



IV Sezione



Facoltà di Agraria

# ATTUALITÀ DELLA RICERCA NEL SETTORE DELLE ENERGIE RINNOVABILI DA BIOMASSA

ATTI DEL CONVEGNO

Ancona - Facoltà di Agraria

16 - 17 dicembre 2010

ISBN 978-88-906186-1-1

© 2011 CTI, Milano

finito di stampare nel mese di febbraio duemiladodici

presso Tipolitografia Trabella,  
Peschiera Borromeo (MI)

## Comitato scientifico ed editoriale

Gualtiero Baraldi  
Remigio Berruto  
Luigi Bodria  
Stefano Bona  
Enrico Cini  
Andrea Del Gatto  
Mario Di Candilo  
Ester Foppa Pedretti  
Andrea Galli  
Ilaria Mannazzu  
Antonio Pazzona  
Pietro Piccarolo  
Pier Riccardo Porceddu  
Giorgio Provolo  
Paolo Ranalli  
Giovanni Riva  
Oriana Silvestroni  
Franco Sotte  
Paolo Tarolli  
Marco Toderi  
Gianpietro Venturi

Atti a cura di:  
Ester Foppa Pedretti  
Chiara Mengarelli

*I contributi contenuti negli Atti sono stati oggetto di peer-review da parte del comitato scientifico sulla base dell'intero testo e rappresentano una selezione delle relazioni presentate al convegno.*

## Indice

Prefazione .....	1
Premesse .....	3
<i>Produzione di biomassa dedicata</i> .....	5
Valutazione di ibridi di girasole ( <i>Helianthus annuus</i> L.) alto oleico per uso energetico in Italia centro-orientale .....	7
Riduzione della lavorazione su girasole ( <i>Helianthus annuus</i> L.) alto oleico per uso energetico.....	17
Il sorgo coltivato a fini energetici e l'efficienza di utilizzazione dell'acqua in ambiente mediterraneo .....	25
Tecniche di propagazione della canna comune ( <i>Arundo donax</i> L.) a confronto .....	32
Potenzialità produttiva di sorgo e girasole a destinazione energetica in un ambiente a sussidio idrico limitato.....	40
Un biennio di prove di valutazione agronomica di varietà commerciali di <i>B. napus</i> e <i>B. carinata</i> .....	50
Valutazione delle caratteristiche produttive di varietà di sorgo da biomassa in Centro Italia.....	59
Concimazione azotata e densità di semina in colza ( <i>B. Napus</i> L.) .....	68
Individuazione di varietà di vite ibride ( <i>Vitis</i> Sp.) idonee alla produzione di bioetanolo e cellulosa da impiegare come fonti di bioenergie .....	75
<i>Utilizzo di biomassa residuale</i> .....	81
Caratterizzazione energetica del materiale ritratto da diradamenti in impianti di <i>Pinus</i> spp. in Italia centrale .....	83
Prove di combustione di pollina in un impianto termico sperimentale.....	91
Caratteristiche energetiche di sottoprodotti ottenuti dalla coltivazione di lino da fibra .....	99
Valorizzazione dei cascami della filiera vinicola.....	108
<i>Gestione e controllo dei residui delle filiere</i> .....	119
L'impiego della frazione separata solida del liquame digerito e non per l'alimentazione dei digestori anaerobici .....	121
Livelli di IPA nelle emissioni prodotte da stufe domestiche alimentate a pellet di legno.....	129
Prove di strippaggio dell'azoto da reflui ottenuti da impianti di D.A.....	138

---

Produzione di pannello e di olio a partire da girasole decorticato con una spremitrice a pressione graduale .....	146
Impiego di farine di disoleazione provenienti dalla filiera biodiesel e di compost da f.o.r.s.u. nell'ammendamento di melanzana e scarola .....	154
<i>Caratterizzazione e qualità delle biomasse</i> .....	161
Produzione di bio-etanolo da biomasse di patata dolce .....	163
Produzione e caratterizzazione energetica di biomasse erbacee irrigate con acque reflue .....	171
La barbabietola da zucchero come coltura dedicata per il biogas.....	181
Il controllo della qualità della biomassa nelle centrali di trasformazione energetica: caso applicativo .....	191
Tracciabilità del cippato in una logica di filiera corta.....	197
Valutazione della capacità di idrolisi e saccarificazione di biomasse lignocellulosiche da parte di isolati di <i>Trichoderma</i> spp. per la filiera del bioetanolo.....	205
La determinazione del contenuto di carbonio biogenico in combustibili ibridi.....	210
Il campionamento delle biomasse solide.....	216
Impiego di additivi inorganici per il miglioramento del comportamento termico delle ceneri nella combustione delle biomasse .....	224
<i>Meccanizzazione della raccolta della biomassa</i> .....	231
Valutazione di un prototipo per la raccolta di colture da biomassa a destinazione energetica .....	233
Sviluppo ed analisi operativa di un'attrezzatura per la raccolta di impianti di pioppo da biomassa lignocellulosica a breve turno di ceduazione.....	241
Raccolta dei sarmenti di vite in cippato: disponibilità potenziale e tecnica in provincia di Treviso .....	249
<i>Valutazioni tecniche, economiche e territoriali</i> .....	259
Diritti di proprietà ed organizzazione dell'afferta di biomassa: inquadramento teorico ed indagine empirica .....	261
Produzione di biomassa a fini energetici da un primo diradamento in impianto di pino nero ( <i>Pinus nigra</i> Arnold), tempi di lavoro, produttività e costi.....	271
Analisi del processo decisionale della filiera energetica dell'olio vegetale.....	279
Filieri agro-energetiche: modello per il calcolo dei costi economici, energetici e ambientali a bocca impianto.....	286
Opportunità e riflessi economico-fiscali della produzione di energie rinnovabili nell'impresa agricola.....	296
Utilizzazione di un ceduo di eucalipto per produzione di biomassa con impiego di meccanizzazione spinta: aspetti tecnici ed economici .....	304

---

Esperienze in atto sulla conversione agricola verso le colture energetiche .....	311
Localizzazione e dimensionamento di un impianto di digestione anaerobica per la produzione di biogas nella Sicilia sud-orientale .....	318
Metodologia e applicazione territoriale per la valutazione di filiere bio- energetiche .....	326
Modelli previsionali della biomassa a fini energetici ritraibile da eucalitteti della .....	336
<i>Sostenibilità</i> .....	347
Applicazione di liquami bovini alle colture dedicate da energia: implicazioni energetiche e sul bilancio del carbonio .....	349
Coltivazione di sorgo per bioenergia e ciclo del C del suolo .....	355
Effetto della conversione da colture agricole a colture legnose per energia sull'emissione di gas climalteranti: primi due anni di sperimentazione .....	361
Sostenibilità delle filiere bioenergetiche in Italia .....	371
Un modello di impiego sostenibile delle biomasse forestali in provincia di Nuoro .....	381
Un software per la valutazione di sostenibilità delle filiere agro-energetiche .....	391

---

## **Prefazione**

*La necessità di trovare alternative alle risorse energetiche fossili per fare fronte a problemi di approvvigionamento e ai dissestati equilibri ambientali, ha portato anche allo studio ed allo sfruttamento delle fonti rinnovabili, con l'intento di valorizzare nei differenti ambiti ed ambienti le risorse di maggiore interesse.*

*Analisi delle potenzialità e affinamento delle tecniche per il loro sfruttamento sono attività che coinvolgono direttamente la ricerca, di base e applicata: da un approfondimento condotto nel 2008 (Kajikawa et Al., 2008), che ha analizzato la bibliografia citata dall'Institute for Scientific Information (ISI) dal 1970 al 2005, si rileva che i lavori pubblicati in ambito scientifico e relativi ad argomenti energetici sono stati oltre 150 mila, distribuiti in 68 riviste. Da questa selezione si evidenzia che la grande maggioranza di lavori relativi alla produzione energetica riguarda ancora i combustibili di natura fossile, petrolio e carbone, e le tecniche di combustione.*

*Un inizio di interesse per le energie rinnovabili, interesse crescente negli anni seguenti, è segnalato solo a partire dall'ultimo decennio del secolo scorso. Ad oggi, l'attenzione anche a livello scientifico internazionale è ancora "tiepida", essendo la numerosità delle pubblicazioni sulle energie rinnovabili circa il 3% delle complessive e, comunque, rivolta soprattutto allo sfruttamento diretto dell'energia solare (2/3 delle pubblicazioni sulle rinnovabili sono riconducibili a questo soggetto).*

*Nell'ambito descritto, le risorse rinnovabili da biomasse rappresentano un'ulteriore nicchia, trattata in circa il 10% degli scritti. Da queste riflessioni emerge che, pur essendoci una certa vivacità nella comunità scientifica internazionale, ci sia la necessità di potenziare le ricerche nel settore, sperimentando vie nuove per trarre energia, diretta o indiretta, dalle risorse energetiche rinnovabili e, nello specifico, dalla biomassa.*

*In questo spaccato internazionale si inserisce, un po' ambiziosamente, il contenuto di questo volume di Atti, in cui si raccolgono i lavori di ricercatori di istituzioni ed enti italiani, operanti soprattutto in ambito agricolo, e centrati sulla produzione di biomassa, coltivata o residuale, ad utilizzo energetico e sulla sua trasformazione. Le 46 memorie raccolte, sottoposte a peer review, rappresentano le principali attività di ricerca nel settore attualmente in atto nel Paese. L'augurio, per il futuro, è che questo contributo possa essere da stimolo per intraprendere altri studi e ricerche di approfondimento.*

*Prof. Gualtiero Baraldi  
Presidente IV Sezione AIIA*

*Ancona, dicembre 2011*

## **Produzione di pannello e olio a partire da girasole decorticato con una spremitrice a pressione graduale**

Toscano Giuseppe <sup>(1)</sup>, Quatrini Eleonora <sup>(1)</sup>, Duca Daniele <sup>(1)</sup>, Foppa Pedretti Ester <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Dipartimento SAIFET – Università Politecnica delle Marche. E-mail: [g.toscano@univpm.it](mailto:g.toscano@univpm.it)

*Parole chiave: energia, decorticazione, pannello, diversificazione, utilizzi*

### **Abstract**

In this paper, an agricultural chain based on de-hulled sunflower seed for the production of fuel and food material has been considered. More in detail, it was interesting verify the possibility to obtain raw vegetable oil from sunflower seed after de-hulling, hull for energetic utilization and de-hulled sunflower cake used for animal feed. The results put in evidence an high efficiency of vegetable oil extraction from de-hulled seeds using only a mechanical process (about 40%). Moreover the hull shows interesting characteristics for an energetic utilization, especially for the low moisture and ash contents (around 2% dry matter). At last, de-hulled sunflower cake could be an important alternative to the soya animal feed considering the high protein content (47,9 %).

### **1. Introduzione**

I limitati margini economici nell'ambito del settore agro-alimentare spingono oggi la ricerca verso scelte produttive che valorizzino non solo il prodotto principale, ma anche tutti quei prodotti secondari che derivano dalla sua lavorazione. L'agricoltura oggi non deve limitarsi alla semplice produzione di materie prime ma, deve integrare nuove funzioni e servizi a beneficio non solo dell'imprenditore ma anche della società. Lo sviluppo e la nascita di attività e alternative produttive in un tal contesto appare sempre più una scelta possibile e necessaria per dare stabilità e concretezza alle produzioni. In particolare le biomasse di origine agricola potrebbero rappresentare un valido punto di partenza per lo sviluppo di filiere agroenergetiche, con conseguente valorizzazione e sfruttamento dei sottoprodotti da esse derivanti[1]. Lo scopo è di trovare quindi nuove filiere in grado di valorizzare non solo la materia prima tal quale ma anche tutti quei co-prodotti che si originano durante le varie fasi di trasformazione. Sulla base di queste sintetiche premesse l'Area di Ingegneria Agraria del Dipartimento di SAIFET dell'Università Politecnica delle Marche si è occupata dello studio e dell'analisi di una filiera energetica-alimentare incentrata sul girasole decorticato, sino ad oggi impiegato esclusivamente nell'alimentazione umana.

In particolare, questo studio prende origine dai lavori di analisi della filiera energetica del girasole [2]. A differenza di questa filiera tradizionale si prevede l'introduzione della fase di decorticazione sul prodotto iniziale, dalla quale si produce la cuticola ed il seme decorticato. Quest'ultimo viene sottoposto ad estrazione meccanica per la produzione di olio vegetale e pannello decorticato. Nel lavoro che si propone, la cuticola e l'olio vegetale vengono inquadrati come prodotti da impiego energetico mentre il pannello decorticato come prodotto per alimentazione animale.

La sperimentazione si è posta l'obiettivo di ricavare delle prime informazioni circa i rendimenti delle lavorazioni meccaniche, decorticazione su seme intero ed estrazione su seme decorticato, e di definire le caratteristiche qualitative della cuticola e del pannello decorticato. Sulla base di queste informazioni saranno espressi dei primi giudizi su limiti e possibilità di questa applicazione in agricoltura.

### **2. Materiali e Metodi**

La sperimentazione di questo lavoro si è articolata in tre diverse fasi con finalità differenti. Nello specifico, nella prima sono stati condotti dei test di decorticazione per valutare il livello



di efficienza di questo processo. Nella seconda fase, sono stati eseguiti test di spremitura meccanica del girasole decorticato per individuare le rese in olio filtrato in funzione di una serie di parametri operativi e la produttività oraria. Infine, nella terza fase sono state condotte delle analisi su cuticola e pannello decorticato al fine di ottenere informazioni rispettivamente sulle caratteristiche energetiche e su quelle nutrizionali.

### **2.1. Test di decorticazione**

Le prove sperimentali di decorticazione sono state svolte presso un'azienda agrobiologica del centro Italia. A tal fine è stata impiegata una decorticatrice (Figura 1) agente per impatto della ditta BUHLER denominata Stratopact® Huller BSSA con capacità operativa di 4 t/h. La decorticatrice dispone di un rotore all'interno del quale il seme viene allineato grazie a delle scanalature ed accelerato radialmente verso un anello d'urto. L'apertura del seme avviene mediante impatto con l'anello d'urto montato nella parte superiore della macchina.

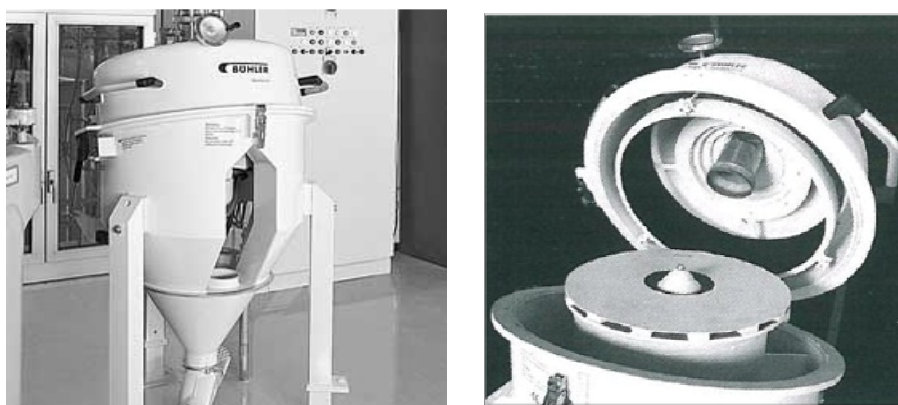


Figura 1 - La decorticatrice (sinistra), il suo anello d'urto e il rotore (destra).

La cuticola separata dal seme è lasciata cadere nella parte inferiore della macchina e convogliata per lo scarico. Una volta decorticato il prodotto viene selezionato grazie all'ausilio in una prima fase di selezionatrici densimetrica e gravimetrica e infine di un sistema ottico. Per la valutazione delle rese di processo di questa fase è stato effettuato un test di decorticazione su un campione da 300 kg di seme di girasole. Il rendimento di processo è stato valutato mediante rapporto tra la massa di cuticola separata e la quantità di seme lavorato.

### **2.2. Test di estrazione meccanica**

Le prove sperimentali di estrazione dell'olio vegetale dai semi decorticati sono state condotte utilizzando una pressa da laboratorio presso il Laboratorio Biomasse dell'Area di Ingegneria Agraria del Dipartimento SAIFET dell'Università Politecnica delle Marche.

In particolare, è stato utilizzato un modello di pressa a ciclo continuo per semi oleosi prodotta dalla ditta Bracco S.r.l. La macchina monta un gruppo motore di 2 kW di potenza. La pressa è dotata essenzialmente di una tramoggia di carico per il seme decorticato e di una testata spremitrice (Figura 2). Nella parte terminale della testata è situata una camera di compressione nella quale avviene la fuoriuscita dell'olio dal seme sottoposto a pressione. Modificando il diametro del foro di uscita della camera, attraverso l'inserimento di estrusori di grandezza variabile, è possibile variare il livello di pressione esercitato sul prodotto (Figura 2). La testata di spremitura è avvolta da una resistenza, regolata da apposito termostato, che consente l'esecuzione dei test a diverse temperature. Il piano sperimentale ha previsto una serie di prove di estrazione condotte a differenti condizioni di temperatura e pressione di esercizio. Più precisamente, sono state effettuate 9 prove, come risultato delle combinazioni di tre livelli di temperatura ( $T1 = 77 - 75 - 70^\circ \text{C}$ ;  $T2 = 92 - 90 - 85^\circ \text{C}$ ;  $T3 = 107 - 105 - 100^\circ \text{C}$ ) e tre livelli di pressione ( $P1 < P2 < P3$ ). In particolare, le temperature di estrazione sono state

condizionate dalla scelta del tipo di estrusore in conseguenza degli attriti prodotti da questo sul materiale sottoposto alla spremitura.

Per ogni prova sono stati impiegati circa 3000 g di seme di girasole decorticato. L'olio prodotto dall'estrazione è stato filtrato per separare la componente solida residua e poi pesato su bilancia tecnica (0,1 g). La resa di processo è stata calcolata rapportando la massa dell'olio filtrato con la massa di seme lavorato. Quest'ultima è stata rapportata al tempo di estrazione del singolo test per valutare il livello di produttività della macchina (kg/h seme lavorato).



Fig.2 - La macchina spremitrice (sinistra), l'expeller (centro) e gli estrusori di diverso diametro (destra).

### 2.3. Caratterizzazione dei prodotti

L'attività di caratterizzazione dei prodotti della filiera del decorticato consente di definire le proprietà dei materiali in funzione dell'uso previsto per questi. In particolare sono state condotte:

- analisi di tipo fisico-energetico: sulla cuticola residua al processo di decorticazione;
- analisi di tipo nutrizionale: sul pannello solido di girasole decorticato ottenuto dalla fase di estrazione.

#### 2.3.1. Analisi energetiche sulla cuticola

La cuticola dei semi di girasole è costituita da componenti ligno-cellulosiche, più alcune parti residuali della mandorla interna del seme costituita da materiale lipidico. Il prodotto è stato analizzato con le stesse modalità previste per un combustibile solido. Pertanto, sono state prese come riferimento le norme tecniche in materia previste nell'ambito del riferimento normativo UNI EN 14961-1: 2010[3]. In particolare, le analisi mirano a stabilire:

- il contenuto energetico del prodotto: attraverso la misura del contenuto di umidità[4], del potere calorifico superiore[5] e dell'analisi elementare[6];
- le problematiche tecniche determinate dai prodotti residuali della combustione: attraverso la misura del contenuto in ceneri[7] e l'analisi della frazione inorganica[8].

Infine, per determinare la frazione lipidica il prodotto è stato sottoposto ad estrazione in soxhlet con esano.

#### 2.3.1. Analisi nutrizionali sul pannello

Per poter esprimere un giudizio sul possibile impiego del pannello in ambito zootecnico sulla cuticola sono state condotte una serie di misure di parametri caratteristici del settore della mangimistica. In particolare, mediante il supporto del Laboratorio della Sezione Genetica Agraria e Produzioni Animali del Dipartimento SAIFET, sono state condotte le analisi per determinare la fibra grezza, la proteina grezza, l'estratto etereo e le ceneri. Inoltre, si è ritenuto interessante effettuare il test di conservabilità misurando il numero dei perossidi a distanza di 7, 14, 21 giorni dall'estrazione.

### 3. Risultati

#### 3.1. Risultati della fase di decorticazione

I risultati ottenuti in fase di decorticazione dimostrano che la cuticola contribuisce in misura importante sulla massa totale del seme. In particolare, lavorando 300 kg di prodotto nella decorticatrice sono stati ottenuti circa 100 kg di cuticola e la rimanente parte in seme decorticato. Ciò significa che nei bilanci di massa di questa filiera, che considerano come prodotto di partenza il seme integro, occorre considerare che circa il 30% della massa iniziale verrà destinata alla produzione di cuticola ed il 70% circa come seme da sottoporre all'estrazione meccanica.

#### 3.2. Risultati della fase di estrazione meccanica

I risultati in questa fase del lavoro hanno messo in evidenza come la pressione e la temperatura incidono sulle prestazioni operative della pressa. Cominciando ad illustrare gli effetti di questi parametri sulla produttività si evince che l'aumento della temperatura tende a far aumentare la massa di seme lavorata nel tempo dalla pressa (Figure 3, 4, 5). La produttività, invece, tende a ridursi con l'aumento della pressione prodotta dall'utilizzo di un estrusore o bussola a diametro inferiore. In termini generali, gli effetti della temperatura si evidenziano con le pressioni elevate (bussola da 13 mm). In queste condizioni si osserva un aumento della produttività di oltre il 25% passando da 77° C a 107° C che si riduce a poco più del 10% con la bussola da 17 mm passando da temperature di estrazione di 70° C fino a 100° C. Tuttavia, con la bussola da 17 mm la produttività in assoluto è decisamente superiore. Prendendo a riferimento i valori in corrispondenza delle T1 e T3 e considerando le due bussole estreme (da 13 e 17 mm) le differenze di produttività possono variare tra il 30% ed il 60%.

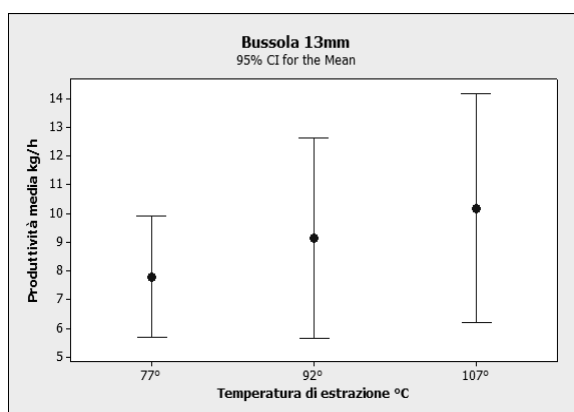


Figura 3 - Produttività della pressa con la bussola da 13 mm a tre diversi livelli di temperatura.

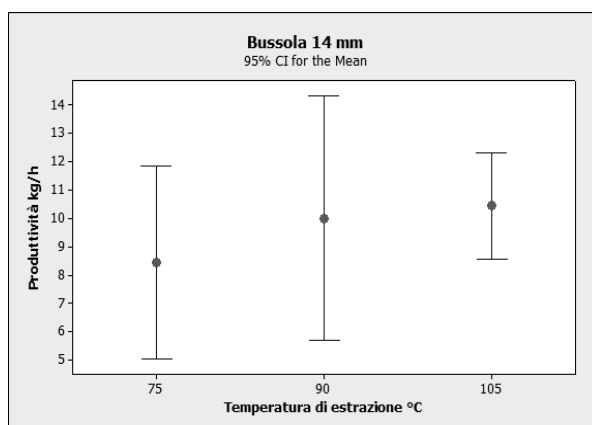


Figura 4 - Produttività della pressa con la bussola da 14 mm a tre diversi livelli di temperatura.

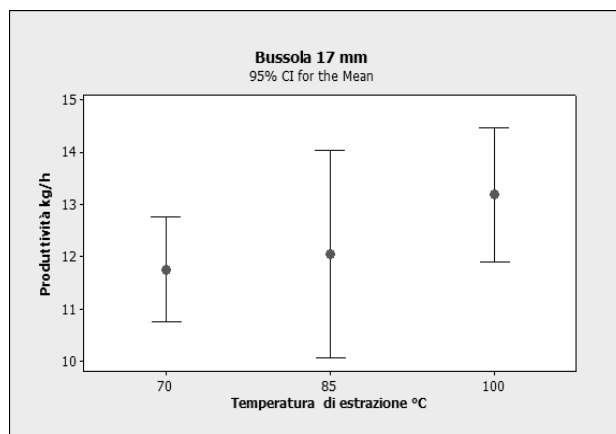


Figura 5 - Produttività della pressa con la bussola da 17 mm a tre diversi livelli di temperatura.

Per sintetizzare, i risultati evidenziano valori di produttività che oscillano tra i 7,8 kg/h sino alla migliore prestazione di 13,2 kg/h di seme lavorato. In termini di rese di estrazione invece, i risultati dimostrano che la pressione esercitata dalla pressa ha un effetto limitato sulla capacità estrattiva.

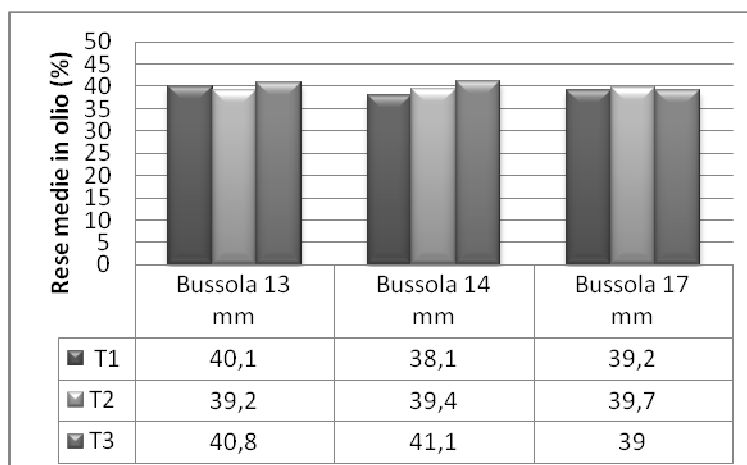


Figura 6 - Resa di estrazione in olio in funzione della temperatura e della pressione.

In linea di massima, la bussola da 13 mm (Figura 6) porta ad ottenere rese in olio mediamente maggiori rispetto alle altre. Tuttavia, l'aumento di resa ottenuto rispetto è di appena del 2% tra le condizioni più estreme.

### 3.3. Risultati della caratterizzazione dei prodotti

#### 3.3.1. Caratterizzazione energetica della cuticola

In tabella 1 vengono riportati i risultati delle analisi relative alla caratterizzazione della cuticola (umidità del campione tal quale 8,5 %). E' interessante osservare il basso contenuto in ceneri (appena del 2% su sostanza secca) e l'elevato potere calorifico. Su questo parametro, probabilmente, incide in parte la presenza di frazione lipidica (circa il 9%) rimasta residua nella fase di decorticazione. Questa frazione, tuttavia, potrebbe essere responsabile anche dell'elevato contenuto di azoto che in combustione contribuisce alla formazione di ossidi nelle emissioni. Per quanto riguarda invece la composizione della frazione inorganica, l'elevata presenza di calcio e magnesio dovrebbe garantire un positivo comportamento alla fusibilità delle ceneri. E' stato visto come tali elementi tendano infatti a aumentare il punto di fusione di questa matrice riducendo significativamente le problematiche legate a questo fenomeno.[9]

Tabella 1 - Risultati delle analisi di laboratorio effettuate sulla cuticola.

PARAMETRO	VALORE
<b>Analisi riferita al campione secco</b>	
<sup>(*)</sup> Ceneri (%)	2,0
<sup>(*)</sup> Potere calorifico superiore (kcal/kg)	5114
<sup>(*)</sup> Potere calorifico superiore (kJ/kg)	21409
<sup>(*)</sup> Carbonio (%)	56
<sup>(*)</sup> Idrogeno (%)	6,5
<sup>(*)</sup> Azoto (%)	1,3
<sup>(*)</sup> Zolfo (%)	0,1
<sup>(*)</sup> Ossigeno (%)	34,2
<sup>(*)</sup> Cloro (%)	0,1
<sup>(*)</sup> Volatili (%)	78,3
<sup>(*)</sup> Carbonio fisso (%)	19,7
<sup>(**)</sup> Al (%)	0,2
<sup>(**)</sup> Ca (%)	9,0
<sup>(**)</sup> Fe (%)	0,3
<sup>(**)</sup> Mg (%)	4,4
<sup>(**)</sup> Na (%)	0,5
<sup>(**)</sup> P (%)	6,3
<sup>(**)</sup> Si (%)	1,2
<sup>(**)</sup> Ti (%)	<0,1
<sup>(**)</sup> K (%)	28,6

(\*) Concentrazioni riferite al campione secco.

(\*\*) Concentrazioni riferite su ceneri anidre.

### 3.3.2. Valutazione nutrizionale del pannello decorticato

Le analisi di laboratorio eseguite sul pannello grasso hanno permesso di inquadrare tale prodotto nell'ambito dell'alimentazione zootecnica e della formulazione mangimistica.

Nella tabella seguente (Tabella 2) sono riportati i risultati di tali analisi:

Tabella 2 -Composizione chimica del pannello di girasole decorticato e di soia (Fonte:CTI)[10].

PARAMETRO	VALORI MEDI RIFERITI AL PANNELLO DI SOIA	VALORI MEDI RIFERITI AL PANNELLO DECORTICATO
<b>Proteina grezza (% ss)</b>	48,0	47,9
<b>Estratto etero (% ss)</b>	5,5	19,2
<b>Ceneri (% ss)</b>	6,5	6,6
<b>Fibra grezza (% ss)</b>	7,0	9,4

Complessivamente i dati evidenziano caratteristiche qualitative di un prodotto simile al pannello di soia, alimento molto impiegato in ambito zootecnico. L'unico parametro per il quale il pannello di girasole decorticato si discosta da quello di soia è il più elevato contenuto in grasso che però non incide negativamente sulla qualità del prodotto.

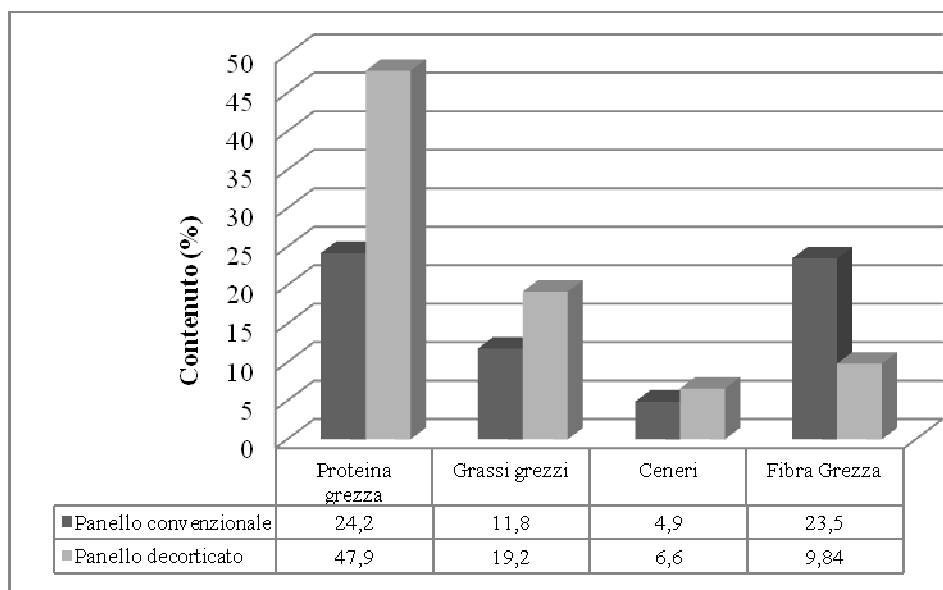


Figura 7 - Confronto nutrizionale tra pannello decorticato e non decorticato.

Inoltre in considerazione dei test di ossidazione effettuati sul pannello a distanza di 7,14, 21 giorni dall'estrazione si può affermare che il prodotto non ha subito alcuna alterazione di tipo ossidativo.

#### 4. Conclusioni

I risultati ottenuti in questo studio rappresentano un valido contributo alla conoscenza delle potenzialità del girasole decorticato come prodotto da destinare alla produzione di olio vegetale grezzo, di cuticola e di pannello come prodotti da valorizzare mediante utilizzi energetico (olio e cuticola) alimentare (olio e pannello). Dal lavoro emerge come la resa su pannello decorticato è di circa il 40%. Pertanto, considerando l'intera filiera, a partire dalla massa di seme integro e al suo contenuto in olio (nel caso di questo lavoro pari al 49%), la resa complessiva in olio è del 28 %.

I test di estrazione meccanica con decorticato, a differenza del seme integro[11], hanno messo in evidenza rese di processo piuttosto stabili e non particolarmente dipendenti dalla temperatura e dalla pressione di processo; viceversa, tali parametri hanno inciso in misura importante sulla produttività oraria delle macchine. Infatti, modificando le condizioni di estrazione (aumento della temperatura e pressione) sono stati registrati incrementi di produttività sino al 60%. La caratterizzazione della cuticola, separata dal seme integro, ha messo in luce interessanti aspetti considerando tale prodotto in un'ottica di impiego energetico come biocombustibile solido. Soprattutto il limitato contenuto in ceneri, confrontabile con quello di un cippato di legno di media qualità, rappresenta un elemento importante per questo tipo di impiego. A questo si aggiunge un'ottima qualità energetica in virtù dell'elevato potere calorifico e del basso contenuto di umidità del prodotto (inferiore al 10%). Tuttavia, rimane il problema, tipico di alcuni agri-residui, di possedere un contenuto di azoto su valori potenzialmente critici per la produzione di ossidi di azoto nelle emissioni di combustione. Infine, sono mantenute le attese sulle caratteristiche del pannello grasso, ipotizzato come valido sostituto della soia visto il suo ridotto contenuto in fibra grezza e l'elevato valore proteico. Il prodotto ottenuto dalla sperimentazione in forma pellettizzata sembra anche presentare una buona conservabilità nonostante la materia grassa in esso presente.

### **Bibliografia**

- [1] *G. Riva, E. Foppa Pedretti, G. Toscano. Dalle filiere alle bioraffinerie per migliorare la sostenibilità della produzione di energia da biomassa*, IX Convegno Nazionale AIIA 2009 – Ricerca e innovazione nell'ingegneria dei biosistemi agro-territoriali, Ischia Porto, settembre 2009
- [2] *Autori Vari, Filiere biocombustibili dal girasole. Filiere locali per la produzione di energia elettrica da girasole*, Edito da ASSAM, 2006, pag. 2-57,
- [3] UNI EN 14961-1:2010 Biocombustibili solidi - Specifiche e classificazione del combustibile - Parte 1: Requisiti generali
- [4] UNI EN 14774-1:2009 Biocombustibili solidi - Determinazione dell'umidità - Metodo di essiccazione in stufa - Parte 1: Umidità totale - Metodo di riferimento
- [5] UNI EN 14918:2010 Biocombustibili solidi - Determinazione del potere calorifico
- [6] UNI CEN/TS 15104:2005 Biocombustibili solidi - Determinazione del contenuto totale di carbonio, idrogeno e azoto - Metodi strumentali  
UNI CEN/TS 15289:2006 Biocombustibili solidi - Determinazione del contenuto totale di zolfo e di cloro
- [7] UNI EN 14775:2010 Biocombustibili solidi - Determinazione del contenuto di ceneri
- [8] UNI CEN/TS 15290:2006 Biocombustibili solidi - Determinazione dei macroelementi
- [9] *Toscano, F. Corinaldesi. Ash fusibility characteristics of some biomass feedstocks and examination of the effect of inorganic additives*, Journal of Agricultural Engineering, n.2, pag 13 – 20, giugno 2010, Edizioni ETS, Pisa
- [10] <http://www.cti2000.it>, consultato il 20/12/2010
- [11] *Toscano, F. Ciaschini, C. De Carolis. Aspetti tecnici ed economici della estrazione meccanica dell'olio di girasole a scopi energetici*, Convegno Nazionale di Ingegneria Agraria - L'ingegneria agraria per lo sviluppo sostenibile dell'area mediterranea, Catania, 27-30 giugno 2005