



*Accademia Nazionale dell'Olivo e dell'Olio*  
*Spoleto*

Collana divulgativa dell'Accademia

Volume XXII

# UTILIZZAZIONE E VALORIZZAZIONE DELLE SANSE VERGINI E DELLE ACQUE DI VEGETAZIONE



A cura di

Primo Proietti, Luigi Nasini, Luana Ilarioni, Soumaya Salah, Agnese Taticchi,  
Beatrice Sordini e Maurizio Servili

---

Realizzato nell'ambito del progetto "Ricerca ed Innovazione per l'Olivicoltura Meridionale", finanziato dal MiPAAF



*Accademia Nazionale dell'Olivo e dell'Olio*  
*Spoleto*

Collana divulgativa dell'Accademia

Volume XXII

**UTILIZZAZIONE E VALORIZZAZIONE  
DELLE SANSE VERGINI E  
DELLE ACQUE DI VEGETAZIONE**

A cura di

**Primo Proietti\*, Luigi Nasini\*, Luana Ilarioni\*, Soumaya Salah\*, Agnese Taticchi\*\*,  
Beatrice Sordini\*\* e Maurizio Servili\*\***

\* Dipartimento di scienze agrarie e ambientali

Università di Perugia

Via Borgo XX Giugno, 74

06121 Perugia

E-mail: primo.proietti@unipg.it, nasiniluigi@tiscali.it, luana.ilarioni@gmail.com, schsalah@yahoo.fr

\*\* Dipartimento di Scienze Economico-Estimative e degli Alimenti

Università di Perugia

Via San Costanzo, sn

06126 Perugia

E-mail: agnese.taticchi@unipg.it, beatricesordini@libero.it, maurizio.servili@unipg.it

Realizzazione editoriale

Accademia Nazionale dell'Olivo e dell'Olio

Palazzo Ancajani - Piazza della Libertà, 12

06049 Spoleto (PG)

Tel/ Fax 0743-223203 – e-mail: andulivo@virgilio.it

Realizzato nell'ambito del progetto "Ricerca ed Innovazione per l'Olivicoltura Meridionale", finanziato dal MiPAAF

**ISSN 2281-4930**

Pubblicato online nel mese di luglio 2012

## PREFAZIONE

Sono trascorsi cinquanta anni dalla fondazione dell'Accademia Nazionale dell'Olio e dell'Olio. Cinquanta anni che hanno visto alla sua guida personaggi, di cui alcuni, purtroppo, non più presenti tra noi, che attraverso i loro alti comportamenti etici, morali, politici e professionali hanno realizzato le strutture portanti dell'Accademia e dato lustro alle attività svolte.

L'attuale Consiglio Accademico, per celebrare questo importante traguardo, ha deciso, in linea anche con gli obiettivi del "Progetto Network", di realizzare una Collana dell'Accademia, sottoforma di opuscoli, riguardante tutta la filiera produttiva e commerciale dell'olio extravergine di oliva. Sono state individuate numerose tematiche, affrontate alla luce dei più recenti aggiornamenti scientifici e tecnici sia per minimizzare i costi produttivi, sia per ottimizzare la qualità e la sua valorizzazione sui mercati.

In questa direzione notevole enfasi è stata data ai nuovi modelli d'impianto, alle tecniche colturali, alle prospettive della genomica, alle tecnologie di trasformazione, alla valorizzazione dei sottoprodotti, agli aspetti di medicina preventiva e salutistica, alla gestione economica aziendale ed alle strategie di marketing. Nella scrittura degli opuscoli si è cercato di utilizzare una forma divulgativa, ma al tempo stesso rigorosa nei termini scientifici utilizzati.

In ogni opuscolo sono fornite tutte le indicazioni necessarie per contattare, per eventuali approfondimenti, gli Autori.

GianFrancesco MONTEDORO  
Presidente Accademia Nazionale  
dell'Olio e dell'Olio



---

## **USE AND VALORISATION OF OLIVE POMACE AND VEGETATION WATER**

### **Abstract**

The mechanical olive fruit processing which allows to obtain virgin olive oil also produces by-products such as pomace and vegetation water. The pomace can be destined to the industry for extraction of residue oil by using a solvent, but this utilization has become difficult and of little interest. The disposal of vegetation water represents one of the main environmental problems related to the olive oil industry of Mediterranean countries due to its chemical and physical characteristics. New uses of by-products are oriented to their valorisation. Pomace and vegetation water can be used as soil conditioners. Moreover, pomace can be utilised as substrate in nurseries or as biomass for energy production. The stoned pomaces can also be used for animal feeding (sheep, cows and water buffalos), with an improvement of the quality and oxidative stability of milk and cheese. The vegetation water can be used to recover hydrophilic phenols with high biological activities that can be used for the production of functional foods enriched in antioxidants.

---

## UTILIZZAZIONE E VALORIZZAZIONE DELLE SANSE VERGINI E DELLE ACQUE DI VEGETAZIONE

### 1. Premessa

Il comparto olivicolo-oleario sta affrontando oggi molti problemi che impongono un nuovo approccio produttivo. Fra le problematiche che tutta la filiera si trova a dover fronteggiare per mantenere e recuperare competitività e per aumentare la compatibilità ambientale, il trattamento dei reflui oleari occupa sicuramente un ruolo di primissimo piano. Le sanse vergini (refluo solido) e le acque di vegetazione (A.V.) (refluo liquido) sono i sottoprodotti dell'estrazione meccanica degli oli di oliva.

Il carattere inquinante di questi sottoprodotti insieme ai costi molto elevati da affrontare per un loro corretto smaltimento, in ottemperanza alle normative vigenti, rendono la loro gestione particolarmente impegnativa. Il settore oleario, in effetti, è considerato fortemente penalizzato dai problemi legati ai processi di smaltimento di tali sottoprodotti. Una delle maggiori criticità ambientali del bacino del Mediterraneo è legata proprio allo smaltimento dei prodotti secondari dell'estrazione dell'olio. In effetti, durante la breve stagione della raccolta, vengono prodotti circa 10 milioni di m<sup>3</sup> di sottoprodotti.

Negli ultimi anni la ricerca scientifica ha cercato di trovare soluzioni alternative allo smaltimento di questi sottoprodotti.

In questo opuscolo verranno valutate le diverse opportunità di valorizzazione dei sottoprodotti dell'estrazione meccanica dell'olio, quali l'utilizzo agronomico per la fertilizzazione in pieno campo, per la realizzazione di substrati vivaistici, per la separazione e la commercializzazione del nocciolino triturato (per la produzione di energia e/o calore), per l'utilizzo come integratore mangimistico nell'alimentazione zootecnica ed il recupero mediante un trattamento di filtrazione a membrana dei composti antiossidanti naturali

dalle A.V. per usi cosmetici, farmaceutici o nell'industria alimentare.

### 2. Utilizzazione agronomica delle sanse

L'impatto ambientale dell'olivicoltura e della produzione di olio d'oliva è particolarmente importante per l'Unione europea, poiché i tre Stati membri Spagna, Italia e Grecia sono i leader mondiali nel settore olivicolo-oleario. I principali rischi connessi al settore riguardano l'erosione del suolo negli oliveti in terreni in pendenza e con gestione dello stesso attuata mediante lavorazioni o diserbo chimico, il consumo di risorse idriche per l'irrigazione, l'inquinamento da sostanze chimiche (fertilizzanti e pesticidi), la perdita di biodiversità e la produzione di rifiuti/sottoprodotti. In Italia, l'utilizzazione agronomica delle A.V. e delle sanse mediante lo spandimento diretto in campo è un metodo di smaltimento legale e largamente diffuso. Tale impiego ha assunto grande interesse non solo poiché rappresenta un sistema economico e facilmente praticabile per lo smaltimento dei sottoprodotti, ma anche perché consente di apportare al terreno sostanza organica, il cui progressivo depauperamento nei suoli sottoposti ad agricoltura intensiva è motivo di grande preoccupazione, in quanto causa del peggioramento delle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche dei terreni, con conseguenti fenomeni degenerativi, di cui l'erosione e la perdita di fertilità sono gli aspetti più evidenti e preoccupanti.

#### 2.1. Il sequestro del carbonio

Non va sottovalutato che l'incremento di sostanza organica nel terreno, conseguente all'apporto di matrici quali le A.V. e le sanse, oltre all'effetto concimante e ammendante, immobilizza notevoli quantità di carbonio (C) nel suolo, consentendo così di ridurre il contenuto in anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) dell'atmosfera, con un sensibile beneficio ambientale. I modelli

---

previsionali indicano che, sebbene il potenziale di sottrazione di C da parte del suolo e della vegetazione non sia da solo in grado di compensare gli aumenti delle emissioni di CO<sub>2</sub>, la capacità di accumulo di C nella biosfera nei prossimi anni sarà un'azione essenziale per poter stabilizzare le emissioni. Le tecniche di gestione dei terreni agricoli capaci di massimizzare l'accumulo di C vanno così assumendo crescente importanza e interesse, anche per quanto previsto dal protocollo di Kyoto in base al quale i Paesi aderenti si sono impegnati a ridurre le emissioni di gas serra tra i quali anche la CO<sub>2</sub>. L'Italia attualmente non può contare sugli assorbimenti di C derivanti dalla gestione dei suoli agricoli e dei prati-pascoli, come previsto in via opzionale dal Protocollo di Kyoto, tuttavia potrà predisporre le procedure necessarie per contabilizzarli. Purtroppo, a differenza di quanto effettuato per colture erbacee e per i sistemi forestali, per i sistemi produttivi arborei le potenzialità e le dinamiche di accumulo del C non sono ancora sufficientemente studiate. Una volta acquisite adeguate conoscenze sulle potenzialità di accumulo di C dei sistemi produttivi, sarà possibile quantificare i "crediti di C a ettaro" che consentono di quantificare, e quindi di attribuire un valore remunerabile, all'assorbimento del C ai fini del bilancio territoriale che ogni Paese sarà obbligato a rispettare nell'ottica di compensare le emissioni nazionali di gas climalteranti. La compensazione è un meccanismo in base al quale una certa quantità di CO<sub>2</sub> prodotta in un luogo può essere compensata attraverso la riduzione o il sequestro di una stessa quantità di CO<sub>2</sub> in altro luogo: ciò presuppone l'acquisto di crediti di C da parte di chi emette nell'atmosfera CO<sub>2</sub>. In effetti, la produzione di crediti di C, vendibili sul mercato volontario della per la compensazione, potrebbe essere ottenuta da soggetti che adottano nuove tecniche colturali che incrementino l'assorbimento/stoccaggio di CO<sub>2</sub> (come appunto si ha con l'aumento del C organico nel suolo). Si ritiene che ciò potrebbe costituire

un'interessantissima prospettiva di integrazione economica per il settore olivicolo che da anni soffre per una scarsa redditività in quanto, potenzialmente, un imprenditore agricolo potrebbe ricevere redditi dalla vendita dei crediti di carbonio ottenibili da interventi compensativi specifici volti ad aumentare lo stock di C nella biomassa epigea, ipogea, nella lettiera e nel suolo. Dal punto di vista agronomico, come dimostrato da una vasta letteratura scientifica, le A.V. e le sansa sono molto interessanti per le loro proprietà fertilizzanti, con particolare riferimento all'apporto di nutrienti e sostanza organica, e non pongono significativi problemi di impatto ambientale. Tuttavia, esistono alcuni studi che, invece, ipotizzano possibili effetti negativi sul suolo e sui comparti ambientali limitrofi, quali acque profonde e superficiali. Tali discordanze derivano soprattutto dalle diverse condizioni sperimentali con cui sono state condotte le prove e in particolare da differenti dosi impiegate, modalità di spandimento, tipologia dei suoli, colture in atto e stadio fenologico, profondità e natura della falda freatica, pratiche agronomiche attuate e condizioni climatiche. Poiché tutti questi fattori possono condizionare gli effetti dei reflui oleari su suolo, acque superficiali e profonde, atmosfera e organismi, un razionale impiego agronomico di questi sottoprodotti non può prescindere da una buona pratica agricola, oltre che dal rispetto delle specifiche normative, che escluda i possibili rischi ed esalti invece i benefici conseguenti all'ammendamento con tali sottoprodotti.

## 2.2. Possibili impieghi agronomici della sansa

La sansa vergine è il sottoprodotto solido, originato dalla lavorazione delle olive, costituito dalla parte fibrosa del frutto, dal nocciolo, da circa un 5% di olio residuo e da una quantità di acqua che varia dal 20-30% in impianti di estrazione discontinui a pressione, al 48-54% in impianti di estrazione continui a centrifugazione delle paste "a tre fasi" o al 55-70% in quelli "a

---

due fasi". L'attività molitoria dei frantoi oleari in Italia produce annualmente circa 700 mila tonnellate di sansa.

La maggior parte della sansa fino al recente passato era venduta dai frantoiani ai sansifici per essere sottoposta all'estrazione mediante solvente dell'olio residuo (olio di sansa); tale destinazione è andata progressivamente diminuendo a causa:

- del progressivo regresso del mercato dell'olio di sansa di oliva, in conseguenza della crescente preferenza da parte dei consumatori per oli di maggiore qualità (extra vergini) ed anche per il problema delle contaminazioni degli oli di sansa con idrocarburi policiclici aromatici (IPA);
- dell'aumento del contenuto in acqua delle sanse, connesso alle nuove tecnologie estrattive, che rende più difficoltosa la gestione della sansa (palabilità, trasporto, ecc.) e più costosa l'estrazione dell'olio residuo;
- della riduzione dei margini di guadagno dei sansifici, fino a rendere antieconomica l'estrazione dell'olio di sansa, non solo per i problemi sopra esposti, ma anche a causa della competizione, in termini di prezzo e di marketing, con gli oli di semi;
- di motivi di insostenibilità ambientale, in conseguenza dei quali stanno chiudendo vari sansifici siti nei pressi di aree urbanizzate;
- di innovativi impieghi alternativi della sansa più redditizi per il frantoiano.

Le alternative all'estrazione dell'olio residuo nei sansifici riguardano: l'impiego agronomico sia per la fertilizzazione in pieno campo sia per la realizzazione di substrati vivaistici, la produzione di energia e/o calore, l'utilizzo come integratore nell'alimentazione zootecnica e l'estrazione di composti per usi cosmetici o farmaceutici.

### 2.2.1. La sansa come ammendante

L'uso delle sanse come ammendante su terreni agrari, per lo più in oliveti, con spargimento in superficie in terreni inerbiti o interrimento a una

profondità di 10-25 cm in quelli gestiti mediante lavorazioni ordinarie, è una pratica ormai molto diffusa in quanto, oltre ad essere economica e facilmente praticabile, determina effetti positivi sulle caratteristiche del terreno e sulle colture. Lo spandimento delle sanse umide sui terreni aventi destinazione agricola deve avvenire secondo le modalità previste dall'articolo 4 della legge 11 novembre 1996, n. 574; tuttavia, è necessario valutare, anche in relazione al tipo di reflu, tutte le implicazioni colturali e gli effetti sul terreno per ottimizzarne l'uso ed evitare rischi ambientali. Le sanse hanno un pH acido (intorno a 5,2), un elevato contenuto in sostanze fenoliche (1-3% della sostanza secca) e in sostanze grasse (8-14% della sostanza secca). Essendo un sottoprodotto solido, rispetto alle A.V. occorre maggiore attenzione in fase di spandimento per ottenere una buona uniformità di distribuzione; il problema si accentua con sanse provenienti da impianti continui a due fasi, poiché queste tendono a formare grumi, a meno che non siano preventivamente asciugate.

Le sanse possono essere distribuite tal quali o compostate, previo un processo di compostaggio miscelando ad altri sottoprodotti delle filiere agroalimentari quali raspi, residui di potatura, paglie, ecc., matrici queste che hanno la funzione di aumentare la porosità della massa e renderla così idonea al compostaggio.

In generale, dai risultati di varie sperimentazioni, emerge che l'apporto al terreno della sansa, o dei compost da essa derivati, favorisce nel tempo un incremento della fertilità poiché aumenta, seppure spesso modestamente, il contenuto di sostanza organica e di nutrienti (azoto totale, fosforo assimilabile e potassio scambiabile), senza modificare significativamente il pH e la salinità, migliora la struttura e la sua stabilità (fenomeno questo di particolare interesse in quanto i terreni coltivati, impoverendosi progressivamente di sostanza organica, sono sempre più destrutturati), incrementa la capacità idrica con positive ripercussioni sull'acqua disponibile. In definitiva,

L'utilizzazione agronomica della sansa soddisfa l'esigenza sia di smaltimento dei residui delle lavorazioni, sia di valorizzazione del prodotto sia di incrementare nel suolo il contenuto di C, contribuendo a ridurre la CO<sub>2</sub> nell'atmosfera.

In una sperimentazione in Umbria, ad esempio, la distribuzione in un oliveto di ingenti quantità di sanse (100 t per ettaro) per quattro anni consecutivi ha causato nel terreno una lieve diminuzione del pH, un aumento del contenuto in sostanza organica, azoto totale, potassio scambiabile, magnesio e fosforo assimilabile e una migliore attività microbica. Gli olivi hanno mostrato una maggiore attività vegetativa (+20%) e produttiva (+10%) senza variazione nel contenuto percentuale di olio nei frutti. Non sono stati rilevati effetti fitotossici né influenze sulle principali caratteristiche chimiche e sensoriali dell'olio (Nasini L. et al. 2013).

#### 2.2.2. Il compostaggio delle sanse

Il compostaggio delle sanse può potenziare i benefici agronomici ottenibili. L'impiego agronomico dei compost derivanti dalle sanse può fornire un contributo significativo all'esaltazione della valenza ecologica e ambientale del comparto olivicolo-oleario. A tale

proposito, si ricorda che il Regolamento CE 1782/03, che modifica il sistema dei pagamenti della Politica Agricola Comunitaria (PAC), pone le basi per uno sviluppo del settore agricolo all'insegna della sostenibilità e della salvaguardia ambientale, includendo nella definizione di attività agricola, intesa come "la produzione, l'allevamento o la coltivazione di prodotti agricoli", anche "il mantenimento della terra in buone condizioni agronomiche e ambientali". L'uso del compost in agricoltura è già di per sé una pratica "ecologica", perché viene impiegato un materiale che deriva dal recupero in condizioni controllate di matrici organiche selezionate, altrimenti destinate allo smaltimento in discarica. Utilizzando il compost, rispetto alle sanse tal quali, si dovrebbe avere un maggior stoccaggio di C nel suolo, che potenzia così la sua funzione di immagazzinamento del C di cui prima si è trattato.

Il compost, inoltre, migliorando la fertilità del terreno, rispetto alle sanse tal quali, può consentire un'ulteriore riduzione della concimazione chimica, con positivi effetti sulla compatibilità ambientale delle coltivazioni (Tabella 1).

Tabella 1. Effetti dell'uso del compost nel suolo.

Struttura del suolo più stabile → migliora l'infiltrazione dell'acqua e la lavorabilità
Incremento della capacità di ritenzione idrica → mitiga gli impatti legati a eventi climatici estremi (siccità o eccessi di precipitazioni)
Maggiore disponibilità di nutrienti → migliora l'assorbimento e consente di ridurre l'apporto di concimi chimici
Riduzione dell'erosione → riduce le perdite di suolo
Incremento della temperatura del suolo → migliora la crescita primaverile delle piante
Aumento della biodiversità con conseguente effetto positivo sull'equilibrio fra parassiti e naturali nemici → limita le fitopatie da agenti suolo-specifici (effetto repressivo)

<b>Legge 574/96</b> “Nuove norme in materia di utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e di scarichi dei frantoi oleari”
<b>Decreto Ministeriale 6 luglio 2005 (DM 06/07/96)</b> “Criteri e norme tecniche generali per la disciplina dell'utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e delle sanse umide”
<b>Dlgs 152/2006</b> – Testo Unico Ambientale, parte terza: “Tutela delle acque dall'inquinamento. <b>Art. 74</b> definizione e <b>Art. 112</b> utilizzazione agronomica
Utilizzazione agronomica ( <b>art. 2 e 4 L 574/96 e art. 4 DM</b> ) limiti di accettabilità
Importanti, inoltre, sono i <b>Regolamenti regionali</b> (esempio per l'Umbria: Regolamento regionale n. 7/R del 01 Marzo 2010 Disciplina dell'utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e delle sanse umide dei frantoi oleari) che riportano: <i>Oggetto e ambito di applicazione, Definizioni, Comunicazione, Modalità di spandimento, Dosi di applicazione, Divieti di spandimento, Stoccaggio delle acque di vegetazione, Stoccaggio delle sanse umide, Modalità di trasporto, Controlli e relazioni periodiche, Norme transitorie.</i>

I risultati di alcune sperimentazioni hanno dimostrato la buona attitudine al compostaggio delle sanse dei frantoi oleari miscelati con i residui di potatura, con i raspi di uva e con la paglia. In riferimento alla legislazione vigente, i compost ottenuti in tali sperimentazioni rispettavano i limiti previsti dal d.lgs 75/2010 per gli ammendanti compostati misti e verde e sono risultati ottimi per contenuto in sostanza organica e in acidi umici e fulvici, rapporto C/N e concentrazioni degli elementi nutritivi (Gigliotti G. *et al.* 2012). In relazione a quest'ultimi, un aspetto di particolare interesse agronomico e ambientale è risultato che la quasi totalità dell'azoto dei compost era in forma organica: ciò consente di apportare al terreno azoto a lenta cessione e non suscettibile alla lisciviazione. Dai risultati agronomici sull'ammendamento di oliveti con questi compost si è potuto rilevare: l'assenza di fenomeni di fitotossicità del compost a carico degli olivi, un'influenza sulla cascola, un leggero effetto positivo sull'accrescimento dei frutti (senza riduzione del loro contenuto in olio) e sulla produzione per pianta, l'assenza di effetti negativi sulla qualità chimico-sensoriale dell'olio.

2.2.2.1. Il compost utilizzato come materiale per la realizzazione di substrati da invasatura

Il compost derivato da sansa può rappresentare un valido materiale da impiegare in alternativa, parziale o totale, alla torba nella realizzazione di substrati vivaistici. La torba, che attualmente è di gran lunga il materiale più impiegato nei vivaai, è una risorsa non rinnovabile, presente in giacimenti naturali. Il prezzo d'acquisto della torba è progressivamente salito, facendo così aumentare il prezzo dei prodotti finiti e gravando sul consumatore finale. In effetti, i costi connessional processo produttivo della torba sono progressivamente cresciuti a causa dell'incremento dei costi energetici, che incidono su tutto il processo produttivo, a partire dalla raccolta alla lavorazione e trasporto agli stabilimenti, dalla preparazione e classificazione, alla miscelazione e insaccamento, al trasporto dai Paesi produttori, soprattutto del Nord ed Est Europa e Canada. Attualmente, l'importazione italiana di torba oscilla tra i 5,0 e i 5,8 milioni di quintali. Oltre all'aumento dei costi, vi sono altri due rilevanti fattori che destano preoccupazioni crescenti in relazione all'impiego della torba e che

---

mettono a rischio la competitività delle aziende che la utilizzano come componente principale dei substrati:

- molti paesi, come ad esempio il Regno Unito, richiedono piante allevate in substrati *peat free* (cioè privi di torba), al fine di salvaguardare le torbiere in considerazione del loro valore ambientale, naturalistico e a volte anche archeologico, di contenere i costi energetici e le emissioni inquinanti nell'atmosfera dovute al trasporto dai paesi produttori al resto del mondo;
- l'impossibilità da parte delle aziende vivaistiche di poter ottenere la prestigiosa certificazione volontaria ambientale *Ecolabel*, perché la Comunità Europea dal 2001 ha escluso il rilascio di tale marchio di qualità ecologica per i substrati di coltivazione che contengono torba o prodotti derivati.

L'insieme di questi fattori ha incrementato negli ultimi anni l'interesse per i materiali che possono sostituire la torba senza determinare ripercussioni negative sulle produzioni e senza causare un incremento dei costi di produzione. In tale ottica, non può essere sottovalutato il valore economico e ambientale di una progressiva sostituibilità tra torba e altri materiali di facile reperibilità, economici e rinnovabili quali, soprattutto, i sottoprodotti; ciò da un lato frena la distruzione delle torbiere, dall'altro incentiva il processo di riutilizzo e valorizzazione di rifiuti/sottoprodotti con gli ovvi vantaggi dovuti al risparmio di risorse e di energia conseguenti alla sottrazione di grandi quantitativi di materiali dai circuiti di smaltimento convenzionali. Un notevole interesse assume anche l'impatto che il compost ha sulla popolazione microbica dei substrati e quindi sulla possibilità che si possano sviluppare positivi effetti repressivi nei confronti dei parassiti che spesso si rinvergono nei substrati vivaistici.

In alcune sperimentazioni barbatelle di olivo sono state rinvase in contenitori di plastica per la fase di allevamento utilizzando substrati contenenti diverse combinazioni di compost

ottenuto dal co-compostaggio della sansa con residui trinciati della potatura dell'oliveto, di torba, di pomice, e di un terreno agrario. Per i diversi substrati è stata anche determinata la fitotossicità mediante il saggio di germinabilità con *Lepidium sativum* L. (Del Buono *et al.*, 2011).

Il processo di compostaggio ha ridotto la fitotossicità delle sanse; anche l'aggiunta di terreno agrario ai substrati ha diminuito la fitotossicità, come conseguenza di un probabile adsorbimento selettivo dei composti fitotossici. I risultati nel complesso hanno indicato che i diversi compost utilizzati possono essere impiegati nella realizzazione di substrati da invasatura per l'allevamento in contenitore di specie di media tolleranza alla salinità quali l'olivo (Nasini L. *et al.* 2010, Proietti P. *et al.* 2009).

2.3. Punti di forza, debolezza, minacce e opportunità dell'utilizzazione agronomica dei reflui

In conclusione, si riportano i punti di forza, i punti di debolezza, le minacce e le opportunità legati alla problematica della gestione dei sottoprodotti dei frantoi (A.V. e sanse tal quali o compostati) tramite spandimento diretto su terreni agricoli.

Punti di forza

- Spandimento regolamentato e consentito da specifiche normative.
- Smaltimento tempestivo dei reflui.
- Sono richieste semplici attrezzature e tecnologie.
- Bassi costi.
- Vantaggi agronomici e ambientali documentati, fra cui lo stoccaggio del C (con potenziale possibilità di acquisizione crediti di C da parte dell'olivicoltore).

Punti di debolezza

- 
- Rischi ambientali se effettuato in condizioni non idonee e con tecniche irrazionali.
  - Necessità di superfici agrarie adatte a ricevere il refluo.
  - Scarso valore ammendante delle A.V. e delle sanse non compostate e con effetto agronomico di breve durata per le A.V.
  - Possibili azioni fitotossiche quando si impiegano irrazionalmente le A.V.
  - Possibili difficoltà nella logistica dello spandimento a causa della difficile accessibilità dei terreni in alcuni periodi dell'anno e per condizioni climatiche avverse.

#### Opportunità

- Maggiore valorizzazione a fini agronomici con produzione di compost di qualità quale ammendante organico vegetale.
- Valorizzazione nel vivaismo grazie all'utilizzazione di compost per sostituire in parte o totalmente la torba.
- Contabilizzazione dei crediti di C.

#### Minacce

- Inquinamento ambientale se non rispettate le buone pratiche di impiego.

### 3. Utilizzazione energetica

Le fonti energetiche rinnovabili, rispetto ai combustibili fossili, stanno suscitando crescente interesse per i minori costi e per il minore impatto ambientale. Le tecnologie di impiego dei rifiuti per il recupero di energia possono rappresentare un'interessante opportunità per lo smaltimento sostenibile dei sottoprodotti della filiera olivicola-olearia, in grado di ridurre l'impatto ambientale e generare energia per la vendita o per soddisfare le esigenze dei frantoi. I sottoprodotti della filiera da cui potenzialmente si potrebbe ottenere energia sono: biomasse residuali prodotte durante la coltivazione

dell'olivo (residui di potatura e di pulizia del prodotto) e biomasse residuali delle varie fasi del processo di estrazione dell'olio d'oliva (sanse). L'uso della sansa per la produzione di energia consente quindi un duplice vantaggio: produzione di energia pulita e smaltimento di sottoprodotti.

In particolare, i sottoprodotti dell'industria olearia utilizzabili a fini energetici sono sansa vergine, sansa esausta e nocciolino. Alcune sperimentazioni sono in corso per impiegare anche le acque di vegetazione come fonte energetica miscelandole a reflui zootecnici. I sottoprodotti oleari si rendono disponibili, annualmente, nell'arco di un ristretto lasso di tempo, compreso tra la metà di ottobre e la fine di marzo. Le sanse vergini sono quelle che fuoriescono dal frantoio. Le sanse esauste sono quelle prodotte dai sansifici, dove le sanse vergini vengono sottoposte ad una lavorazione che, mediante l'uso di esano, permette di estrarre l'olio in esse ancora contenuto. Il processo produttivo dell'olio di sansa prevede una fase di essiccazione, che porta l'umidità residua della sansa all'8-12%, una fase di estrazione dell'olio di sansa mediante solvente, seguita dalla distillazione, per recuperare il solvente, e una raffinazione dell'olio estratto per farlo divenire commestibile.

Il grado di umidità delle sanse lavorate dai sansifici è molto variabile in quanto dipende dal sistema di estrazione adottato. Quelle provenienti da frantoi con sistemi tradizionali a pressione hanno un contenuto di acqua variabile tra 20 e 30%, quelle derivanti da impianti continui a tre fasi hanno un contenuto di acqua del 48-54%, che può arrivare al 58-70% per quelle derivanti da impianti continui a due fasi. La maggiore umidità comporta sia maggiori difficoltà nella lavorazione, sia costi di essiccazione più elevati, oltre a una minore quantità di olio prodotto per unità di volume di sanse trattate. Si passa, infatti, dal 6-7% di olio recuperabile in sanse provenienti da sistemi tradizionali a pressione al 4-5% di quelle da sistemi continui a tre fasi. La sansa esausta è un prodotto granulare con buone caratteristiche

ai fini della combustione nelle caldaie. Nella gran parte dei casi i sansifici dispongono di un impianto termico asservito al ciclo produttivo ed alimentato con le sansi esauste (in media viene riutilizzato circa il 30% della produzione totale). La sansa esausta non riutilizzata nell'impianto (70%), viene, nella stragrande maggioranza dei casi, venduta come combustibile (a prezzi di 60-80 €/t). Le caratteristiche energetiche della sansa vergine sono sinteticamente descritte in Tabella 2.

Tabella 2. Caratteristiche chimico-fisiche della sansa vergine.

Caratteristiche chimico-fisiche della sansa vergine da impianto a tre fasi
- Umidità (%) 50
- Potere Calorifico Inferiore [kcal/kg s.s.] 4500
- Carbonio Organico Totale, C [% s.s.] 60,45
- Rapporto C/N 62,97
Caratteristiche chimico-fisiche della sansa vergine da impianto a due fasi
- Umidità (%) 70
- Potere Calorifico Inferiore [kcal/kg s.s.] 4500
- Lignina (% s.s.) 35,0
- Rapporto C/N 46,6
- Ceneri [% s.s.] 5,50



Sansa vergine (Foto Proietti)



Sansa secca (Foto Proietti)

Il nocciolino, costituito dalla frazione a più alto contenuto in lignina della sansa, ha un grande utilizzo come combustibile in caldaie agricole, domestiche, forni di panificazione, ecc. Il prezzo di mercato si aggira intorno ai 130-150 €/t.



Macchina denocciolatrice (Foto Proietti)



Nocciolino sfuso (Foto Proietti)

La pratica della denocciolatura della sansa vergine per l'estrazione di nocciolino risulta ancora poco diffusa presso i frantoi (specie quelli di piccole dimensioni), sebbene in significativa crescita. Tale soluzione ha come principale ostacolo la difficoltà di valorizzare/smaltire la polpa di sansa denocciolata, che non viene in genere ritirata dai sansifici, e che può avere applicazioni nell'industria mangimistica o per alimentare processi di fermentazione anaerobica per la produzione di biogas, in combinazione con altri residui fermentescibili.

A titolo di esempio, per il denocciolatore di sansa di seguito si riportano dati tecnici pubblicati da frantoi [online](http://www.frantoionline.it) (2008, <http://www.frantoionline.it/macchine-olearie/separatore-di-nocciolino.html>).

I dati dichiarati dalle diverse aziende costruttrici di denocciolatori, al di là della capacità di q.li/h sansa vergine lavorata, è di circa 15 – 25 kg/quintale di nocciolino ottenuto, proveniente dal sistema “due fasi” e di poco superiore con il sistema a “tre fasi”. La sansa vergine del sistema a “tre fasi” viene addizionata di acqua di vegetazione o, in qualche Frantoio, di acqua pulita, per fluidificarla e facilitare la separazione mentre per la due fasi non vi è necessità di aggiungerne.

Il nocciolino di sansa vergine di oliva che si ottiene da queste macchine separatrici è generalmente con umidità intorno al 20% e quindi, prima di essere venduto, deve essere parzialmente asciugato (ottima è un'umidità intorno al 12%).

Con macchine separatrici che hanno bisogno di ulteriore addizione di acqua per avere un rendimento adeguato, la sansa che rimane (“polpino”) dopo il passaggio dentro i denocciolatori ha un'umidità elevata (70-80%), inaccettabile per i sansifici. Il polpino può essere essiccato e utilizzato anche come integratore nell'alimentazione zootecnica, estrazione di composti per usi cosmetici o farmaceutici, impiego agronomico per la fertilizzazione in pieno campo o la realizzazione di substrati vivaistici.

Le ultime macchine separatrici presentate sul mercato assicurano un rendimento alto senza aggiungere o quasi acqua per aumentare il rendimento anche nei frantoi che utilizzano il sistema di estrazione olio a “tre fasi”. Per un giudizio di convenienza economica può essere consultato il [link](http://www.frantoionline.it/macchine-olearie/separatore-di-nocciolino.html) <http://www.frantoionline.it/macchine-olearie/separatore-di-nocciolino.html>.

Tabella 3. Principali parametri tecnico – economici relativi all'impiego energetico di sansa vergini ed esauste (Pellerano A., 2006).

Umidità sansa vergine processo tradizionale	25%
Umidità sansa vergine processo 3 fasi (%)	55%
Umidità sansa esausta 3 fasi (%)	12,5%
Potere Calorifico Inferiore (kcal/kg s.s.)	4300
Contenuto energetico sansa verg. trad (kcal/kg)	3080
Contenuto energetico sansa verg. 3 fasi (kcal/kg)	1610
Contenuto energetico sansa esausta (kcal/kg)	3690
Costo specifico sansa vergine pressione	30 euro/t – 8,4 euro/MWh
Costo sansa vergine pr. 3 fasi	15 euro/t – 8,0 euro/MWh
Costo sansa esausta	70 euro/t – 16,3 euro/MWh
Costo medio trasporto entro 50 km di distanza (euro/t)	10

### 3.1. Potenziali energetici nazionali

Il calcolo dei potenziali di sansa vergine è stato effettuato (Bernardo de Gennaro, Antonio Pantaleo, 2011) considerando un coefficiente medio di disponibilità pari al 45% del quantitativo di olive molite, facendo riferimento ad un processo di estrazione in continuo a 3 fasi, con una umidità della sansa del 52% sul tal quale. Attualmente, totalità gran parte della sansa vergine prodotta è utilizzata per l'estrazione dell'olio di sansa presso i sansifici, che rendono disponibile sansa esausta (8-12% umidità circa) come co-prodotto dell'estrazione.

Sulla base dei criteri sopra esposti, sono state stimate le disponibilità potenziali regionali di biomassa residuale della filiera in esame, riportati in Tabella 4.

In termini energetici, si ottengono quantitativi nazionali di circa 0,23 MTEP/anno e 0,32 MTEP/anno, rispettivamente per i residui di potatura e per la sansa vergine. Tali potenziali, a titolo di esempio, potrebbero alimentare piccoli impianti di cogenerazione con cicli rankine a fluido organico della taglia di 1 MW e con efficienza elettrica del 20% in numero pari a 70 e 100 impianti rispettivamente per i residui di potatura e per la sansa.

Tabella 4 Stima della disponibilità potenziale di biomassa derivante dai sottoprodotti della filiera olivicolo-olearia

Regione	Superficie (ha)	Sansa vergine (t/anno)	Sansa vergine (t sostanza secca/anno)
Piemonte	101	37	18
Valle d'Aosta	-	-	-
Lombardia	2425	2197	1054
Liguria	16840	10190	4891
Trentino-Alto Adige	386	627	301
Bolzano/Bozen	-	-	-
Trento	386	627	301
Veneto	4985	4724	2267
Friuli V. G.	107	93	44
Emilia R.	3585	3035	1457
Toscana	96871	61072	29314
Umbria	9637	7754	3722
Marche	9623	13432	6447
Lazio	89017	80897	38830
Abruzzo	44000	59260	28445
Molise	20084	20287	9738
Campania	72230	114629	55022
Puglia	377550	508542	244100
Basilicata	31349	16126	7741
Calabria	196822	452504	217202
Sicilia	163025	145663	69918
Sardegna	44712	28362	13614
<b>Italia</b>	<b>1.83.349</b>	<b>1530056</b>	<b>734427</b>

---

Il potenziale stimato è affetto da variazioni stagionali dell'ordine del 20%, dovute a variazioni della resa in olive. Anche le caratteristiche medie della sansa vergine sono affette da incertezze dovute alle variazioni delle tecnologie di estrazione e, in particolare, alla crescente diffusione di sistemi di denocciolatura presso i frantoi (che possono determinare un aumento dell'umidità media della sansa e una riduzione del suo potere calorifico).

In generale, si può assumere che la stima del potenziale teorico complessivo di residui di potatura e sansa vergine sia affetta da una incertezza/variabilità annua del 30% circa.

Va comunque ricordato che la possibilità di utilizzo di tale potenziale a fini energetici dipende fortemente dal prezzo di acquisto che la valorizzazione energetica può consentire e dalla competitività con gli utilizzi tradizionali della sansa (estrazione olio di sansa nei sansifici). Gli attuali prezzi di ritiro della sansa vergine al 50% di umidità da parte dei sansifici sono di circa 15-20 euro/t, mentre la valorizzazione energetica, con l'attuale regime di incentivazione per la generazione elettrica, potrebbe consentire prezzi di ritiro da parte dell'imprenditore energetico superiore ai 30 euro/t, salvaguardando la redditività dell'investimento.

*Esempio pratico di utilizzazione energetica della sansa per la produzione di calore/energia mediante combustione diretta*

**Centrale che produce energia elettrica e termica dalla combustione di sansa, con taglia di 3,6 MW - consumo orario è di 250-300 t/h di biomassa.**

In funzione dello scenario di approvvigionamento (almeno 70.000 t/anno di sansa), lo spazio complessivamente necessario è di circa 5 - 6 ha, spazio occupato soprattutto da capannoni per lo stoccaggio della sansa essiccata.

La sansa (verGINE previa essiccazione o esausta dopo l'estrazione dell'olio residuo in sansificio) viene convogliata verso la caldaia attraverso opportune tramogge con sistema a coclea.

L'elettricità deriva una turbina, collegata a un alternatore, azionata dal vapore prodotto attraverso la combustione della sansa. La biomassa viene bruciata in una camera di combustione, producendo il calore necessario a trasformare nella caldaia l'acqua in vapore che viene inviato sotto pressione alla turbina. Il vapore mette in rotazione la turbina che a sua volta fa ruotare il rotore di un alternatore che produce corrente elettrica alternata. La corrente così prodotta viene inviata ad un trasformatore che la eleva di tensione prima che venga immessa nella linea di trasmissione. All'uscita della turbina, il vapore viene nuovamente trasformato in acqua grazie ad un condensatore nel quale circola acqua fredda. L'acqua viene, da quest'ultimo, rimessa nella caldaia. Una parte di vapore in uscita dalla turbina può essere recuperato e usato per il riscaldamento: in questi casi si parla di impianti di cogenerazione.

A livello tecnologico i principali problemi nell'utilizzo energetico della sansa riguardano l'elevato contenuto in silice e incombusti, che determina problemi di impaccamento della caldaia (specie per sansa provenienti da olive raccolte da terra) e le problematiche di essiccazione o di utilizzo direttamente in caldaie a griglia mobile a letto fluido di materiale con elevato contenuto di umidità.

Sono attualmente in corso studi relativi ai problemi di fluidizzazione del materiale, alle granulometrie ottimali in funzione del processo di conversione energetica adottato, ai sistemi di stoccaggio innovativi, inclusi gli accorgimenti per ridurre gli odori.

Un filtro a maniche consente di depurare i fumi per rispettare i limiti di emissione in atmosfera, in particolare per il particolato.

---

Tali prezzi sarebbero quindi capaci di mobilitare buona parte del potenziale di sansa disponibile. I costi di trasporto e la frammentazione della produzione di sansa, incidono negativamente sulla possibilità di mobilitare l'intero potenziale per fini energetici. La stagionalità della disponibilità di questo sottoprodotto è un altro aspetto limitante di notevole rilevanza che, per via delle caratteristiche del prodotto, obbliga a una rapida essiccazione. Ciò determina la necessità di dimensionare impianti di essiccazione con capacità di lavorazione circa tripla rispetto al caso in cui l'approvvigionamento di sansa fosse distribuito durante tutto l'anno in modo uniforme. Inoltre, problemi di emissioni di odori e di degradazione del prodotto non consentono uno stoccaggio all'aperto, ma richiedono la presenza di opportuni capannoni coperti.

Va segnalato che alcuni sansifici, ormai, ritirano la sansa, ma non estraggono l'olio residuo poiché trovano più conveniente essiccare la sansa e venderla tal quale oppure denocciolarla per vendere il nocciolino.

Particolarmente interessante, appare l'utilizzazione delle sanse vergini essiccate (biocombustibile confezionato in sacchi o in *big-bag*) in caldaie a policombustibili per la produzione di acqua calda e calore. Tale biocombustibile ha il vantaggio di essere economico, efficiente e realizzabile direttamente in azienda. In merito, sono in corso sperimentazioni per ottimizzare il processo di essiccazione delle sanse (Tesi Dott. Michele Chiodi, Perugia 2012).

### 3.2. Utilizzazione energetica delle sanse per la produzione di biogas

Il biogas può essere ottenuto anaerobicamente da una vasta gamma di substrati: da colture specializzate, dai rifiuti vegetali, dai reflui zootecnici, dai fanghi di depurazione o dagli scarti alimentari. A seconda delle caratteristiche chimiche di ogni substrato e delle consociazioni

di microrganismi responsabili della digestione, è possibile ottenere rese molto diverse di biogas. La qualità del biogas ottenuto è legato al rapporto tra i due principali gas contenuti: CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Anche per i sottoprodotti di frantoio sono stati proposti i processi biologici anaerobici per la produzione di energia, anche perché è bassa la produzione di fanghi come sottoprodotto. Il processo, inoltre, può essere effettuato in reattori relativamente poco costosi e di semplice progettazione e con semplici procedure operative. In confronto con i procedimenti classici aerobici, il trattamento anaerobico di materiali moderatamente e altamente biodegradabili per la produzione di biogas ha una serie di vantaggi: (a) può essere ottenuto un elevato grado di purificazione con elevato contenuto organico, (b) sono necessari bassi requisiti nutrizionali, (c) sono generalmente prodotte piccole quantità di fanghi,.

Il processo implica l'idrolisi di un complesso di carboidrati, grassi e / o proteine ad alto peso molecolare in polimeri solubili mediante l'azione enzimatica di batteri idrolitici fermentativi e la conversione di questi polimeri in acidi organici, alcoli, H<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>. Acidi grassi volatili e alcoli vengono poi convertiti in acido acetico da batteri acetogeni che producono H<sub>2</sub> e infine batteri metanogeni convertono l'acido acetico e gas H<sub>2</sub> in CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>. La stabilità del processo dipende dal bilancio critico che esiste tra la crescita simbiotica dei gruppi principali metabolici di batteri (Angelidaki I. et al., 2009).

In generale, la progettazione di tutti gli impianti di biogas avviene allo stesso modo seguendo la stessa struttura e principio. L'unica differenza è legata alle dimensioni, che variano da piccola scala (per modeste quantità di substrati: 100 – 1000 t/anno), a una scala aziendale (1000 - 15.000 t / anno), fino a una scala industriale, con capacità di digerire oltre 15.000 t di substrato.

La figura seguente illustra un impianto a biogas di scala aziendale (Fonte: "Resolve", Research for

SME Association, Seven Framework Programme – Settimo Programma Quadro).

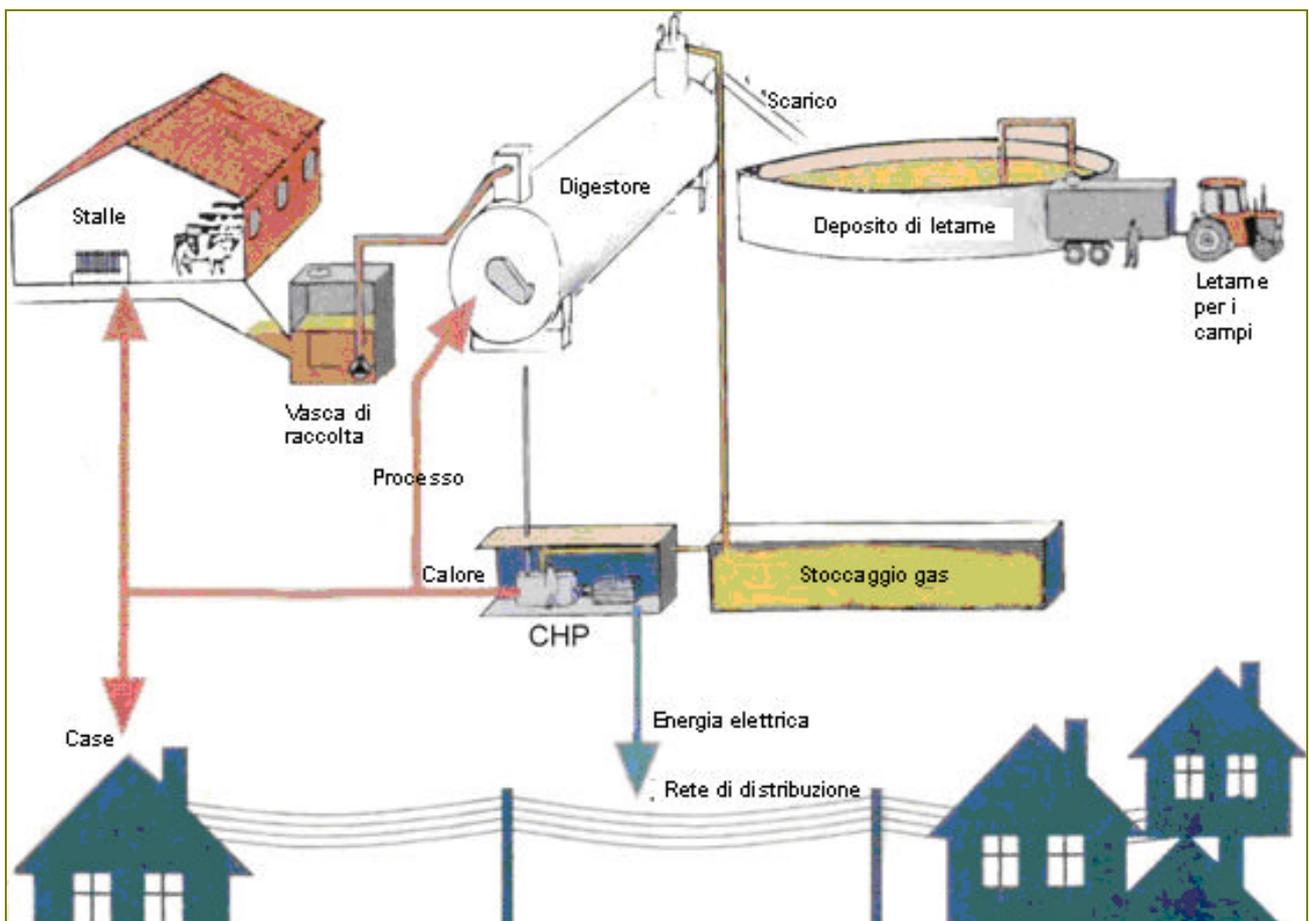
Tutti gli impianti di biogas seguono lo stesso principio e progetto. Il substrato di biomassa (es. rifiuti di frantoio) è convogliato in un contenitore, sigillato, senza aria. In questo ambiente privo di ossigeno, i rifiuti vengono lasciati per 32 giorni (tempo di ritenzione necessario per i sottoprodotti di frantoio) durante questo tempo i batteri producono biogas. Normalmente, con altri tipi di sottoprodotti il substrato nel contenitore deve essere riscaldato per accelerare il processo, ma nel caso dei sottoprodotti di frantoio il preriscaldamento non è necessario.

Il biogas prodotto può essere utilizzato per produrre energia elettrica o termica, o entrambi. Una delle applicazioni più usate del biogas è la

produzione combinata di calore e di energia elettrica (CHP). Quando il biogas è utilizzato per generare elettricità e calore, l'energia elettrica prodotta può essere fornita alla rete o utilizzata per esigenze aziendali. Il calore accumulato è utilizzato per l'impianto stesso, mentre il calore residuo può essere utilizzato per il riscaldamento residenziale.

Quando si costruisce una nuova struttura, o la si ricostruisce, deve essere richiesto un permesso all'autorità competente. Le procedure per il rilascio e l'ottenimento del permesso dipendono dalle leggi edilizie specifiche nei diversi Paesi.

La domanda deve essere presentata all'unità amministrativa responsabile delle autorizzazioni urbanistiche, nel Paese in cui è situato l'impianto previsto biogas.



*Impianto a biogas di una dimensione di scala aziendale (Fonte: Progetto europeo: Resolive, 2012).*

---

Devono essere comunicati i riferimenti catastali del terreno dove si intende effettuare l'impianto e le relative connessioni infrastrutturali. Inoltre, deve essere allegata la licenza edilizia. La costruzione dell'impianto a biogas può iniziare solo dopo l'ottenimento dell'autorizzazioni.

Al fine di costruire impianti in grado di generare elettricità oltre 1MW di potenza, deve essere ottenuta una licenza energetica specifica. Nei casi in cui il biogas prodotto sarà utilizzato per la produzione di elettricità, per gli impianti di biogas deve essere necessariamente rilasciata tale licenza prima della loro costruzione. solito Tuttavia, in alcuni Paesi, per gli impianti a biogas che producono meno di 1 MW di energia elettrica tale licenza non è necessaria. Tuttavia, questo può variare da Paese a Paese e deve essere verificato in anticipo.

Per essere in grado di produrre e vendere energia elettrica, i proprietari dell'impianto di biogas devono ottenere il permesso per la connessione alla rete di distribuzione; anche in tal caso la procedura e la documentazione richiesta può variare da Paese a Paese.. Le informazioni che di solito sono richieste riguardano l'alimentazione, i sistemi e il regime di consumo dell'impianto, il tempo di connessione, i titoli di possesso dell'impianto, e il progetto degli impianti.

3.3. Punti di forza, debolezza, minacce e opportunità dell'utilizzazione energetica dei reflui.

L'uso energetico delle biomasse residuali della filiera olivicola-olearia oltre a consentire di produrre energia rinnovabile, consente lo smaltimento delle stesse senza la necessità di disporre di suolo agricolo. Tale opportunità finora è stata solo parzialmente sfruttata, nonostante un quadro di incentivi che consentono elevati tassi di rendimento per gli investimenti. Gli ostacoli alla valorizzazione energetica dei sottoprodotti olivicolo-oleari sono di varia natura e vanno dalle difficoltà burocratiche e autorizzative, alle problematiche nello sviluppo di piani di approvvigionamento

affidabili e di lungo periodo, tenendo conto che la materia prima è dispersa sul territorio e si ha una difficile interazione tra il mondo agricolo, da sempre propenso a investimenti di breve periodo, e quello industriale-energetico, che invece impone investimenti di medio-lungo periodo con elevata affidabilità e continuità degli approvvigionamenti. Tra le principali esigenze della fase industriale di questa filiera si evidenzia, inoltre, la necessità di procedere a un ammodernamento dei sansifici, che spesso sono tecnologicamente obsoleti, attraverso l'introduzione di tecnologie di condizionamento ed essiccazione delle sansi a maggiore efficienza e procedendo a una integrazione negli stabilimenti di impianti di generazione di piccola taglia e che utilizzino la stessa biomassa prodotta sul posto.

Punti di forza dell'utilizzazione energetica dei reflui oleari:

- Fornire a buon mercato una fonte di energia facilmente accessibile e rinnovabile.
- Trascurabili le emissioni di CO<sub>2</sub>.
- Disponibilità di finanziamenti locali, regionali, nazionali ed europei.
- Notevole interesse degli operatori del settore e dell'opinione pubblica.
- Presenza di casi pilota in Italia e Grecia e su larga scala in Spagna.
- Disponibilità di una tecnologia consolidata per sfruttare la biomassa.
- Atteggiamento positivo degli attori chiave del mercato verso un'adeguata gestione della sansa di oliva e delle acque di vegetazione.
- Diffusione negli ultimi anni degli impianti di riscaldamento che utilizzano sansa e nocciolino come combustibile.
- Sfruttamento ottimale delle fonti energetiche rinnovabili (importante obiettivo dei Paesi del Mediterraneo).

Punti di debolezza dell'utilizzazione energetica dei reflui oleari:

- Stagionalità e quantità limitate e variabili di rifiuti disponibili ogni anno.

- 
- Diverse tipologie di sansa, a causa delle diverse tecnologie di estrazione dell'olio, che impongono adattamenti delle tecnologie per la produzione di energia.
  - Frammentazione e atteggiamento individualistico dei frantoi di piccole dimensioni.
  - Assenza di una politica formale per lo sfruttamento dei sottoprodotti per l'energia.
  - Scarsa chiarezza nella legislazione sull'impiego energetico dei sottoprodotti.
  - Notevoli costi di investimento per le tecnologie necessarie.
  - Accesso limitato alle informazioni sulla corretta gestione dei sottoprodotti.

Opportunità dell'utilizzazione energetica dei reflui oleari:

- I crescenti costi dei combustibili fossili e dell'energia in genere rendono la produzione di energia rinnovabile attraente (specialmente nel settore agricolo).
- Creazione di nuovi posti di lavoro.
- Possibilità di produrre energia pulita in frantoi dai sottoprodotti.
- Certificati verdi per la produzione di elettricità.
- Potenziale riduzione di CO<sub>2</sub> e di inquinamento ambientale in linea con gli accordi di Kyoto.
- Uso sostenibile delle risorse naturali.

Minacce dell'utilizzazione energetica dei reflui oleari:

- Scarse conoscenze/o informazioni sul potenziale energetico dei sottoprodotti.
- Scarse competenze professionali nel settore delle biomasse per fini energetici.
- Difficoltà di creare filiere efficaci e sostenibili (enti di ricerca - olivicoltori - frantoi - produttori di energia).
- Investimenti insufficienti in ricerca e sviluppo.

#### **4. Utilizzazione della sansa vergine nell'alimentazione zootecnica**

Le attuali tendenze scientifiche per la valorizzazione della sansa vergine sono orientate verso la possibilità di sviluppare una nuova filiera attraverso il loro impiego nell'alimentazione zootecnica. La sansa vergine denocciolata in pre o post estrazione e successivo essiccamento può essere impiegata come integratore mangimistico nell'alimentazione di animali sia monogastrici sia piccoli e grandi ruminanti. Diversi studi hanno dimostrato che gli animali erbivori più efficienti nell'utilizzo di tale prodotto sono i ruminanti; in quanto sono caratterizzati da una maggiore dimensione del tratto digestivo ed inoltre per la presenza di microrganismi cellulolitici nei prestomaci (rumine, reticolo ed omaso). Questi microrganismi sono in grado di degradare la parete cellulare, ad opera di enzimi quali cellulasi ed emicellulasi che permettono, tramite la fermentazione degli zuccheri semplici ottenuti, la produzione di acidi grassi volatili direttamente assorbiti dalle pareti ruminali, e quindi possono essere considerati una fonte energetica primaria per l'animale. La conseguente produzione di proteine microbiche inoltre permette di garantire circa il 65% del fabbisogno proteico del ruminante.

La sansa vergine aggiunta alla razione animale rappresenta una fonte di sostanze grasse e di antiossidanti naturali ad elevato valore biologico. In relazione al sistema di estrazione la sansa è caratterizzata da un'alta variabilità di residuo acquoso, oltre che da un elevato contenuto in lignina, da una buona percentuale di olio residuo (8% - 15%), che presenta la stessa composizione acidica tipica degli oli vergini di oliva, e da un'elevata quantità composti fenolici (Tabelle 7 - 8) (Servili et al. 2007a, 2007b; Dal Bosco et al. 2007; Pauselli et al. 2007). Gli stessi composti fenolici presenti negli oli extravergini di oliva e nella acque di vegetazione; composti di cui sono state ampiamente provate numerose attività biologiche.

Tabella 7. Composizione acidica dell'olio estratto da sanse vergini di oliva essiccate.

ACIDI	%
Miristico	0,10
Palmitico	12,30
Palmitoleico	0,90
Margarico	0,10
Eptadecenoico	0,10
Stearico	1,90
Oleico	75,50
Linoleico	8,30
Linolenico	0,60
Arachico	0,20
Gadoleico	0,30
Behenico	0,00

Tabella 8. Composizione fenolica (mg/100 g m.s.) dell'olio estratto da sanse vergini di oliva essiccate.

3,4-DHPEA	35,1 ± 0,2
<i>p</i> -HPEA	13,1 ± 1,1
Verbascoside	526,2 ± 15,4
3,4-DHPEA-EDA	758,2 ± 17,8
<i>p</i> -HPEA-EDA	181,4 ± 0,8
(+)-1-Acetossipinoresinolo	89,5 ± 0,2
(+)-1-Pinoresinolo	19,5 ± 1,3
Somma delle frazioni fenoliche	1623,0 ± 23,6

Il contenuto fenolico delle sanse vergini dipende dal sistema di estrazione dell'olio. Durante il processo di estrazione un'ampia frazione di composti fenolici del frutto (compresa tra il 97% ed il 98% del contenuto totale del frutto) si ripartisce tra acque di vegetazione e sanse vergini. In termini di concentrazione fenolica le sanse vergini ottenute da impianti di estrazione a tre fasi hanno circa il 48%, mentre per i sottoprodotti provenienti da centrifughe a due fasi, la percentuale di composti fenolici è

notevolmente superiore in quanto è presente anche la frazione delle acque di vegetazione.

I composti fenolici maggiormente presenti sono il *p*-HPEA (idrossifeniletanolo o tirosolo), il 3,4-DHPEA (diidrossifeniletanolo o idrossitirosolo), le forme agliconiche dell'oleuropeina, della demetiloleuropeina e del ligustroside quali il 3,4-DHPEA-EA, il 3,4-DHPEA-EDA, il *p*-HPEA-EDA, oltre al verbascoside.

I primi risultati di studi condotti su ovini alimentati con sanse denocciolate essiccate hanno mostrato un aumento della qualità del latte dovuto a un miglioramento della composizione acidica del grasso dato da un incremento del contenuto di acido oleico ed una diminuzione del contenuto di acidi grassi saturi. È stato osservato, inoltre, un miglioramento della stabilità ossidativa sia del latte sia dei prodotti derivati. Questo effetto potrebbe essere in parte legato al trasferimento di una parte dei composti fenolici idrofili delle sanse denocciolate essiccate nel latte e nei suoi derivati. Per contro, rispetto ai vari pannelli di estrazione di altre specie oleifere (panelli di girasole, soia, etc.), la sansa vergine è caratterizzata da una bassa percentuale di proteine e un alto contenuto di fibra e di lignina. L'elevato tenore in lignina potrebbe contrastare l'assimilazione delle proteine da parte degli animali alimentati con razioni arricchite di sansa essiccata. Allo stato attuale delle conoscenze scientifiche è però possibile reperire 2 tipologie di sanse vergini. La prima riguarda le sanse denocciolate in post-estrazione, la seconda comprende le sanse denocciolate in pre-estrazione, in quanto ottenute da oli estratti da paste denocciolate. Questi prodotti si differenziano sia per il contenuto in olio e in antiossidanti, maggiore nelle sanse denocciolate in pre-estrazione, sia per il livello in fibra e, in particolare, per il contenuto in lignina (Figura 1 e Tabelle 9). Nelle sanse denocciolate in post-estrazione è presente un alto contenuto in lignina dovuto ai frammenti di nocciolo (polverino) che rimangono nel prodotto anche dopo

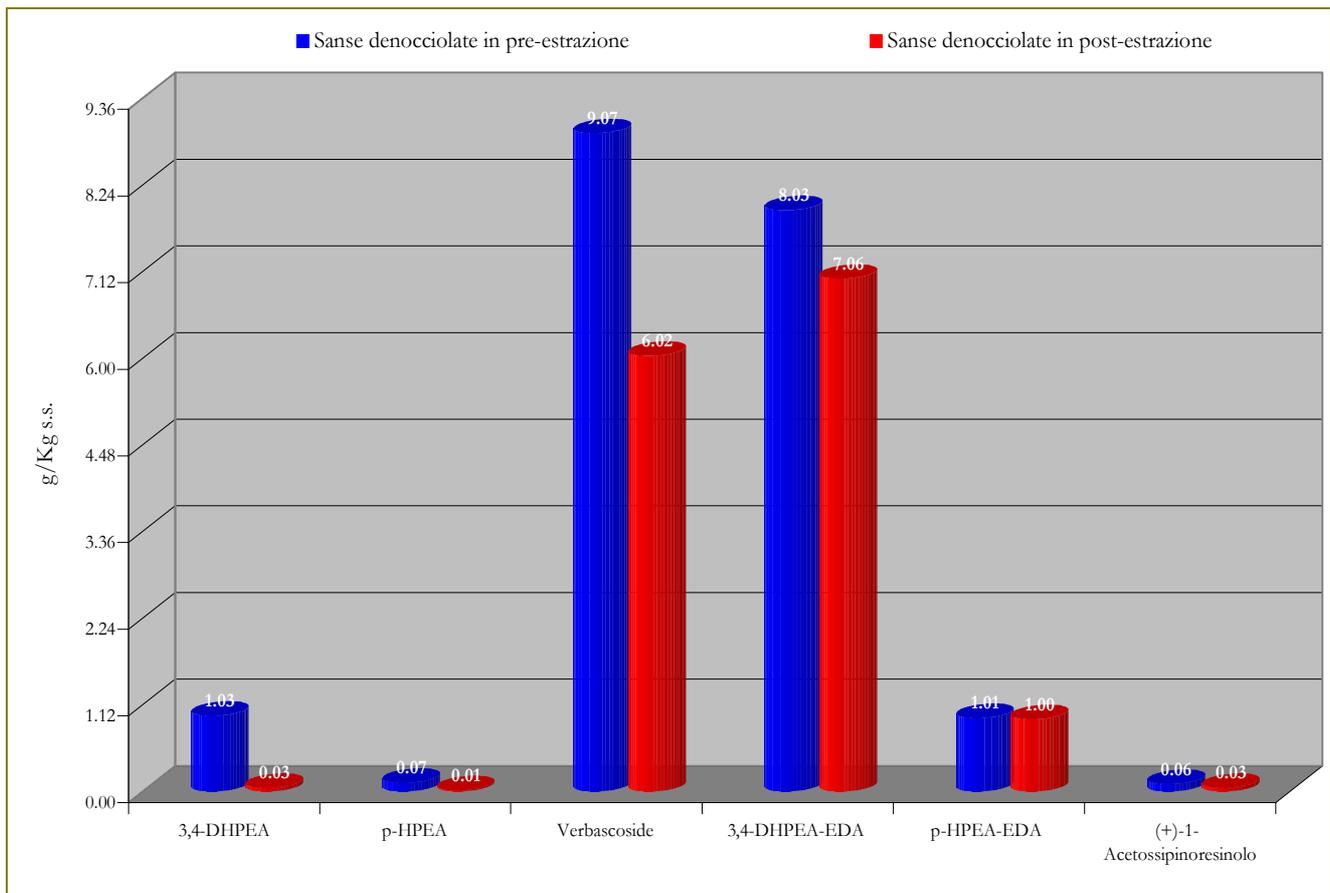


Figura 1. Composizione fenolica (g/ Kg m.s.) delle sanse in pre-estrazione e in post-estrazione.

Tabella 9. Tenore in fibra grezza presente nelle sanse denocciolate in pre-estrazione e in post-estrazione.

	Sanse denocciolate in pre-estrazione	Sanse denocciolate in post-estrazione
s.s. (sostanza secca) (%)	93.8	87.4
e.e. (estratto etereo) (%)	29.0	13.3
Ceneri (%)	6.0	2.8
n.d.f. (fibra neutro detersa) (%)	20.2	61.5
a.d.f. (fibra acido detersa) (%)	14.8	47.3
a.d.l. (lignina) (%)	8.8	22.7
p.g. (proteina grezza) (%)	8.5	7.9

---

l'eliminazione dei frantumi più grossolani di nocciolo. Le sanse ottenute da paste denocciolate hanno un minore contenuto in lignina in quanto prive di polverino. Dal punto di vista zootecnico queste ultime tipologie di prodotto risultano migliori in quanto la lignina, può rappresentare un fattore limitante per l'assimilazione della frazione proteica da parte dei ruminanti ed erbivori monogastrici. L'impiego della sansa come integratore mangimistico nell'alimentazione zootecnica, tuttavia, richiede dei metodi adeguati di conservazione e immagazzinamento. Il problema principale per la conservabilità della sansa è legato all'elevato contenuto di acqua. Questa tipologia di prodotto, è caratterizzata generalmente da un'umidità iniziale superiore al 50%. Il deterioramento in termini di qualità del prodotto è dovuto all'attivazione di enzimi endogeni idrolitici (lipasi) e ossiduriduttasici (polifenolossidasi e perossidasi) con conseguente aumento dell'acidità libera dell'olio residuo delle sanse ed una diminuzione del contenuto dei composti fenolici (Servili et al. 2007a, 2007b).

Pertanto, le sanse denocciolate in pre-estrazione e in post-estrazione vengono trattate termicamente al fine di ridurre il contenuto di acqua, previa miscelazione con foraggi secchi e di ridurre le attività enzimatiche. Le condizioni migliori per il processo di essiccamento della sansa vergine denocciata miscelata foraggi secchi, come può essere l'erba medica, prevedono tempi ridotti e l'uso delle alte temperature intorno ai 120°C. Il prodotto ottenuto, sebbene sia caratterizzato da una minore concentrazione in composti fenolici a causa della loro parziale degradazione in questa fase, risulta più stabile nel tempo mantenendo inalterate le sue caratteristiche chimico-fisiche per alcuni mesi. Il processo di essiccamento, a causa degli elevati costi di acquisto e di gestione degli impianti, è considerato un punto critico per la valorizzazione di tale prodotto. Dopo la fase di essiccamento il prodotto può essere pellettato e fornito direttamente agli animali.

I risultati relativi alla somministrazione di questo prodotto secondario come integratore nella dieta animale evidenziano un effetto positivo sia sulla composizione acidica (caratterizzata da un elevato contenuto di acido oleico e da una diminuzione del contenuto di acidi grassi saturi), sia sulla stabilità ossidativa del latte oltre che sul benessere dell'animale (Pauselli et al., 2007; Servili et al., 2007b). Per quanto riguarda il latte, nelle prove sperimentali condotte fino ad ora, sui piccoli e grandi ruminanti (ovini, bufale, vacche da latte) alimentati con diete arricchite di sanse vergini denocciolate essiccate non è stata riscontrata alcuna differenza rilevante nella produzione e nella composizione del latte, con particolare riferimento al contenuto in grassi e proteine. In un recente studio è stato valutato l'impiego di sanse essiccate e denocciolate in post-estrazione come integratore nell'alimentazione di bovine da latte di razza Frisona. I risultati ottenuti da tali prove hanno mostrato, anche in questo caso, che l'inserimento di questo prodotto secondario quale integratore nella dieta, ha determinato non solo un leggero incremento in acidi grassi insaturi ad impatto salutistico (Figura 3). Un ulteriore aspetto interessante ha riguardato l'incremento della concentrazione della vitamina E ( $\alpha$ -tocoferolo) e dell'idrossitiroso nel grasso del latte e una maggiore stabilità all'ossidazione sia del latte sia dei formaggi prodotti a partire da esso (Pauselli et al. 2007; Servili et al. 2007a; 2007b) (Figura 4). La presenza di idossitiroso libero nel latte, che è considerato per la sua elevata attività antiossidante uno dei composti bioattivi più importanti contenuti nei prodotti dell'industria olearia, potrebbe essere messa in relazione con una maggiore stabilità all'ossidazione del latte e dei prodotti lattiero-caseari, con conseguenti riscontri positivi sulla loro "shelf-life".

Va sottolineato, inoltre che l'assunzione di antiossidanti naturali come l'idrossitiroso e

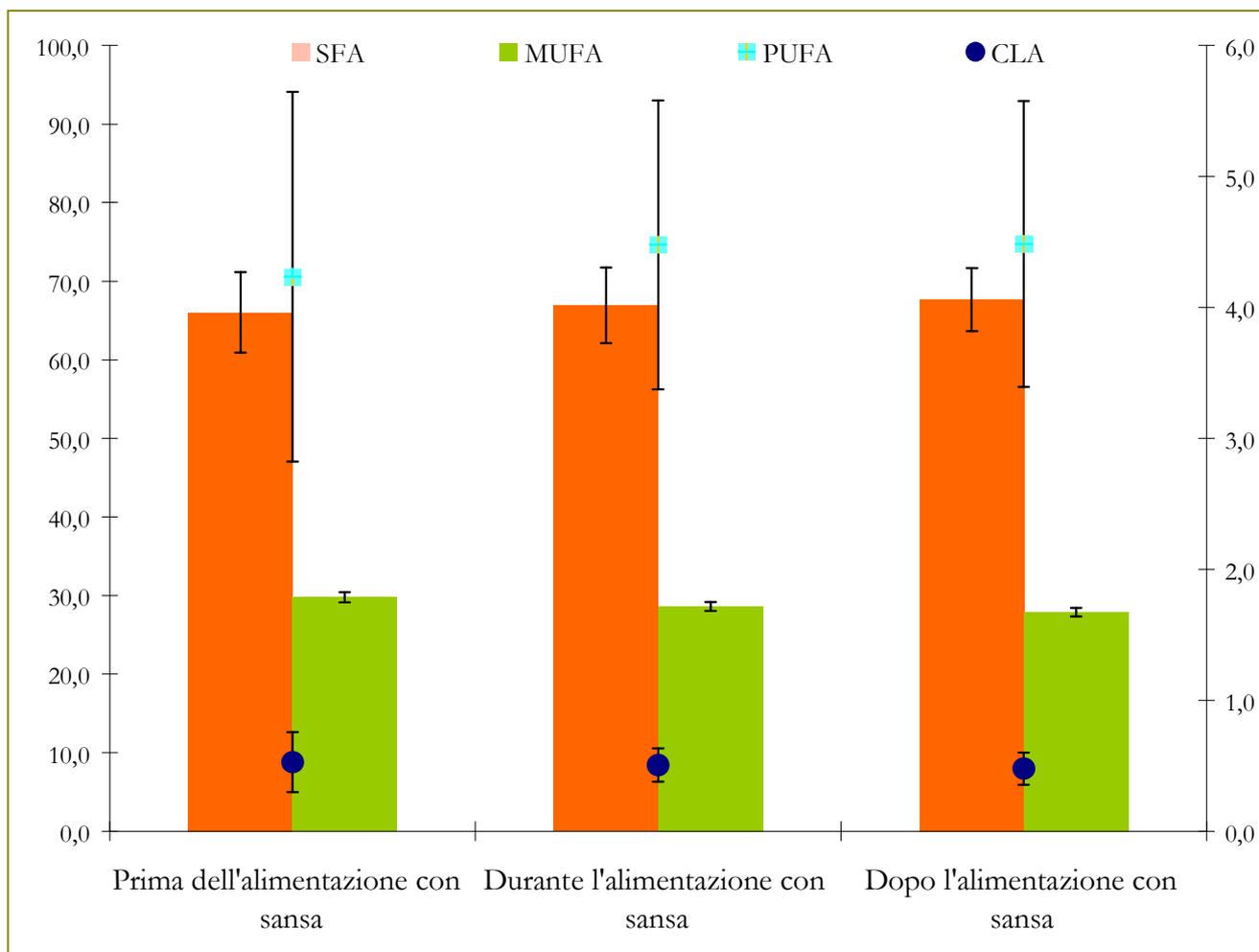


Figura 3. Variabilità del contenuto in acidi grassi saturi SFA e acidi grassi monoinsaturi MUFA (asse sinistro), acidi grassi polinsaturi PUFA e acidi grassi coniugati CLA (asse destro) della frazione lipidica del latte vaccino in funzione del trattamento alimentare (Servili et al., 2012).

I risultati sono la media dei dati delle analisi condotte su tutti i campioni raccolti durante i tre periodi  $\pm$  la deviazione standard.

$\alpha$ -tocoferolo attraverso la dieta, potrebbe essere importante per la prevenzione di numerose malattie sia per l'uomo che si nutre dei suddetti prodotti, sia per l'animale.

Un altro studio, relativo alla somministrazione nella razione di bovini da carne di sansa denocciolate miscelata con fieno di erba medica, ha mostrato effetti positivi sulla stabilità all'ossidazione della carne e un incremento del contenuto in  $\alpha$ -tocoferolo (Figura 5).

Questo aspetto è particolarmente interessante, in quanto, è stata osservata una riduzione dei fenomeni ossidativi a carico del grasso presente nella carne fresca, con conseguente aumento della *shelf-life*. Questo effetto è legato al trasferimento nella fibra muscolare dell'idrossitiroso contenuto nelle sansa.

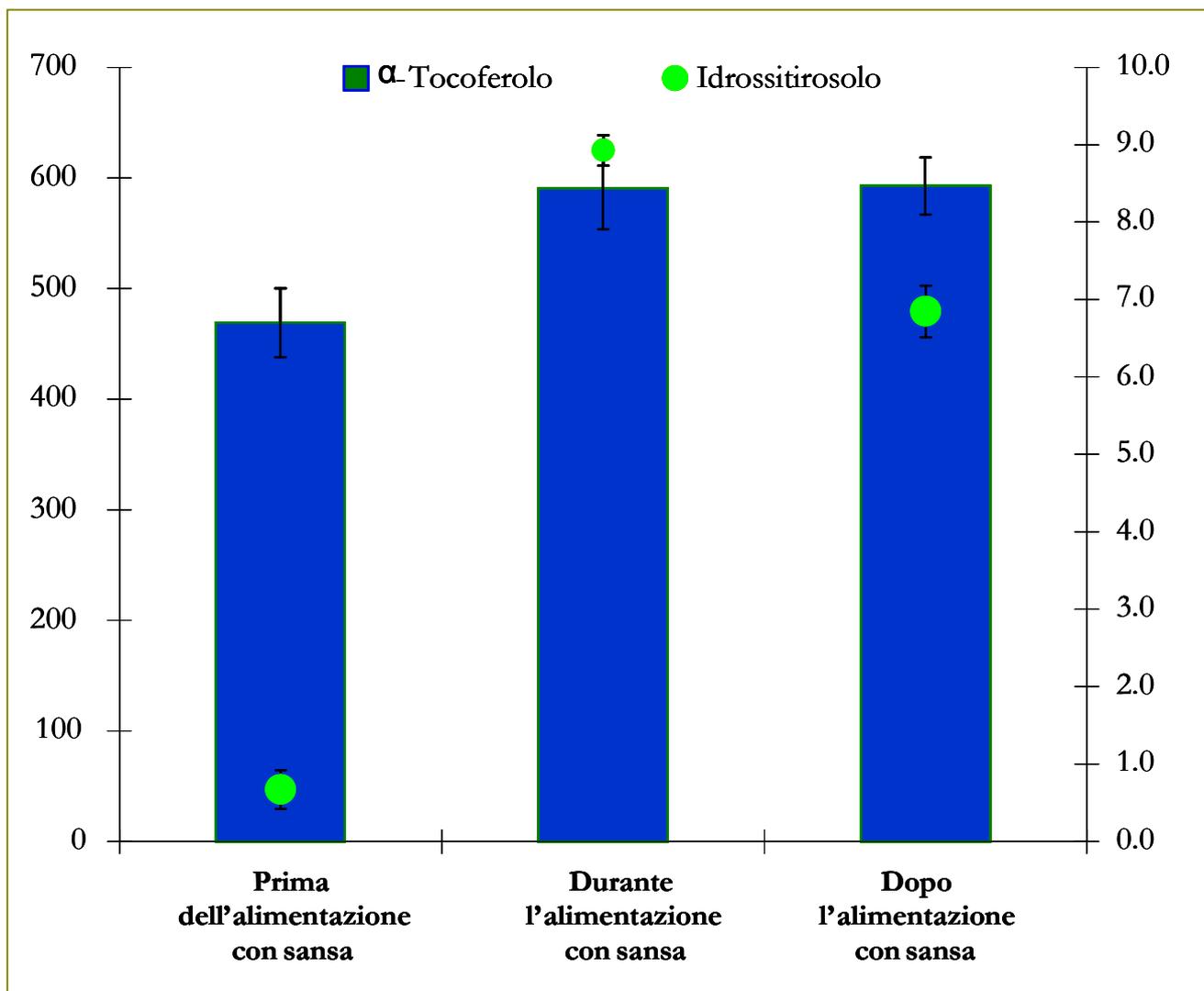


Figura 4. Variabilità del contenuto in  $\alpha$ -tocoferolo (asse sinistro) ed in idrossitirosolo (asse destro) ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) del latte vaccino in funzione del trattamento alimentare. I risultati sono la media dei dati delle analisi condotte su tutti i campioni raccolti durante i tre periodi  $\pm$  la deviazione standard.

La concentrazione di idrossitirosolo riscontrati nel muscolo (pari a poche decine di  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) non fanno percepire al consumatore l'eventuale nota di amaro che tali molecole potrebbero conferire al prodotto.

In base ai risultati ottenuti la sansa vergine denocciolata non può essere più considerata uno scarto da smaltire ma bensì un valido prodotto secondario da utilizzare vantaggiosamente nell'alimentazione zootecnica.

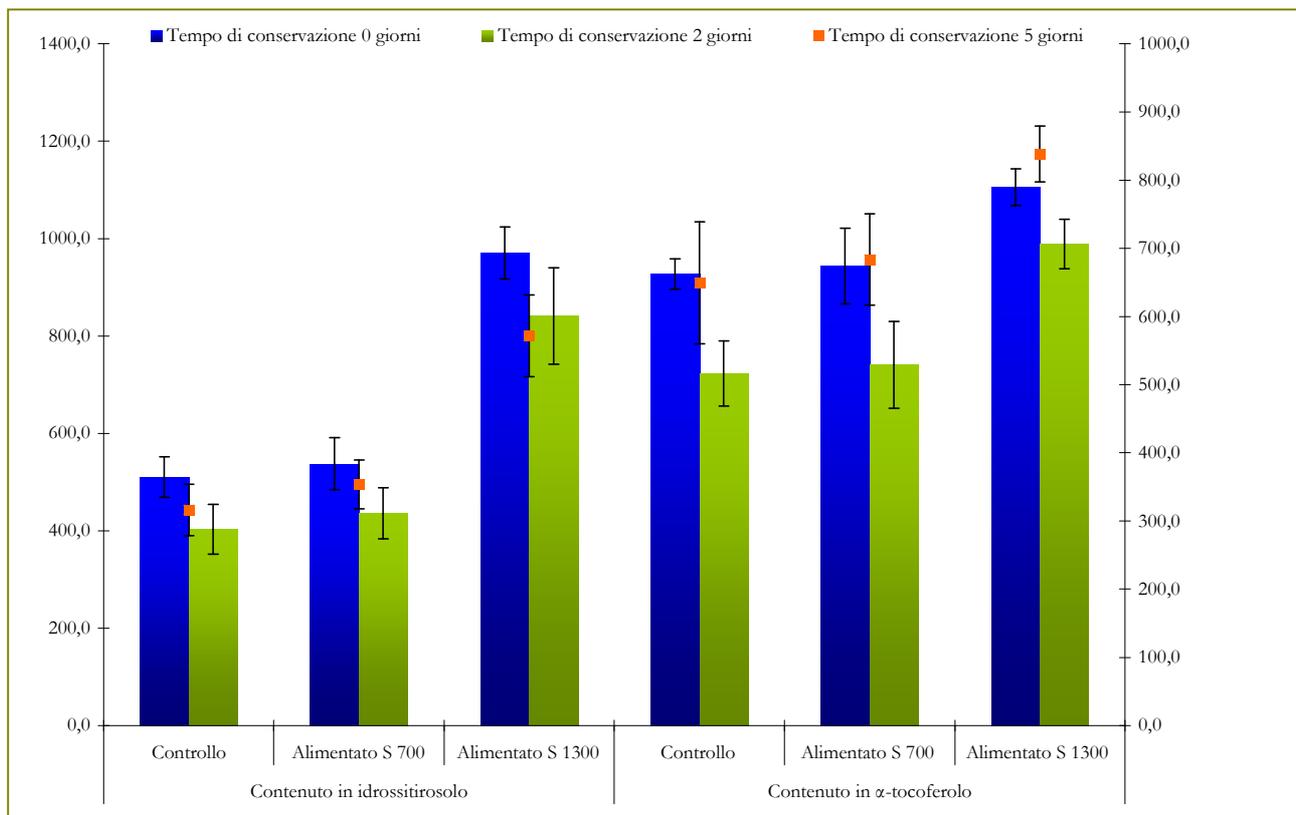


Figura 5. Contenuto in idrossitiroso ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) (asse sinistr) e  $\alpha$ -tocoferolo ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) (asse destro) della carne di chianina prima e dopo conservazione\* (dati non pubblicati). Controllo (C) 1300 g/capo/d Mix amilaceo, Alimentato (S700) 700g/capo/d Mix sansa + fieno di medica essiccato integrato con 700 g/capo/d Mix amilaceo, Alimentato (S1300) 1300 g/capo/d Mix sansa + fieno di medica essiccato.

\*I risultati sono espressi come la media di sei diversi prelievi  $\pm$  la deviazione standard., l'estrazione dell'  $\alpha$ - tocoferolo è stata eseguita secondo quanto riportato da Mestre Prates et al., 2006.

## 5. Caratteristiche fisico-chimiche delle Acque di vegetazione

Le A.V. sono costituite dal liquido separato per centrifugazione dal mosto oleoso (40-50% del peso delle olive lavorate), dalle acque utilizzate per il lavaggio delle olive e degli impianti (10-15% del peso delle olive lavorate) e dalle acque di diluizione delle paste, eventualmente usate negli impianti continui per agevolare l'estrazione dell'olio (40-60% del peso delle olive lavorate). Il quantitativo complessivo di A.V. prodotte ogni 100 kg di olive è quindi di kg 45-60 per il sistema di estrazione discontinuo a pressione e di kg 1-2, 75-125 e 30-45 rispettivamente nei sistemi di estrazione continui a due fasi, a tre fasi e a tre fasi a riciclo di acqua. In Italia, nel corso della stagione molitoria (che ha una durata intorno a

100 giorni), i frantoi presenti sul territorio nazionale producono complessivamente circa 2,8 milioni di  $\text{m}^3$  di A.V.

Le caratteristiche chimico-fisiche delle A.V. dipendono dalle condizioni pedoclimatiche dell'area di coltivazione, dalla varietà, dallo stato di maturazione delle olive e, soprattutto, dal sistema di lavorazione adottato. Le A.V. contengono composti organici e inorganici di origine naturale, mentre non contengono sostanze chimiche di sintesi o additivi, poiché derivano da un processo di estrazione esclusivamente meccanico, né sostanze tossiche o microrganismi patogeni, come invece può verificarsi per i liquami urbani; tuttavia, sono caratterizzate da un'elevata carica inquinante a causa sia dell'alto contenuto in sali, in sostanza

organica e in composti fenolici, sia dell'elevata acidità. Le sostanze fenoliche contenute nelle A.V. appartengono a diverse classi di composti, quali: acidi fenolici e flavonoidi, ma i composti fenolici presenti in maggiore concentrazione sono i secoiridoidi. Tra questi vanno annoverati il *p*-HPEA (*p*-idrossifeniletanolo o tirosolo), il 3,4-DHPEA (3,4-diidrossifeniletanolo, o idrossitirosolo), il *p*-HPEA-EDA e il 3,4-

DHPEA-EDA (forma dialdeidica dell'acido elenolico legato al tirosolo e all'idrossitirosolo, rispettivamente), oltre al verbascoside (Figura 6). Come illustrato in Figura 7, circa il 50% dell'intera concentrazione fenolica del frutto si trasferisce nelle A.V. nel corso del processo di estrazione meccanica dell'olio.

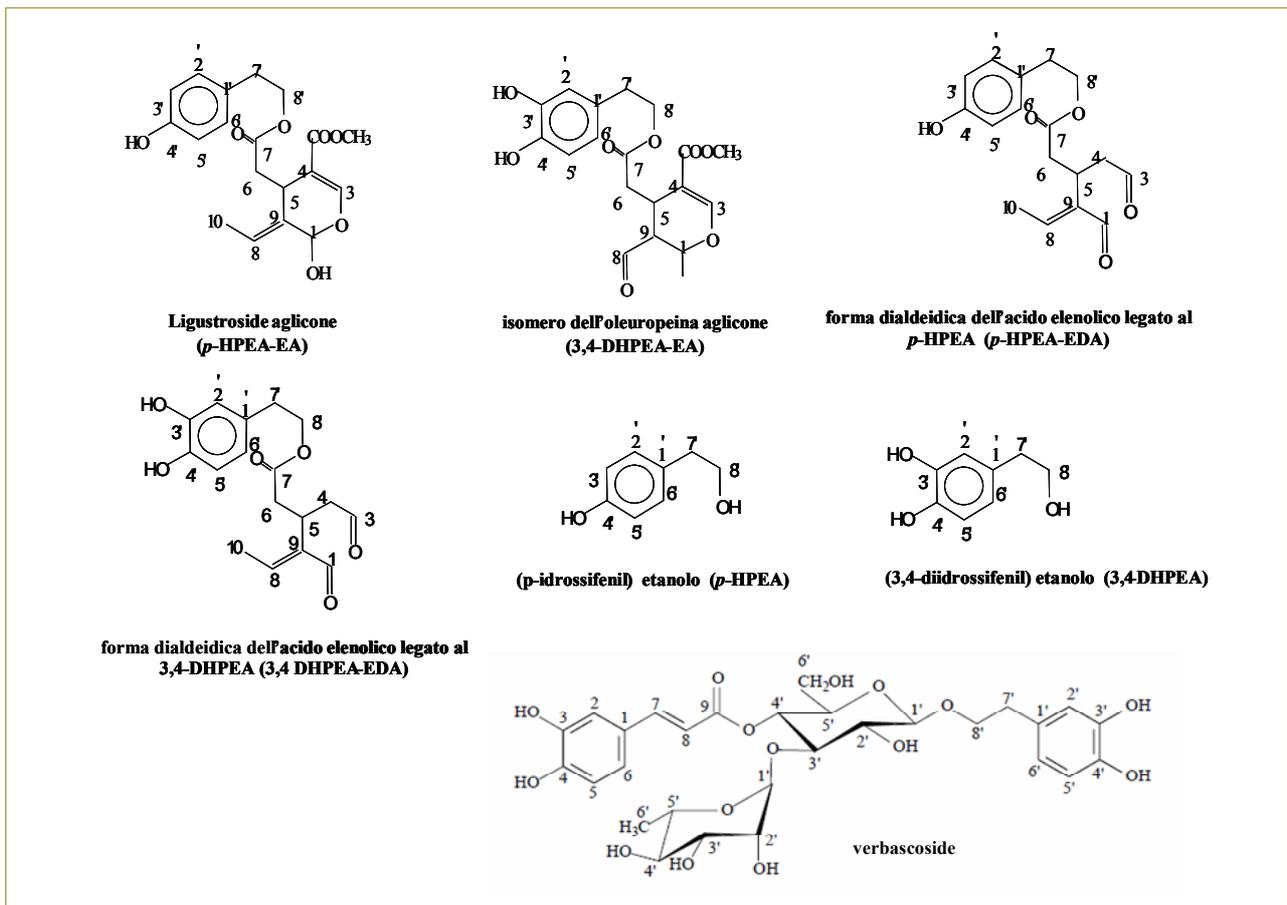


Figura 6. Struttura chimica dei composti fenolici trovati nelle A.V. (Servili et al., 2009).

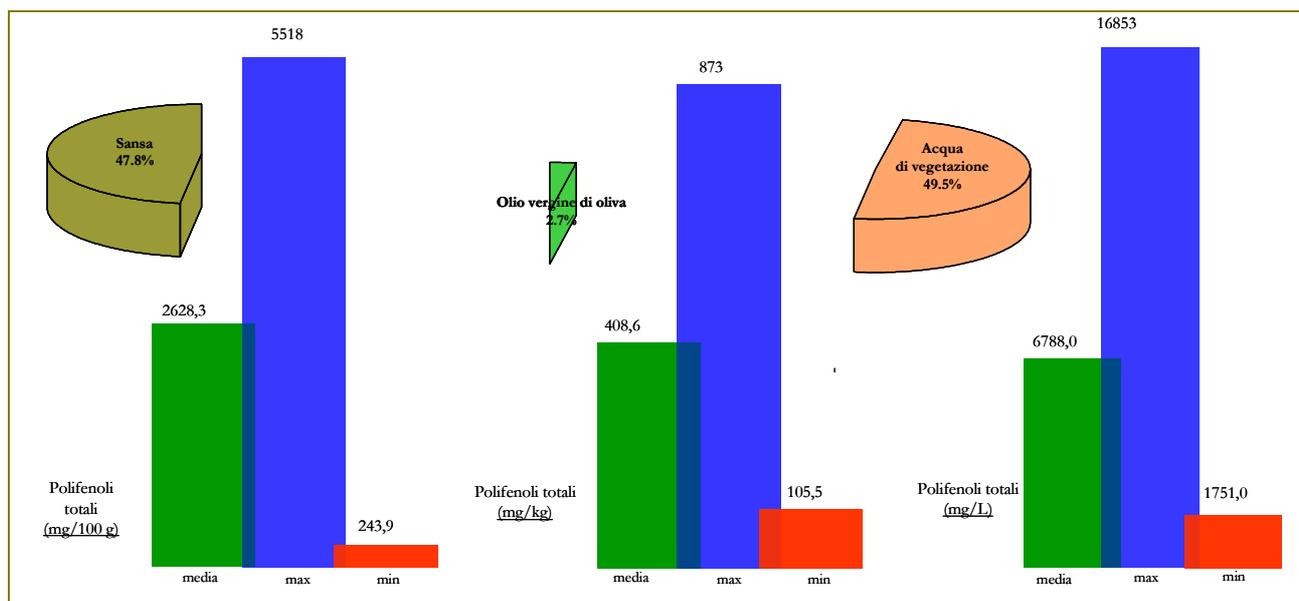


Figura 7. Distribuzione percentuale e valori assoluti medi, minimi e massimi dei composti fenolici espressi come fenoli totali nell'olio vergine di oliva e nei suoi prodotti secondari estratti mediante sistema per centrifugazione a ridotto consumo di acqua.

## 5.1. Utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione (A.V.)

Il marcato potere inquinante delle A.V. è determinato dalla sua scarsa biodegradabilità, causata dalle proprietà antimicrobiche di natura batterostatica legate all'elevato contenuto in fenoli. Tale carattere è espresso come domanda biochimica di ossigeno (BOD5), che ha un intervallo di variabilità compreso tra 35- 110 g/L, mentre la domanda chimica di ossigeno (COD) varia da 40 a 196 g/l (Niaounakis e Halvadakis, 2004).

Per tali motivi, la legge n° 319/76 (legge Merli) e successive, concernenti le norme sugli scarichi di qualsiasi provenienza per la tutela delle acque dall'inquinamento, hanno vietato lo scarico dei reflui in corsi d'acqua o nelle fognature urbane, se non dopo adeguata depurazione. Per ridurre il potenziale inquinante dei reflui sono stati proposti diversi sistemi di depurazione (incenerimento, ultrafiltrazione, concentrazione, ecc.), che però non sono in grado di ridurre il tasso inquinante ai livelli fissati dalle norme di legge a costi economicamente accessibili per la

maggior parte dei frantoi, che sono per lo più di piccole dimensioni, e che, comunque, producono fanghi di difficile smaltimento. Gli elevati consumi energetici dei diversi sistemi, inoltre, costituirebbero di fatto una causa di inquinamento. Anche il lagunaggio, pur non richiedendo grossi investimenti, è difficilmente praticabile poiché è ad attività molto lenta e può produrre cattivi odori che diffondono su ampie superfici.

### 5.1.1. Fertirrigazione

Da diversi anni, gran parte dei frantoi risolvono il problema dello smaltimento delle A.V. mediante spargimento sul terreno (fertirrigazione), seguendo le prescrizioni legislative regionali, emanate sulla base della normativa nazionale, che riconosce alle A.V. proprietà fertilizzanti. Le A.V., in effetti, in base all'Art. 74 comma p Dlgs 152/2006, possono essere considerate ammendanti vegetali liquidi di origine naturale e il loro impiego agronomico è regolamentato dalla Legge 11 novembre 1996, n. 574, recante norme in materia di utilizzazione agronomica delle A.V.

---

e di scarichi dei frantoi oleari, e dal Decreto Ministeriale del 6 luglio 2005, che stabilisce i criteri e le norme tecniche generali per l'utilizzazione agronomica delle A.V. e delle sanse umide.

Tale legge non prevede alcun intervento preventivo rispetto all'utilizzazione agronomica delle A.V. e delle sanse.

Le proprietà più importanti delle A.V. dal punto di vista agronomico sono il pH acido, la presenza di azoto in forma quasi esclusivamente organica, la ricchezza, seppure con forti oscillazioni, in potassio e in fenoli, e la presenza di lieviti, funghi e soprattutto batteri, cellulolitici in particolare, mentre sono assenti i nitrificanti. Le sostanze fenoliche sono caratterizzate da un'azione antimicrobica e fitotossica e da una limitata biodegradabilità. L'importanza dei fenoli nel terreno non è dovuta alla loro azione tossica diretta sulle piante, anche se esplicano una azione erbicida, quanto alla loro azione antiossidante e batteriostatica, che può influenzare i cicli ossidativi dei nutrienti organici e minerali presenti nel terreno, quali le ossidazioni a nitriti e nitrati dei composti ammoniacali. In relazione ai potenziali inconvenienti a seguito dello spandimento, legati soprattutto all'elevato contenuto in sali e sostanza organica, e in particolare a sostanze fenoliche e grasse, e all'acidità, va considerato che il terreno trattiene come un filtro le sostanze in sospensione, l'argilla, l'humus e i colloidali organici di neoformazione fissano i sali minerali (si formano carbonati, solfati, umati di calcio, idrossidi di ferro e di alluminio, ecc.), i microrganismi, oltre a organizzare molti ioni, favoriscono la rapida decomposizione dei costituenti organici, compresi i lipidi e i fenoli; la degradazione dei fenoli è accentuata dall'esposizione alla luce e all'aria e dopo 1-4 mesi i livelli nel terreno tornano alla normalità. In ogni caso, le sostanze fenoliche normalmente sono trattenute dai colloidali e anche con abbondanti piogge non si verificano infiltrazioni verticali sino a coinvolgere

la falda idrica; solo in terreni particolarmente sciolti e in caso di stagione molto piovosa possono traslocare negli strati più profondi.

#### 5.1.2. Benefici dello spandimento delle A.V.

Dalla letteratura disponibile emerge che, in genere, le A.V. non provocano danni al terreno e alle colture e, anzi, frequentemente comportano effetti positivi. Negli oliveti, ad esempio, non sono stati osservati fenomeni di tossicità né effetti sulla qualità del prodotto, mentre è stata rilevata un'intensificazione dell'attività vegeto-produttiva (Proietti *et al.* 1995).

Lo spandimento delle A.V. modifica dopo qualche settimana alcune caratteristiche fisiche del suolo quali la porosità, la stabilità degli aggregati, la ritenzione e i movimenti dell'acqua. In effetti, la somministrazione delle A.V., a causa dell'azione di idrorepellenza propria delle particelle grasse adsorbite negli strati superficiali del terreno, inizialmente può diminuire l'infiltrazione dell'acqua (a causa della temporanea riduzione della porosità negli strati superficiali), ma tale azione si attenua in breve tempo con la decomposizione di queste sostanze e successivamente la porosità migliora rispetto a quella originaria, con conseguente miglioramento delle dinamiche dell'aria e dell'acqua nel terreno e riduzione della formazione della crosta superficiale la quale, riducendo l'infiltrazione dell'acqua, nei terreni in pendenza è una delle cause dei fenomeni erosivi, mentre in quelli in pianura determina problemi di ristagno.

Anche la stabilità degli aggregati, cioè dei glomeruli formati da particelle di suolo cementate dall'humus e dalle argille, dalla quale dipendono le buone condizioni di aerazione al terreno e di sgrondo delle acque in eccesso, aumenta significativamente qualche settimana dopo la somministrazione delle A.V. Ciò è dovuto all'azione cementante delle sostanze originate dalla decomposizione della frazione organica delle A.V.

---

La ritenzione idrica, cioè la capacità del terreno di trattenere una certa quantità di acqua che poi è resa disponibile per le piante, aumenta qualche settimana dopo la somministrazione delle A.V. Ciò è attribuibile all'arricchimento in sostanza organica e all'aumento della porosità del terreno.

In relazione alle caratteristiche chimiche del terreno, lo spargimento delle A.V., che hanno un pH intorno a 5,5 e 5, rispettivamente in reflui derivanti da impianti di estrazione continui e discontinui, provoca leggere e temporanee modificazioni del pH del suolo che, però, dopo pochi mesi dalla somministrazione ritorna a livelli normali o a valori leggermente superiori.

Riguardo all'effetto delle A.V. sulla fertilità chimica del terreno agrario, la ricchezza delle A.V. in potassio (circa 0,2 e 0,7%, in reflui derivanti, rispettivamente, da impianti di estrazione continui e discontinui), sostanze azotate (circa 0,3 e 1,8%), fosforo (circa 0,05 e 0,20%), magnesio (circa 0,02 e 0,08%) e sostanza organica (circa 5,3 e 13%), può migliorare la fertilità del suolo. In effetti, i risultati di varie sperimentazioni indicano che il fosforo assimilabile e il potassio scambiabile aumentano nei suoli trattati. È anche evidente l'effetto di immobilizzazione dell'azoto. Il Dott. Luciano Di Giovacchino ha stimato che spargendo su un ettaro di terreno un volume di 80 m<sup>3</sup> di A.V. ottenute da un impianto continuo di centrifugazione a 3 fasi, l'apporto di sostanza organica e nutrienti al suolo ammonta, approssimativamente, a 6.000 kg di sostanza organica secca, a 60 kg di azoto, a 40 kg di fosforo e a 250 kg potassio. Di conseguenza, l'utilizzo delle A.V. può eliminare la concimazione fosfo-potassica e dimezzare quella azotata. Le A.V. contengono anche metalli pesanti, per lo più cadmio, zinco e manganese, ma essendo questi presenti in concentrazioni molto basse non destano preoccupazioni.

In alcuni contesti, fra i benefici effetti conseguenti alla smaltimento delle A.V. su terreno agrario, va inserito anche l'apporto di

acqua, nonostante le quantità siano relativamente modeste e la distribuzione dei reflui avvenga in periodi solitamente non soggetti a carenze idriche.

Con l'impiego di elevate dosi di A.V. in colture arboree, è stato anche riscontrato un effetto positivo sul controllo delle infestanti per un'azione erbicida nei mesi successivi alla distribuzione.

Lo spargimento sul terreno agrario delle A.V. non provoca sostanziali fenomeni di tossicità biologica. In effetti, è stata riscontrata una leggera diminuzione iniziale della microflora totale, seguita da una successiva crescita che raggiunge e supera, dopo una - due settimane, i valori iniziali con un arricchimento in batteri azotofissatori che sono molto importanti per la fertilità del terreno. Le modificazioni, comunque, sono transitorie. Seppure non esistano chiare evidenze sperimentali, lo spargimento delle A.V., infine, sembra avere un positivo effetto inibente su alcuni patogeni del suolo.

### 5.1.3. Modalità di spandimento

Affinché lo spargimento delle A.V. possa dar luogo ai benefici descritti, senza però causare effetti indesiderati collaterali, è necessario attenersi alle corrette tecniche di impiego, come peraltro imposto dalle specifiche normative. In base a queste, l'utilizzazione agronomica delle A.V. (come anche delle sanse) è consentita in osservanza del limite di accettabilità di 50 m<sup>3</sup> per ettaro nel periodo di un anno per le A.V. provenienti dai frantoi a ciclo discontinuo (sistema a pressione) e di 80 m<sup>3</sup> per ettaro per quelle dei frantoi a ciclo continuo (sistema a centrifugazione delle paste). Il produttore delle A.V. (e delle sanse) deve inoltrare annualmente al Sindaco del Comune dove si trovano i terreni agricoli per lo spargimento, almeno 30 giorni prima dell'inizio della distribuzione, una comunicazione comprendente una relazione tecnica (in base agli appositi modelli allegati al DM 6/07/2005). Quest'ultima deve essere

---

redatta da un agronomo o perito agrario, agrotecnico o geologo, e deve contenere informazioni sull'assetto pedogeomorfologico, sulle condizioni idrologiche e sulle altre caratteristiche dell'ambiente ricevitore, con relativa mappatura, sui tempi di spandimento previsti, nonché sui mezzi meccanici impiegati per garantire un'adeguata distribuzione.

Per stabilire i volumi da somministrare occorre tener conto della conducibilità idrica del terreno: se questa è bassa (<5 mm per ora) è necessario adottare bassi volumi di somministrazione per evitare che, a seconda della giacitura dell'area oggetto di somministrazione, possano verificarsi fenomeni di ruscellamento superficiale (favoriti nell'immediato anche dall'iniziale diminuzione di infiltrazione causata dall'idrorepellenza della componente grassa dei reflui) con rischi di inquinamento delle acque di superficie in terreni in pendenza oppure fenomeni di ristagno idrico in pianura. I volumi da somministrare devono essere ridotti anche per i terreni con alta conducibilità idrica (>150 mm per ora) poiché l'eccessiva percolazione della frazione organica può causare l'inquinamento della falda.

In relazione all'epoca di spandimento delle A.V., occorre rispettare le normative regionali. Sulla base dei risultati di numerose sperimentazioni, si può affermare che su colture primaverili-estive (in particolare mais e girasole) deve avvenire su terreno nudo 2-3 mesi prima della semina, poiché è stato rilevato un effetto antigerminello quando il periodo intercorrente fra la distribuzione e la semina è inferiore a 40 giorni; su cereali autunno-vernini (frumento e orzo) lo spandimento potrebbe essere fatto anche con le colture in atto, ma solo in fase di accostamento e preferibilmente senza superare le dosi di 40 m<sup>3</sup> per ettaro per anno; su colture arboree (in particolare olivo) non ci sono indicazioni particolari e l'ostacolo maggiore è rappresentato dalle eventuali pendenze che possono causare problemi di erosione, ruscellamento o accessibilità.

Lo spargimento deve essere realizzato assicurando un'omogenea distribuzione dei reflui, ad esempio mediante una macchina spandi-liquame appositamente modificata in modo da assicurare un apporto idrico omogeneo su tutta la superficie interessata. Considerando il volume di carico di una macchina spandi-liquame (circa 5-6 m<sup>3</sup>), si può affermare che occorre una giornata di lavoro per lo spargimento di 80 m<sup>3</sup> di A.V. su un ettaro di terreno. Ciò, ovviamente, rappresenta un costo non trascurabile, seppure compensato dal valore fertilizzante delle A.V. Per semplificare la distribuzione dei reflui in seminativi è stato sperimentato con successo anche un impianto irriguo automatizzato, collegante direttamente il frantoio alle aree di smaltimento, costituito da una vasca di stoccaggio dei reflui, un'elettropompa ad attivazione automatica in funzione del livello dei reflui nella vasca e una macchina irrigatrice semovente.

Lo spargimento, in base alle normative, non può essere attuato in terreni non adibiti a usi agricoli o posti a distanza inferiore a 10 metri dai corsi d'acqua o dall'inizio dell'arenile o situati a distanza inferiore a 200 metri dai centri abitati o di 300 metri dalle aree di salvaguardia della captazione di acque per il consumo umano o con colture orticole in atto o in cui siano localizzate falde a meno di 10 metri di profondità o gelati, innevati, saturi d'acqua o inondati o con pendenza superiore al 15% e privi di sistemazione idraulica agraria (tale limite, in base ad alcune normative regionali, è elevato al 25% in presenza di suoli inerbati o di sistemazioni idraulico-agrarie o nel caso in cui si utilizzino mezzi che contemporaneamente distribuiscono ed interrano le A.V.); sono inoltre esclusi dallo spargimento i boschi, i giardini e le aree di uso pubblico e di casa. Le specifiche normative regionali, alle quali ovviamente è necessario fare riferimento, possono escludere ulteriori tipologie di terreni o definire diverse distanze, tenendo anche conto del sistema di distribuzione (ad esempio con

---

dispersione aerea in pressione piuttosto che con sistemi localizzati).

La somministrazione delle A.V. non andrebbe effettuata neanche in terreni con elevati livelli di salinità, in quanto l'elevato contenuto in sali delle A.V. può, seppure transitoriamente, incrementare ulteriormente la salinità del suolo e di conseguenza provocare una diminuzione della stabilità degli aggregati. In terreni normali, rispettando le dosi previste dalla legge 574/1996, i reflui hanno limitati effetti sulla salinità del suolo.

#### 5.1.4. Modalità di stoccaggio

Per quanto riguarda lo stoccaggio delle A.V. (come anche delle sanse), in base al Decreto Ministeriale del 6 luglio 2005, è vietata la miscelazione con altri effluenti o con i rifiuti di cui al D.Lgs n. 152/06. Lo stoccaggio, che richiede la preventiva comunicazione e che va attuato in vasche adeguatamente impermeabilizzate secondo norme (dimensionamento, forma, franco di sicurezza, materiali, copertura, ecc.) stabilite a livello regionale, consente di evitare gli spargimenti in concomitanza di periodi piovosi e terreni saturi d'acqua, al fine di tutelare i corpi idrici superficiali e sotterranei. I contenitori di stoccaggio devono avere quindi capacità sufficiente a contenere le A.V. nei periodi in cui l'impiego agricolo è impedito per motivazioni agronomiche o climatiche o da disposizioni normative. Durante lo stoccaggio la concentrazione di alcuni composti organici fermentescibili diminuisce, il pH aumenta e la quantità di solidi sospesi, che in parte sedimenta, si riduce.

L'eventuale trasporto delle A.V. (come anche delle sanse umide) deve avvenire in contenitori chiusi e tramite mezzi idonei, onde evitare fuoriuscite e inconvenienti igienicosanitari, e deve essere accompagnato da specifica documentazione (quantità, destinatario, ecc...).

Le Regioni applicano sanzioni secondo la gravità delle violazioni delle norme. Il Sindaco, sulla base dei risultati di controlli, può impartire specifiche

prescrizioni, inclusa la riduzione dei limiti di accettabilità.

#### 5.1.5. Compostaggio delle A.V. insieme a matrici solide

Una prospettiva interessante per potenziare i benefici effetti delle A.V. prima illustrati è il compostaggio, ossia il processo naturale di trasformazione biologica della matrice organica che produce un materiale stabilizzato, mineralizzato, ricco di elementi minerali, igienizzato e fitocompatibile. In effetti, la componente organica delle A.V. è essenzialmente non umificata, mentre dal punto di vista agronomico la forma più efficiente della sostanza organica è quella umificata. Tenendo conto del loro stato liquido, le A.V. per essere compostate devono essere aggiunte nel tempo a un substrato solido ricco di composti cellulose e con adeguato rapporto C/N (25/30). Alcune sperimentazioni hanno dimostrato che l'imbibizione delle A.V. su matrici solide ad alto potere adsorbente (sansa vergine, paglia, cippato, ecc., eventualmente con aggiunta di urea per garantire un adeguato rapporto C/N), dotate di adeguate caratteristiche di porosità, composizione e dimensione delle particelle, consente di mineralizzare e umificare il substrato con conseguente formazione di un prodotto finale stabile e privo di effetti fitotossici.

#### 5.1.6. Conclusioni sull'impiego agronomico delle A.V.

In definitiva, le sperimentazioni effettuate sullo spandimento delle A.V., che in genere non hanno evidenziato rischi reali di degradazioni irreversibili nel terreno né effetti di tossicità nelle colture, salvo nel caso di dosi eccessive e fuori legge, portano a considerare le A.V. come fertilizzanti a lento effetto. Di conseguenza, lo spargimento controllato delle A.V. sul terreno agrario è una tecnica di grande interesse, in quanto consente di apportare al terreno le

---

sostanze fertilizzanti, permettendo di ridurre l'impiego di fertilizzanti chimici di sintesi, e di evitare la depurazione delle A.V. che, oltre a distruggere sostanze utili, comporta un consumo di energia.

## 6. Nuovi approcci per la valorizzazione delle A.V.

I nuovi approcci nella gestione delle A.V., sono focalizzati sulla valorizzazione del sottoprodotto attraverso impieghi atti a ridurre l'impatto ambientale ed a garantire un uso sostenibile delle risorse stesse. Nel corso degli ultimi anni, sono state proposte soluzioni per il trattamento delle A.V. che sono orientate ad ottenere prodotti ad elevato valore aggiunto, come carboni attivi da reflui agroindustriali ed il recupero di composti organici quali antiossidanti naturali o enzimi. Si ribadisce che i residui della trasformazione delle olive possono e devono essere riutilizzati come una fonte di energia, di nutrienti e di molecole bioattive e non devono più essere semplicemente smaltiti come rifiuti (Crognale et al., 2006; Federici et al., 2009).

Recenti ricerche hanno riguardato la possibilità di utilizzare le A.V. come substrato di crescita, a basso costo, per i microrganismi, capaci di tollerare la tossicità delle A.V., per produrre sostanze ad elevato valore aggiunto, come gli enzimi, creando un potenziale mercato ed un interesse industriale (per esempio, nella produzione di detersivi, nell'industria alimentare, cosmetica, zootecnica e ambientale). Le A.V. contengono, infatti, varie componenti che possono rappresentare dei potenziali induttori per la biosintesi microbica di enzimi (Petruccioli et al., 2009). A tale riguardo, le A.V. sono state utilizzate per la produzione di enzimi che catalizzano l'ossidazione dei composti fenolici (laccasi e Mn-perossidasi) i quali possono trovare applicazione in diversi settori, quali l'alimentare, il tessile e l'ambientale. La produzione è stata studiata sia in coltura liquida sia in stato solido con tre tipologie di bioreattore,

reattore ad agitazione meccanica e ad agitazione pneumatica (air-lift) nel primo caso e a tamburo ruotante nel caso delle colture in stato solido (Fenice et al., 2003).

In precedenza anche Montedoro e collaboratori nel 1993, hanno proposto l'utilizzo delle A.V. come substrato per lo sviluppo di microrganismi. A tale riguardo, il lievito *Cryptococcus albidus* var. *albidus* ceppo IMAT 4735, è stato selezionato per valutare la sua capacità di crescita sulle A.V. in coltura agitata in grado di garantire, oltre alla diminuzione del BOD<sub>5</sub>, l'ottenimento di enzimi ad attività pectolitica da utilizzare nell'industria alimentare. Al fine di incrementare, da parte del lievito, la produzione enzimatica, le A.V. sono preventivamente trattate con agenti chiarificanti e addizionate di fonti pectiche a basso costo (sfarinato da calatide di girasole). Gli enzimi pectolitici sono recuperati a fine processo dal brodo di fermentazione attraverso un trattamento di ultrafiltrazione e, successivamente impiegati come coadiuvanti nell'estrazione meccanica dell'olio vergine d'oliva. I risultati ottenuti hanno mostrato aumenti significativi delle rese di estrazione dell'olio, anche rispetto ad un altro preparato enzimatico presente in commercio. È stato osservato, inoltre, un miglioramento qualitativo del prodotto finale sia in termini di caratteristiche organolettiche, aumento del contenuto in composti fenolici, e nutrizionali dell'olio, diminuzione dell'acidità libera. La Figura 8 riassume schematicamente il flow chart del processo multifase, messo a punto per il riutilizzo delle A.V., di cui è stato studiato anche il trasferimento di scala a livello di impianto pilota (Federici et al., 1991).

Dalle A.V. per via fermentativa è possibile, inoltre, ottenere dei biopolimeri, che sono un altro gruppo di bioprodotto di interesse industriale (Crognale et al., 2006; Morillo et al., 2009).

È stata messa a punto una metodica per produrre xantano attraverso il batterio *Xanthomonas campestris* coltivato su un terreno a base di A.V. diluita (Lopez et al., 2001).

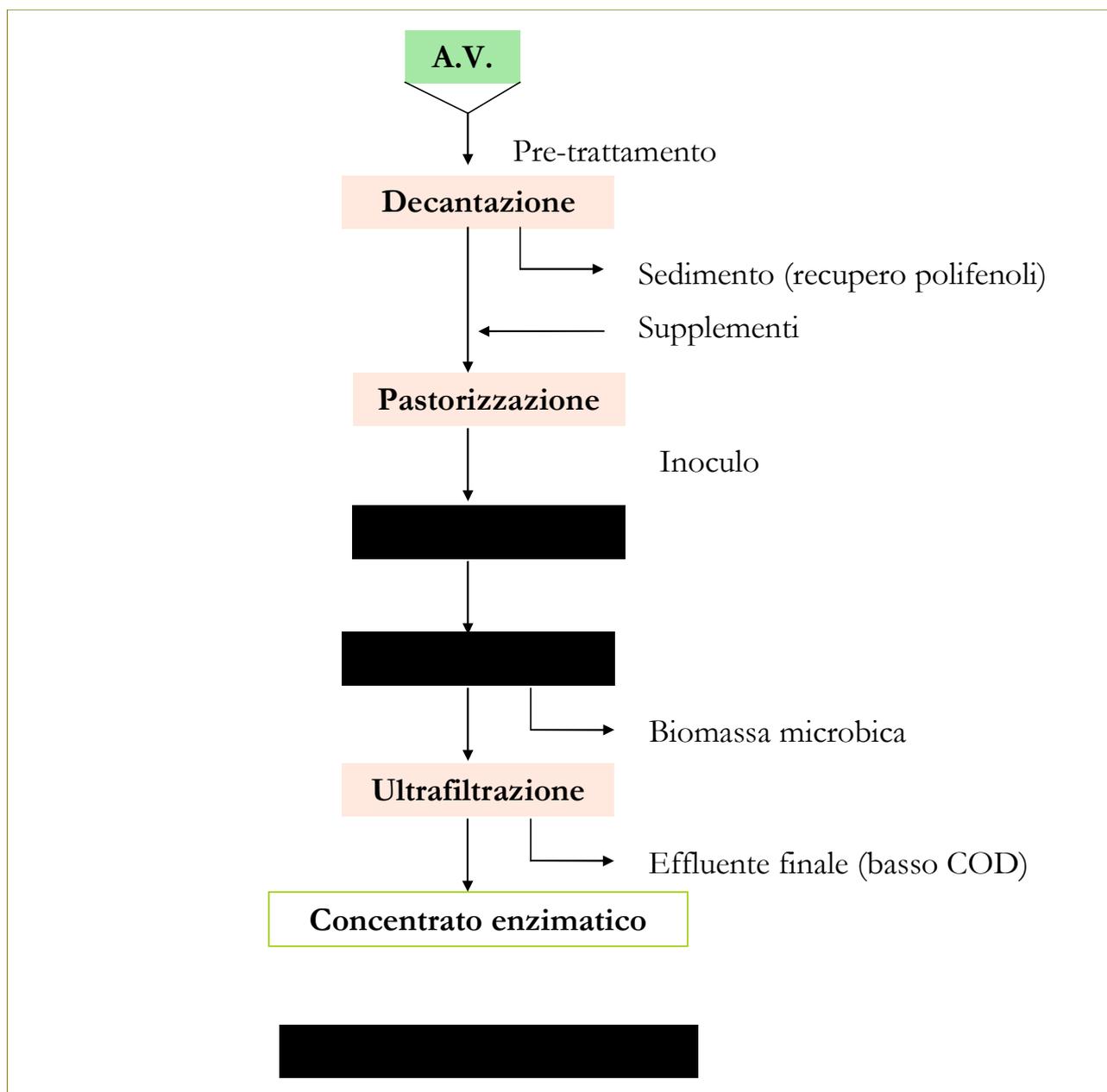


Figura 8. Diagramma riassuntivo del processo multifase finalizzato al riutilizzo delle A.V. (Montedoro et al., 1993).

Questo biopolimero esocellulare, grazie alle sue proprietà gelificanti, ha trovato un ampio campo di applicazione sia nell'industria alimentare sia in quella farmaceutica, cosmetica e tessile.

Un altro interessante esempio è la produzione di  $\beta$ -glucani a partire da *Botryosphaeria rhodina*, che è in grado di crescere anche su A.V. particolarmente cariche (COD fino a 180 g/L),

accumulando fino a oltre 16 g/L di polisaccaridi (Crognale et al., 2003). Sembra avere grandi potenzialità applicative anche la produzione in condizioni anaerobiche di poli-idrossialcanoati, che potrebbero servire ad ottenere materie plastiche biodegradabili (Dionisi et al., 2005).

Le A.V., infine, possono essere utilizzate per la produzione di lipasi per via fermentativa. Le lipasi

microbiche, infatti, costituiscono un importante gruppo di enzimi con diversi campi di applicazione sia industriale sia nella moderna biotecnologia. Rispetto ai tradizionali catalizzatori chimici queste lipasi hanno il vantaggio di avere ampia versatilità catalitica e specificità di substrato. Inoltre, operano in condizioni di reazione più blande e sono molto stabili in solventi organici. Tutte queste importanti caratteristiche favoriscono l'utilizzo di questi enzimi lipolitici in molti settori quali l'industria alimentare, farmaceutica, chimica, agrochimica e oleochimica, dei detergenti, dei cosmetici, dei profumi, dei tessili, della carta e della pelle; inoltre gli enzimi lipolitici hanno numerose applicazioni biomediche, come biosensori, nonché per la produzione di biodiesel, per la produzione di biopolimeri e per il trattamento di reflui industriali.

L'olio residuo presente nel refluo può agire da induttore di questo gruppo di attività enzimatiche. Recentemente, è stata messa a punto da Brozzoli et al. (2009) la produzione di lipasi da *Candida cylindracea* NRRL cresciuto su A.V., ottenendo 21,6 Unità/ml, con produttività non lontane da quelle ottenute con ceppi industriali di *Candida rugosa* su terreni colturali definiti.

In Tabella 9 si riportano alcuni esempi di valorizzazione per via microbica delle A.V.

#### 6.1. Utilizzo delle acque di vegetazione come fonte di molecole bioattive

Negli ultimi anni sono state proposte soluzioni alternative per l'uso delle A.V. finalizzate a sfruttare il loro alto contenuto in composti fenolici. La valorizzazione delle A.V. mediante il loro impiego per l'ottenimento di prodotti a medio o alto valore aggiunto attraverso processi fisico-chimici o fermentativi, riveste notevole interesse scientifico (Roig et al., 2006).

In merito a tale argomento, molti sono stati gli approcci mirati a ridurre il carico inquinante delle A.V. ed allo stesso tempo di recuperare la frazione fenolica (Turano et al., 2002; Kujawski et al., 2004; Roig et al., 2006; Agalias et al., 2007; Paraskeva et al., 2007; Russo, 2007; Khoufi et al., 2008; Gortzi et al., 2008) Sebbene ci siano notevoli limiti all'applicabilità dei sistemi adottati su scala industriale, data la complessità di tali processi che richiedono un pre-trattamento delle acque ed onerosi costi di installazione e gestione degli impianti di trattamento. Fra questi sistemi, è stato messo a punto un sistema di filtrazione su membrane che permette di produrre un concentrato fenolico (ottenuto previo trattamento enzimatico con enzimi depolimerizzanti delle stesse A.V.),

Tabella 9. Esempi di processi microbici finalizzati alla valorizzazione della A.V. Si riporta il prodotto ottenuto, l'eventuale pretrattamento previsto e i microrganismi utilizzati allo scopo.

Prodotto	Pre-trattamento	Microrganismo usato
Lipasi	Nessuno	<i>Candida cylindracea</i>
Lipasi	Nessuno	<i>Geotrichum candidum</i>
Pectinasi	Parziale chiarificazione e defenolazione	<i>Cryptococcus albidus var. albidus</i>
$\beta$ -glucani	Nessuno	<i>Botryosphaeria rhodina</i>
Xantano	Diluizione delle A.V.	<i>Xanthomonas campestris</i>
Poli-idrossialcanoati	Nessuno	Microbiota tipica della digestione anaerobica
Chitosano	Nessuno	<i>Lentinula edodes</i>
Laccasi e Mn-perossidasi	Nessuno	<i>Panus tigrinus</i>

con una riduzione dei volumi compresa fra il 75 e l'80% di quelli originali ed una riduzione di più del 95% del COD iniziale.

## 6.2. Importanza dei composti fenolici nelle A.V.

L'olio vergine di oliva e i suoi sottoprodotti contengono diversi composti fenolici caratterizzati da riconosciute proprietà biologiche e salutistiche. Allo stato attuale delle conoscenze questi sono considerati essere i principali composti bioattivi del EVOO e dei sottoprodotti, uno degli alimenti caratterizzanti il modello alimentare della dieta mediterranea (López-Miranda et al., 2010; Bach-Faig et al., 2011; Cicerale et al., 2011), mostrando un'elevata attività antiossidante e svolgendo un importante ruolo nel rapporto tra il consumo di olio e la prevenzione di eventi cronico-degenerativi su base infiammatoria ed età-dipendenti, quali malattie cardio-cerebro-vascolari (EFSA, NDA, 2011) e tumori (Servili et al., 2009; Obied et al., 2012). L'utilizzo delle A.V. come fonte di molecole bioattive con caratteristiche funzionali simili a quelle degli oli, ha rappresentato negli ultimi anni, un target per i nuovi processi di valorizzazione dei prodotti secondari dell'estrazione meccanica degli oli vergini di oliva (Federici et al., 2009). La percentuale di antiossidanti contenuta nell'olio vergine di oliva si aggira intorno al 1% al 3% degli antiossidanti presenti nella drupa, mentre la restante parte si ripartisce nei sottoprodotti liquidi e solidi di estrazione in percentuali variabili in relazione al del sistema di estrazione usato (Rodis et al., 2002). La temperatura adottata durante il processo di estrazione e la polarità delle molecole influenza il rapporto di distribuzione degli antiossidanti nelle tre fasi (olio, acqua, solidi), come riportato in Tabella 10. (Rodis et al., 2002). Come detto in precedenza, circa il 50% dell'intero contenuto fenolico del frutto viene rilasciato nelle A.V. (la rimanente parte è contenuta nelle sanse vergini) (Figura 7).

Tabella 10. Coefficienti di ripartizione di alcune molecole fenoliche presenti nell'olio (Rodis et al., 2002).

Composti Fenolici	Coefficiente di ripartizione $K_p$
Oleuropeina	0.0006
3,4-DHPEA	0.0100
Acido protocatechico	0.0390
<i>p</i> -HPEA	0.0770
Acido caffeico	0.0890
3,4-DHPEA-EDA	0.1890
3,4-DHPEA-EA	1.4900

Le A.V. principalmente contengono i derivati dei secoiridoidi quali il *p*-HPEA (tirosolo), il 3,4-DHPEA (idrossitirosolo), i derivati agliconici dell'oleuropeina (3,4, DHPEA-EA), della demetiloleuropeina e del ligustroside (3,4-DHPEA-EDA e *p*-HPEA-EDA), oltre al verbascoside (Figura 1) il contenuto dei quali è fortemente dipendente dalla cultivar utilizzata per la produzione dell'olio.

Tali sostanze sono caratterizzate da importanti attività biologiche quali antiossidante, antinfiammatorie e in alcuni casi, antimicrobiche (Obied et al., 2005) (Tabella 11).

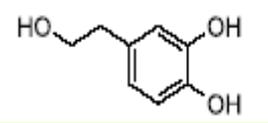
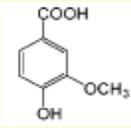
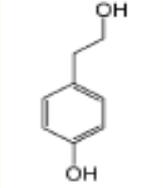
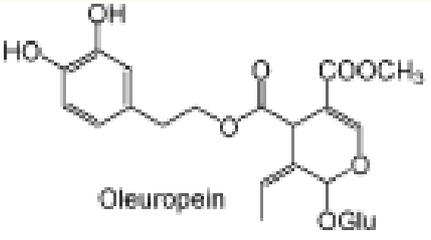
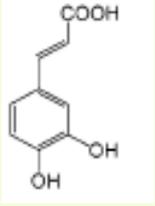
L'elevato potere antiossidante di alcune di queste molecole, dimostrato da numerosi studi scientifici, rende questi composti interessanti per un utilizzo come antiossidanti naturali nell'industria alimentare, nutraceutica e cosmetica. Quanto sopra detto ha stimolato una serie di ricerche sviluppate nel settore del recupero delle sostanze fenoliche bioattive dalle acque di vegetazione. A tale riguardo è bene sottolineare che sono stati proposti diversi sistemi di concentrazione e recupero della frazione fenolica delle A.V. come quelli che si basano sull'utilizzo di resine adsorbenti, sul processo di evaporazione

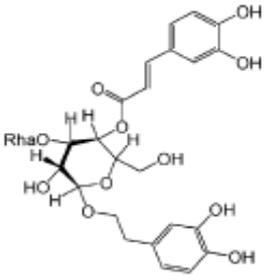
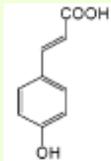
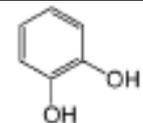
o attraverso l'applicazione di mezzi di filtrazione su membrana.

Questi ultimi sistemi hanno un duplice scopo: ottenere A.V. depurate, da riciclare nel sistema di

estrazione meccanica dell'olio vergine di oliva, e ottenere concentrati fenolici ad alto contenuto in molecole bioattive.

Tabella 11. Principali polifenoli nelle acque di vegetazione e loro attività biologiche (Obied et al., 2008).

COMPOSTI FENOLICI	BIOATTIVITÀ DIMOSTRATE	STRUTTURA
Idrossitirolo	Antiossidante Cardioprotettiva Chemoprotettiva Antimicrobica Antinfiammatoria	
Ac. vanillico	Antiossidante Antimicrobica	
Tirosolo	Antiossidante Antinfiammatoria Antiaterogenica  Cardioattiva	
Oleuropeina	Antiossidante Cardioprotettiva Ipoglicemica Antimicrobica e antivirale Antinfiammatoria Modulazione di enzimi	
Ac. caffeico	Antiossidante Chemoprotettiva Antiaterogenica Antimicrobica Antinfiammatoria Antidepressiva Antiossidante Chemopreventiva	
		<i>continua...</i>

Verbascoside	Cardioattiva Antiipertensiva Antinfiammatoria  Sedativa	
Acido elenoico	Antimicrobica e antivirale	
Acido p- cumarico	Antiossidante Antimicrobica Chemoprotettiva Fitotossica	
Catecolo	Antimicrobica Antiossidante Antiossidante	
Rutina	Antinfiammatoria	

La Figura 10 illustra schematicamente il processo di filtrazione su membrana che vede l'utilizzo di tre successive fasi di trattamento delle A.V.: microfiltrazione, ultrafiltrazione ed osmosi inversa. In alcuni casi, allo stadio di osmosi inversa può essere previsto un ulteriore trattamento di nano-filtrazione. Le prime due fasi di microfiltrazione e ultrafiltrazione servono a rimuovere molecole ad alto peso molecolare purificando l'A.V., mentre l'osmosi inversa permette il recupero della frazione fenolica e la relativa emissione di un permeato a bassissimo carico inquinante.

Questo permeato potrebbe essere riciclato come acqua di lavaggio delle olive e/o di diluizione delle paste gramolate negli impianti di estrazione a tre fasi oppure, in alternativa, potrebbe essere facilmente smaltito negli impianti di depurazione urbani o industriali, dato il bassissimo carico inquinante e la quasi totale assenza di sostanze fenoliche ad effetto inibente sulla flora microbica dei fanghi di depurazione.

Il concentrato fenolico che ne deriva ha un contenuto in sostanze bioattive quattro volte superiore a quello iniziale. Fra queste il 3,4-DHPEA-EDA, *p*-HPEA-EDA ed il verbascoside sono quelle presenti in maggiori concentrazioni, con una quantità in polifenoli (espressa in fenoli totali), variabile da 15 a 50 g/L. In particolare, la concentrazione del 3,4-DHPEA-EDA è fortemente dipendente dai tempi di stoccaggio delle acque prima del loro trattamento dato il fenomeno di idrolisi a cui esso può andare incontro (Servili et al., 2011). I composti fenolici del concentrato purificato possono essere recuperati ed utilizzati, come nuova fonte di antiossidanti naturali ad elevato valore biologico, per la produzione di alimenti funzionali arricchiti di sostanze fenoliche bioattive (succhi di frutta, bevande analcoliche, prodotti lattiero-caseario, etc...) e/o di integratori alimentari. La creazione di un mercato per i composti fenolici provenienti da A.V. potrebbe rappresentare un fattore in grado di dare nuovo slancio all'industria di trasformazione delle olive (Servili et al., 2009b).

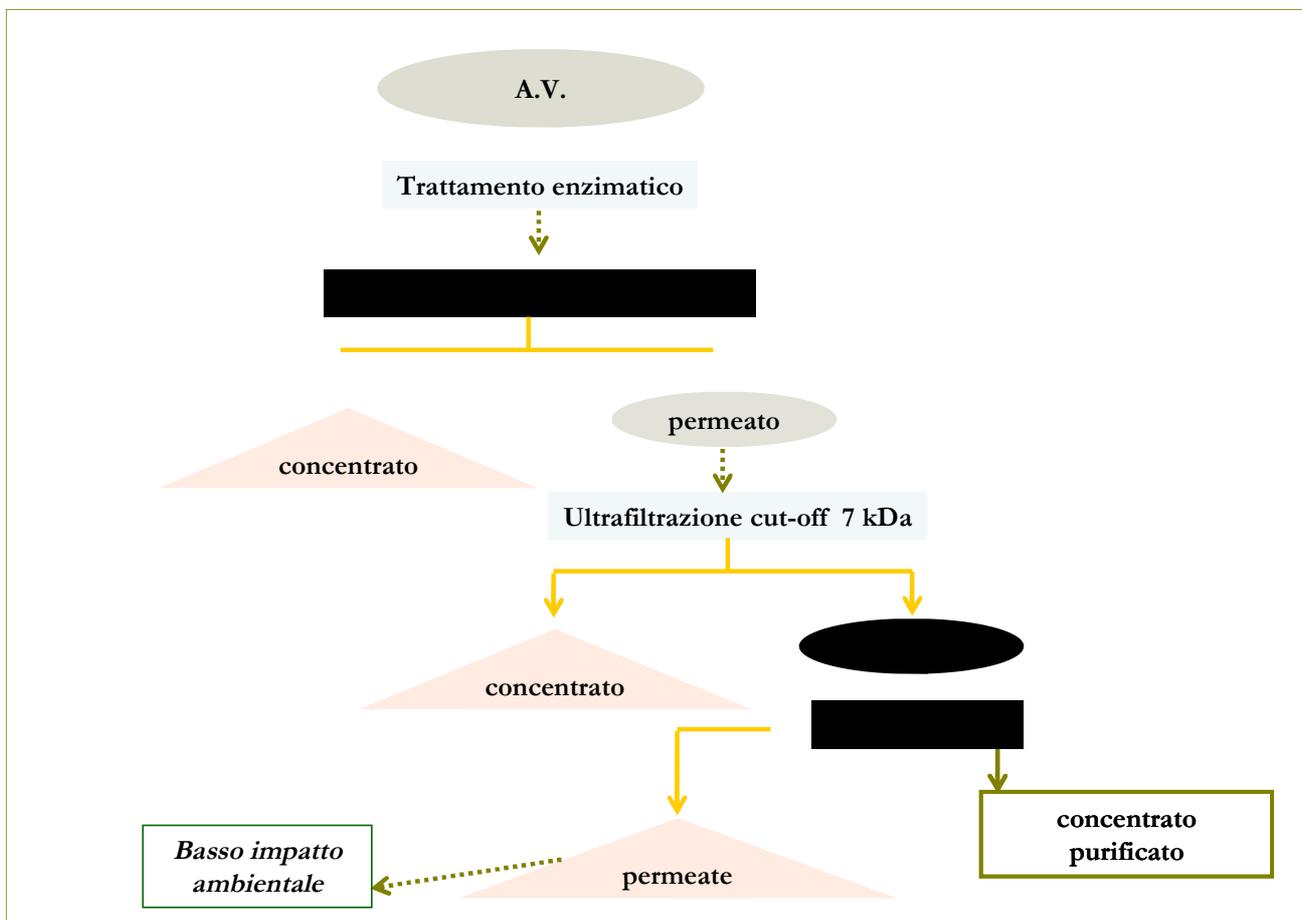


Figura 10. Flow-chart di processo di filtrazione su membrana delle A.V. e produzione di un concentrato fenolico.

### Bibliografia

- Alfano G., Belli C., Lustrato G., Ranalli G. (2008). Pile composting of two-phase centrifuged olive husk residues: technical solutions and quality of cured compost. *Biores. Technol.* 99:4694–4701.
- Alianello F. (2001). Effetti della somministrazione di acque reflue dei frantoi oleari sulle caratteristiche chimiche e biochimiche del suolo. Ed. L'Informatore Agrario (Verona), Progetto PANDA: "I sottoprodotti dei frantoi oleari", Vol. 3, pp. 29-40.
- Altieri R., Esposito A. (2008). Olive mill waste amendments in an intensive olive orchard: effects on soil organic carbon, plant growth and yield. *Bioresour. Technol.* 99:8390-8393.
- Altieri R., Esposito A. (2010). Evaluation of the fertilizing effect of olive mill waste compost in short-term crops. *Int. Biodet. Biodegr.* 64:124-128.
- Altieri R., Esposito E., Parati F., Lobianco A., Pepi M. (2009). Performance of olive mill solid waste as a constituent of the substrate in commercial cultivation of *Agaricus bisporus*. *Int. Biodet. Biodegr.* 63:993-997.
- Asses N., Ayed L., Bouallagui H., Ben Rejeb I., Gargouri M., Hamdi M. (2009). Use of *Geotrichum candidum* for olive mill wastewater treatment in submerged and static culture. *Biores. Technol.* 100:2182-2188.

- Baeta-Hall L., Sàagua M.C., Bartolomeu M.L., Anselmo A.M., Rosa M.F. (2005). Biodegradation of olive husks in composting aerated piles. *Biores. Technol.* 96:69–78.
- Balice, V. (1990). caratteristiche analitiche delle acque di vegetazione. *Riv. It. Sostanze grasse.* 67-75.
- Bertin L., Berselli S., FA.V.a F., Petrangeli-Papini M., Marchetti L. (2004). Anaerobic digestion of olive mill wastewaters in biofilm reactors packed with granular activated carbon and “Manville” silica beads. *Water Res.* 38:3167–3178.
- Bonari E., Ceccarini L. (2001). Effetti dei reflui oleari sulla produzione di alcune colture agrarie. Ed. L'Informatore Agrario (Verona), Progetto PANDA: “I sottoprodotti dei frantoi oleari”, Vol. 3, pp. 121-146.
- Boukchina R., Choi E., Kim S., Yu Y.B., Cheung Y.J. (2007). Strategy for olive mill wastewater treatment and reuse with a sewage plant in an arid region. *Water Sci. Technol.* 55:71–78.
- Bozzoli V., Crognale S., Sampedro I., Federici F., D'Annibale A., Petruccioli M. (2009). Assessment of olive mill wastewater as a growth medium for lipase production by *Candida cylindracea* in bench-top reactor. *Biores. Technol.* 100:3395-3402.
- Brozzoli V., Bartocci S., Terramoccia S., Contò G., Federici F., D'Annibale A., Petruccioli M. (2010). Stoned olive pomace fermentation with *Pleurotus* species and its evaluation as a possible animal feed. *Enz. Microbial. Technol.* 46:223-228.
- Capasso R., De Martino A., Cristinzio G. (2002). Production, characterization, and effects on tomato of humic acid-like polymerin metal derivatives from olive oil mill waste waters. *J. Agri. And food Chem.*, 50, 4018-4024.
- Cayuela M.L., Millner P.D., Meyer S.L.F., Roig A. (2008). Potential of olive mill waste and compost as biobased pesticides against weeds, fungi, and nematodes. *Science of the Total Environment* 399:11-18.
- Crognale S., D'Annibale A., Federici F., Fenice M., Quaratino D., Petruccioli M. (2006). Olive oil mill wastewater valorisation by fungi. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 81:1547–1555.
- Crognale S., Federici F., Petruccioli M. (2003).  $\beta$ -Glucan production by *Botryosphaeria rhodina* on undiluted olive-mill wastewaters. *Biotechnol. Lett.* 25:2013–2015.
- D'Annibale A., Giovannozzi Sermanni G., Federici F., Petruccioli M. (2006). Olive mill wastewaters: a promising substrate for microbial lipase production. *Biores. Technol.* 97:1828-1833.
- D'Annibale A., Quaratino D., Federici F., Fenice M. (2006). Effect of agitation and aeration on the reduction of pollutant load of olive mill wastewater by the white-rot fungus *Panus tigrinus*. *Biochem. Eng. J.* 29:243-249.
- Dal Bosco A., Castellini C., Cardinali R., Mourvaki E., Moscati L., Battistacci L., Servili M., Taticchi A. (2007). Olive cake dietary supplementation in rabbit: immune and oxidative status. *Ital.J.anim.Sci.*, 6:761-763.
- D'Annibale A., Ricci M., Quaratino D., Federici F., Fenice M. (2004). *Panus tigrinus* efficiently removes phenols, color and organic load from olive-mill wastewater. *Res. Microbiol.* 155:596-603.
- De Marco E., SA.V. arese M., Paduano A., Sacchi R. (2007). Characterization and fractionation of phenolic compounds extracted from oil mill wastewaters. *Food Chem.* 104:858-867.
- Del Buono, D., Said-Pullicino, D., Proietti, P., Nasini, L., Gigliotti, G. (2011). Utilization of olive husks as plant growing substrates: phytotoxicity and plant biochemical responses. *Compost Science & Utilization.* 19: 52-60.
- Dionisi D., Carucci G., Petrangeli Papini M., Riccardi C., Majone M., Carrasco F. (2005). Olive oil mill effluents as a feedstock for production of biodegradable polymers. *Water Res.* 39:2076-2084.
- Gigliotti G., Proietti P., Said-Pullicino D., Nasini L., Pezzolla D., Rosati L., Porceddu P.R. (2012). Co-composting of olive husks with high moisture contents: organic matter dynamics and compost

- quality. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 67: 8-14.
- Fadil K., Chahlaoui A., Ouahbi A., Zaid A., Borja R. (2003). Aerobic biodegradation and detoxification of wastewaters from the olive oil industry. *International Biodet. & Biodegrad.* 53:37-41.
- Federici F., FA.V.a F., Kalogerakis N., MantzA.V.inos D. (2009). Valorisation of agro-industrial by-products, effluents and waste: Concept, opportunities and the case of olive mill waste waters. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 84:895-900.
- Federici F., Petruccioli M., Montedoro G.F., Begliomini A.L., Servili M. (1991). Combined physico-chemical and biological treatment of olive vegetation waters in pilot-plant scale. *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent*. 56:1573-1577.
- Fenice M., Giovannozzi Sermanni G., Federici F., D'Annibale A. (2003). Submerged and solid-state production of laccase and Mn-peroxidase by *Panus tigrinus* on olive-mill wastewater based media. *J. Biotechnol.* 100:77-85.
- Fenice M., Sermanni G. G., Federici F., D'annibale A. (2003). Submerged and solid-state production of laccase and Mn-Peroxidase by *Panus tigrinus* on olive mill wastewater-based media. *J. Biotechnol.* 100:77-85.
- Fiorentino A., Gentili A., Isidori M., Monaco P., Nardelli A., Parrella A., Temussi F. (2003). Environmental effects caused by olive mill wastewaters: toxicity comparison of low-molecular weight phenol components. *J. Agric. Food Chem.* 51:1005-1009.
- Gharsallah N., Labat M., Aloui F., Sayadi S. (1999). The effect of *Phanerochaete chrysosporium* pretreatment of olive mill waste waters on anaerobic digestion. *Resour. Conservat. Recycl.* 27:187-192.
- Khoufi S., Aloui F., Sayadi S. (2006). Treatment of olive oil mill wastewater by combined process electro-Fenton reaction and anaerobic digestion. *Wat. Res.* 40:2007-2016.
- Lopez M.J., Moreno J., Ramos-Cormenzana A. (2001). The effect of olive mill wastewaters variability on xanthan production. *J. Appl. Microbiol.* 90:829-835.
- ManzA.V.inos G., Kalogerakis N. (2005). Treatment of olive mill effluents Part I. Organic matter degradation by chemical and biological processes—an overview. *Environ. Intern.* 31:289-295.
- Martin A, Borja R, Banks CJ. (1994). Kinetic model for substrate utilization and methane production during anaerobic Digestion of olive mill wastewater and condensation water waste. *J. Chem. Tech. Biotechnol.* 60:7-16.
- Massadeh M.I., Modallal N. (2008). Ethanol production from olive mill wastewater (OMW) pretreated with *Pleurotus sajor-caju*. *Energy & Fuels*. 22:150-154.
- Montedoro G.F., Begliomini A.L., Servili M., Petruccioli M., Federici F. (1993). Pectinase production from olive vegetation waters and its use in the mechanical olive-oil extraction process to increase oil yield and improve quality. *Ital. J. Food Sci.* 4:355-362.
- Montemurro F., Diacono M., Vitti C., Debiase G. (2009). Biodegradation of olive husk mixed with other agricultural wastes. *Biores. Technol.* 100:2969-2974.
- Morillo J.A., Antizar-Ladislao B., Monteoliva-Sánchez M., Ramos-Cormenzana A., Russell N.J.. (2009). Bioremediation and biovalorisation of olive-mill wastes. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 82:25-39.
- Nasini L., Gigliotti G., Balduccini M. A., Federici E., Cenci G., Proietti P. (2012). Effect of solid olive-mill waste amendment on soil fertility and olive (*Olea europaea* L.). *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 164: 292-297.
- Nasini L., Proietti P., Famiani F., Boco M., Balduccini M.A., 2010. Potential use in olive nurseries of olive cake and compost from animal manure or urban rubbish. *ISHS Acta Horticulturae* 949: VI International Symposium on Olive Growing

- Niaounakis M., Halvadakis C. P. (2004). Olive-mill waste management. Literature review and patent survey. Atene: Tytothito- George Dardanos.
- Obied H.K., Allen M.S., Bedgood D.R., Prenzler P.D., Robards K. (2005). Bioactivity and analysis of biophenols recovered from olive mill waste. *J. Agric. Food Chem.* 53:823-837.
- Obied H.K., Karuso P., Prenzler P.D., Robards, K. (2007). Novel secoiridoids with antioxidant activity from Australian olive mill waste. *J. Agric. Food Chem.* 55:2848-2853.
- Pauselli M., Servili M., Esposto S., Gervasi G., Mourvaki E., Taticchi A., Urbani S., Selvaggini R., Concezzi L., Montedoro G.F. (2007). Effect of destoned olive cake as animal feed on ewe milk quality. Proceedings of the International Conference "New technologies for the treatment and valorization of agro by-products", ISRIM, Terni-Italy 3-5 October, 2007.
- Petruccioli M., Federici F., D'Annibale A. (2009). Microbial production of enzymes on olive mill wastewater. Atti di Ecomondo, Rimini 28-31 Ottobre 2009, in "Ecodesign per il pianeta", Santarcangelo Di Romagna: Maggioli Editore, 406-411, ISBN/ISSN: 978-88-387-5360-1.
- Proietti P., Palliotti A., Tombesi A., Cenci G., 1995 - Chemical and microbiological modifications of two different cultivated soils induced by olive oil waste water administration. *Agricoltura Mediterranea*, 125: 160-171.
- Proietti P., Nasini L., Balduccini M. A., 2009 - Dalla sansa si ricavano substrati per la coltivazione. *Olio e Olio*, 1: 48-51.
- Quarantino D., D'Annibale A., Federici F., Cereti C.F., Rossini F., Fenice M. (2007). Enzyme and fungal treatments and a combination thereof reduce olive mill wastewater phytotoxicity on *Zea mays* L. seeds. *Chemosphere*, 66:1627-1633.
- Ramos-Cormenzana A., Juarez-Jimenez B., Garcia-Pareja M. P. (1996). Antimicrobial activity of olive mill wastewaters (Alpechin) and biotransformed olive oil mill wastewater. *Int. Biodeter. Biodegr.* 38:283-290.
- Raviv, M. (2005). Production of high-quality composts for horticultural purposes – a mini-review. *HortTechnology* 15:52-57.
- Rodis P. S., Karathanos V. T. , Mantz A.V. inou A. (2002). Partitioning of olive oil antioxidants between oil and water phases. *J. Agric. Food Chem.* 50:596-601.
- Roig A., Cayuela M.L., Sanchez-Monedero M.A. (2006). An overview on olive mill wastes and their valorisation methods. *Waste Management*. 26:960-969.
- Santori F., Cicalini A.R. (2002). Process of olive mill wastewater phytodepuration and relative plant. From Eur. Pat. Appl., EP 1216963 A2 20020626.
- Servili M., Baldioli M., Selvaggini R., Miniati E., Macchioni A., Montedoro G.F. (1999). High-Performance Liquid Chromatography evaluation of phenols in olive fruit, virgin olive oil, vegetation waters, and pomace and 1D- and 2D-Nuclear Magnetic Resonance characterization. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 7:873-882.
- Servili M., Esposto S., Fabiani R., Urbani S., Taticchi A., Mariucci F., Selvaggini R., Montedoro G.F. (2009). Phenolic compounds in olive oil: antioxidant, health and sensory activities according to their chemical structure. *Inflammopharmacology*. 17:1-9.
- Servili M., Pauselli M., Dal Bosco A., Castellini C., Esposto S., Taticchi A., Urbani S., Mariucci F., Montedoro G.F. (2007). Sanse vergini promosse a integratori mangimistici. *Olio e Olio*. 7:42-47.
- Servili M., Pauselli M., Esposto S., Taticchi A., Urbani S., Selvaggini R., Montedoro G.F., Concezzi L. (2007). New approach to the use of stoned olive pomaces for animal feeding. Proceedings of the International Conference "New technologies for the treatment and valorization of agro by-products", ISRIM, Terni-Italy 3-5 October, 2007.
- Servili M., Selvaggini R., Esposto S., Taticchi A., Montedoro G. F., Morozzi G. (2004). Health and sensory properties of virgin olive oil hydrophilic phenols: agronomic and technological aspects of

- 
- production that affect their occurrence in the oil. *J.Chromath. A.* 1054:113-127.
- Servili M., Esposto S., Urbani S., Taticchi A., Veneziani G., Selvaggini R. (2009). Use of a concentrate from olive vegetation waters for improving the virgin olive oil phenolic content. Proceedings of the 7th Euro Fed Lipid Congress, 18-21 October 2009, Graz, Austria.
- Servili M., Urbani S., Esposto S., Di Maio I., Taticchi A., Veneziani G., Sordini B., Selvaggini R., Zanelli S. (2012). Nuovi processi per migliorare l'efficienza della filiera olivicola. In: *Innovazione e multifunzionalità nell'impresa agricola*.
- Tekin A. R., Dalgic, A. C. (2000). Biogas production from olive pomace. *Resources, Conservation Recycling.* 30:301-313.
- Tomati U., Belardinelli M., Galli E., Iori V., Capitani D., Mannina L., Viel S., Segre A. (2004). NMR characterization of the polysaccharidic fraction from *Lentinula edodes* grown on olive mill waste waters. *Carb. Res.* 339:1129-1134.
- Tomati U., Galli E., Forelli F., Pasetti L. (1996). Fertilizers from composting of olive mill wastewaters. *Int. Biodet. Biodeg.* 38:155-162.
- WO/2005/082814, 2005. Method and apparatus for treatment of refuses of oil mills (Metodo ed Apparato per il Trattamento dei Reflui dei Frantoi Oleari - MATReFO), <http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?WO%2F05%2F082814>.
- Zanichelli D., Carloni F., Hasanaj E., D'Andrea N., Filippini A., Setti L. (2007). Production of ethanol by an integrated valorization of olive oil byproducts: the role of phenolic inhibition. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 14:5-6.