

PROGETTO SOUL: Valorizzazione degli scarti di sorgo



Convegno Finale progetto SOUL

Relatori: Ciccoritti R. Amoriello T.

Con il contributo di: Ciorba R.,
Mellara F., Ceccarelli D., Amoriello
M., Taddei, F.

Innovazione nella filiera del
Sorgo ad **U**so alimentare nel **L**azio:
sostenibilità, coltivazione, trasformazione e
recupero funzionale degli scarti di trasformazione

SOUL



Il CREA e le aziende agrarie e di trasformazione al lavoro insieme
per sviluppare una filiera del sorgo ad uso alimentare 'Food grade'

Studio della
filiera produttiva

**Individuazione
delle matrici di
scarto**

Valutazione dei
prodotti di scarto

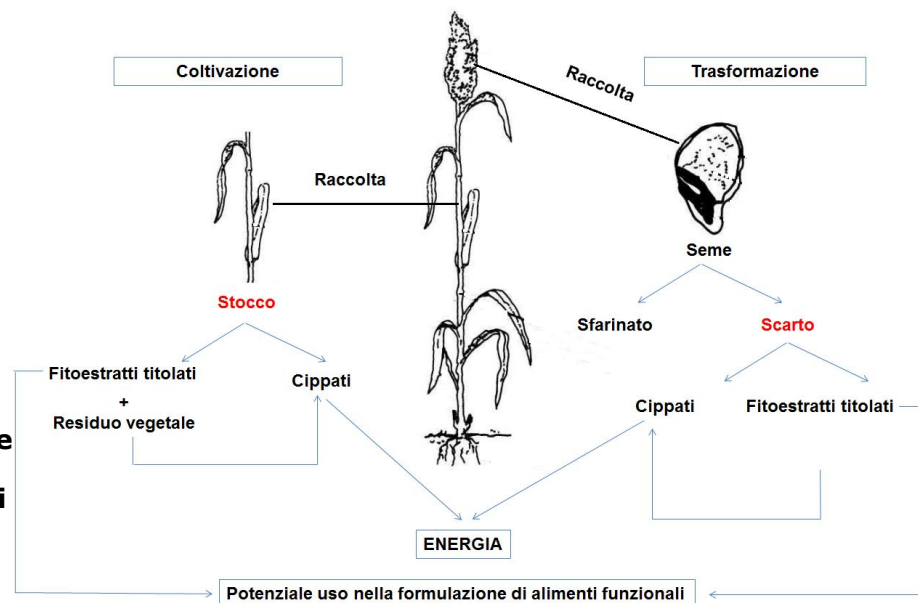
**Caratterizzazione
chimico fisica e
individuazione di
molecole ad alto
valore**

Green extraction

**Ottimizzazione
del processo
estrattivo**

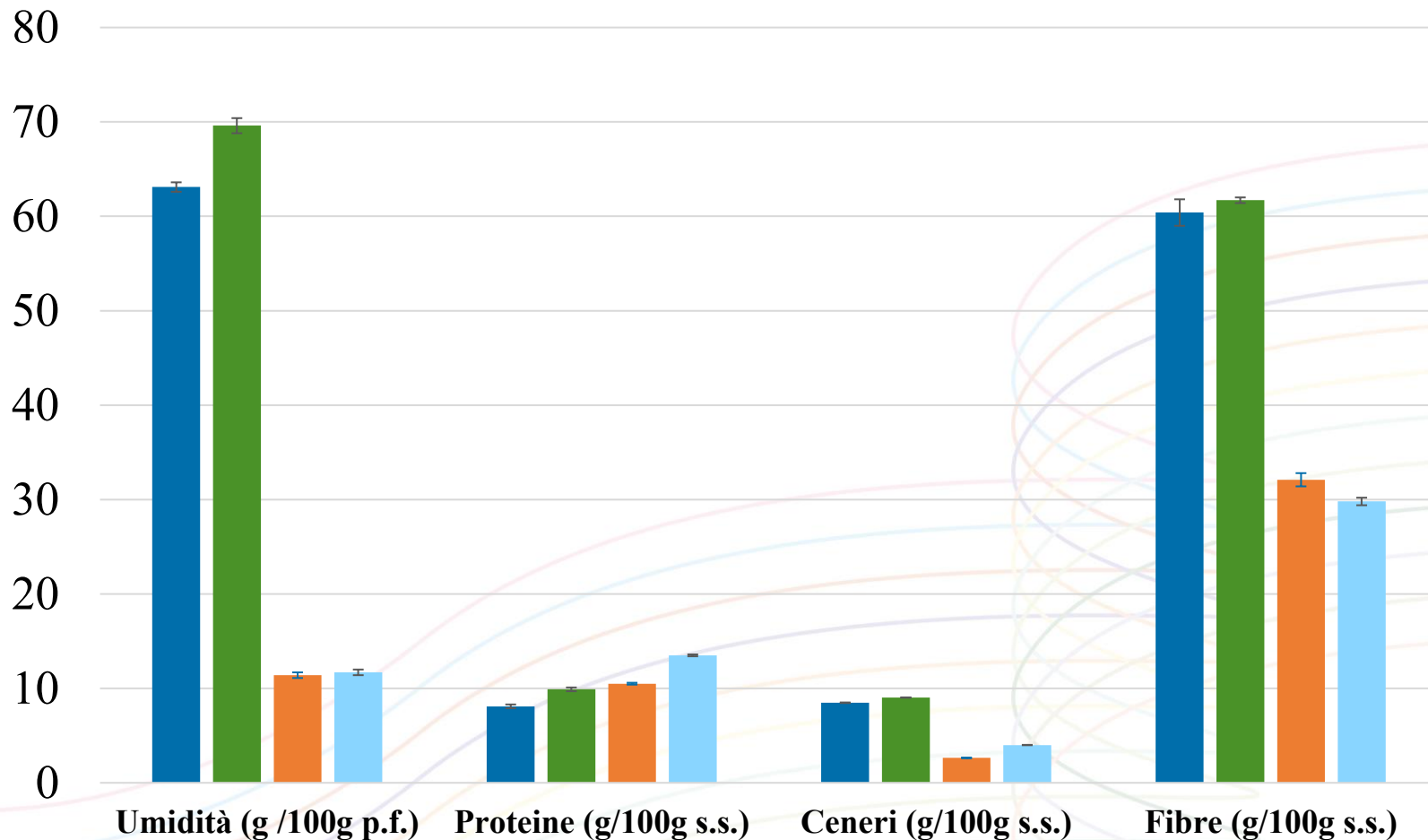
Caratterizzazione
ed utilizzo
dell'estratto

**Sviluppo
alimenti
funzionali**



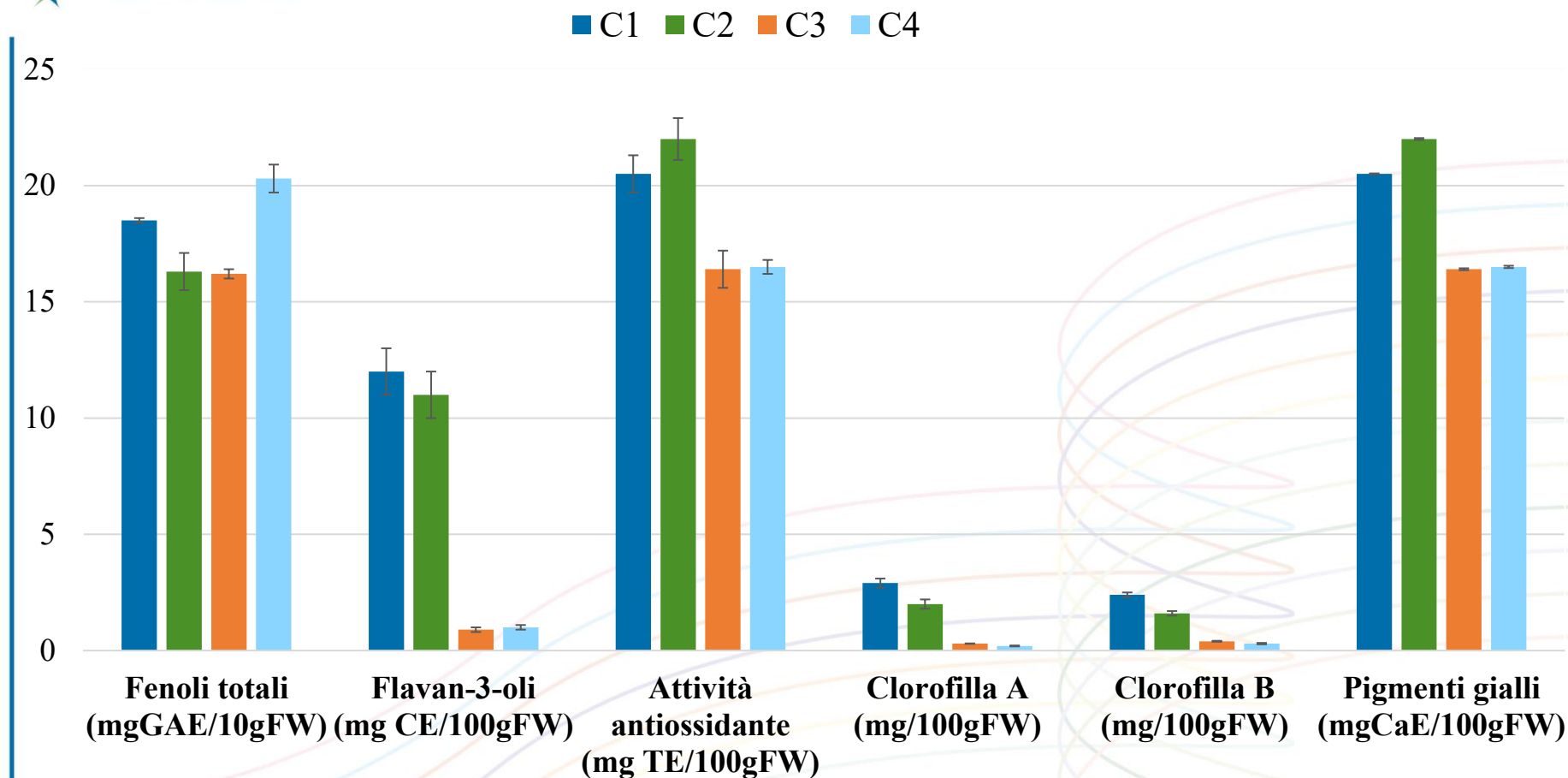
| Matrice vegetale | Tipo di coltivazione | Campione | Destinazione d'uso |
|--|----------------------|----------|--|
| Stocco | Biologica | C1 | Estrazione di composti bioattivi e Produzione di pellet e biochar/pirolisi |
| Stocco | Integrata | C2 | Estrazione di composti bioattivi e Produzione di pellet e biochar/pirolisi |
| Frazioni cruscali della decorticazione | Integrata | C3 | Estrazione di composti bioattivi |
| Frazioni cruscali della decorticazione | Biologica | C4 | Estrazione di composti bioattivi |

■ C1 ■ C2 ■ C3 ■ C4



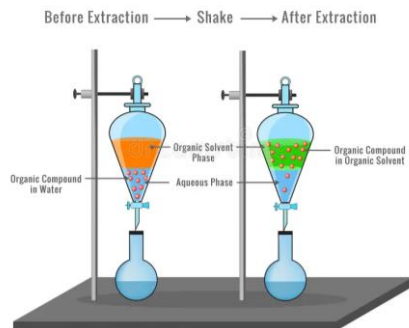
C1: Stocco coltivazione biologica; **C2:** Stocco coltivazione integrata;

C3: Frazione cruscale coltivazione biologica; **C4:** Frazione cruscale coltivazione integrata

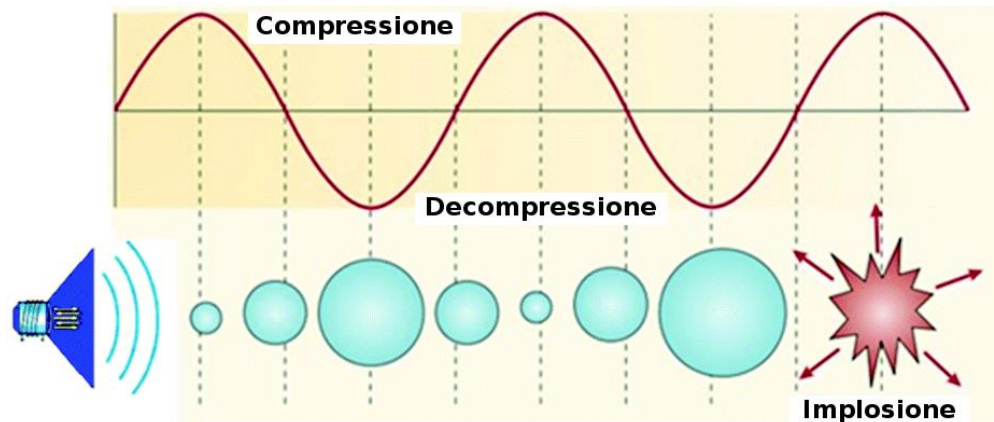


C1: Stocco coltivazione biologica; **C2:** Stocco coltivazione integrata;
C3: Frazione cruscale coltivazione biologica; **C4:** Frazione cruscale coltivazione integrata

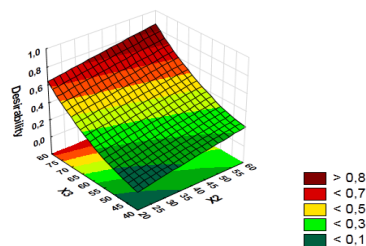
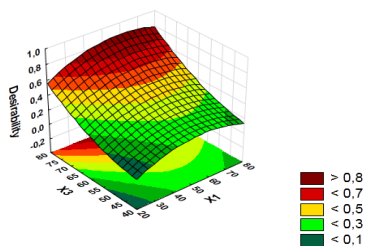
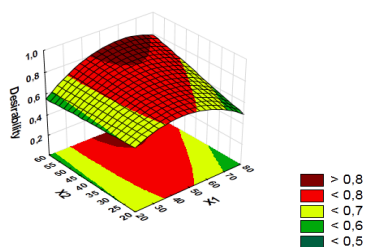
Estrazione convenzionale



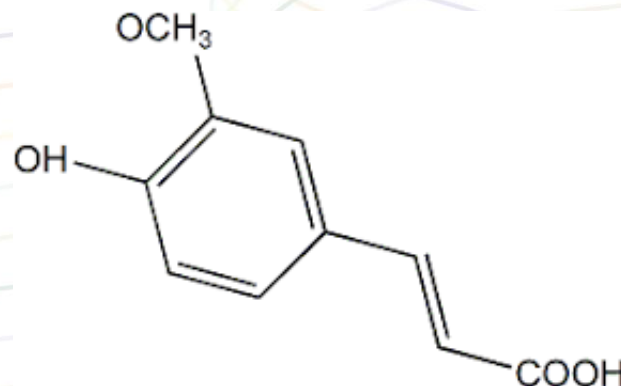
Estrazione assistita da ultrasuoni



Ottimizzazione parametri



Estratto ricco in fenoli



Response Surface Methodology (RSM)

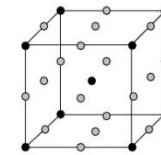
Definizione dell'esperimento (variabili risposta, fattori, livelli dei fattori)

Scelta del disegno

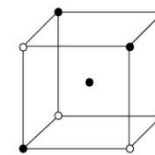
Misurazione della risposta per ogni run

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i X_i + \sum_{i=1}^n \beta_{ii} X_{ii}^2 + \sum_{i,j,1 \leq i < j} \beta_{ij} X_i X_j + e_i$$

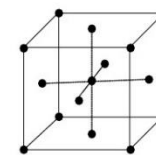
Verifica della bontà del modello ed ottimizzazione



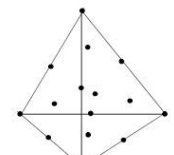
Full factorial



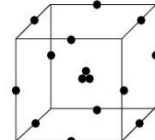
Fractional factorial



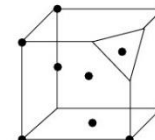
Central Composite



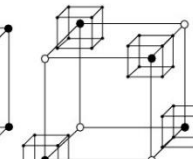
Mixture



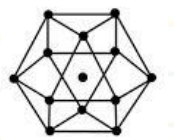
Box Behnken



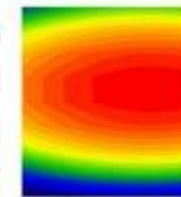
D-optimal



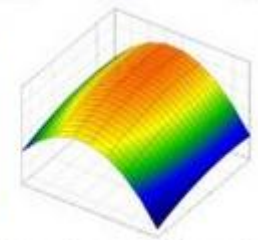
Taguchi



Doehlert



Contour plot



Response surface plot

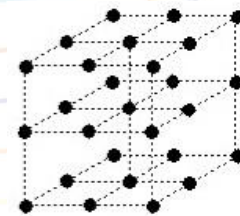
- Studiare le potenzialità dell'*ultrasound-assisted extraction* (UAE) come tecnica di estrazione verde per il recupero di composti bioattivi dagli scarti di sorgo;
- Studiare l'influenza e gli effetti combinati dei principali parametri di processo sulla resa totale di polifenoli e sull'attività antiossidante;
- Utilizzare l'estratto ottimizzato per la produzione di pane funzionale,

Box Behnken design

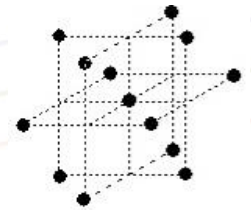


Fattori:

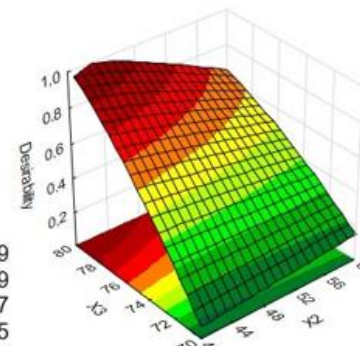
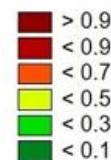
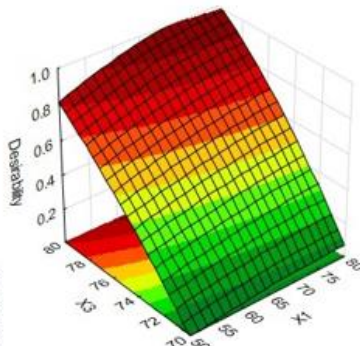
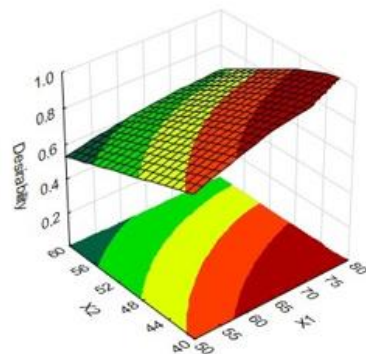
- X1: composizione del solvente (miscela etanolo/acqua): etanolo al 50, 65, 80 %
- X2: tempo di estrazione (40, 50, 60 min)
- X3: temperatura di estrazione (40, 50, 60 °C)



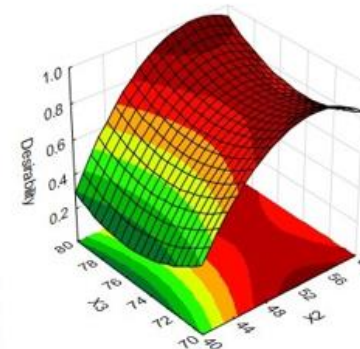
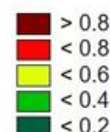
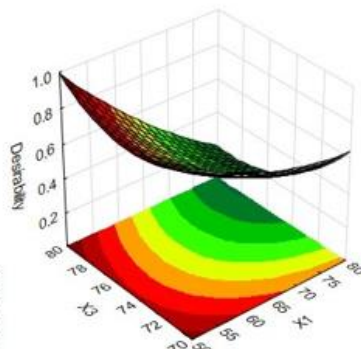
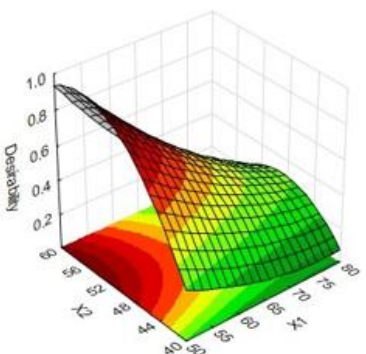
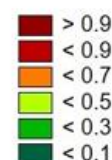
Full factorial design
27 run



Box Behnken design
13 run



C1 - TPC



C1 - AA



X1: composizione del solvente (etanolo al 50, 65, 80 %)

X2: tempo di estrazione (40, 50, 60 min)

X3: temperatura di estrazione (40, 50, 60 °C)

| | | X1 (%) | X2 (min) | X3 (°C) |
|----|-----|--------|----------|---------|
| C1 | TPC | 80,0 | 40 | 80,0 |
| | AA | 50,0 | 55 | 80,0 |
| C2 | TPC | 65,0 | 60 | 80,0 |
| | AA | 57,5 | 40 | 80,0 |
| C3 | TPC | 80,0 | 40 | 77,5 |
| | AA | 65,0 | 40 | 70,0 |
| C4 | TPC | 80,0 | 40 | 80,0 |
| | AA | 80,0 | 50 | 77,5 |

X1: composizione del solvente (etanolo al 50, 65, 80 %)

X2: tempo di estrazione (40, 50, 60 min)

X3: temperatura di estrazione (40, 50, 60 °C)

TPC: contenuto in polifenoli totali

AA: attività antiossidante

| | Metodo estrazione | Fenoli totali (mg GAE 100 g ⁻¹ FW) | Flavan-3-oli (mg CE 100 g ⁻¹ FW) | Clorofilla A (μg 100 g ⁻¹ FW) | Clorofilla B (μg 100 g ⁻¹ FW) | Pigmenti gialli (mg 100 g ⁻¹ FW) | Attività antiossidante (mg 100 g ⁻¹ TE FW) |
|-----------|-------------------|--|--|---|---|--|--|
| C1 | Tradizionale | 185±1 b | 12±1 b | 2882±210 b | 2493±120 b | 2,00±0,02 b | 20,5±0,8 b |
| | UAE | 382±3 a | 20±2 a | 3514±62 a | 2899±42 a | 6,8±0,3 a | 26,0±0,4 a |
| C2 | Tradizionale | 163±8 b | 11±1 b | 2012±154 b | 1600±85 b | 1,60±0,04 b | 22,0±1,0 b |
| | UAE | 270±2 a | 18±2 a | 3510±150 a | 2642±165 a | 5,8±0,4 a | 26,6±0,3 a |
| C3 | Tradizionale | 203±2 b | 1,0±0,1 b | 222±12 b | 339±22 b | 1,78±0,04 b | 16,5±0,8 b |
| | UAE | 295±3 a | 1,6±0,2 a | 459±25 a | 606±46 a | 1,92±0,03 a | 26,1±0,2 a |
| C4 | Tradizionale | 162±6 b | 0,9±0,1 b | 323±15 b | 425±31 b | 2,00±0,05 b | 16,4±0,3 b |
| | UAE | 241±2 a | 1,5±0,2 a | 545±19 a | 778±55 a | 2,28±0,09 a | 27,1±0,3 a |

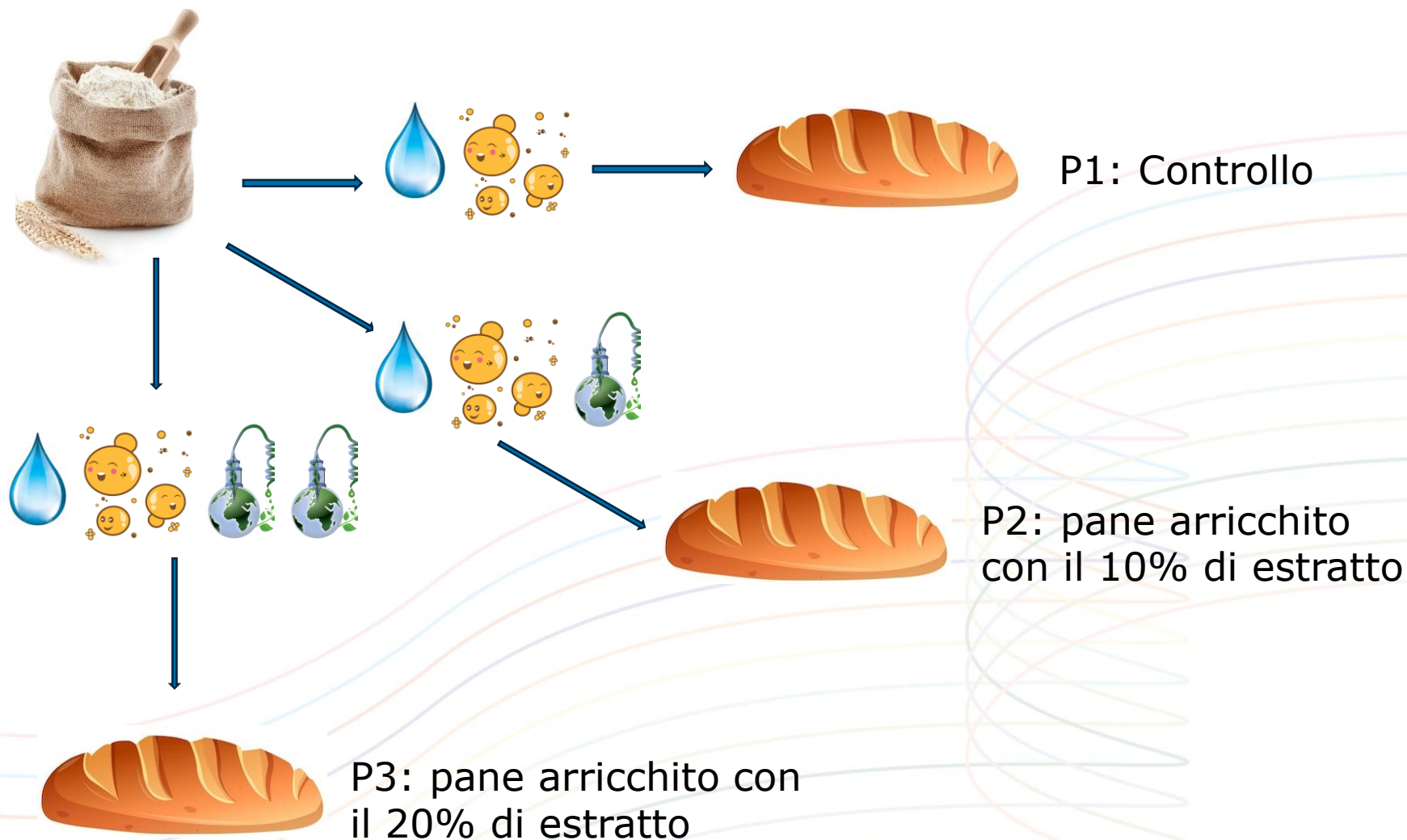
C1: Stocco coltivazione biologica; **C2:** Stocco coltivazione integrata;
C3: Frazione cruscale coltivazione biologica; **C4:** Frazione cruscale coltivazione integrata

Confronto tra gli acidi fenolici ottenuti con l'estrazione assistita ad ultrasuoni (UAE) ed quelli ottenuti con il metodo tradizionale

| | Metodo estrazione | Acido gallico (µg/ml) | Acido vanillico (µg/ml) | Acido 4-cumarico (µg/ml) | Acido ferulico (µg/ml) | Acido caffeico (µg/ml) | Acido siringico (µg/ml) | Acido 3 cumarico (µg/ml) | Acido sinapico (µg/ml) |
|-----------|-------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| C1 | UAE | 14,6±0,9 a | 1,72±0,08 a | 3,9±0,3 a | 3,1±0,1 a | - | - | - | - |
| | Tradizionale | tr | tr | 0,17±0,02 b | 0,52±0,03 b | - | - | - | - |
| C2 | UAE | 19,0±1,5 a | 1,05±0,01 a | 4,1±0,8 a | 3,9±0,2 a | - | - | - | - |
| | Tradizionale | tr | tr | 0,14±0,03 b | 0,59±0,05 b | - | - | - | - |
| C3 | UAE | - | 0,10±0,01 b | 0,48±0,02 a | 0,41±0,06 a | 1,84±0,07 a | 0,72±0,04 a | 0,64±0,03 a | 0,10±0,04 a |
| | Tradizionale | - | 0,20±0,06 a | 0,47±0,06 a | 0,24±0,05 b | 1,67±0,04 b | tr | 0,12±0,03 b | 0,18±0,05 a |
| C4 | UAE | - | 0,20±0,07 a | 0,30±0,05 a | 0,6±0,1 a | 2,38±0,01 a | 0,70±0,10 a | 0,97±0,01 a | 0,10±0,02 a |
| | Tradizionale | - | 0,21±0,08 a | 0,41±0,02 a | 0,3±0,1 b | 2,01±0,09 b | 0,10±0,01 b | tr | tr |

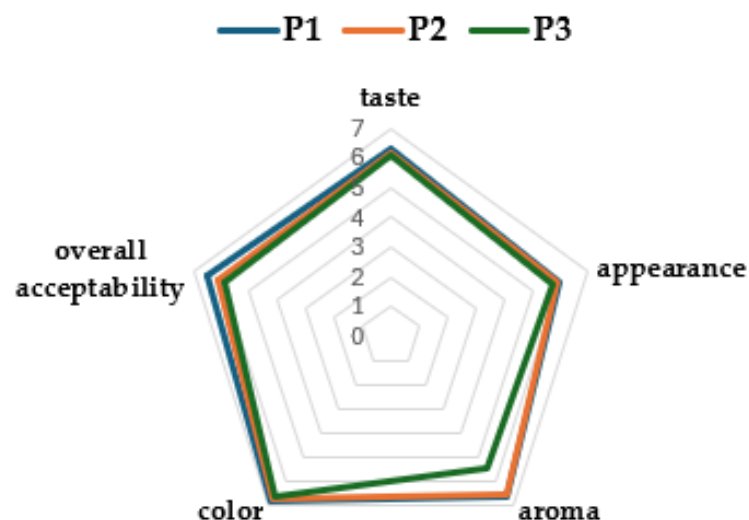
C1: Stocco coltivazione biologica; **C2:** Stocco coltivazione integrata;

C3: Frazione cruscale coltivazione biologica; **C4:** Frazione cruscale coltivazione integrata



L'arricchimento del pane con l'estratto ottimizzato:

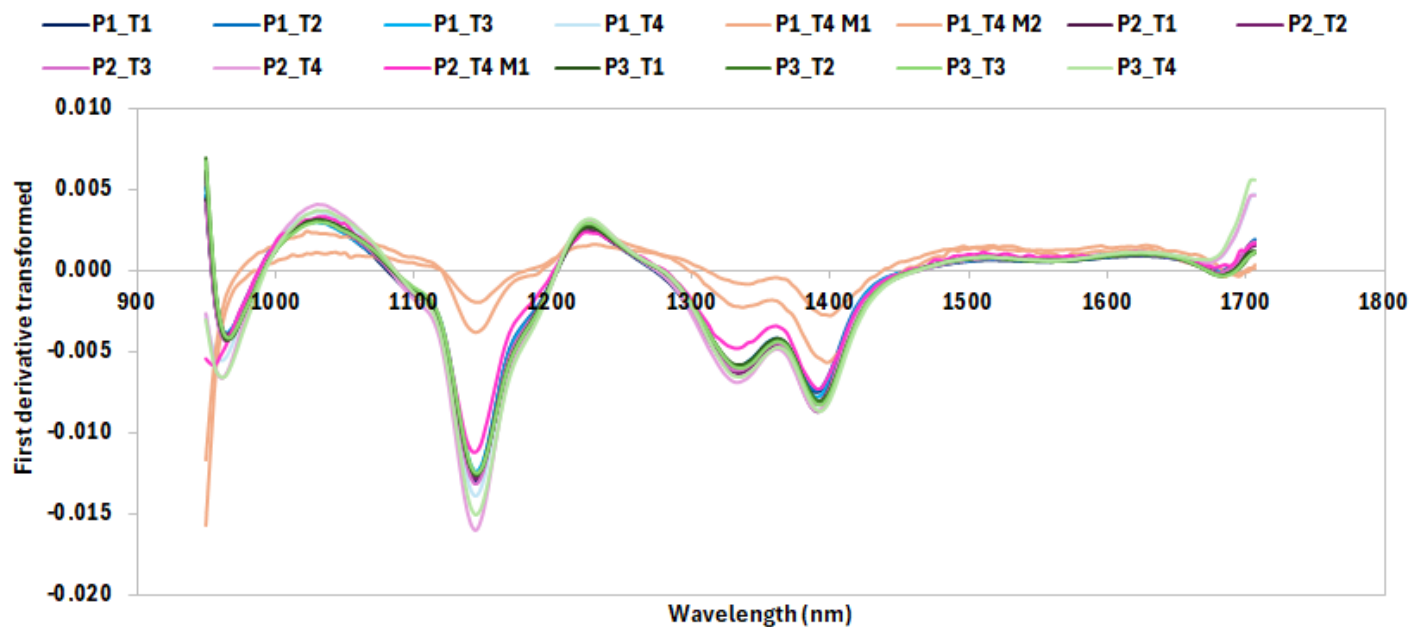
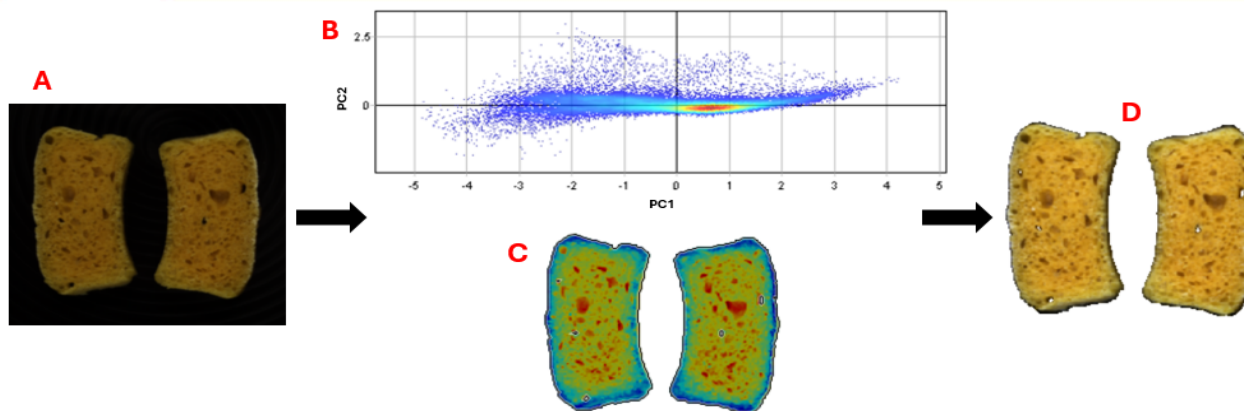
- non ha influenzato le proprietà organolettiche del prodotto finale;
- ha permesso di migliorare le caratteristiche nutrizionali del pane;
- ha influenzato positivamente la shelf-life del prodotto.



| Pane | TPC (mg GAE 100 g ⁻¹ FW) | ΔTPC (%) | AA (mg 100 g ⁻¹ TE FW) | ΔAA (%) |
|------|--|----------|--------------------------------------|---------|
| P1 | 23,6±0,9 c | | 3,90±0,09 c | |
| P2 | 27,2±0,6 b | +15 | 4,40±0,12 b | +13 |
| P3 | 30,0±0,8 a | +27 | 7,00±0,10 a | +79 |

P1: controllo; **P2:** 10% di estratto ; **P3:** 20% di estratto

Shelf-life del pane



P1: controllo; **P2:** 10% di estratto; **P3:** 20% di estratto
T1= 2 gg; T2= 3 gg; T3= 4 gg; T4= 7 gg

Il pane arricchito con il 20% di estratto ha preservato le caratteristiche chimico fisiche anche dopo 7 giorni di conservazione.

Denominazione del soggetto capofila: CREA

Codice della domanda di sostegno: 24250028545

Titolo del progetto: Innovazione nella filiera del SOrgo ad Uso alimentare nel Lazio: sostenibilità, coltivazione, trasformazione e recupero funzionale degli scarti di trasformazione.

Acronimo: SOUL

Denominazione di tutti i partner: Azienda Agricola Bertacco, Cooperativa Agricola Co.raggio, Azienda Agricola Carlo Gazzetti, Pandali, Birrificio Eternal City Brewing (ECB), Azienda Agricola Monti Simbruini, Cooperativa Agricola La Sonnina, Azienda Agricola Quercia Madre, Molino Pesoli.

Indice

PREFAZIONE

1 INTRODUZIONE

1.1 Il sorgo

1.1.1 Caratteristiche botaniche e agronomiche del sorgo

1.1.2 Composizione chimica della cariosside del sorgo

1.1.2.1 Carboidrati

1.1.2.2 Proteine

1.1.2.3 Minerali e vitamine

1.1.2.4 Metaboliti Secondari

1.1.3 Effetti della scelta del genotipo, della conduzione agronomica e dell'ambiente di coltivazione sulle caratteristiche della specie

1.2 Scarti e sottoprodotti della filiera

1.2.1 Lo stocco

1.2.2 Gli scarti del processo di trasformazione

1.2.3 L'economia circolare e il riutilizzo degli scarti della filiera del sorgo

1.3 Produzione di energia: cippatura, pirolisi e produzione di biochar e syngas

1.3.1 La cippatura

1.3.2 La pirolisi

1.3.3 La pellettizzazione

1.4 Metodi di estrazione chimica

1.4.1 Metodi di estrazione tradizionali

1.4.2 Metodi di estrazione innovativi: la green chemistry

1.4.2.1 Estrazione assistita agli ultrasuoni

2 CARATTERIZZAZIONE DEGLI SCARTI E SOTTOPRODOTTI DI PRODUZIONE

2.1 Materiale di scarto e loro processamento

2.1.1 Dal campo

2.1.2 Dalla trasformazione

2.2 Caratterizzazione biochimica degli scarti

2.2.1 Metaboliti primari

2.2.2 Metaboliti secondari

3 BIOCHAR E PELLET

3.1 Produzione di biochar mediante fomello pirolitico

3.2 Produzione di pellet per uso zootecnico (mangimi) o energetico

3.2.1 Produzione di pellet: Il sistema di pellettizzazione utilizzato presso il CREA-IT

3.3 Il biochar ottenuto

3.4 Il pellet ottenuto

4 OTTIMIZZAZIONE DEL PROCESSO DI ESTRAZIONE AD ULTRASUONI DI COMPOSTI FENOLICI

4.1 La metodologia di estrazione

4.1.1 Estrazione assistita mediante ultrasuoni (UAE)

4.1.2 La metodologia della superficie di risposta

4.1.3 Il disegno sperimentale

4.1.4 La determinazione del contenuto di polifenoli e l'attività antiossidante

4.2 Estrazione agli ultrasuoni: risultati

4.4 Ottimizzazione dei parametri di processo

4.5 Verifica dell'efficienza di estrazione

5 CONCLUSIONI

6 BIBLIOGRAFIA

Valorizzazione degli scarti della filiera del sorgo Linee guida: la gestione dei sottoprodotti di campo e di trasformazione

Innovazione nella filiera del
SOrgo ad Uso alimentare nel Lazio:
sostenibilità, coltivazione, trasformazione e
recupero funzionale degli scarti di trasformazione

SOUL

Coltivazione

Trasformazione

Valorizzazione scarti
di produzione

crea
Consiglio per la ricerca in agricoltura
e l'analisi dell'economia agraria

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



PROGETTO SOUL: LA TRASFORMAZIONE



Innovazione nella filiera del
Sorgo ad **U**so alimentare nel **L**azio:
sostenibilità, coltivazione, trasformazione e
recupero funzionale degli scarti di trasformazione

SOUL



Il CREA e le aziende agrarie e di trasformazione al lavoro insieme
per sviluppare una filiera del sorgo ad uso alimentare 'Food grade'

Recupero degli stocchi di Sorgo:

*«produzione di biochar e
pellets per uso energetico e
zootecnico»*

CREA-IT (*Centro di ricerca
Ingegneria e Trasformazioni
Agroalimentari*)

gdl: Mauro Pagano, Roberto
Tomasone, Carla Cedrola



PROVA 1-riduzione della dimensione degli stocchi di sorgo



(da campioni freschi)

- **trinciatura degli stocchi di sorgo verdi:**
 - ✓ **Impiego di un biotrituratore con motore elettrico a coltelli** (PROGREEN mod. BIOSILENT PG-2800 EL)
 - ✓ **Potenza 2,2 kW**
 - **Blocco degli organi di taglio**
- ➔ **Difficile Riduzione della dimensione degli stocchi per la successiva fase di raffinazione**



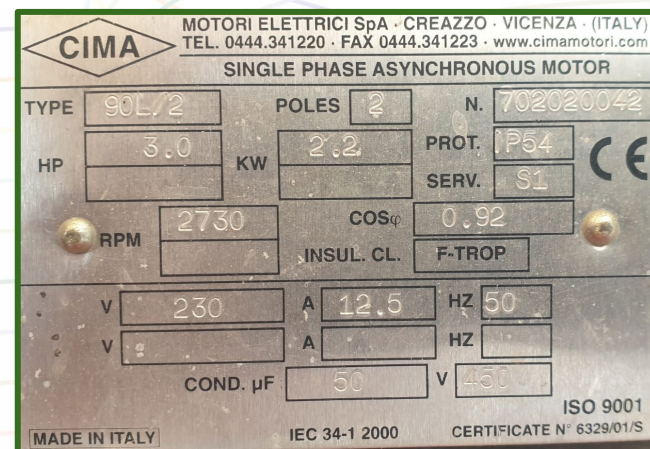


Per favorire la trinciatura ➡ gli stocchi di sorgo freschi sono stati parzialmente **essiccati in ambiente aperto per 72 ore** (presso il CREA-IT di Monterotondo)

Prova 3-Trinciatura degli stocchi di sorgo parzialmente essiccati

per la trinciatura degli stocchi

- ✓ è stato impiegato un diverso tipo di bio-trituratore con differenti organi di taglio (rotore a coltelli basculanti (ZANON mod. BIO 3)
- ✓ **Potenza 2,2 kW**
- ✓ = riduzione ottimale della dimensione degli stocchi per la successiva fase di raffinazione



Prova 4 - ULTERIORE ESSICCAZIONE in stufa degli stocchi di sorgo



Stabilizzazione del campione

- ✓ Gli stocchi di sorgo trinciati sono stati inseriti in stufa ad una temperatura di **105° C** per **72 ore**
- ✓ **Calo umidità (media) = 72%**
(dal campione iniziale)



Prova 5 - RAFFINAZIONE del materiale TRINCIATO con BIO-RAFFINATORE



Griglie di raffinazione inserite nel bio-raffinatore.

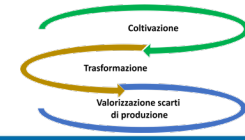


✓ motore elettrico da 3 kW

La raffinazione avviene tramite un rotore a lama singola con 8 martelli dentati flottanti in acciaio temprato. (prod. BIANCO-LINE BL -100)

Prova 6 - Stabilizzazione del materiale (trinciato/raffinato) in stufa ad una

T = 105 ° C per 24 ore



Prova 7- RISULTATI: formazione del PELLETS



La capacità di lavoro teorica è di 40/50 kg ora in funzione del materiale impiegato.



Pellet prodotto:



A) senza aggiunta di panicoli (per uso energetico)

B) con aggiunta di panicoli (max. 2%) (per uso zootecnico)





.....i panicoli di sorgo possono contenere amido (fino al 60-70%); sono stati trattati come gli stocchi; quindi, essiccati in stufa per raggiungere valori di umidità compresi fra il **12-15 %**.

NORMATIVA di RIFERIMENTO :

UNI EN ISO 17225-6 determina le specifiche e la classificazione del pellet non legnoso. La norma si riferisce solo al pellet **non** legnoso ottenuto dalle seguenti materie prime: Biomasse erbacee, quali le piante che possiedono un tronco e che muoiono a fine stagione.

Pannello di stocchi di sorgo trinciati

Il materiale (stocchi di sorgo) è stato trinciato e compresso per formare il pannello ad uso zootecnico (foraggio per alimentazione animale e/o lettiera)



produzione di biochar con impiego di un fornello pirolitico (da laboratorio)

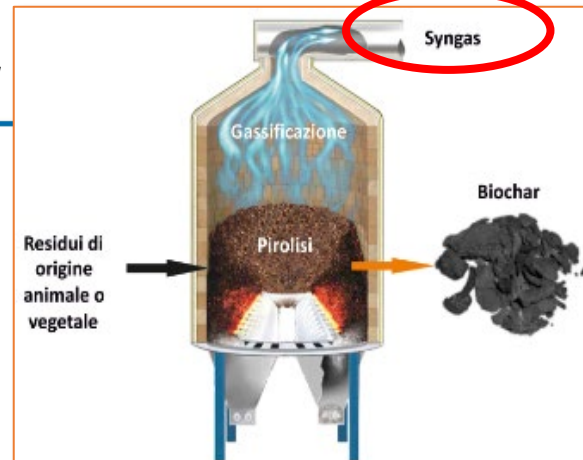


La carbonizzazione (in piccola scala) è stata effettuata utilizzando il reattore pirolitico «**Elsa D17**» (di tipo artigianale brev.: BLUCOMB)



Fornello pirolitico Elsa
D17
BLUCOMB

produzione di biochar



**produzione di biochar da
stocchi di sorgo trinciati
NON raffinati**



**produzione di biochar da
pellets**



AMMENDANTE

per uso agricolo

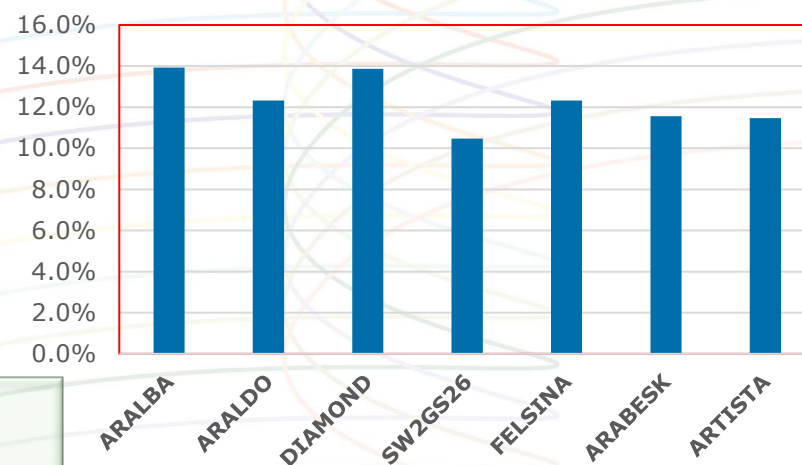
D.M. MiPAAF del 28 giugno 2016

produzione di **Biochar** da pellets e stocchi trinciati

| n.7 VARIETA' | Resa BIOCHAR (val. medi) |
|--------------|--------------------------|
| ARALBA | 13,9% |
| ARALDO | 12,3% |
| DIAMOND | 13,9% |
| SW2GS26 | 10,5% |
| FELSINA | 12,3% |
| ARABESK | 11,6% |
| ARTISTA | 11,5% |

produzione media (%) di **BIOCHAR** = **12,3 %**

Resa in BIOCHAR



produzione media (grammi) di **BIOCHAR**

185,3 g /1500g di stocchi di sorgo essiccati

PROGETTO SOUL: LA TRASFORMAZIONE



Convegno Finale
progetto «**SOUL**»



.... Il Segreto del cambiamento è concentrare tutta la tua energia non
nel combattere il vecchio, ma nel costruire il nuovo.

Socrate

.....Grazie per l'attenzione