllo per verificare l'effetto della velocità di rotazione in aria. La qualità dell'olio ottenuto è stata valutata in prima istanza determinando i parametri di commerciabilità rispetto ad un olio extra vergine, quali acidità (%), numero di perossidi (mEq O<sub>2</sub>/kg di olio) e gli indici spettrofotometrici (K232 e K270), dopo 24 h e 180 e 360 giorni dall'estrazione, impiegando le metodiche analitiche ufficiali (11). In secondo luogo, per confrontare i trattamenti è stato attribuito un punteggio di qualità ad ogni campione ottenuto da ogni trattamento. I valori analitici sono stati trasformati in valori percentuali rispetto al valore massimo di legge per un olio extra vergine d'oliva (Acidità<0,8%, Perossidi<20 mEq O<sub>2</sub>/kg; K232<2,5; K270<0,22). Il livello qualità degli oli, quindi, è stato calcolato come media dei valori percentuali di tali parametri.

Pertanto, seguendo questo approccio metodologico, nel secondo anno di attività (2020) è stato possibile assegnare un punteggio ai campioni di olio estratto dal mosto oleoso di cultivar Coratina e Leccino, approvvigionato presso il frantoio Ruscigno (Fig. 12). I dati suggeriscono come al tempo 0, per entrambe le cultivar, gli oli ottenuti dal punto di vista chimico possono essere categorizzati come extra vergini (0,17%<Acidità<0,24%; 5,69 mEq O<sub>2</sub>/kg<Perossidi<9,05 mEq O<sub>2</sub>/kg; 0,86<K232<1,10; 0,06<K270<0,12). In particolar modo, come atteso, si evince una macroseparazione dei campioni che avviene secondo caratteristiche dipendenti dalla durata di conservazione, per cui i campioni appena estratti (24h) avevano un punteggio più alto, a seguire quelli estratti a 180 e 360 giorni. L'analisi dei dati denota (Tabella 3), inoltre, come contestualmente al tempo di estrazione, i prodotti con l'inoculo avessero il punteggio più alto, sia nella Coratina (dal 62 al 64%) che nella Leccino (dal 61 al 68%).

**Tab. 3. Punteggi assegnati agli oli della cv. Leccino e Coratina sulla base del livello qualità determinato nelle prove. 1: campioni con inoculo; 2: campioni senza inoculo; A: estrazione sotto flusso di azoto; B: estrazione con la centrifuga sigillata; Ctrl: estrazione condotta in aria.**

TESI	TRATTAMENTO	TEMPO	LQ(%)
1	A	0	68,87
1	Ctrl	0	65,44
1	B	0	61,61
2	Ctrl	0	61,32
2	B	0	60,88
2	A	0	59,63
1	B	180	59,43
1	A	180	58,63
2	Ctrl	180	56,62
2	B	180	55,93
2	A	180	53,31
1	Ctrl	180	48,60
2	RIF	0	46,59
1	B	360	44,94
2	A	360	43,29
1	A	360	42,04
2	Ctrl	360	41,91
2	B	360	39,40
2	RIF	180	36,23
1	Ctrl	360	36,02
2	RIF	360	16,37

**LECCINO**

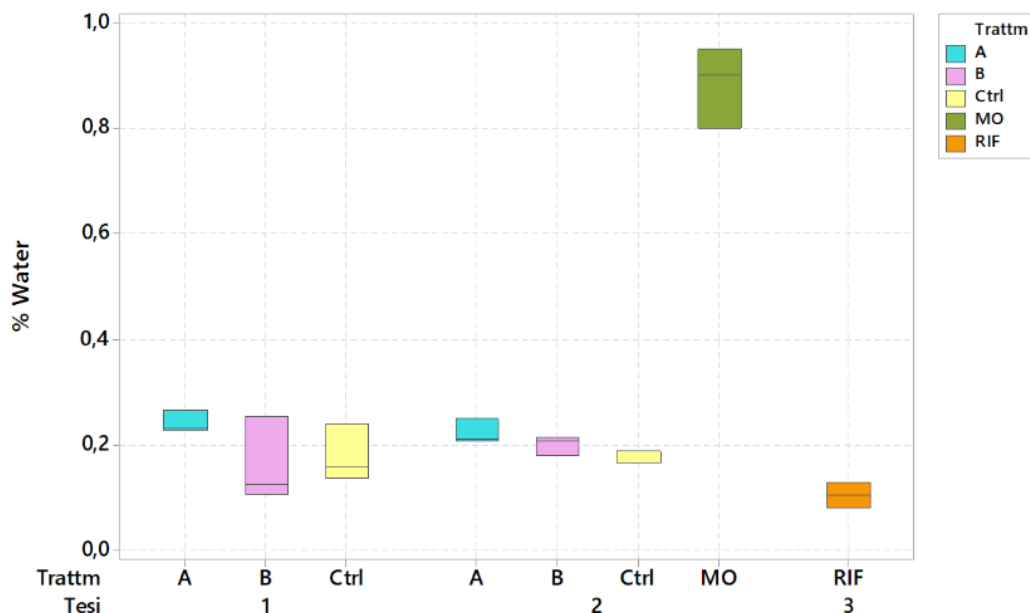
TESI	TRATTAMENTO	TEMPO	LQ (%)
1	B	0	64,20
1	Ctrl	0	62,97
1	A	0	62,45
2	A	0	61,19
2	Ctrl	0	60,37
2	RIF	0	60,23
2	B	0	58,69
1	A	180	58,52
2	Ctrl	180	57,04
2	A	180	52,98
1	Ctrl	180	52,98
2	B	180	52,58
1	B	180	50,81
1	Ctrl	360	39,24
1	A	360	38,37
2	B	360	36,37
2	RIF	180	32,24
1	B	360	31,97
2	Ctrl	360	28,64
2	A	360	18,99
2	RIF	360	17,00

**CORATINA**

È rilevante il punteggio degli oli di riferimento estratti in oleificio (RIF) che per entrambe le cv. è al di sotto degli oli sperimentali, in particolar modo la Leccino (RIF) a 24h dall'estrazione ha un punteggio inferiore (46,59%) rispetto anche agli oli sperimentali conservati per 180 gg; diversamente, la Coratina (RIF) aveva un livello qualitativo decisamente migliore (60%) e simile agli oli sperimentali non inoculati. Le due cv. esprimevano un livello qualitativo dipendente anche dal sistema di estrazione impiegato, suggerendo come vi sia un effetto dell'interazione delle variabili inoculo e condizioni di estrazione.

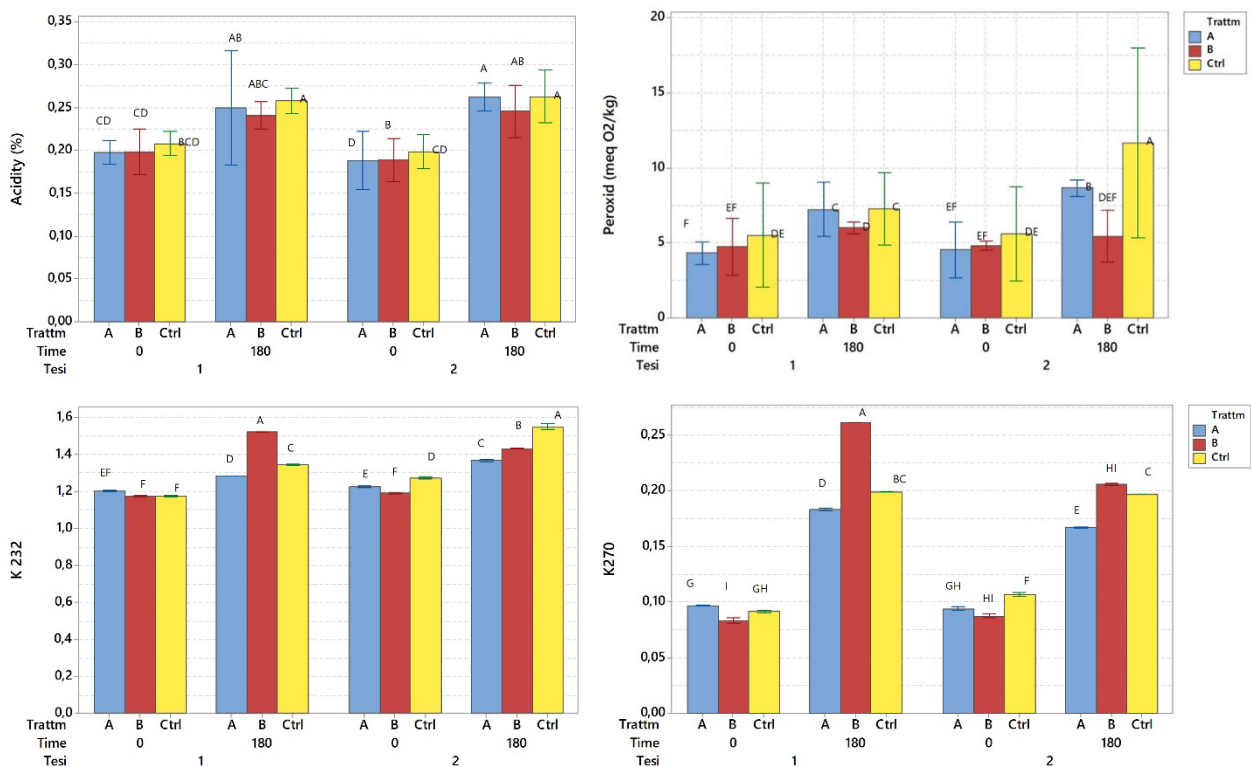
### Attività 2021

Con l'obiettivo di confermare i risultati conseguiti nel 2020, nel terzo anno di attività (2021) si è proceduto a replicare l'approccio investigativo impiegato (i; ii, iii, iv) procedendo alla separazione di un mosto oleoso di cv. Coratina, approvvigionato presso l'oleificio Picciariello presso Bitonto (BA). Inoltre, è stato misurato anche il contenuto di acqua residua negli oli estratti tramite essiccazione in stufa a 105 °C e misurazione del peso fino al raggiungimento della stabilità, per verificarne la corrispondenza rispetto agli standard qualitativi di riferimento (<0,2%). L'acqua residua nel mosto oleoso era molto bassa (0,9%), suggerendo che l'operazione di separazione operata dal decanter a tre fasi in oleificio è stata molto efficace, restituendo un mosto poco idratato. Nonostante ciò, la separazione operata sia in oleificio che nelle prove sperimentali allontanava i residui di acqua, restituendo un prodotto con un residuo massimo dello 0,2%, impiegando la centrifuga sperimentale, fino allo 0,1% quando la separazione era effettuata con la centrifuga a 5000 rpm. Contestualmente agli oli estratti con la centrifuga sperimentale, tra tutti, i prodotti estratti sotto flusso di N<sub>2</sub> (A1; A2) avevano un residuo di acqua sensibilmente più alto (Fig. 12).



**Fig. 12. Contenuto di acqua residuo (%). 1: campioni con inoculo; 2 campioni senza inoculo; A: estrazione sotto flusso di azoto; B: estrazione con la centrifuga sigillata; Ctrl: estrazione condotta in aria; MO: Mosto oleoso; RIF: separazione con centrifuga convenzionale in oleificio.**

Le analisi chimiche hanno rilevato come gli oli rientrassero nella categoria extra vergine, comprovando la buona qualità della materia prima e della procedura di estrazione. Rispetto ai valori di acidità, i quali erano molto bassi (0,2%) e simili all'annata precedente, l'analisi statistica (ANOVA, Tukey HSD) suggeriva che non vi era un effetto dell'inoculo o dei trattamenti su questo parametro, il quale aumentava nel tempo (180gg) in tutti i campioni sperimentali sino a circa 0,25%. Il numero di perossidi presentava un trend molto preciso, dove al tempo 0 non si evidenziava l'effetto dell'inoculo, bensì si osservava una variabilità dovuta all'impiego dell'atmosfera modificata, per cui i prodotti estratti con flusso di N<sub>2</sub> avevano valori significativamente più bassi (4,2 mEq O<sub>2</sub>/kg) di quelli estratti in aria (5,5 mEq O<sub>2</sub>/kg). Dopo 180 gg di conservazione il numero di perossidi aumentava in tutti i campioni, in particolar modo in quelli estratti dal mosto non inoculato o estratti in aria.



**Fig. 13. Risultati delle analisi dei parametri commerciali di base per gli oli sperimentali.**

Per comprendere come i parametri investigati e i campioni fossero correlati è stata condotta un'analisi multivariata attraverso l'analisi delle componenti principali (PCA). Dall'elaborazione statistica multivariata ottenuta dalla matrice di correlazione dei parametri misurati nei prodotti ad ogni campionamento, si evince come le prime due componenti principali spiegano circa il 78% della varianza tra i campioni, separandoli in base ai trattamenti ed il tempo di conservazione. L'acidità, il numero di perossidi e gli indici spettrofotometrici erano inversamente correlati con il contenuto di clorofilla, carotenoidi e contenuto fenolico totale. Inoltre l'analisi ha consentito graficamente di osservare una macro separazione, sia a 24h che 180gg, dei campioni inoculati da quelli controllo. Il campione di olio estratto in oleificio con la centrifuga convenzionale (5000 rpm) risultava separato dai campioni sperimentali estratti in aria, registrando un numero di perossidi maggiore (6,3 mEq



O<sub>2</sub>/kg) e un contenuto fenolico totale inferiore rispetto agli oli sperimentali, suggerendo come la più alta velocità di rotazione possa inficiare le caratteristiche qualitative, in particolar destabilizzare la componente fenolica.

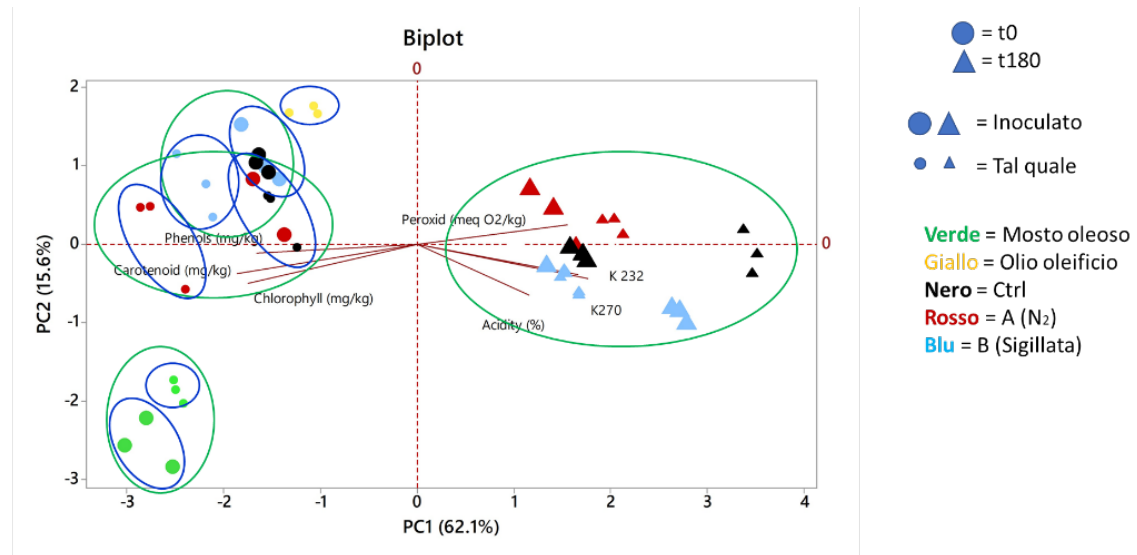


Fig. 14. Biplot (score plot + loading plot) dell'elaborazione statistica multivariata (PCA) ottenuta dalla matrice di correlazione con i parametri misurati e i prodotti ad ogni campionamento.

Tab. 4. Punteggi assegnati agli oli della cv. Coratina sulla base del livello qualità determinato nelle prove. 1: campioni con inoculo; 2 campioni senza inoculo; A: estrazione sotto flusso di azoto; B: estrazione con la centrifuga sigillata; Ctrl: estrazione condotta in aria.

TESI	TRATTAMENTO	TEMPO	LQ (%)
1	B	0	65,25
1	A	0	64,23
1	CTRL	0	63,35
2	B	0	59,22
2	A	0	58,88
2	RIF	0	58,11
2	CTRL	0	53,81
1	A	180	47,34
2	A	180	46,34
2	B	180	45,06
1	B	180	44,99
2	RIF	180	44,62
1	CTRL	180	44,37
2	CTRL	180	36,91

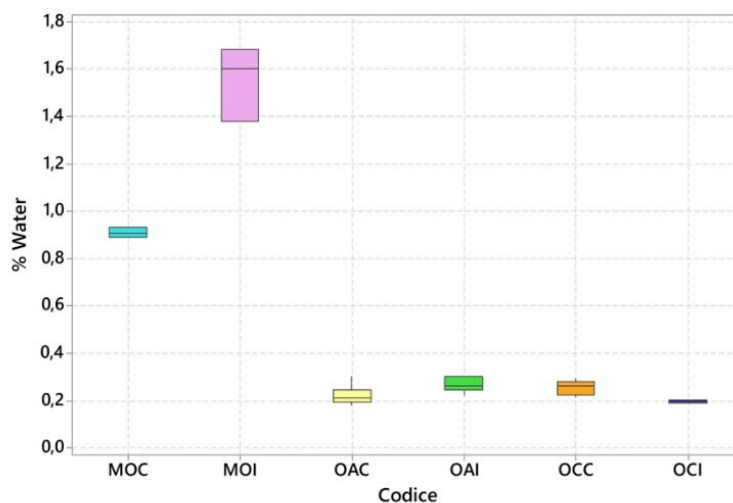
#### CORATINA

L'analisi dei dati integrata (Tabella 4) denota come, contestualmente al tempo di estrazione, i prodotti con l'inoculo avessero il punteggio più alto (dal 63 al 65%) di quelli non inoculati. Un dato interessante che è emerso è relativo al livello qualità% del prodotto non inoculato estratto in aria a

basse velocità (2 Ctrl, tempo 0), che è risultato di circa il 5% inferiore del controllo in oleificio (non inoculato), suggerendo come vi sia un effetto dell'interazione dell'inoculo con la metodologia di estrazione. Lo scarto % dopo 180 giorni di conservazione tra i campioni sperimentali è di circa il 10%, dove i campioni estratti in azoto, sia inoculati che non, avevano un punteggio più alto. L'estrazione in aria a bassi giri, restituiva un prodotto dopo 180 giorni di estrazione qualitativamente inferiore.

### Attività 2022

Considerati i risultati raggiunti, in particolar modo l'effetto significativo dell'inoculo e dell'impiego dell' $N_2$  durante la separazione a bassi giri, le attività nel 4° anno (campagna olearia novembre 2022) sono state impostate al fine di valutare la robustezza e replicabilità dei risultati ottenuti nelle attività precedenti sulla cv. Coratina. A tale scopo è stato approvvigionato mosto oleoso di Coratina presso il frantoio Cooperativa Sole Di Puglia (Cerignola, FG). È stato messo a punto un disegno sperimentale che ha previsto un incremento delle repliche di processo per i trattamenti di estrazione sotto flusso di  $N_2$  e in aria (controllo), con e senza inoculo. Nei campioni di olio sono stati misurati anche dei parametri indicatori dell'efficacia del trattamento di separazione, quali i livelli di acqua residua e di ossigeno disciolto. Il campione di mosto oleoso (MO) aveva un contenuto di acqua di circa lo 0,9%, e successivamente alla separazione, sia in aria che sotto flusso di  $N_2$ , nei campioni si attestava intorno allo 0,19%, un valore poco al di sotto rispetto alla soglia massima indicata dagli standard qualitativi di riferimento e simile a quello delle prove precedenti.

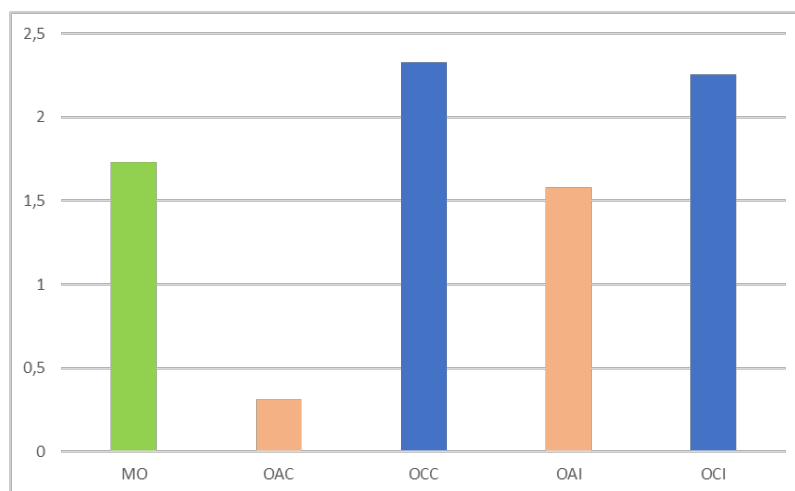


**Fig. 15. Contenuto d'acqua residua nei campioni di olio.**

L'analisi dell'ossigeno disciolto, rilevava un contenuto di ossigeno nel mosto oleoso di circa 1,7 mg/l e successivamente alla separazione diminuiva nei campioni estratti sotto flusso di  $N_2$  fino a 0,4 mg/l nel prodotto non inoculato (OAC) e 1,5 mg/l nel prodotto inoculato (OAI) (Fig. 16).

I campioni estratti con le condizioni di riferimento (in aria), sia con (OCI) che senza inoculo (OCC), avevano un valore di ossigeno residuo aumentato rispetto al mosto oleoso e compreso tra 2 e 2,5 mg/l. Questa analisi suggerisce come parte dell'ossigeno disciolto nel mosto oleoso era

contenuto nella fase acquosa, la quale è stata separata dall'olio tramite centrifugazione. Tuttavia la centrifugazione quando era effettuata in aria veniva massimizzata la dissoluzione dell'ossigeno nella fase oleosa, determinando valori più elevati negli olii rispetto ad un'estrazione sotto flusso di N<sub>2</sub>. Le analisi chimiche condotte dopo 24 h in laboratorio svelavano anche una significativa riduzione del numero di perossidi negli olii estratti sotto flusso di N<sub>2</sub> (8-8,5 mEq O<sub>2</sub>/kg), con e senza inoculo, rispetto ai campioni controllo estratti in aria (9-9,5 mEq O<sub>2</sub>/kg). I valori di acidità registrati nei campioni di olio dopo l'estrazione (24h) erano significativamente maggiore (valori compresi tra 0,4 e 0,45%) rispetto ai valori sulla stessa cv. ottenuti negli anni precedenti (circa 0,2%), probabilmente a causa delle condizioni pedoclimatiche più estreme che hanno determinato una maturazione anticipata e maggiore suscettibilità delle drupe ad attacchi di parassiti, tuttavia si è evinto un effetto significativo dell'interazione della variabile inoculo con l'atmosfera modificata, per cui i campioni con l'inoculo avevano valori di acidità più bassi, in particolar modo se estratti con N<sub>2</sub>.



**Fig. 16. Ossigeno disciolto (mg/l) nei campioni sperimentali. MO: Mosto oleoso; A: estrazione sotto azoto; C: Estrazione in aria; I: prodotto inoculato; C: prodotto non inoculato.**

### **Osservazioni conclusive sul prototipo di separatore in atmosfera modificata a bassi giri (SAM)**

La chiarificazione con SAM, sia sotto flusso di azoto che in assenza di ossigeno in ingresso, conserva le più importanti proprietà chimiche dell'olio migliorandone la qualità ed anche la stabilità dal 4 % fino al 20 % rispetto alla centrifuga in oleificio, con una variabilità determinata dalla cultivar e oleificio.

L'impiego dell'inoculo sperimentale migliora il livello della qualità ossidativa dell'olio, aprendo un nuovo scenario sulla possibilità e modalità di impiego nel processo (quando conviene inoculare?).

I risultati suggeriscono che il processo di chiarificazione dell'olio presenta margini di miglioramento per cui è opportuno investigare ulteriormente l'effetto delle miscele gassose e della loro interazione con la velocità di rotazione della centrifuga ed il contenuto d'acqua sulle caratteristiche del prodotto.

Alla luce dei risultati ottenuti è doveroso valutare l'intensità da applicare al processo di chiarificazione in funzione del contenuto di acqua del prodotto, puntando anche alla sostenibilità energetica.

## Bibliografia

- [1] Visioli F., Bellomo G., Montedoro G.F., Galli C. (1995). Low density lipoprotein oxidation is inhibited in vitro by olive oil constituents. *Atherosclerosis*. 117: 25-32.
- [2] Manna C., Galletti P., Cucciolla V., Montedoro GF., Zappia V. (1999). Olive oil hydroxytyrosol protects human erythrocytes against oxidative damages. *J. Nutr. Biochem.*; 10(3): 159-165.
- [3] Velasco J., Dobarganes C. (2002). "Oxidative stability of virgin olive oil" *Eur. J Lipid Sci. Technol.*, 104,661-676.
- [4] Visioli F., Bellosta S., Galli C. (1998). "Oleuropein, the bitter principle of olives, increases nitric oxide production from mouse macrophages". *Life Sci.*, 62, 451-456.
- [5] Montedoro GF., Baldioli M., Servili M. (1992). I composti fenolici dell'olio di oliva e la loro importanza sensoriale, nutrizionale e merceologica. *Giornale Ital. Nutriz. Clinica e Preventiva*. 1(1): 19-32.
- [6] Morales M. T., Alonso M. V., Rios J. J., Aparicio R. (1995). Virgin olive oil aroma: relationship between volatile compounds and sensory attributes by chemometrics. *J. Agric. Food Chem.*; 43(11): 2925-2931.
- [7] Angerosa F., Di Giacinto L., d'Alessandro N. (1997). Quantitation of some flavor components responsible for the 'green' attributes in virgin olive oils. *J. High. Resol. Chromatogr*. 20(9): 507-510.
- [8] Aparicio R., Morales M.T., Alonso M.V. (1996). Relationship between volatile compounds and sensory attributes of olive oils by the sensory wheel. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 73(10): 1253-1264.
- [9] Di Giovacchino L. (2012). Separazione finale dell'olio vergine da stoccare e imbottigliare. *Ricerca olio*, pag. 28-32.
- [10] Masella P., Parenti A., Spugnoli P., Calamai L. (2009). Influence of Vertical Centrifugation on Extra Virgin Olive Oil Quality. *J. Am. Chem. Soc.* 86: 1137-1140.
- [11] Reg. CEE 2568 della commissione dell'11 luglio 1991 relativo alle caratteristiche degli oli d'oliva e degli oli di sansa d'oliva nonché ai metodi ad essi attinenti.
- [12] Trade Standard Applying to Olive Oils and Olive Pomace Oils, COI/T.15/NC No 3/Rev. 13 June 2019

Finito di impaginare  
nel Novembre 2022

# Il Progetto IT4NUEVOO

Ogni produttore di olio extravergine di oliva (EVOO) è consapevole che la qualità dell'olio prodotto ha un ruolo chiave nella strategia per incoraggiare nuove occasioni di consumo e affrontare le sfide di un mercato globale. Tuttavia, allo stato attuale, in tutti i Paesi produttori è sensibilmente più alta la quantità di olio vergine di oliva (VOO) di scarsa qualità piuttosto che di EVOO. La dimensione aziendale degli oleifici rende molto difficile l'investimento nella ricerca per sviluppare tecnologie, protocolli di estrazione o nuovi prodotti. Dall'altra parte, il consumatore richiede un prodotto di alta qualità con elevate caratteristiche salutistiche e possibilmente nutraceutiche. Per questo motivo diversi studi e progetti sono stati realizzati per sviluppare e verificare come la singola operazione e/o tecnologia di processo influenzano l'estrazione e la qualità dell'olio di oliva. Tuttavia, tutti i risultati sono influenzati da un'elevata variabilità, come molti Autori riportano, a causa di molteplici fattori esterni. Pertanto, il legame intercorrente fra le singole operazioni tecnologiche con la qualità e le proprietà salutari risultano, fino ad ora, non ben definiti a causa di fattori incontrollati. Il progetto IT4NUEVOO ha avuto come obiettivo l'ottimizzazione del processo di estrazione al fine di migliorare la resa di estrazione e delle sostanze antiossidanti presenti nelle olive. La ricerca industriale e lo sviluppo sperimentale del progetto sono stati finalizzati allo sviluppo di un nuovo prodotto alimentare denominato NUEVOO ed alla messa a punto di un protocollo di produzione che integri il ciclo produttivo con nuove macchine per migliorare l'estrazione dei composti polifenolici.

Every producer of extra virgin olive oil (EVOO) is aware that the quality of the oil produced plays a key role in the strategy aiming to encourage new consumption opportunities and to face the challenges of a global market. However, at present, in all producing countries the amount of poor-quality virgin olive oil (VOO) is significantly higher than EVOO. The company size of the oil mills makes it very difficult to invest in research to develop technologies, extraction protocols or new products. On the other hand, the consumer requires a high-quality product with high health and possibly nutraceutical characteristics. For this reason, several studies and projects have been carried out to develop and verify how the single operation and/or process technology affects the extraction and quality of olive oil. However, all results are influenced by a high variability, as many authors report, due to several external factors. Therefore, the link between the individual technological operations with the quality and health properties is, until now, not well defined due to uncontrolled factors. The IT4NUEVOO project aimed to optimise the extraction process in order to improve the extraction yield and the antioxidant substances present in the oil. The industrial and experimental research of the project were aimed to the development of a new food product called NUEVOO and of a new production protocol integrating the production cycle with new machines in order to improve the polyphenolic compounds extraction.

ISBN: 978-88-31309-18-9

ISBN: 978-88-31309-18-9

