



PSR SICILIA 2014-2022. MISURA 1" TRASFERIMENTO DI CONOSCENZE E AZIONI DI INFORMAZIONE".
SOTTOMISURA 1.2 "SOSTEGNO AD ATTIVITÀ DIMOSTRATIVE E AZIONI DI INFORMAZIONE".

IL PROGETTO DIMOSTRATIVO

Valorizzazione a fini agronomici delle trebbie e degli scarti della lavorazione della birra agricola



IL PROGETTO DIMOSTRATIVO
Valorizzazione a fini agronomici delle trebbie
e degli scarti della lavorazione della birra agricola

Giuseppe Greco – Dario D'Angelo

Ente Attuatore

Ente Sviluppo Agricolo

Servizi allo Sviluppo

Progetto finanziato con i fondi del: PSR SICILIA Misura 1

“Trasferimento di conoscenze e azioni di informazione”

Sottomisura 1.2. Sostegno ad attività dimostrative e azioni di informazione

SOPAT 47 Valguarnera (EN)

A cura di Dario D'Angelo e Giuseppe Greco

Servizi allo Sviluppo
Ente Sviluppo Agricolo
PALERMO

Introduzione, obiettivi ed azioni

L'obiettivo generale della proposta è la proposizione di una valorizzazione degli scarti di produzione della birra artigianale nella logica di un maggiore sviluppo dell'economia circolare.

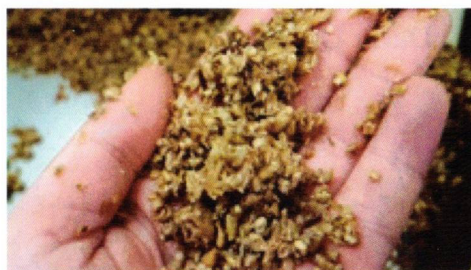
Rendere sostenibili sia economicamente che a livello ambientale e sociale gli sprechi e gli scarti alimentari. È da questa necessità, ormai sempre più all'ordine del giorno, che nasce il progetto sulla valorizzazione delle trebbie di birra.

A livello europeo solo il 30% delle trebbie viene riutilizzato, prevalentemente nel comparto zootecnico.

Gli scarti derivanti dalla birrificazione sono più del 90% delle materie prime, e circa l'85% del totale è rappresentato dalle trebbie di birra: per ogni 100 litri di birra si scartano ben 20 kg di trebbie. È un sistema piuttosto inefficiente, considerando le ingenti quantità di trebbie di birra prodotte annualmente, il loro irrisorio valore di mercato, la consapevolezza relativa alla sostenibilità ambientale dell'orzo e alle sue potenzialità nutrizionali.

Le trebbie si ottengono dal processo iniziale durante il quale il malto d'orzo viene lasciato macerare in acqua calda fino alla completa estrazione degli zuccheri presenti. Al termine del processo il malto esausto viene tolto, generando le trebbie di birra.

Le trebbie sono caratterizzate da un elevato tasso di umidità (fino all'82%) che ne riduce



drasticamente la conservabilità, causando agli agricoltori difficoltà logistiche e di stoccaggio. La produzione spesso supera la domanda di mangime, quindi lo smaltimento grava sulle aziende produttrici e sull'ambiente.

L'essiccazione tradizionale in forno è condotta a $T < 60^{\circ}\text{C}$ per evitare di ottenere aromi indesiderati, tostatura e imbrunimento del prodotto finale. L'85% degli essiccatoi industriali sono di tipo convet-

tivo e comportano quindi un elevato dispendio energetico.

Invero è altresì allo studio una forma di essiccazione verosimilmente più conveniente presso il Campus Bio-Medico di Roma.

Secondo questa ipotesi sperimentale, le trebbie derivate da birre chiare, preventivamente pressate, vengono disidratate mediante essiccatore centrifugo, uno strumento che permette di ridurre i tempi di lavoro, di recuperare l'acqua residua e insieme ottenere un prodotto di ottima qualità organolettica e nutrizionale (la farina di trebbie).

Alternativamente alcuni studi hanno messo a punto di utilizzare gli impianti seguendo due operazioni unitarie in successione: la pressatura con torchio idraulico o membrana filtrante (per ridurre l'umidità del 40%) e l'essiccazione innovativa (per diminuire l'umidità fino al 10-12%). Quest'ultima operazione avviene all'interno di un apposito apparato basato sulla combinazione



di un essiccatore rotativo radiale-centrifugo dentro un impianto di essiccazione a vapore surriscaldato, un sistema a circuito chiuso basato sulla circolazione di un gas essiccamento a 150°C , ideato per ridurre gli sprechi energetici.

I prodotti di questa essiccazione sono rappresentati dalla farina di trebbie. Le trebbie essiccate sono sottoposte a macinazione e setacciatura al fine di produrre uno sfarinato della granulometria desiderata. La farina ottenuta dalle trebbie di birra è un ingrediente innovativo, *eco-friendly*, versatile, ma soprattutto rilevante dal punto di vista nutrizionale. La farina di trebbie può

essere anche ricombinata con altri ingredienti per la realizzazione di snack salati o dolci, per prodotti da forno e della panificazione.

La Sicilia nell'ultimo decennio ha visto un incremento esponenziale dell'interesse verso il comparto brassicolo. Sono sorti, infatti, circa una quarantina di birrifici artigianali. Tra questi circa una decina si sono trasformati in birrifici agricoli per caratterizzare marcatamente il prodotto finale utilizzando le materie prime (orzo e cereali come i grani antichi siciliani) coltivati in Sicilia. L'ESA in questo ambito ha da poco concluso, insieme ad altri partner privati e pubblici, un progetto che tende proprio ad introdurre nella filiera alcune innovazioni. L'acronimo di questo progetto è "Inno.Malto" *Caratterizzazione di un malto tipico siciliano attraverso l'introduzione di metodi di coltivazione e di trasformazione delle materie prime innovative* finanziato dalla Misura 16 – "Cooperazione" - sottomisura 16.1 – "Sostegno per la costituzione e la gestione dei gruppi operativi del PEI in materia di produttività e sostenibilità dell'agricoltura" - del P.S.R. 2014/2022.

Trattandosi quelli descritti in precedenza di protocolli e procedimenti ancora sperimentali il presente progetto dimostrativo prevederà un'essiccazione tradizionale per la trasformazione integrale delle trebbie in farina di trebbie.

Su questa base verranno effettuate tre sessioni pratiche nel laboratorio di tecnologie alimentari del Dipartimento Di3A dell'Università di Catania, già in possesso delle attrezzature tecnologiche occorrenti, con l'utilizzo delle trebbie provenienti da altrettanti noti birrifici artigianali/agricoli per illustrare le tecniche di produzione per il riutilizzo delle trebbie e degli scarti nell'ottica di una più compiuta economia circolare.

L'attività progettuale prevede il coinvolgimento dei 3 birrifici regionali che già hanno collaborato nel progetto "INNO.MALTO" ossia il Birrificio "Paul - Bricius" di Vittoria (RG), "IRIAS" di Torrenova (ME) e "24 Baroni" di Nicosia (EN).

Le attività progettate dal Responsabile di progetto ESA, verranno condotte con l'ausilio di un docente universitario dell'Ateneo di Palermo per quanto riguarda n° 3 edizioni di visita in altrettanti birrifici per una giornata di campagna di 6h, mentre per le attività dimostrative presso il laboratorio dell'Ateneo di Catania ci si avvarrà di un docente dello stesso Ateneo sempre con 3 edizioni di 6h cadauna.

Per ogni edizione si prevede un gruppo di partecipanti di n° 20 unità.

Ente di Sviluppo Agricolo - Servizi allo Sviluppo
Giuseppe Greco - Dario D'Angelo

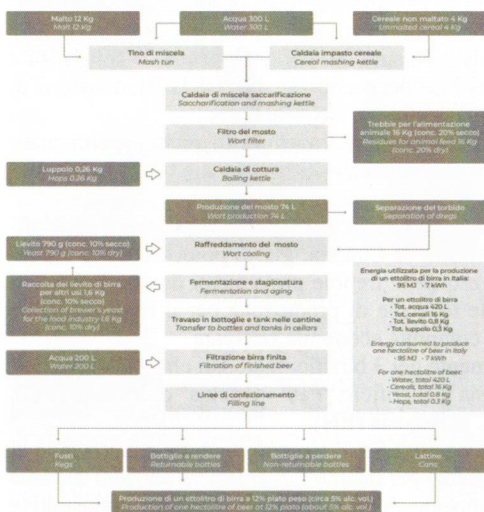
Valorizzazione ai fini agronomici delle trebbie e degli scarti della lavorazione della birra agricola.

A. Todaro, R. Palmeri

Dipartimento di Agricoltura Alimentazione e Ambiente Di3A, Università degli Studi di Catania

1. Introduzione

La produzione di birra è un processo affascinante e complesso che inizia con la lavorazione dei cereali, solitamente orzo, per ottenere il malto. Questo primo passo prevede la germinazione delle cariossidi, che vengono successivamente essiccate al fine di arrestare la crescita delle radichette e sviluppare i sapori e aromi caratteristici. Una volta ottenuto il malto, si procede alla sua macinazione e successivamente, il malto macinato viene mescolato con acqua calda in un processo chiamato "macerazione". Durante questa fase, gli enzimi presenti nel malto convertono gli amidi in zuccheri fermentabili, creando un liquido denso e dolce noto come mosto. A questo punto, si aggiunge il luppolo, che conferisce alla birra il suo aroma e il suo amaro distintivo. Dopo la fase di ebollizione, il mosto viene raffreddato e trasferito in un fermentatore, dove si aggiungono i lieviti. Questi microrganismi iniziano a fermentare gli zuccheri presenti nel mosto, producendo alcol e anidride carbonica. Questo processo di fermentazione può durare da pochi giorni a diverse settimane, a seconda dello stile birrario che si desidera ottenere. Infine, dopo un'ulteriore maturazione e filtrazione, si ottiene il prodotto finale.



L'orzo (*Hordeum vulgare*) è il cereale più importante dopo il frumento, il mais e il riso, ed è utilizzato principalmente come materia prima per la produzione della birra (Khendal, 1994).

Il processo di produzione della birra è uno dei più "inefficienti" nell'utilizzo delle risorse energetiche e delle materie prime. Un birrifico produce materiali residui in quantità elevate e si stima che il 92 % degli ingredienti utilizzati si trasformano in scarto di produzione (Fig. 1).

Figura 1. Schema di fabbricazione di un ettolitro di birra in Italia. Fonte: Asso Birra 2020

L'industria della birra genera elevate quantità di sottoprodotti sia solidi che liquidi tra cui: le trebbie, il luppolo esausto, il lievito di birra esausto (Fig. 2) e fondi di cottura; essi possiedono una composizione chimica di alto valore nutritivo e il loro utilizzo nell'industria alimentare rappresenta una valida alternativa all'impiego in agricoltura, zootecnia.



Figura 2. Sottoprodotti della lavorazione

2. I sottoprodotti della produzione della birra

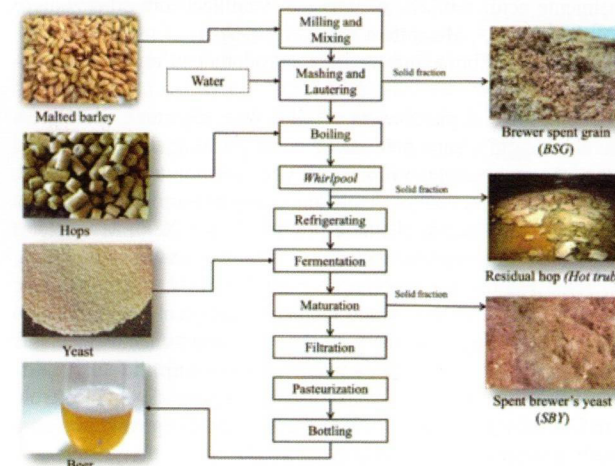
2.1 Le trebbie di birra

Durante il processo di birrificazione l'endosperma amidaceo del malto d'orzo viene sottoposto a degradazione enzimatica, con conseguente liberazione di carboidrati fermentescibili (maltosio e maltotriosio) e non fermentescibili (dextrine), proteine solubili, polipeptidi e amminoacidi. Il mosto così ottenuto verrà fermentato dai lieviti, mentre la frazione insolubile rappresenterà il sottoprodotto dell'industria della birra, chiamato trebbie (Aliyu e Bala, 2011).

Le trebbie rappresentano il sottoprodotto più abbondante del processo di birrificazione (l'80% dei sottoprodotti totali). Per ogni 100 litri di birra prodotta, si ottengono circa 20 kg di trebbie umide (Kunze, 2004). Le trebbie svolgono un ruolo importante durante la produzione della birra, in quanto formano il letto attraverso il quale viene filtrato il mosto; per questo motivo le trebbie vengono definite anche "grano speso dei birrai" perché rappresentano la parte che rimane dopo la produzione della birra anche in termini di nutrienti.

La produzione annua mondiale di trebbie è stimata intorno ai 40 milioni di tonnellate (Birsan et al., 2019). Di questi, 3,4 milioni di tonnellate sono prodotte in Europa, di cui 2 milioni di ton/anno in Germania (Steiner et al., 2015) a 219.965 ton/anno in Italia (Asso Birra 2020).

Circa il 70% delle trebbie prodotte vengono utilizzate come mangimi per animali, con il 10% utilizzato per produrre biogas e il restante 20% smaltito in discarica.



Le trebbie hanno una composizione complessa e il loro elevato contenuto di umidità (70-80 %) ne rende difficile lo stoccaggio e il trasporto (Figura 3).

Figura 3. Rappresentazione schematica della produzione della birra e principali sottoprodotti generati. Adattato da Musatto (2009)

L'elevato contenuto d'acqua e la grande quantità di zuccheri fermentescibili rende questo prodotto altamente instabile e sottoposto all'attacco di microrganismi, quali *Aspergillus*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium* e *Rhizopus* (Sodhi et al., 1985). Allo stato fresco la durata di conservazione varia da 7 a 10 giorni in climi caldi mentre si allunga nel caso in cui il prodotto viene stoccato allo stato secco (Mussatto et al., 2006).

La possibilità di introdurre una nuova fase nel ciclo di vita delle trebbie per il suo impiego nell'alimentazione umana è molto significativa sull'impatto ambientale globale del prodotto. La fermentazione lattica, la liofilizzazione e la refrigerazione hanno un consumo energetico ridotto ma non trascurabile rispetto alle altre fasi del ciclo di vita della cariosside esausta (Petit et al. 2020). L'essiccazione è il metodo di conservazione più utilizzato per le trebbie. Molti birrifici hanno impianti utilizzati per la lavorazione delle trebbie utilizzando una tecnica di essiccazione in due fasi, in cui il contenuto di acqua viene prima ridotto (< 60%) mediante pressatura, seguito dall'essiccazione per garantire il contenuto di umidità (< 10%) (Santos et al., 2003).

Le trebbie sono una biomassa lignocellulosica che consiste principalmente di fibre come cellulosa, emicellulosa, lignina, β -glucani, monosaccaridi, quali glucosio, xilosio e arabinosio e altri composti come proteine, lipidi e amido (Aliyu et al., 2011; Mussatto et al., 2006). L'emicellulosa, che consiste principalmente di arabinoxilani, è il componente principale e può essere presente fino al 40% sul peso secco (Mandalari et al., 2005).

Gli arabinoxilani e i β -glucani presenti nelle trebbie forniscono benefici alla salute riducendo i disturbi gastrointestinali, il rischio di diabete, la colite ulcerosa, la sintesi del colesterolo, stimolano il flusso sanguigno del colon, migliorano le contrazioni muscolari e possono proteggere il colon dallo sviluppo del cancro (Grotaert et al., 2009; Lu et al., 2000).

Lo xilosio, il glucosio e l'arabinosio sono i monoglicani più abbondanti, mentre sono state trovate quantità minori di ramnosio e galattosio (Mandalari et al., 2005; Forssell et al., 2008).

La lignina è un altro costituente delle trebbie rappresenta il 10-28% del peso secco totale; essa è responsabile dell'integrità strutturale e della rigidità della parete cellulare delle piante (Mussatto e Teixeira 2010; Mussatto 2014). Inoltre, la lignina contiene anche una notevole quantità di componenti fenolici, tra cui principalmente acidi ferulico, *p*-cumarico, vanillico, idrossibenzoico e siringico (Bartolome e Gomez-Cordoves, 1999; Mussatto e Roberto, 2006).

I mono e i polisaccaridi vanno a costituire la fibra alimentare che, introdotta nell'organismo umano, ha effetti benefici sulla salute.

Le trebbie sono considerate una buona fonte di proteine tra cui globuline, albumine, gluteline e ordeine, quest'ultime sono le più abbondanti e sono note anche come prolamine per il loro alto contenuto di prolina e glutammina, che rappresentano il 43% del contenuto proteico. Le trebbie sono ricche di aminoacidi essenziali tra cui metionina, fenilalanina, triptofano, istidina e lisina e aminoacidi non essenziali come serina, alanina, glicina e prolina (Huige 2006; Mussatto et al., 2006). Le trebbie contengono, inoltre, una notevole quantità di vitamine, tra cui acido folico, niacina, biotina, tiamina, colina, acido pantotenico, riboflavina e piridossina. La maggior parte degli studi condotti sulle vitamine delle trebbie si concentrano sui tococromani che comprendono tocotrienoli e tocoferoli, comunemente noti come vitamina E. Queste vitamine formano una classe di antiossidanti liposolubili che vengono sintetizzati solo da piante e altri organismi fotosintetici. I tococromani agiscono come antiossidanti (Burton e Traber 1990), diminuendo il colesterolo LDL sierico nei suini, nei polli e nell'uomo (Qureshi et al., 1986). Possono anche agire come agenti anticancerogeni e mostrare proprietà neuroprotettive (Pryma et al., 2007).

Le trebbie contengono anche una grande quantità di silice, Kunze (1996) ha riportato che circa il 25% dei minerali presenti nell'orzo sono rappresentati come silicati seguiti da calcio, magnesio, fosforo e sodio.

Gli acidi fenolici presenti nelle trebbie sono acidi idrossicinnamici (ferulico, *p*-cumarico e caffeico), noti per la loro attività antiossidante, anticancerogena e antinfiammatoria.

Generalmente, la composizione chimica delle trebbie dipende dalla varietà d'orzo, dall'epoca di raccolta, dall'aggiunta di altri coadiuvanti, dalla composizione del luppolo e dalla tecnologia di produzione della birra (Santos et al., 2003; Xiros et al., 2009).

Recenti lavori presenti in letteratura mostrano che il contenuto medio di amido delle trebbie è pari al 40.56 % (Shain et al., 2021; Bianco et al., 2020) altri suggeriscono un contenuto in amido molto basso, pari a 7% o 8% o addirittura assente (Treimo et al., 2016; Xiros et al., 2015). Questa differenza è sicuramente data dal diverso trattamento che subiscono le materie prime e dalle temperature utilizzate, in quanto le diverse temperature di bollitura del mosto hanno un'incidenza diversa sulla capacità di estrarre l'amido e altri polisaccaridi.

L'utilizzo principale delle trebbie è come mangime per animali, a causa del loro alto contenuto di proteine e fibre. Tuttavia, poiché la composizione chimica è ricca di zuccheri, proteine e minerali, sono stati studiati diversi utilizzi in processi biotecnologici. Il grande interesse per questo sottoprodotto è probabilmente dovuto alla grande quantità generata e alla ricca composizione chimica che ne consente il riutilizzo in diversi ambiti.

2.2 Il Luppolo esausto

Il luppolo (*Humulus lupulus*) è una coltura agricola utilizzata essenzialmente per la produzione di birra. È ricco di costituenti amari α -acidi (umuloni) e β -acidi (lupuloni), resine morbide e dure e oli eterei, che forniscono componenti amaricanti e aromatici alla birra. Tuttavia, solo il 15% dei costituenti del luppolo finisce nella birra, mentre l'85% diventa materiale luppolato esausto (Huige 2006). I lupuloni, ad esempio, sono insolubili al normale valore di pH del mosto e non si isomerizzano durante la bollitura, venendo in gran parte rimossi con il luppolo esausto e il trub (residuo). Anche i componenti fenolici del luppolo (ad esempio, gli acidi *p*-idrossicumarico, gallico, ferulico, protocatechinico e caffeico; le catechine, i flavoni e le antocianidine, tra gli altri) precipitano con le proteine durante la bollitura del mosto (Esslinger e Narziss 2005). Il luppolo esausto è un materiale con elevate quantità di estratto, fibre e proteine prive di azoto (Figura 4).

Components (% dry weight basis)	Reference ^a			
	1	2	3	4
Cellulose (glucan)	16.8	25.4	21.9	25.3
Hemicellulose	28.4	21.8	29.6	41.9
xylan	19.9	nr	20.6	nr
arabinan	8.5	nr	9.0	nr
Lignin	27.8	11.9	21.7	16.9
Acetyl groups	1.3	nr	1.1	nr
Proteins	15.3	24.0	24.6	nr
Ashes	4.6	2.4	1.2	4.6
Extractives	5.8	nr	nr	9.5
Minerals (mg/kg dry weight basis)				
Calcium	3515.0	nr	nr	nr
Sodium	309.3	nr	nr	nr
Potassium	258.1	nr	nr	nr
Magnesium	1958.0	nr	nr	nr
Aluminum	36.0	nr	nr	nr
Iron	193.4	nr	nr	nr
Barium	13.6	nr	nr	nr
Strontium	12.7	nr	nr	nr
Manganese	51.4	nr	nr	nr
Copper	18.0	nr	nr	nr
Zinc	178.0	nr	nr	nr
Phosphorus	5186.0	nr	nr	nr
Sulfur	1980.0	nr	nr	nr
Chromium	5.9	nr	nr	nr
Silicon	10740.0	nr	nr	nr

^a 1 From Mussatto and Roberto et al. 2006; 2 From Kanauchi et al. 2001; 3 From Carvalheiro et al. 2004; 4 From Silva et al. 2004. nr = non reported

Figura 4. tabella sulla composizione delle trebbie

La fibra grezza è costituita da diversi zuccheri (ramnosio, arabinosio, xilosio, mannosio, galattosio e glucosio), tra cui glucosio e xilosio sono i più abbondanti. Gli zuccheri pectici, l'acido uronico,

il ramnosio, l'arabinosio e il galattosio rappresentano il 46% dei polisaccaridi presenti nel luppolo esausto (Oosterveld et al. 2002). Gli acidi carbossilici alifatici mono e multifunzionali presenti nel luppolo esausto includono l'acido ossalico, glucarico, gluconico, treonico, glicerico, glicolico, lattico e acetico (Fischer e Bipp 2005). Come già accennato, una parte dei componenti del luppolo finisce nel trub, soprattutto quando il luppolo viene utilizzato fresco, in polvere o in pellet. Il trub a caldo è costituito da proteine (40-70%), sostanze amare (7-15%), altri composti organici, come i polifenoli, e sostanze minerali (20-30%); mentre il trub a freddo è costituito da proteine (50%), polifenoli (15-25%) e carboidrati ad alta massa molecolare (20-30%).

2.3 Il Lievito di birra esausto

Il lievito di birra esausto è il secondo sottoprodotto più rilevante dell'industria della birra e, nonostante il suo potenziale nutrizionale (circa il 50% di proteine, peso secco) e tecnologico, è ancora oggi poco utilizzato e viene smaltito. Le cellule devono essere lisate per rilasciare proteine intracellulari e della parete cellulare. Questa procedura viene eseguita utilizzando autolisi, macinazione con microsfere di vetro, idrolisi enzimatica ed elaborazione a ultrasuoni. Il trattamento enzimatico viene solitamente eseguito senza purificazione preventiva ed è un processo impegnativo, che coinvolge diversi fattori, ma è stato utilizzato con successo come strategia per aggiungere valore ai sottoprodotti alimentari.

L'idrolisi enzimatica può essere usata come strategia per promuovere la valorizzazione del lievito di birra esausto, infatti, la scoperta di composti interessanti trovati nei lieviti esausti, nonché lo sviluppo di nuove metodologie di lavorazione, hanno ampliato le possibilità di riutilizzo e trasformazione del lievito di birra esausto come ingrediente e matrice innovativa. Una volta rilasciati, le proteine e i peptidi di lievito possono essere applicati come fonte proteica non animale innovativa o come ingrediente funzionale e bioattivo.

3. Impieghi dei sottoprodotti nei processi biotecnologici

3.1 Potenziali impieghi del luppolo esausto in processi biotecnologici

Nonostante la composizione chimica ricca di azoto, carbonio e proteine, il luppolo esausto è stato poco esplorato come substrato nei processi biotecnologici. Fondamentalmente, l'aggiunta ai grani esausti è il metodo più diffuso per smaltire il luppolo esausto nel sito del birrificio, ma compromette la qualità della miscela, soprattutto se si desidera che i grani esausti vengano utilizzati come mangime per animali. A differenza dei grani esausti, l'uso diretto del luppolo come integratore alimentare non è auspicabile a causa della presenza di sostanze amare. Gli animali mangiano malvolentieri il foraggio amaro anche per la presenza del 2-metil-3-buten-2-olo, che è il prodotto della degradazione dell'acido amaro. Pertanto, per essere utilizzato come integratore alimentare, è necessario innanzitutto eliminare o degradare gli acidi amari del luppolo esausto, che possono essere prodotti da funghi o lieviti selezionati come *Candida parapsilosis* (Huszcza e Bartmanska 2008, Huszcza et al. 2008). Se ottenuto separatamente dalle cariossidi esauste, un'alternativa frequentemente utilizzata per lo smaltimento del luppolo esausto è la pacciatura o l'ammendamento del terreno e la fertilizzazione, a causa dell'elevato contenuto di azoto (Figura 4) (Huige 2006). Inoltre, sono stati proposti alcuni modi alternativi di utilizzo del luppolo esausto nei processi biotecnologici.

Dal luppolo esausto si possono recuperare diversi composti di interesse industriale, come aromi, saccaridi e acidi organici, che possono essere ottenuti dopo l'ossidazione o l'idrolisi di questo materiale (Oosterveld et al. 2002, Fischer e Bipp 2005, Laufenberg et al. 2003, Vanderhaegen et

al. 2003, Krishna et al. 1986). Tra questi composti, gli acidi del luppolo, in particolare, hanno un potenziale come antibatterici naturali nelle mense delle distillerie per la fermentazione alcolica, essendo un'alternativa sicura per controllare i batteri nelle fermentazioni dell'etanolo, in grado di sostituire efficacemente gli antibiotici nella produzione di etanolo (Ruckle e Senn 2006). Le pectine, composti ampiamente utilizzati come ingrediente per l'industria alimentare come gelificante e addensante, rappresentano gran parte dei polisaccaridi presenti nello luppolo esausto o "spent hops" e possono essere recuperate da questo materiale mediante condizioni di estrazione acida. Le pectine dello spent hops comprendono omogalatturonani e arabinogalattani-proteine con una parte proteica ricca di cisteina, treonina, serinina, alanina e idrossiprolina (Oosterveld et al. 2002). Le resine residue del luppolo possono essere recuperate anche mediante estrazione con acetone, ottenendo un olio di essiccazione insaturo per vernici (Huige 2006).

È stato riscontrato che l'aggiunta di trub al mosto di lancio aumenta la vitalità e la resa del lievito e le prestazioni di fermentazione di *Saccharomyces cerevisiae*; l'effetto è tanto maggiore quanto più trub viene aggiunto. L'influenza del trub caldo sulla vitalità del lievito e sulle prestazioni di fermentazione è associata a diversi componenti del trub caldo, come i lipidi, lo zinco e le proprietà del particolato. Sebbene alcuni autori sottolineino l'importanza nutritiva dei lipidi e in particolare degli acidi grassi insaturi a catena lunga, altri ritengono che lo zinco sia il componente più efficace del trub (Kuhbeck et al. 2007).

3.2 Potenziali impieghi delle trebbie nei processi biotecnologici

Le trebbie una volta essiccate possono divenire pellet per la produzione di calore (Figura 5), o biochar (carbone vegetale) (Figura 6), a seguito di un processo termochimico di pirogassificazione condotto con reattore pirolitico su piccolissima scala.

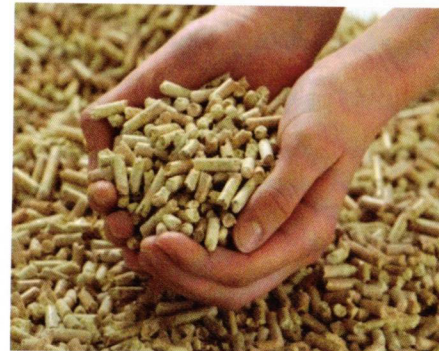


Figura 5. Pellet ottenuto dalle trebbie



Figura 6. Biochar ottenuto dalle trebbie.

Fonte: <https://www.teatronaturale.it/strettamente-tecnico/energia-verde/23668-un-carbone-vegetale-dagli-scarti-della-birra-per-un-futuro-sempre-piu-green.htm>.

Il biochar ha preziose applicazioni in agricoltura. È stato utilizzato come substrato per la produzione di agenti di biocontrollo, come il fungo entomopatogeno *Beauveria bassiana*, attivo contro la *Galleria mellonella*. In particolare, l'alto contenuto di amido e di fibra delle trebbie facilita la germinazione e crescita dei conidi di *B. bassiana*. Inoltre, *B. bassiana* ha prodotto metaboliti che promuovono la crescita delle piante (Qiu et al., 2019).

Il lavoro di Manolikaki e Diamadopoulos del 2020, ha studiato l'effetto del biochar prodotto dalle trebbie sulle caratteristiche fisico-chimiche di un terreno argilloso calcareo e sulla crescita delle piante di mais (*Zea mays* L.). L'aggiunta di biochar, ha aumentato significativamente il contenuto di fosforo dei tessuti vegetali e ha migliorato i parametri di fertilità del suolo.

Da uno studio sperimentale condotto da Teixeira et al. (2018) su un gruppo di ratti alimentati con sette diverse diete contenenti uguali quantità di fibra alimentare di malti d'orzo, trebbie ed estratti d'orzo, costituiti da quantità variabile di β -glucani e arabinosilani, è stato visto come ratti alimentati con le trebbie hanno mostrato una maggiore diversità della microflora intestinale correlata alla formazione di acido propionico e acido butirrico.

Alcuni studi hanno indagato la possibilità di utilizzare le trebbie sia in campo alimentare che industriale. Le trebbie sono spesso utilizzate in zootecnia come mangime per il bestiame, con buoni risultati anche ai fini produttivi. In una ricerca è stato dimostrato che l'introduzione delle trebbie nella dieta dei bovini da latte ne aumenta la produzione, incrementando il contenuto di solidi totali e di grasso rispetto ad un animale alimentato con una dieta di controllo (Mussotto et al., 2016, Ikram et al., 2017).

Sebbene sia più comunemente usato nei bovini, è stato esplorato anche l'uso delle trebbie nell'alimentazione di altri animali. In uno studio le trebbie sono state utilizzate per sostituire fino al 50% dell'alimentazione per lo svezzamento dei suini (Mukasafari et al., 2017).

Oh et al. (1991) hanno valutato l'integrazione di percentuali diverse di trebbie nella dieta del pollame, determinando un miglioramento significativo della loro crescita.

Nella ricerca di Nazzaro et al. (2016), le trebbie sono state utilizzate come fonte di proteine nei mangimi acquatici come alternativa sostenibile alla farina e all'olio di pesce per ridurre la dipendenza dalle risorse marine. La sostituzione parziale della farina di pesce con le trebbie (20-30%) nell'alimentazione della trota iridea e dell'orata ha mostrato risultati simili nell'efficienza della digestione rispetto al controllo, in cui la farina di pesce è stata utilizzata come principale fonte proteica. Le trebbie vengono incorporate negli alimenti sotto forma di farina e spesso vengono utilizzate per la realizzazione di prodotti da forno. Uno studio di Combet e Warren (2018) ha valutato il comportamento di acquisto dei consumatori di prodotti integrali da forno ottenuti utilizzando farina di trebbie. Lo studio è stato condotto su 16 studenti universitari, ai quali è stato somministrato un questionario. I risultati raccolti sono stati davvero incoraggianti e hanno dimostrato che i consumatori sono molto attenti nello scegliere alimenti a basso impatto ambientale e in grado di apportare dei benefici alla salute.

Le trebbie sono una preziosa fonte di composti fenolici, flavonoidi, la cui azione antiossidante, antiradicalica e proprietà anticancerogena è ampiamente riconosciuta (Lynch et al., 2016).

Tuttavia, in alcuni studi si nota come il contenuto di polifenoli e l'attività antiossidante dipende molto dal trattamento termico a cui sono state sottoposte durante il processo di birrificazione e dai solventi di estrazione utilizzati (Nuno et al., 2013).

Grazie alle ottime caratteristiche nutrizionali delle trebbie, oggi molti lavori di ricerca mirano a riutilizzarle per la produzione di alimenti ad elevato valore biologico.

A causa del loro elevato contenuto di umidità vengono utilizzate sotto forma di farina, per la realizzazione di prodotti da forno diversi.

Kirjoranta et al. (2016), hanno utilizzato le trebbie come ingrediente negli snack estrusi a base di orzo al fine di migliorare il valore nutritivo degli snack e ampliare le applicazioni di questo prodotto nel settore alimentare. L'aggiunta di farina di trebbie alla farina di frumento in rapporto 1:4 ha ridotto l'indice glicemico dei biscotti. Tuttavia uno studio condotto qualche anno dopo da Petrovic

et al. (2019), ha visto come l'aggiunta di farina di trebbie influisce sulle qualità dei biscotti come aspetto, durezza, masticabilità, odore e sapore. Di conseguenza, alcuni test sul grado di accettazione di questo prodotto fatto con farina di trebbie, ha confermato la netta preferenza dei biscotti fatti di sola farina di frumento.

Nocente et al. (2019) hanno dimostrato che l'arricchimento della farina di grano duro con trebbie per la produzione di pasta ne aumenta il contenuto di fibra, di β -glucani fino all'85% e la capacità antiossidante totale fino al 19% rispetto a tutta la farina di grano duro.

Yi-Tin et al. (2020), hanno utilizzato la farina di trebbie come ingrediente funzionale nella produzione dei muffin per aggiungere valore alla catena alimentare fornendo benefici nutrizionali e ambientali. Lo studio ha anche riportato che i muffin fortificati con farine di trebbie (sostituzione del 15% della farina di frumento) hanno prodotto un aumento del 23% della fibra alimentare totale e del 13% delle proteine senza influire sull'accettazione dei prodotti da parte dei consumatori.

Amoriello et al. (2020) hanno valutato la miscelazione della farina di frumento con trebbie a diversi livelli (0%, 5% e 10%) per sviluppare nuove formulazioni per prodotti da forno (pane, grissini e pizza). Come previsto, l'arricchimento ha causato un aumento significativo di proteine, fibre alimentari, lipidi e ceneri correlati alla percentuale di trebbie utilizzate.

Nel 2021, Sahin et al., hanno utilizzato le trebbie per la produzione di due differenti tipologie di pane, EverVita FIBRA (EVF) e EverVita PRO (EVP), con l'obiettivo di ottenere pani funzionali ricchi in fibre e proteine.

In un recente lavoro le trebbie sono state impiegate come induttore di β -glucosidasi, enzimi di grande importanza nell'industria alimentare, nel lievito *Wickerhamomyces anomalus* BS91. Per ridurre i costi e i tempi di produzione, molti studi si sono concentrati su nuovi microrganismi produttori e substrati di crescita economici. I sottoprodotti alimentari, come le trebbie di birra (*Brewer's Spent Grain* - BSG), rappresentano un'opzione sostenibile in un'ottica di economia circolare. Questo studio ha analizzato l'induzione della produzione di β -glucosidasi nel lievito *Wickerhamomyces anomalus* BS91 utilizzando BSG come principale substrato. I risultati mostrano che le trebbie di birra sono un sottoprodotto interessante per la produzione di glucosidasi, con un'attività enzimatica di $369,7 \pm 8,0$ U/mL, sei volte superiore rispetto a quella ottenuta con un mezzo nutrizionale convenzionale ($59,0 \pm 5,7$ U/mL), (Parafati et al., 2024).

Marson et al. (2020) descrivono l'idrolisi enzimatica come metodo per valorizzare il lievito esausto da birrificazione (*Spent Brewer's Yeast* - SBY). Vengono illustrati i principali processi utilizzati per estrarre proteine da questo materiale, analizzando le tecniche di disaggregazione cellulare e idrolisi proteica. Inoltre, sono discusse le applicazioni innovative dei sottoprodotti del lievito nelle industrie alimentare, biotecnologica e farmaceutica. La scoperta di composti di valore nel lievito esausto, insieme allo sviluppo di nuove metodologie di lavorazione, sta ampliando le possibilità di riutilizzo del SBY come fonte proteica non animale o come ingrediente funzionale e bioattivo (Marson et al., 2020).

4. Tecniche di conservazione delle trebbie

Attualmente, circa il 70% delle BSG viene destinato all'alimentazione animale, il 10% alla produzione di biogas e il restante 20% smaltito in discarica. L'impiego delle trebbie umide nell'alimentazione animale permette di evitare i costi di essiccazione ed è comunemente utilizzato come sostituto dei foraggi nelle diete zootecniche. Tuttavia, il loro elevato contenuto di umidità (circa l'80%) e la rapida deperibilità (entro 3-5 giorni) rappresentano sfide significative.

Le trebbie pur essendo un'opzione economica per l'alimentazione animale, presentano problemi

di conservazione dovuti alla loro instabilità microbiologica e alla facilità di deterioramento. L'alto contenuto di umidità pone due ostacoli principali: costi elevati di trasporto dovuti al peso maggiore e rischio di proliferazione microbica, accelerato dalla presenza di proteine e polisaccaridi. Per affrontare queste problematiche, si possono applicare diverse tecniche di conservazione, tra cui:

- Essiccazione (solare, a freddo o in forno).
 - Congelamento.
 - Insilamento, da solo o combinato con altri alimenti per animali.
 - Aggiunta di additivi conservanti, come Silo-King GPX, enzimi (xilanasi, carboidratasi, proteasi), urea e calce, formiati di sodio, propionato di calcio, acidi organici (formico, propionico, acetico), NaCl, NaOH, HCl e H₂SO₄.
- L'adozione di queste strategie può migliorare la gestione delle trebbie esauste, ridurre i costi e minimizzare gli sprechi, promuovendo un utilizzo più sostenibile di questo sottoprodotto, (Terefe, 2022).

BIBLIOGRAFIA

- Aliyu S., Bala M. *Brewer's spent grain: A review of its potentials an application*. Afr. J. Biotechnol. 2011; 10, 324–331;
- Amoriello T., Mellara F., Galli V., Amoriello M., Ciccoritti R. *Technological Properties and Consumer Acceptability of Bakery Products Enriched with Brewers' Spent Grains*. 2020;
- Bartolome B, Gomez-Cordoves C. *Barley spent grain: release of hydroxycinnamic acids (ferulic and p-coumaric acids) by commercial enzyme preparations*. J Sci Food Agr. 1999; 79, 435– 439;
- Kendal N.T. barley and malt. in: Hardwick, W.A. (Ed.), Handbook of Brewing. Marcel Dekker, New York, pp. 109-120;
- Kirjoranta S., Tenkanen M., Jouppila K. Effects of process parameters on the properties of barley containing snacks enriched with brewer's spent grain. 2016; v. 53, p. 775–783.
- Mandalari G, Faulds CB, Sancho AI, Saija A, Bisignano G, LoCurto R, Waldron KW. *Fractionation and characterization of arabinoxylans from brewers' spent grain and wheat bran*. J Cereal Sci. 2005; v. 42, p. 205–212.
- Marson G.V., Soares de Castro R.J., Belleville M.P., Dupas Hubinger M. *Spent brewer's yeast as a source of high added value molecules: a systematic review on its characteristics, processing and potential applications*. World J Microbiol Biotechnol. 2020; 36, 95;
- Mussatto S.I., Dragone G., Roberto I.C. *Brewers' Spent Grain: Generation, Characteristics and Potential Applications*. J. Cereal Sci. 2006; v. 43, p. 1–14;
- Mussatto, S.I. *Brewer's spent grain: A valuable feedstock for industrial applications*. J. Sci. Food Agric. 2014; v.94, p. 1264–1275;
- Nocente, F., Taddei, F., Galassi, E., and Gazza, L. *Upcycling of brewers' spent grain by production of dry pasta with higher nutritional potential*. Leb. Wiss Technol. 2019; 114 (108421), 108421;
- Nuno G.T., Meneses S., Martins J., Teixeira A., Mussatto S. *Influence of extraction solvents on the recovery of antioxidant phenolic compounds from brewer's spent grains*. Separation and Purification Technology. 2013; v. 108, 152-158.
- Oh J.C.S., Chngt A.L., Jesudason R.B. *Incorporation of Microbiologically Treated Spent Brewery Grains into Broiler Rations*. Lett. Appl. Microbiol. 1991; 13, 150–153;
- Parafati, L., Proetto, I., Palmeri, R., Pesce, F., Fallico, B., & Restuccia, C. *Reuse of Brewer's Spent Grain (BSG) for the Induction of Wickerhamomyces anomalus BS⁹¹ β-Glucosidase with Bioflavoring Potential*. Fermentation. 2024; 10(9), 472;
- Petit G., Korb E., Jury V., Aider M., Rousselière S., Audebrand L.K., Turgeon S.L., Mikhaylin S. *Environmental Evaluation of New Brewer's Spent Grain Preservation Pathways for Further Valorization in Human Nutrition* ACS Sustainable Chemistry & Engineering. 2020; Vol 8/Issue 47;
- Petrovic J., Pajin B., Tanakov-Kocic S., Pejic J., Fistes A., Bojanic N., Loncarevic I. *Quality properties of biscuits supplemented with freshly used brewer's grain*. 2017; v. 44, p. 57-63;
- Santos M., Jimenez J.J., Bartolome B., Gomez-Cordoves C., del Nozal M.J. *Variability of brewers' spent grain within a brewery*. Food Chemistry. 2003; 80, 17–21;
- Sodhi H.S., Garcha H.S., Kiran U. *Screening of mycoflora of spent-up brewer's grains for aflatoxin production*. Journal of Research (Punjab Agricultural university) 1985, 22, 331-336;
- Terefe, G. *Preservation technique and their effect on nutritional values and microbial population of brewer's spent grain: a review*. Agriculture and Bioscience, 2022; 3:51;
- Vollet Marson, G., Janser Soares de Castro, R., Belleville M.P., Hubinger M.D. (2020). *Spent brewer's yeast as a source of high added value molecules: a systematic review on its characteristics, processing and potential applications*. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 36:95;
- Yi-Ting Shih, Wenjun Wang, Aimee Hasenbeck, Dave Stone, and Yanyun Zhao. *Investigation of physicochemical, nutritional, and sensory qualities of muffins incorporated with dried brewer's spent grain flours as a source of dietary fiber and protein*. J Food Sci. 2020. 85(11):3943-3953;

SITOGRAFIA

- <https://www.assobirra.it/>
- <https://www.teatronaturale.it/strettamente-tecnico/energia-verde/23668-un-carbone-vegetale-dagli-scarti-della-birra-per-un-futuro-sempre-piu-green.htm>



IL PROGETTO DIMOSTRATIVO

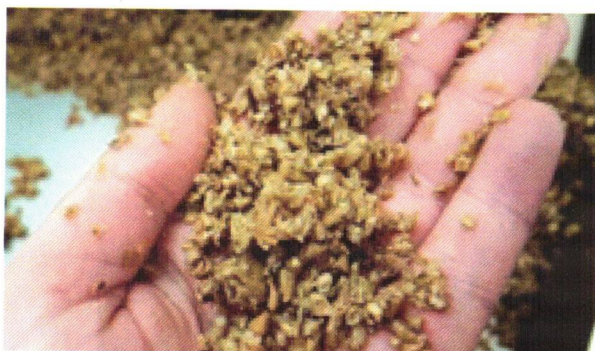
Valorizzazione a fini agronomici delle trebbie e degli scarti della lavorazione della birra agricola

L'attività proposta rientra nella Focus area 3a, categoria 3a.7
"Valorizzazione scarti e sottoprodotti a fini agronomici, alimentari, energetici ai fini della bioeconomia"

L'obiettivo generale della proposta è la proposizione di una valorizzazione degli scarti di produzione della birra artigianale nella logica di un maggiore sviluppo dell'economia circolare.

Rendere sostenibili sia economicamente che a livello ambientale e sociale gli sprechi e gli scarti alimentari. È da questa necessità, ormai sempre più all'ordine del giorno, che nasce il progetto sulla valorizzazione delle trebbie di birra.

A livello europeo solo il 30% delle trebbie viene riutilizzato, prevalentemente nel comparto zootecnico.



Gli scarti derivanti dalla birrificazione sono più del 90% delle materie prime, e circa l'85% del totale è rappresentato dalle trebbie di birra: per ogni 100 litri di birra si scartano ben 20 kg di trebbie. E' un sistema piuttosto inefficiente, considerando le ingenti quantità di trebbie di birra prodotte annualmente, il loro irrisorio valore di mercato, la consapevolezza relativa alla sostenibilità ambientale dell'orzo e alle sue potenzialità nutrizionali.

Le trebbie si ottengono dal processo iniziale durante il quale il malto d'orzo viene lasciato macerare in

acqua calda fino alla completa estrazione degli zuccheri presenti. Al termine del processo il malto esausto viene tolto, generando le trebbie di birra.

Le trebbie sono caratterizzate da un elevato tasso di umidità (fino all'82%) che ne riduce drasticamente la conservabilità, causando agli agricoltori difficoltà logistiche e di stoccaggio. La produzione spesso supera la domanda di mangime, quindi lo smaltimento grava sulle aziende produttrici e sull'ambiente. L'essiccazione tradizionale in forno è condotta a $T < 60^{\circ}\text{C}$ per evitare di ottenere aromi indesiderati, tostatura e imbrunimento del prodotto finale. L'85% degli essiccatoi industriali sono di tipo convettivo e comportano quindi un elevato dispendio energetico.

Invero è altresì allo studio una forma di essiccazione verosimilmente più conveniente presso il Campus Bio-Medico di Roma.

Secondo questa ipotesi sperimentale, le trebbie derivate da birre chiare, preventivamente pressate, vengono





disidratate mediante essiccatore centrifugo, uno strumento che permette di ridurre i tempi di lavoro, di recuperare l'acqua residua e insieme ottenere un prodotto di ottima qualità organolettica e nutrizionale (la farina di trebbie).

Alternativamente alcuni studi hanno messo a punto di utilizzare gli impianti seguendo due operazioni unitarie in successione: la pressatura con torchio idraulico o membrana filtrante (per ridurre l'umidità del 40%) e l'essiccazione innovativa (per diminuire l'umidità fino al 10-12%). Quest'ultima operazione avviene all'interno di un apposito apparato basato sulla combinazione di un essiccatore rotativo radiale-centrifugo dentro un impianto di essiccazione a vapore surriscaldato, un sistema a circuito chiuso basato

sulla circolazione di un gas essiccamento a 150° C, ideato per ridurre gli sprechi energetici.

I prodotti di questa essiccazione sono rappresentati dalla farina di trebbia. Le trebbie essiccate sono sottoposte a macinazione e setacciatura al fine di produrre uno sfarinato della granulometria desiderata. La farina ottenuta dalle trebbie di birra è un ingrediente innovativo, *eco-friendly*, versatile, ma soprattutto rilevante dal punto di vista nutrizionale. La farina di trebbie può essere anche ricombinata con altri ingredienti per la realizzazione di snack salati o dolci, per prodotti da forno e della panificazione.

La Sicilia nell'ultimo decennio ha visto un incremento esponenziale dell'interesse verso il comparto brassicolo. Sono sorti, infatti, circa una quarantina di birrifici artigianali. Tra questi circa una decina si sono trasformati in birrifici agricoli per caratterizzare marcatamente il prodotto finale utilizzando le materie prime (orzo e cereali come i grani antichi siciliani) coltivati in Sicilia. L'ESA in questo ambito ha da poco concluso, insieme ad altri partner privati e pubblici, un progetto che tende proprio ad introdurre nella filiera alcune innovazioni. L'acronimo di questo progetto è "Inno.Malto" *Caratterizzazione di un malto tipico siciliano attraverso l'introduzione di metodi di coltivazione e di trasformazione delle materie prime innovative* finanziato dalla Misura 16 – "Cooperazione" - sottomisura 16.1 – "Sostegno per la costituzione e la gestione dei gruppi operativi del PEI in materia di produttività e sostenibilità dell'agricoltura" - del P.S.R. 2014/2022.

Trattandosi quelli descritti in precedenza di protocolli e procedimenti ancora sperimentali il presente progetto dimostrativo prevederà un'essiccazione tradizionale per la trasformazione integrale delle trebbie in farina di trebbie.

Su questa base verranno effettuate tre sessioni pratiche nel laboratorio di tecnologie alimentari del Dipartimento Di3A dell'Università di Catania, già in possesso delle attrezzature tecnologiche occorrenti, con l'utilizzo delle trebbie provenienti da altrettanti noti birrifici artigianali/agricoli per illustrare le tecniche di produzione per il riutilizzo delle trebbie e degli scarti nell'ottica di una più compiuta economia circolare.

L'attività progettuale prevede il coinvolgimento dei 3 birrifici regionali che già hanno collaborato nel progetto "INNO.MALTO" ossia il Birificio "Paul - Bricius" di Vittoria (RG), "IRIAS" di Torrenova (ME) e "24 Baroni" di Nicosia (EN).

Le attività progettate dal Responsabile di progetto ESA, verranno condotte con l'ausilio di un docente universitario dell'Ateneo di Palermo per quanto riguarda n° 3 edizioni di visita in altrettanti birrifici per una giornata di campagna di 6h, mentre per le attività dimostrative presso il laboratorio dell'Ateneo di Catania ci si avvarrà di un docente dello stesso Ateneo sempre con 3 edizioni di 6h cadauna. Per ogni edizione si prevede un gruppo di partecipanti di n° 20 unità.

Ente di Sviluppo Agricolo - Servizi allo Sviluppo
Giuseppe Greco - Dario D'Angelo