



“LOB.IT e UniParma: sinergie per una filiera brassicola innovativa”

Atti del Convegno nazionale

Parma, 6 Novembre 2025

Auditorium Centro Sant'Elisabetta | Campus delle Scienze

Atti del Convegno nazionale "LOB.IT e UniParma: sinergie per una filiera brassicola innovativa"
Parma, 6 Novembre 2025
Auditorium Centro Sant'Elisabetta | Campus delle Scienze

Comitato organizzatore:

Tommaso Ganino, Margherita Rodolfi, Katya Carbone, Mario Cariello, Roberta Gloria, Roberta Ruberto

Segreteria organizzativa:

Tommaso Ganino, Margherita Rodolfi, Isabella Brandi, Katya Carbone, Erika Celi, Alessia D'Andrea, Tina Lino, Martina Galaverni

Comunicazione evento:

Katya Carbone
CREA - Centro di ricerca Olivicoltura, Frutticoltura e Agrumicoltura

Mario Cariello, Roberta Gloria, Alberto Marchi, Roberta Ruberto
CREA - Centro di ricerca Politiche e Bioeconomia

Impaginazione e grafica:

Roberta Ruberto
CREA - Centro di ricerca Politiche e Bioeconomia

Il presente lavoro è stato realizzato nell'ambito del Progetto "LOB.IT" Finanziato dal Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste D.M. n. 667550 del 30.12.2022

ISBN 9788833854953



Indice

Prefazione	7
Preface	9
Prove di allestimento <i>in vitro</i>, micropropagazione e coltura di meristema per la messa a punto di protocolli di risanamento da virus di luppolo: risultati ottenuti	11
C.L. Corrado, L. Ferretti, M. Luigi, A. Taglienti	11
Establishment of <i>in vitro</i> tissue culture, micropropagation and meristem culture for virus elimination in hop: results and perspectives.	14
C.L. Corrado, L. Ferretti, M. Luigi, A. Taglienti	14
La firma invisibile del luppolo: un approccio chemiometrico agli spettri ATR-FTIR per la caratterizzazione di varietà e tempi di maturazione	22
E. Celi, K. Carbone	22
The Invisible Fingerprint of Hops: A Chemometric Approach to ATR-FTIR Spectra for the Characterisation of Varieties and Maturation Stages.....	26
E. Celi, K. Carbone	26
Innovazione digitale nella filiera del luppolo: monitoraggio della maturazione con Internet of Things e Machine Learning.....	40
M. Galaverni, G. Oddi.....	40
Digital innovation in the hop supply chain: monitoring ripeness with the Internet of Things and Machine Learning.....	44
M. Galaverni, G. Oddi.....	44
Interazioni tra varietà di luppolo, grado di maturazione e lievito: dinamiche chimiche e sensoriali nella birra attraverso il supporto di un panel di esperti	58
T.G.W. Forte, T. Lino, M. Rodolfi, A. Costantini, K. Carbone, F. Bonello, M. Petrozziello, T. Ganino	58
Interplay of hop variety, harvest time and yeast: expert insights into chemical and sensory dynamics in beer brewing.	60
T.G.W. Forte, T. Lino, M. Rodolfi, A. Costantini, K. Carbone, F. Bonello, M. Petrozziello, T. Ganino	60
Metaboliti secondari e maturazione del luppolo: una guida agli impieghi differenziati.....	77
A. D'Andrea, E. Celi, K. Carbone	77
Secondary metabolites and hop ripening: to different applications.....	81
A. D'Andrea, E. Celi, K. Carbone.....	81
Orzo da birra italiano per coltivazione convenzionale e biologica	93
M. Baronchelli, N. Faccini, I. Tagliaferri, A. Povesi, A. Gianinetti, L. Cattivelli	93
Italian malting barley for conventional and organic cultivation	98
M. Baronchelli, N. Faccini, I. Tagliaferri, A. Povesi, A. Gianinetti, L. Cattivelli	98

Caratteristiche qualitative del malto ottenuto da frumenti antichi e moderni: Risultati di un biennio di sperimentazione.....	111
S. Suriano, M. Russo, S. Moscaritolo, D. Ianzano, A. Troccoli.....	111
Qualitative characteristics of malt obtained from ancient and modern.....	115
wheat variety: Results of a two-year experiment	115
S. Suriano, M. Russo, S. Moscaritolo, D. Ianzano, A. Troccoli.....	115
Lieviti wild e nuove frontiere brassicole: valutazione chimica e sensoriale delle birre sperimentali.....	128
A. Costantini, G. Forestello, C. Tsolakis, L. Pulcini, M. Petrozziello, F. Bonello, A. Asproudi, V. Ragkousi, M.C. Cravero, K. Carbone	128
Wild Yeasts and New Brewing Frontiers: Chemical and Sensory Evaluation of Experimental Beers	130
A. Costantini, G. Forestello, C. Tsolakis, L. Pulcini, M. Petrozziello, F. Bonello, A. Asproudi, V. Ragkousi, M.C. Cravero, K. Carbone	130
Birre low-alcohol innovative: il contributo dei lieviti non-Saccharomyces.....	142
V. Ragkousi, M. Petrozziello, A. Costantini, A. Asproudi, F. Bonello, C. Tsolakis, G. Forestello, L. Pulcini, M.C. Cravero, K. Carbone	142
Innovative Low-Alcohol Beers: The Contribution of Non-Saccharomyces Yeasts	144
V. Ragkousi, M. Petrozziello, A. Costantini, A. Asproudi, F. Bonello, C. Tsolakis, G. Forestello, L. Pulcini, M.C. Cravero, K. Carbone	144
Birre senza glutine e a basso contenuto alcolico: un'analisi sulle ricerche online in Italia	159
P. Chinnici, F. Licciardo	159
Gluten-Free and Low-Alcohol Beers: An Analysis of Online Searches in Italy.....	163
P. Chinnici, F. Licciardo	163
Le aziende Italiane produttrici di luppolo: tipologie e performance secondo la RICA.....	176
D. Macaluso.....	176
Italian hop farm: typologies and performance according to FADN data	179
D. Macaluso.....	179

PREFAZIONE

Il progetto LOB.IT nasce con l'ambizione di costruire una filiera brassicola integralmente italiana, valorizzando le materie prime fondamentali della birra – il luppolo (*Humulus lupulus L.*), i cereali da malto e il lievito, attraverso un approccio multidisciplinare che coniuga agronomia, biologia molecolare, chimica degli alimenti, tecnologia brassicola, economia agraria e innovazione digitale. I contributi raccolti in questo volume testimoniano la ricchezza e la trasversalità di questo approccio, dimostrando come la collaborazione tra istituzioni di ricerca diverse possa generare conoscenze solide e immediatamente trasferibili al settore.

Sul versante del luppolo, i lavori presentati in questo volume hanno l'ambizione di abbracciare l'intera filiera. Le attività di risanamento fitosanitario in vitro affrontano una questione cruciale per lo sviluppo di una filiera vivaistica certificata: la diffusa presenza di virus e viroidi nei luppoli italiani – tra cui l'hop latent viroid (HLVd) – rappresenta oggi uno dei principali ostacoli alla costruzione di un germoplasma di qualità garantita. I risultati presentati, seppur ancora preliminari, aprono prospettive concrete per l'ottenimento di piante sane, da impiegare sia come riferimento sperimentale sia come base per future filiere vivaistiche controllate.

La caratterizzazione chimica e fisico-chimica dei coni di luppolo è stata affrontata con approcci innovativi: l'impiego della spettroscopia ATR-FTIR combinata con la chemiometria ha permesso di costruire profili spettrali capaci di discriminare varietà e stadi di maturazione con elevata efficienza. Parallelamente, l'analisi dei metaboliti secondari – resine, oli essenziali, polifenoli e pigmenti – ha rivelato come ciascuna cultivar possieda un proprio bouquet metabolico che varia non solo tra varietà, ma anche in funzione del momento della raccolta. Questi dati sono di straordinaria importanza pratica: conoscere il profilo metabolico del luppolo in funzione della maturazione significa poter guidare le scelte del produttore verso l'ottimizzazione del raccolto in funzione della destinazione d'uso, che sia per la produzione della birra, la produzione di cosmetici o lo sviluppo di bevande funzionali.

Un contributo di particolare originalità è quello sull'innovazione digitale nella filiera del luppolo: l'integrazione di reti di sensori IoT con modelli di *Machine Learning* ha consentito di sviluppare algoritmi in grado di prevedere la finestra ottimale di raccolta dei coni con notevole precisione, aprendo scenari di agricoltura di precisione che fino a pochi anni fa erano difficilmente immaginabili per una coltura di nicchia come il luppolo italiano.

Sul versante della birrificazione, i lavori presentati esplorano con rigore scientifico le complesse interazioni tra materia prima e processo fermentativo. Le ricerche sulle interazioni tra varietà di luppolo, stadio di maturazione e ceppo di lievito mostrano con chiarezza come la qualità sensoriale della birra sia il frutto di un sistema di relazioni non lineari, in cui la scelta del lievito può modulare, amplificare o attenuare le caratteristiche apportate dal luppolo. In questo quadro, gli studi sui lieviti autoctoni e sui ceppi non-*Saccharomyces* aprono orizzonti del tutto nuovi per la birra italiana: l'idea di un "terroir" brassicolo, costruito su microrganismi indigeni capaci di esprimere aromi unici e irripetibili, non è più una suggestione, ma una prospettiva fondata su dati sperimentali solidi.

L'orzo da birra non è da meno: il programma di miglioramento genetico del CREA ha prodotto risultati tangibili, con l'identificazione di linee avanzate che coniugano buona produttività, elevata qualità maltaria e resistenza genetica alle principali malattie fungine e virali. Accanto all'orzo, i lavori sul frumento – spelta, farro dicocco, grano tenero e grano duro – come materia prima per la maltazione e la produzione di birre monovarietalì o in miscela aprono nuovi mercati e valorizzano un patrimonio genetico tipicamente italiano, contribuendo alla differenziazione dell'offerta brassicola nazionale.

Infine, due contributi di carattere economico e di mercato completano il quadro e ci ricordano che la ricerca scientifica deve sempre dialogare con il sistema produttivo e con le esigenze dei consumatori. L'analisi delle aziende italiane produttrici di luppolo, attraverso i microdati RICA, mette in evidenza una realtà settoriale ancora eterogenea, dove convivono imprese strutturate ed efficienti e piccole realtà ancora sperimentali che necessitano di un accompagnamento tecnico mirato. Lo studio sulle ricerche online relative a birre senza glutine e a basso tenore alcolico, condotto attraverso strumenti di *web analytics* e SEO, mostra invece come la domanda di prodotti brassicoli innovativi stia crescendo in modo strutturale, non episodico, con implicazioni dirette per le strategie di comunicazione e commercializzazione dei produttori.

Leggendo nel loro insieme i contributi di questo volume, emerge con chiarezza la visione che ha animato il progetto LOB.IT fin dalla sua nascita: costruire conoscenza integrata, che attraversi i confini disciplinari e connetta la ricerca di base con l'innovazione applicata, il laboratorio con il campo, la chimica con l'economia, la tradizione culturale italiana con le frontiere tecnologiche più avanzate. Solo un approccio così ampio e sistemico può rispondere alla complessità di una filiera che ambisce a diventare pienamente competitiva a livello europeo.

Desidero esprimere la mia più sincera gratitudine a tutti i ricercatori che hanno contribuito a questi risultati con competenza, dedizione e spirito di collaborazione. Un ringraziamento particolare va all'Università di Parma e ai Centri di Ricerca del CREA coinvolti e agli agricoltori che hanno messo a disposizione i propri campi e la propria esperienza. Senza questa rete di relazioni nulla di ciò che è descritto in queste pagine sarebbe stato possibile.

Auspico che i risultati documentati in questo volume possano costituire un solido punto di riferimento per la comunità scientifica e per gli operatori del settore, contribuendo ad alimentare un processo di sviluppo della filiera brassicola nazionale destinato a consolidarsi e ad ampliarsi ulteriormente nel medio-lungo periodo.

La coordinatrice del progetto LOB.IT

Katya Carbone, PhD.

PREFACE

The LOB.IT project was born with the ambition of building a fully Italian brewing supply chain, promoting the fundamental raw materials of beer—hops (*Humulus lupulus L.*), malt cereals, and yeast—through a multidisciplinary approach that combines agronomy, molecular biology, food chemistry, brewing technology, agricultural economics, and digital innovation. The contributions collected in this volume attest to the richness and transversality of this approach, demonstrating how collaboration between different research institutions can generate solid knowledge that can be immediately transferred to the sector.

On the hop side, the studies presented in this volume aim to embrace the entire supply chain. In vitro phytosanitary remediation activities address a crucial issue for the development of a certified nursery supply chain: the widespread presence of viruses and viroids in Italian hops, including hop latent viroid (HLVd)—is currently one of the main obstacles to the creation of a germplasm of guaranteed quality. The results presented, although still preliminary, open up concrete prospects for obtaining healthy plants, to be used both as an experimental reference and as the foundation for future controlled nursery supply chains.

The chemical and physicochemical characterization of hop cones has been addressed through innovative approaches: the use of ATR-FTIR spectroscopy combined with chemometrics has made it possible to construct spectral profiles capable of discriminating varieties and stages of maturation with high efficiency. At the same time, the analysis of secondary metabolites, resins, essential oils, polyphenols, and pigments, has revealed that each cultivar possesses its own metabolic bouquet, varying not only between varieties but also according to the time of harvest. These data are of extraordinary practical importance: knowing the metabolic profile of hops as a function of ripeness means being able to guide producers' choices towards optimizing the harvest according to its intended use, whether it be for bittering beer, producing cosmetics, or developing functional beverages.

A particularly original contribution concerns digital innovation within the hop supply chain: the integration of IoT sensor networks with machine learning models has enabled the development of algorithms capable of predicting the optimal window for harvesting cones with remarkable precision, opening up scenarios of precision agriculture that, until only a few years ago, would have been difficult to imagine for a niche crop such as Italian hops.

On the brewing side, the studies presented explore with scientific rigor the complex interactions between raw materials and the fermentation process. Research on the interactions between hop varieties, stage of *ripeness*, and yeast strains clearly shows how the sensory quality of beer is the result of a system of non-linear relationships, in which the choice of yeast can modulate, amplify, or attenuate the characteristics contributed by the hops. In this context, studies on indigenous yeasts and non-*Saccharomyces* strains open up entirely new horizons for Italian beer: the idea of a brewing 'terroir', built on indigenous microorganisms capable of expressing unique and unrepeatable aromas, is no longer a suggestion but a prospect based on solid experimental data.

Malting barley is no exception: CREA's genetic improvement program has produced tangible results, identifying advanced lines that combine good productivity, high malting quality, and genetic resistance to major fungal and viral diseases. Alongside barley, the research on wheat—spelt, emmer, soft wheat, and durum wheat—as a raw material for malting and the production of single-variety or blended beers is opening up new markets and enhancing a typically Italian genetic heritage, contributing to the differentiation of the national beer offering.

Finally, two economic and market-oriented contributions complete the picture, reminding us that scientific research must always dialogue with the production system and consumer needs. The analysis of Italian hop-producing companies, using RICA microdata, highlights a sector that remains heterogeneous, where structured and efficient companies coexist with small, still experimental businesses that need targeted technical support. The study on online searches for gluten-free and low-alcohol beers, conducted using web analytics and SEO tools, shows that demand for innovative brewing products is growing in a structural, rather than episodic, way, with direct implications for producers' communication and marketing strategies.

When considered as a whole, the contributions in this volume clearly reflect the vision that has inspired the LOB.IT project since its inception: to build integrated knowledge that transcends disciplinary boundaries and connects basic research with applied innovation, the laboratory with the field, chemistry with economics, Italian cultural tradition with the most advanced technological frontiers. Such a broad and systemic approach is essential to address the complexity of a supply chain aspiring to achieve full competitiveness at the European level.

I would like to express my sincere gratitude to all the researchers who have contributed to these results with their expertise, dedication, and spirit of collaboration. We would like to express our sincere gratitude to the University of Parma and the CREA Research Centres involved, as well as to the farmers who kindly made their fields and expertise available. The establishment of this network of relationships has been instrumental in enabling the realisation of the content described in these pages.

It is our hope that the results documented in this volume will serve as a solid reference point for both the scientific community and industry operators, helping to fuel a process of development within the national brewing industry that is set to consolidate and expand further in the medium to long term.

The Project Coordinator

Katya Carbone, PhD.

PROVE DI ALLESTIMENTO IN VITRO, MICROPROPAGAZIONE E COLTURA DI MERISTEMA PER LA MESSA A PUNTO DI PROTOCOLLI DI RISANAMENTO DA VIRUS DI LUPPOLO: RISULTATI OTTENUTI

C.L. Corrado, L. Ferretti, M. Luigi, A. Taglienti

CREA, Centro di Ricerca Difesa e Certificazione

Stato dell'arte

Il monitoraggio dello stato fitosanitario del luppolo in Italia, effettuato nell'ambito del progetto "LUPPOLO.IT", ha evidenziato una diffusa presenza di infezioni da virus e viroidi (Gargani et al., 2018, 2019; Luigi et al., 2023) per i quali è nota, da dati di letteratura, la capacità di compromettere la resa e la qualità dei coni (Pethybridge et al., 2008). Recentemente, inoltre, la presenza di l'hop latent viroid (HLVd) è stata rinvenuta nel polline di piante di luppolo utilizzate a fini di *breeding* (Luigi et al., 2025), ponendo la questione sul ruolo che il polline potrebbe svolgere nella trasmissione di questo patogeno sistemico. Nell'ambito delle attività previste dal WP3 del progetto LOB.IT, il CREA sta portando avanti un'attività volta all'ottenimento di germoplasma di luppolo esente da infezioni da virus e/o viroidi attraverso tecniche di risanamento *in vitro*. La produzione di uno stock di piante sane servirà a tre scopi: (i) creare i presupposti per favorire lo sviluppo di una filiera vivaistica certificata, come per molte colture maggiori e ad elevato valore aggiunto (vite, agrumi); (ii) produrre coni da utilizzare come controllo sano in prove volte a valutare l'effetto di patogeni virali sulla resa e qualità del luppolo nei nostri areali e condizioni pedoclimatiche; (iii) allestire una prova in ambiente controllato di trasmissione di HLVd tramite polline infetto, per verificare tale possibilità già dimostrata per altri binomi pianta-patogeno e definire il tasso di trasmissione.

Risultati

Il germoplasma di luppolo che costituiva il materiale di partenza per l'attività di risanamento *in vitro* afferisce a quattro accessioni di diversa provenienza: piante delle varietà commerciali 'Chinook' e 'Comet', i cui rizomi sono stati prelevati nel luppoletto di un'azienda agricola a Cori (LT) e poi rigenerate e moltiplicate presso il CREA; piante della varietà commerciale 'Magnum' e della selezione 'ET8', genotipo proveniente da selezione massale effettuata presso l'Università di Parma, Dipartimento di Scienze degli Alimenti e del Farmaco, dal gruppo del prof. Tommaso Ganino, nell'ambito del progetto "ProHopSmartChain" (PSR Emilia Romagna misura 16.01), e del Comune di Marano sul Panaro (MO), entrambe fornite dal Dr. Marco Cardoni del Centro Attività Vivaistiche (CAV) di Tebano (RA). Presso il CREA le plantule *in vivo* delle suddette accessioni sono state trapiantate in vaso e trasferite in serra. Campioni fogliari sono stati, quindi, prelevati da tutte le piante per eseguire le analisi di laboratorio volte a verificare la presenza dei virus e viroidi più diffusi in luppolo. I risultati delle analisi sono riportati in Tabella 1.

Varietà	Virus/viroidi presenti
Chinook	HpLV, AHLV, HLVd
Comet	HpLV
Magnum	-
ET8	HpLV

Tab. 1. Stato fitosanitario di partenza del germoplasma di luppolo a disposizione.

Tutte le accessioni sono state, quindi, allestite *in vitro* per essere avviate al risanamento ('Chinook', 'Comet' e 'ET8') o alla conservazione in condizioni controllate, qualora esenti dai virus e viroidi ricercati ('Magnum'). La coltura *in vitro* è stata allestita a partire da segmenti uninodali prelevati dalle piante *in vivo*, sterilizzati superficialmente sotto cappa a flusso laminare (EtOH 70%, 1 min + NaClO 12%, 10 min) e messi in coltura su mezzo di rigenerazione contenente l'auxina acido indol-3-butirrico e le citochinine 6-benzilaminopurina e 6-(γ,γ -dimethylallylamino) purina per adiuvare lo sviluppo della gemma. L'esperimento ha dato i seguenti risultati:

Varietà	n. espianti	% germogliati	% rigenerati	% inquinati
Chinook	32	31	9	50
Comet	51	10	0	84
Magnum	20	90	90	0
ET8	17	100	100	0

Tab. 2. Risultati dell'allestimento *in vitro* delle accessioni di luppolo.

Per 'Chinook' e 'Comet', lo sviluppo di inquinamenti in coltura, derivati dalla presenza di endofiti di natura fungina non eliminabile con sterilizzazione superficiale dell'espianto, è stato purtroppo molto importante. In particolare, nel caso di 'Comet' lo sviluppo di inquinanti, unitamente a una recalcitranza dell'accessione alla coltura *in vitro*, ha compromesso completamente l'allestimento impedendo l'ottenimento dello stock di piante micropropagate. Per le altre tre accessioni l'esperimento ha avuto invece successo, sebbene con percentuali diverse di sopravvivenza degli espianti (Tabella 2).

Si è quindi proceduto con l'espianto dei meristemi per le tre accessioni da risanare; per 'Comet', in mancanza di piante micropropagate, si è ripartiti da germogli *in vivo*, operando la sterilizzazione subito prima della coltura di meristema. I meristemi, delle dimensioni di circa 0.1-0.2 mm, sono stati posti a rigenerare sullo stesso terreno descritto in precedenza per l'allestimento. I risultati degli esperimenti di risanamento sono riportati in Tabella 3.

Varietà	n. meristemi	% rigenerati	% risanati
Chinook	4	25	25
Comet	5	0	0
ET8	20	55	n.d.

Tab. 3. Risultati del risanamento *in vitro* delle accessioni di luppolo.

Come già parzialmente evidenziato dall'esperimento di allestimento, la varietà 'Comet' si conferma recalcitrante alla coltura *in vitro* e molto soggetta a inquinamento di endofiti, che ne compromettono la manipolazione in coltura tissutale. Anche la varietà 'Chinook' sconta una crescita stentata che limita il numero di germogli da cui espiantare i meristemi, il che a cascata si ripercuote su tutti i tassi di sviluppo successivi. Il genotipo 'ET8', invece, ha fornito una certa quantità di espianti di buona qualità, che sono in attesa di ricrescita per la prima diagnosi post-trattamento.

Conclusioni

L'attività di risanamento *in vitro*, pur con alcune difficoltà intrinseche della tecnica utilizzata, sta fornendo sia indicazioni metodologiche per quanto riguarda protocolli di trattamento ottimizzati, sia materiale potenzialmente risanato per una ipotetica filiera vivaistica fitosanitariamente controllata. Nell'ultimo anno di progetto, il materiale della varietà 'Magnum' risultato sano sarà utilizzato negli esperimenti di confronto di qualità dei coni e della trasmissione di HLVd tramite polline.

Bibliografia

- Gargani, E., Faggioli, F., & Haegi, A. (2018). A survey on pests and diseases of Italian Hop crops. *Italus Hortus*, 24, 1-17. <https://doi.org/10.26353/j.itahort/2017.2.117>
- Gargani, E., Simoni, S., Benvenuti, C., Haegi, A., Ciccoritti, R., Carbone, K., Roversi, P., & Ferretti, L. (2019). Stato sanitario, difesa e criticità del luppolo in Italia. *Informatore Agrario*, 39, 56-60.
- Luigi, M., Donati, L., Sciarroni, R., Gentili, A., Taglienti, A., Tiberini, A., Faggioli, F., & Ferretti, L. (2023). Carlavirus Species Infecting Hop Plants in Italy: Molecular Identification and Phylogenetic Analyses of the Detected Isolates. *Plants*, 12(19), 3514. <https://doi.org/10.3390/plants12193514>
- Pethybridge, S.J., Hay, S.F., Barbara, D.J., Eastwell, K.C. & Wilson, C.R. (2008). Viruses and Viroids Infecting Hop: Significance, Epidemiology, and Management. *Plant Disease*, 92, (3). <https://doi.org/10.1094/PDIS-92-3-0324>
- Luigi, M., Taglienti, A., Ganino, T., Rodolfi, M., Lino, T., Carbone, K., Faggioli, F., Ferretti, L.(2025). Investigating seed and pollen transmission of hop latent viroid in hops. International Conference VIROID 2025: Viroids and Viroid-like RNAs Book of Abstracts, 53-54.

ESTABLISHMENT OF IN VITRO TISSUE CULTURE, MICROPROPAGATION AND MERISTEM CULTURE FOR VIRUS ELIMINATION IN HOP: RESULTS AND PERSPECTIVES.

C.L. Corrado, L. Ferretti, M. Luigi, A. Taglienti

CREA, Research Centre for Plant Protection and Certification

State of the art

A phytosanitary survey of hops in Italy, carried out within the framework of the “LUPPOLO.IT” project, has highlighted a widespread presence of virus and viroid infections (Gargani et al., 2018, 2019; Luigi et al., 2023). Based on literature data, these are known to decrease the yield and quality of the cones (Pethybridge et al., 2008). Furthermore, the presence of hop latent viroid (HLVd) has recently been found in the pollen of hop plants used for breeding purposes (Luigi et al., 2025), raising the issue on the role that pollen might play in the transmission of this systemic pathogen. As part of the activities of WP3 of the “LOB.IT” project, CREA is carrying out experiments aimed at obtaining hop germplasm free from virus and/or viroid infections through *in vitro* elimination techniques. The production of a healthy plant stock will serve three purposes: (i) to lay the conditions for developing a sanitarily certified nursery system in the hop-brewery supply chain, as is the case for some major, high added-value crops (e.g., grapevine, citrus); (ii) to produce cones to be used as a healthy control in trials aimed at evaluating the effect of viral pathogens on hop yield and quality in our areas and pedoclimatic conditions; (iii) to set up an experimental trial for the transmission of HLVd via infected pollen in controlled conditions, to verify this hypothesis (which has already been demonstrated for other plant-pathogen combinations) and to assess the transmission rate.

Results

The hop germplasm starting material for the *in vitro* virus elimination belonged to four accessions of different origin. 'Chinook' and 'Comet' commercial varieties: dormant sets of these plants were collected from a hop field at a farm in Cori (LT), and subsequently regenerated and reproduced at CREA-DC. 'Magnum' commercial variety and the 'ET8' selection: the 'ET8' genotype originated from mass selection carried out at the University of Parma, Department of Food and Drug Sciences, by the group led by Prof. Tommaso Ganino, as part of the “ProHopSmartChain” project (PSR Emilia Romagna 16.01), and the Municipality of Marano sul Panaro (MO). Both were supplied by Dr. Marco Cardoni from Centro Attività Vivaistiche (CAV) in Tebano (RA). The *in vivo* plantlets of the accessions were transplanted into pots and transferred to a greenhouse at CREA. Leaf samples were then collected from plants to perform laboratory analyses for the presence of the most common viruses and viroids in hops. The results of the analyses are reported in Table 1.

Accession	Detected viruses/viroids
Chinook	HpLV, AHLV, HLVD
Comet	HpLV
Magnum	-
ET8	HpLV

Tab. 1. Phytosanitary status of the hop germplasm available.

All the accessions were then established *in vitro*, either for virus elimination ('Chinook', 'Comet', and 'ET8') or for preservation under controlled conditions ('Magnum'). The *in vitro* culture was established starting from single-node segments collected from the *in vivo* plants. These segments were surface-sterilized under a laminar flow hood (70% EtOH for 1 min. + 12% NaClO for 10 min.) and placed on a regeneration medium containing the auxin indole-3-butyric acid and the cytokinins 6-benzylaminopurine and 6-(γ,γ -dimethylallylamino)purine to support shoot development. The experiment gave the following results:

Accession	n. explants	% germinated	% regenerated	% contaminated
Chinook	32	31	9	50
Comet	51	10	0	84
Magnum	20	90	90	0
ET8	17	100	100	0

Tab. 2. Results of the establishment of hop accessions *in vitro*.

For 'Chinook' and 'Comet', the spoilage rate of the tissue culture was unfortunately very high, due to fungal endophytes that could not be eliminated by surface sterilization of the explant. In particular, in the case of 'Comet', the contaminants, together with an apparent unfitness of the accession for *in vitro* culture, completely compromised the establishment experiment, and the stock of micropropagated plants was not obtained. However, the experiment was successful for the other three accessions, albeit with different explant survival rates (Table 2).

The meristem culture was then applied to the three accessions for virus elimination; on 'Comet', due to the lack of micropropagated plantlets, the process was started again from *in vivo* shoots, performing the sterilization immediately before the meristem excision. The meristems, with a size of approximately 0.1 – 0.2 mm, were placed to regenerate on the same medium previously described for the culture establishment. The results of the virus elimination experiments are reported in Table 3.

Accession	n. meristems	% regenerated	% virus-free
Chinook	4	25	25
Comet	5	0	0
ET8	20	55	n.d.

Tab. 3. Results of recovery of hop accessions *in vitro*.

As already noted in the establishment experiment, the 'Comet' was confirmed to be unfit for *in vitro* culture and highly susceptible to endophyte contamination, which compromised its manipulation by tissue culture. The 'Chinook' also suffered from stunted growth, limiting the number of shoots from which meristems could be excised. This, in turn, affected all subsequent developmental stages. In contrast, the 'ET8' genotype provided high quality explants in good amounts, that are currently in the regrowth stage; afterwards, the first post-treatment diagnosis will be performed.

Conclusions

The *in vitro* virus elimination experiments, despite some difficulties intrinsic of the technique used, provided both methodological indications regarding optimized treatment protocols and potentially virus and viroid-free germplasm for the setting up of a sanitarly certified nursery system in the hop-brewery supply chain. In the final year of the project, the healthy 'Magnum' plant material will be used in the analyses of cone quality and the transmission experiments of HLVD *via* pollen.

References

- Gargani, E., Faggioli, F., & Haegi, A. (2018). A survey on pests and diseases of Italian Hop crops. *Italus Hortus*, 24, 1–17. <https://doi.org/10.26353/j.itahort/2017.2.117>
- Gargani, E., Simoni, S., Benvenuti, C., Haegi, A., Ciccoritti, R., Carbone, K., Roversi, P., & Ferretti, L. (2019). Stato sanitario, difesa e criticità del luppolo in Italia. *Informatore Agrario*, 39, 56–60.
- Luigi, M., Donati, L., Sciarroni, R., Gentili, A., Taglienti, A., Tiberini, A., Faggioli, F., & Ferretti, L. (2023). Carlavirus Species Infecting Hop Plants in Italy: Molecular Identification and Phylogenetic Analyses of the Detected Isolates. *Plants*, 12(19), 3514. <https://doi.org/10.3390/plants12193514>
- Pethybridge, S.J., Hay, S.F., Barbara, D.J., Eastwell, K.C. & Wilson, C.R. (2008). Viruses and Viroids Infecting Hop: Significance, Epidemiology, and Management. *Plant Disease*, 92, (3). <https://doi.org/10.1094/PDIS-92-3-0324>
- Luigi, M., Taglienti, A., Ganino, T., Rodolfi, M., Lino, T., Carbone, K., Faggioli, F., Ferretti, L. (2025). Investigating seed and pollen transmission of hop latent viroid in hops. *International Conference VIROID 2025: Viroids and Viroid-like RNAs Book of Abstracts*, 53-54.



lob.it
biodiversità italiana da valorizzare

**Prove di allestimento *in vitro*,
micropropagazione e coltura di
meristema per la messa a punto di
protocolli di risanamento da virus di
luppolo: risultati ottenuti**

Carla Libia Corrado, Ph.D.
U.O.3 CREA-DC

MINISTERO DELL'AGRICOLTURA
DELLA PESCAICOLTURA
E DELLE FORESTE

crea
Consorzio Nazionale per la Ricerca e lo Sviluppo in Agricoltura

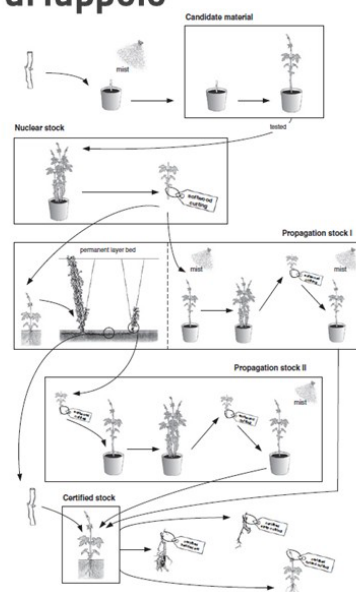
UNIVERSITÀ
DI PARMA

1

Risanamento *in vitro* di accessioni di luppolo

Produzione di uno stock di piante sane

- Allestimento di una filiera vivaistica fitosanitariamente controllata



EPPO PM 4/16 (2)
Certification scheme for hop

Risanamento *in vitro* di accessioni di luppolo



Produzione di uno stock di piante sane

- Produzione coni da piante sane e infette per confronto resa e profilo metabolico (U.O.1 CREA-OFA)

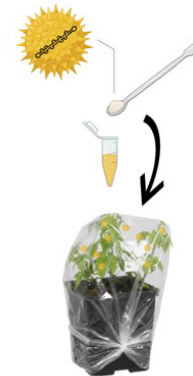
Table 1. Influence of hop viruses on cone yields and brewing alpha acid levels (adapted from Wilson et al. [1991])

Cultivar	Yield loss (%)										Ref.
	ApMV ^a		HpMV ^a		HplV ^a		ArMV-H ^b		Multiple infections		
	Cone	Alpha acids	Cone	Alpha acids	Cone	Alpha acids	Cone	Alpha acids	Cone	Alpha acids	
United Kingdom											
Fuggie	8	0.5	3 ^c	-	-	-	39 to 96	4 to 15	-	-	17
Cascade	20	3	-	-	-	-	-	-	-	-	17
Bullion	20	2	-	-	-	-	-	-	-	-	17
Wye Northdown	32	8	-	-	-	-	-	-	-	-	119
Germany											
Hüller Bitter	-	-	-	-	-	-	-	-	34	20	87
Northern Brewer	-	-	0 ^c	0	0	0	-	-	-	26	87
Hersbrucker Spät	-	-	0	0	0	0	-	-	5 to 38	0 to 47	87
USA											
Chinook	-	-	62	0	0	12	-	-	-	-	147
New Zealand											
Superalpha	-	-	-	-	0	0	0	0	0 to 39	0 to 4	75
Australia											
Pride of Ringwood	0 to 50	0 to 10	50 to 53	0 to 18	0 to 20	0	45	-	0 to 39	0 to 12	138
Victoria	0	0	0	0	0	0	0	0	0 to 43	0	138
Nugget	0	0 to 10	0	0	0	0	0	0	0	0	138
Opal	0	0	0 to 27	0	40 to 42	0	-	-	0 to 58	23 to 43	138
Super Pride	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	139
Agate	-	-	0	0	0 to 70	0 to 44	-	-	-	-	139

^a ApMV = Apple mosaic virus; HpMV = Hop mosaic virus; HplV = Hop latent virus; ArMV-H = Arabis mosaic virus hop strain.
^b - = Not tested.
^c 0 = No significant effect.

Pethybridge & Hay, Plant Disease 92 (3), 2008.

- Prova di trasmissione HLVD (U.O.3 CREA-DC)



Diagnosi delle accessioni di luppolo



Determinazione del profilo infettivo delle accessioni a disposizione tramite analisi molecolari

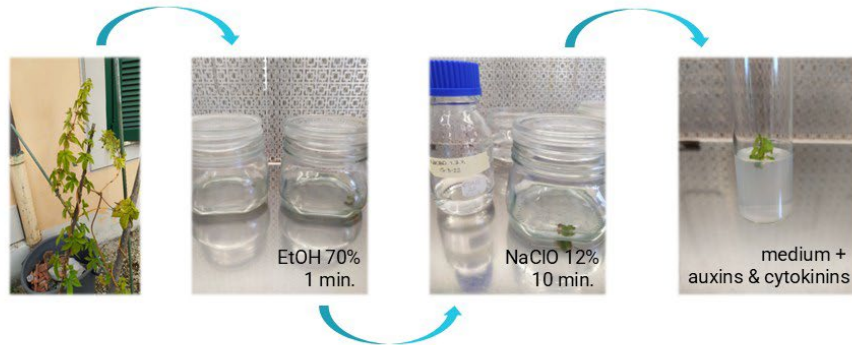
Varietà	stato infettivo	
Chinook	HplV, AHLV, HLVD	} allestimento della coltura <i>in vitro</i> + risanamento
Comet	HplV	
ET8	HplV (divergente)	
Magnum	virus & viroid-free	→ allestimento della coltura <i>in vitro</i>



Allestimento coltura *in vitro*



Segmenti uninodali da piante *in vivo*, sterilizzazione e messa in coltura su mezzo di rigenerazione



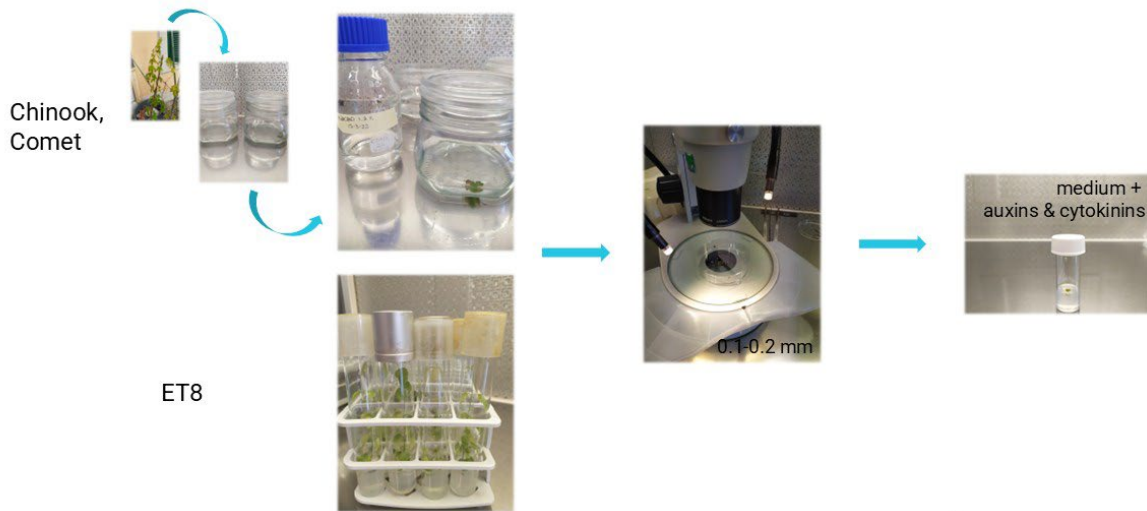
Risultati allestimento



Varietà	n. espianti	n. germogliati	n. rigenerati	n. inquinati
Chinook	32	31%	9%	50%
Comet	51	10%	0%	84%
Magnum	20	90%	90%	0%
ET8	17	100%	100%	0%

Risanamento per coltura di meristema

Espianto meristema e messa in coltura su terreno di rigenerazione



Risultati risanamento



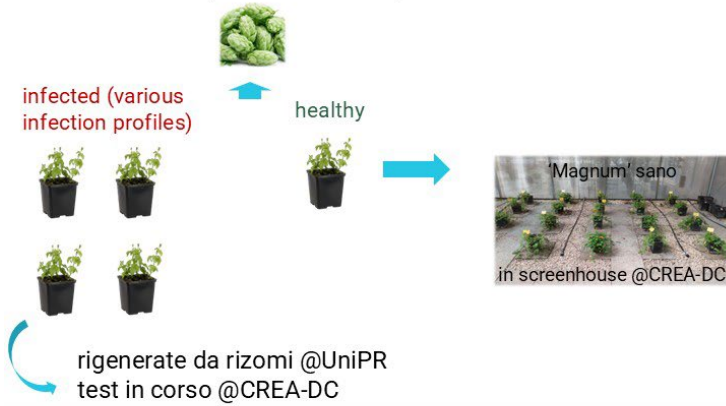
	Varietà	n. meristemi	n. rigenerati	n. risanati
HpLV, AHLV, HLVd	← Chinook	4	25%	25%
HpLV	← Comet	5	0%	0%
HpLV (divergente)	← ET8	20	55%	not tested
virus & viroid-free	← Magnum			

Prospettive ultimo anno LOB.IT

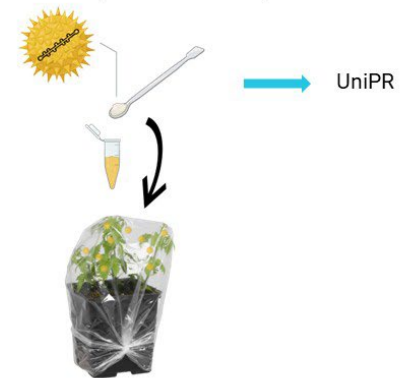


Utilizzo 'Magnum' per:

- Produzione coni da piante sane e infette per confronto resa e profilo metabolico (U.O.1 CREA-OFA)



- Prova di trasmissione HLVD (U.O.3 CREA-DC)



Prospettive ultimo anno LOB.IT



Risanamento

- Allestimento di una filiera vivaistica fitosanitariamente controllata

Varietà	n. meristemi	n. rigenerati	n. risanati
Chinook	4	25%	25%
Comet	5	0%	0%
ET8	20	55%	not tested

LA FIRMA INVISIBILE DEL LUPPOLO: UN APPROCCIO CHEMIOMETRICO AGLI SPETTRI ATR-FTIR PER LA CARATTERIZZAZIONE DI VARIETÀ E TEMPI DI MATURAZIONE

E. Celi, K. Carbone

Food Chemistry and Biotechnology Lab, CREA, Centro di ricerca Olivicoltura, Frutticoltura e Agrumicoltura

Stato dell'arte

La spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier a riflettanza totale attenuata (ATR-FTIR) è una tecnica analitica rapida, non distruttiva e a ridotto impatto ambientale, che può essere utilizzata per la caratterizzazione chimico-fisica di matrici vegetali complesse, come i coni di luppolo. L'interazione tra la radiazione infrarossa e la materia restituisce un profilo vibrazionale caratteristico (o firma spettrale) da cui è possibile trarre informazioni sulla composizione del campione in esame. Tuttavia, l'interpretazione degli spettri infrarossi risulta piuttosto complessa e non immediata, perciò, per rendere l'informazione più facilmente fruibile, è stato sviluppato un approccio combinato tra spettroscopia IR e tecniche di chemiometria. Nel dettaglio, è stata scelta l'Analisi delle Componenti Principali (PCA) come tecnica esplorativa per ridurre la dimensionalità dei dati e identificare eventuali pattern significativi all'interno del dataset spettrale che permettano di discriminare varietà e tempi di maturazione del luppolo (*Humulus lupulus* L.)

Materiali e Metodi

I coni di luppolo in esame, forniti dall'Università di Parma, appartengono alle cultivar *Cascade* e *Columbus* e sono stati raccolti a tre tempi di maturazione differenti nel 2023. Successivamente alla raccolta, i campioni sono stati sottoposti a liofilizzazione e spediti presso il laboratorio di Chimica e Biotecnologie Alimentari (CBA) del CREA, dove sono stati macinati, omogeneizzati ed aliquotati. Ciascuna aliquota è stata analizzata in ATR-FTIR nella regione del medio-infrarosso ($650\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$), utilizzando uno spettrometro Nicolet iS50 (Thermo Fisher Scientific Inc., USA) dotato di cristallo in ZnSe. Per ogni campione sono stati registrati dodici spettri, ciascuno ottenuto dalla media di 32 scansioni con una risoluzione di 4 cm^{-1} , per un tempo complessivo di acquisizione di circa 47 secondi. I dati grezzi sono stati elaborati con il software OMNIC™ (Thermo Fisher Scientific Inc., USA) per ridurre l'influenza del rumore di fondo e migliorare la leggibilità dei segnali. Gli spettri così ottenuti sono stati utilizzati per l'assegnazione dei gruppi funzionali che ne generano le bande caratteristiche. Successivamente, è stata calcolata la derivata seconda degli spettri per amplificare i segnali più deboli e risolvere le bande sovrapposte. I dati sono stati analizzati con il software MATLAB.

Risultati e Discussione

Lo studio degli spettri ATR-FTIR ha permesso di attribuire molti dei segnali ai rispettivi gruppi funzionali che li generano, in accordo con la letteratura (Grasel et al., 2015; Li et al., 2018; Macchioni et al., 2020). Tra i più rappresentativi si evidenziano:

- la banda centrata a circa 3300 cm^{-1} , associata allo stretching dei gruppi O-H o N-H ed indicativa della frazione polifenolica e proteica;
- le bande comprese tra 3000 e 2800 cm^{-1} , attribuibili allo stretching dei gruppi $-\text{CH}_3$ e $-\text{CH}_2-$, presenti ad esempio nelle code alifatiche delle clorofille e, più in generale, nei carboidrati (ad es. cellulosa) e negli acidi grassi;
- il picco centrato a circa 1730 cm^{-1} , generato dallo stretching del gruppo C=O, dovuto alla presenza di acidi organici, esteri e componenti della parte resinosa del luppolo;
- il segnale a 1020 cm^{-1} , associato principalmente alle vibrazioni del legame C-O delle funzioni esteree.

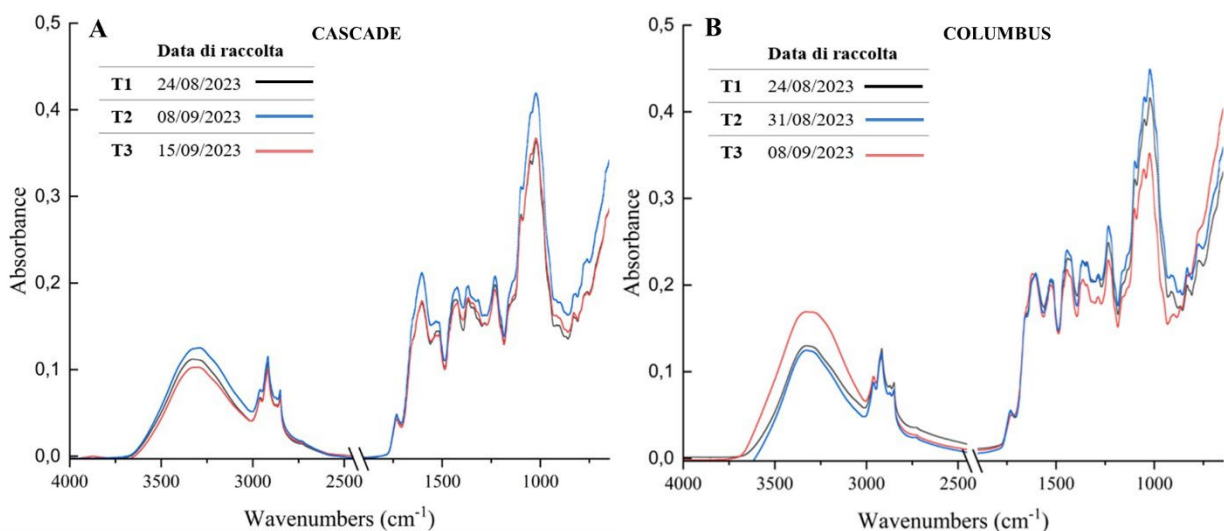


Figura 1. Spettri IR dei coni di luppolo: A) Cultivar: Cascade a tre tempi di maturazione, T1 in nero, T2 in blu e T3 in rosso. B) Cultivar: Columbus a tre tempi di maturazione, T1 in nero, T2 in blu e T3 in rosso.

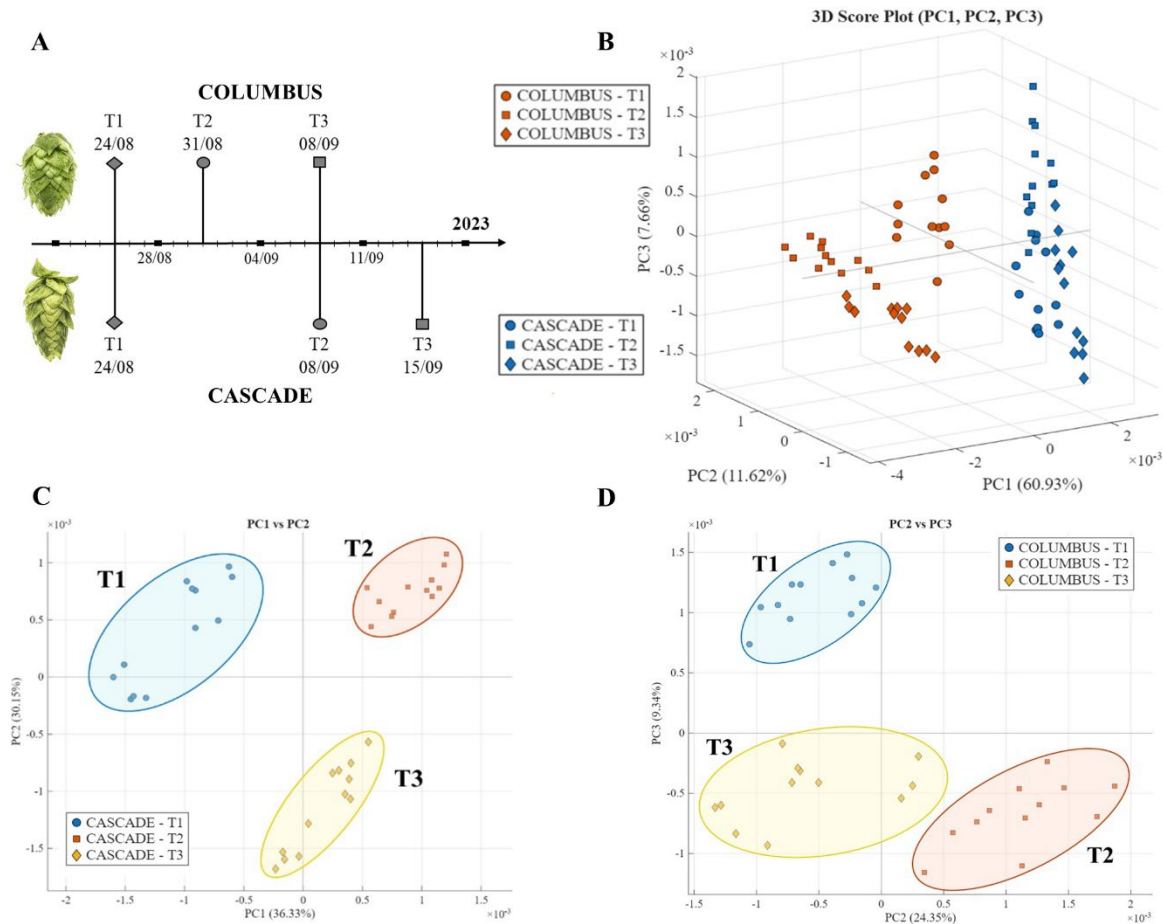


Figura 2. A) Timeline della raccolta delle matrici vegetali. B) Score plot in 3D della PCA effettuata sull'intero dataset (entrambe le cultivar, tutti i tempi di maturazione) C) Score plot in 2D della PCA effettuata sulla varietà Cascade. D) Score plot in 2D della PCA effettuata sulla varietà Columbus.

Il confronto tra gli spettri delle due cultivar rivela differenze nella forma e nella posizione di alcune bande. All'interno di ciascuna cultivar, invece, i profili relativi ai tre tempi di maturazione mostrano variazioni principalmente nell'intensità di alcuni segnali (Fig. 1). Nel loro insieme, tali evidenze suggeriscono che l'informazione spettrale ATR-FTIR sia sensibile sia alla diversità varietale sia ai cambiamenti chimici che accompagnano il processo di maturazione. La successiva analisi delle componenti principali, i cui risultati sono parzialmente riportati in Fig. 2, conferma come l'integrazione di tecniche chemiometriche con la spettroscopia IR ne valorizzi le potenzialità, rendendo possibile una chiara distinzione tra cultivar e tempi di maturazione. Nel primo caso (Fig. 2B) l'approccio combinato spettroscopia IR-chemiometria ha permesso di discriminare le diverse cultivar. Il grafico in 3D, infatti, è il risultato di una PCA eseguita sull'intero dataset e dimostra una separazione molto netta tra le due varietà indipendentemente dal tempo di raccolta: sulla sinistra, in rosso, troviamo i coni Columbus mentre sulla destra, in blu, i Cascade. Approfondendo l'analisi per le singole cultivar, si ottengono dei risultati altrettanto

promettenti. Infatti, entrambi i grafici mostrati in Fig. 2 (C per Cascade e D per Columbus) mostrano una distinzione piuttosto chiara dei tre stadi di maturazione.

Questi risultati preliminari indicano che l'informazione spettrale, opportunamente trattata, può essere in grado di catturare con buona sensibilità le variazioni chimiche che avvengono durante la maturazione oltre alle differenze innate dovute alla varietà.

Conclusioni e prospettive

I risultati ottenuti dimostrano come l'approccio combinato ATR-FTIR e PCA rappresenti un metodo efficace per discriminare sia tra cultivar sia tra differenti stadi di maturazione. L'elevata rapidità analitica (< 1 minuto/spettro), la minima (o nulla) preparazione del campione e la possibilità di effettuare misure non distruttive rendono la tecnica ATR-FTIR particolarmente promettente per applicazioni in ambito agronomico e industriale. Tuttavia, si tratta di risultati preliminari, perciò è necessario validare il modello ampliando il dataset affinché includa più varietà, annate e condizioni agronomiche, al fine di costruire modelli predittivi robusti e potenzialmente trasferibili su strumenti utilizzabili *on-field*. Tali strumenti potrebbero essere rilevanti per agevolare l'agricoltore nella scelta del momento ottimale di raccolta in funzione del parametro di interesse – ad esempio un maggiore accumulo di alfa-acidi o di oli essenziali - a seconda della destinazione d'uso del prodotto finale. In conclusione, questo studio fornisce un primo contributo verso lo sviluppo di metodologie rapide basate su spettroscopia IR utili per la filiera del luppolo.

Bibliografia

- Grasel, F., Ferrao, M., & Wolf, C. (2015). Development of methodology for identification the nature of the polyphenolic extracts by FTIR associated with multivariate analysis. *Spectrochimica acta. Part A, Molecular and biomolecular spectroscopy*, 153, 94–101. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2015.08.020>
- Li, X., Zhou, R., Xu, K., Xu, J., Jin, J., Fang, H., & He, Y. (2018). Rapid Determination of Chlorophyll and Pheophytin in Green Tea Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *Molecules*, 23(5), Articolo 5. <https://doi.org/10.3390/molecules23051010>
- Macchioni, V., Santarelli, V., & Carbone, K. (2020). Phytochemical Profile, Antiradical Capacity and α -Glucosidase Inhibitory Potential of Wild *Arbutus unedo* L. Fruits from Central Italy: A Chemometric Approach. *Plants*, 9(12), Articolo 12. <https://doi.org/10.3390/plants9121785>

THE INVISIBLE FINGERPRINT OF HOPS: A CHEMOMETRIC APPROACH TO ATR-FTIR SPECTRA FOR THE CHARACTERISATION OF VARIETIES AND MATURATION STAGES

E. Celi, K. Carbone

Food Chemistry and Biotechnology Lab, CREA, Research Centre for Olive, Fruit and Citrus Crops

State of the art

The Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) is a rapid, non-destructive and environmentally friendly analytical technique that can be used for the physico-chemical characterisation of complex plant matrices such as hop cones. In fact, the interaction between infrared radiation and matter yields a characteristic vibrational profile (or spectral fingerprint) from which information on the composition of the sample can be obtained. Since the interpretation of infrared spectra is often complex and not straightforward, a combined approach based on IR spectroscopy and chemometric techniques was developed, to make the information more easily accessible. Specifically, Principal Component Analysis (PCA) was selected as an exploratory tool to reduce data dimensionality and identify significant patterns that may allow discrimination between hop (*Humulus lupulus* L.) varieties and maturation stages.

Materials and Methods

The hop cones examined in this study, supplied by the University of Parma, belong to the Cascade and Columbus cultivars and were harvested at three different maturation stages in 2023. After harvesting, the samples were freeze-dried and shipped to the Laboratory of Food Chemistry and Biotechnology (CBA) of CREA in Rome, where they were ground, homogenised and aliquoted. Each aliquot was analysed by ATR-FTIR in the mid-infrared region (650-4000 cm^{-1}) using a Nicolet iS50 spectrometer (Thermo Fisher Scientific Inc., USA) equipped with a ZnSe crystal. Twelve spectra were recorded for each sample, each obtained as the average of 32 scans at a resolution of 4 cm^{-1} , corresponding to an acquisition time of approximately 47 seconds. The raw spectra were processed using the OMNIC™ software (Thermo Fisher Scientific Inc., USA) to reduce background noise and improve signal readability. The processed spectra were used to assign functional groups responsible for the main absorption bands. Subsequently, the second derivative of each spectrum was calculated to enhance weak signals and resolve overlapped bands. This processing step helps prepare the dataset for PCA, performed with MATLAB.

Results and Discussion

The analysis of ATR-FTIR spectra enabled the attribution of many signals to their corresponding functional groups, in agreement with the literature (Grasel et al., 2015; Li et al., 2018; Macchioni et al., 2020).

Among the most representative, there are:

- the band centred around 3300 cm^{-1} , associated with O-H and N-H stretching, indicative of the polyphenolic and protein fractions;
- the bands between 3000 and 2800 cm^{-1} , attributed to $-\text{CH}_3$ and $-\text{CH}_2-$ stretching, present for example in the aliphatic tails of chlorophylls and more generally in carbohydrates (e.g. cellulose) and fatty acids;
- the peak centred around 1730 cm^{-1} , generated by C=O stretching, related to organic acids, esters and components of the resinous fraction of hop cones;
- the signal at 1020 cm^{-1} , associated mainly with C-O vibrations of ester functions.

The comparison between the spectra of the two cultivars reveals differences in the shape and position of some bands. Within each cultivar, the profiles corresponding to the three maturation stages exhibit variations mainly in the intensity of specific signals (Fig. 1). Taken together, these findings suggest that ATR-FTIR spectral information is sensitive both to varietal differences and to the chemical changes occurring during maturation.

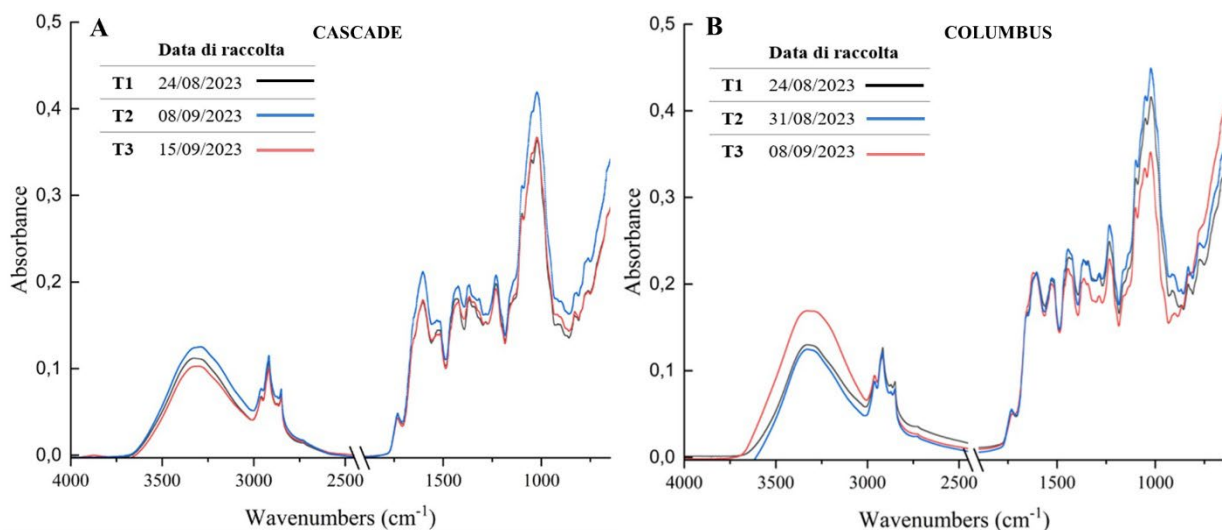


Figure 1. IR spectra of hop cones: A) Cultivar Cascade at three maturation stages, T1 in black, T2 in blue and T3 in red. B) Cultivar Columbus at three maturation stages, T1 in black, T2 in blue and T3 in red.

The subsequent PCA, partially shown in Figure 2, confirms that integrating chemometric techniques with IR spectroscopy enhances this latter's potential, enabling a clear distinction between cultivars and maturation stages. In the first instance (Figure 2B), the combined IR-chemometric approach was tested to discriminate between cultivars. The 3D plot, obtained from a PCA performed on the entire dataset, shows a very clear separation between the two varieties regardless of harvest time: on the left, in red, Columbus; on the right, in blue, Cascade. By further exploring each cultivar individually, equally promising results were obtained. Both plots shown in Figure 2 (C for Cascade and D for Columbus) reveal a clear distinction among the three maturation stages.

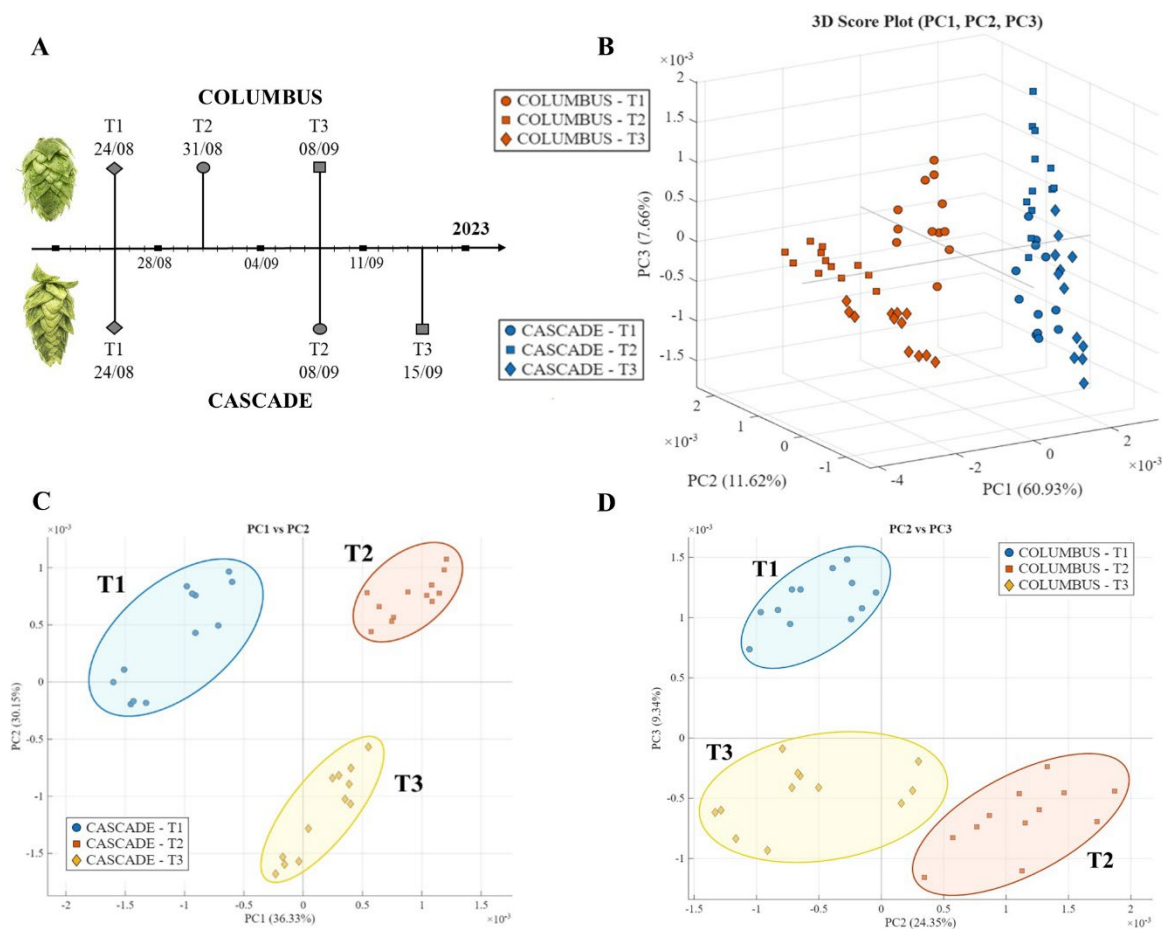


Figure 2. A) Timeline of plant material collection. B) 3D score plot of the PCA performed on the entire dataset (both cultivars, all maturation stages). C) 2D score plot of the PCA performed on the Cascade variety. D) 2D score plot of the PCA performed on the Columbus variety.

These preliminary results indicate that spectral information, when appropriately processed, can capture both the chemical variations occurring during maturation and the inherent differences between varieties.

Conclusions and Perspectives

The results demonstrate that the combined ATR-FTIR and PCA approach is an effective method for discriminating both between hop cultivars and different maturation stages. The high analytical speed (< 1 minute per spectrum), minimal (or absent) sample preparation and the possibility of non-destructive measurements make ATR-FTIR a highly promising technique for agronomic and industrial applications. However, these are preliminary findings, and it is therefore necessary to validate the model by expanding the dataset to include additional varieties, years and agronomic conditions, with the aim of developing robust predictive models potentially transferable to portable on-field instruments. Such tools could assist farmers in identifying the optimal harvest time according to the target parameter – for instance, higher accumulation of alpha-acids or essential oils – depending on the desired end use.

In conclusion, this study provides an initial contribution towards the development of rapid IR-based methods for the hop production chain.

Bibliography

Grasel, F., Ferrao, M., & Wolf, C. (2015). Development of methodology for identification the nature of the polyphenolic extracts by FTIR associated with multivariate analysis. *Spectrochimica acta. Part A, Molecular and biomolecular spectroscopy*, 153, 94–101. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2015.08.020>

Li, X., Zhou, R., Xu, K., Xu, J., Jin, J., Fang, H., & He, Y. (2018). Rapid Determination of Chlorophyll and Pheophytin in Green Tea Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *Molecules*, 23(5), Articolo 5. <https://doi.org/10.3390/molecules23051010>

Macchioni, V., Santarelli, V., & Carbone, K. (2020). Phytochemical Profile, Antiradical Capacity and α -Glucosidase Inhibitory Potential of Wild *Arbutus unedo* L. Fruits from Central Italy: A Chemometric Approach. *Plants*, 9(12), Articolo 12. <https://doi.org/10.3390/plants9121785>



La firma invisibile del luppolo: un approccio chemiometrico agli spettri ATR-FTIR per la caratterizzazione di varietà e tempi di maturazione

Erika Celi | CREA Olivicoltura, Frutticoltura, Agrumicoltura



1

La firma invisibile del luppolo: un approccio chemiometrico agli spettri ATR-FTIR per la caratterizzazione di varietà e tempi di maturazione

1 Introduzione

2 Materiali e metodi

3 Risultati

4 Prospettive per il futuro

5 Conclusione

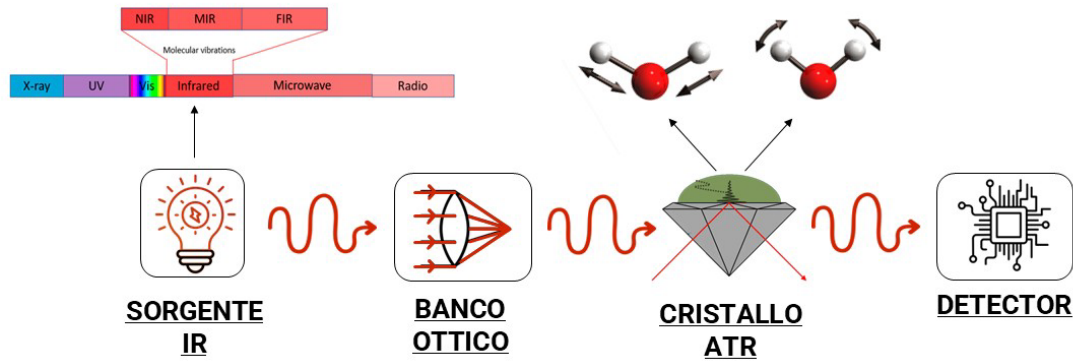
Erika Celi - 6 novembre 2025



2

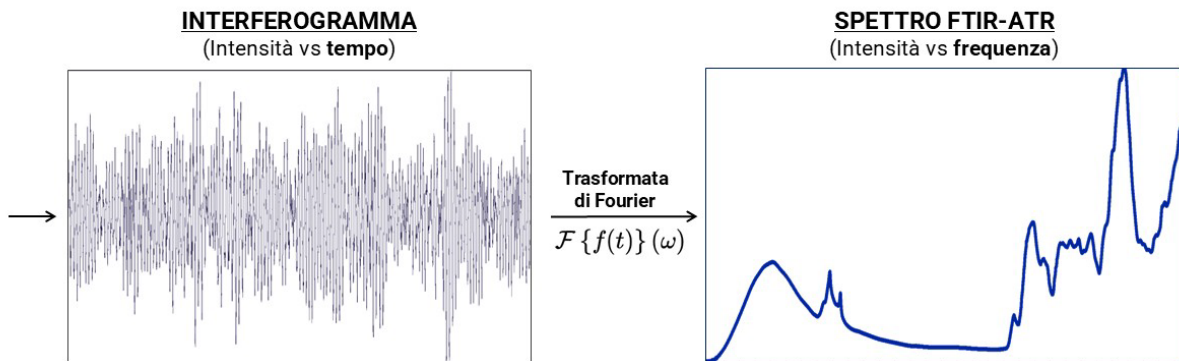
Spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier (FTIR) a riflettanza totale attenuata (ATR)

Interazione radiazione infrarossa + campione → informazioni sulla struttura molecolare



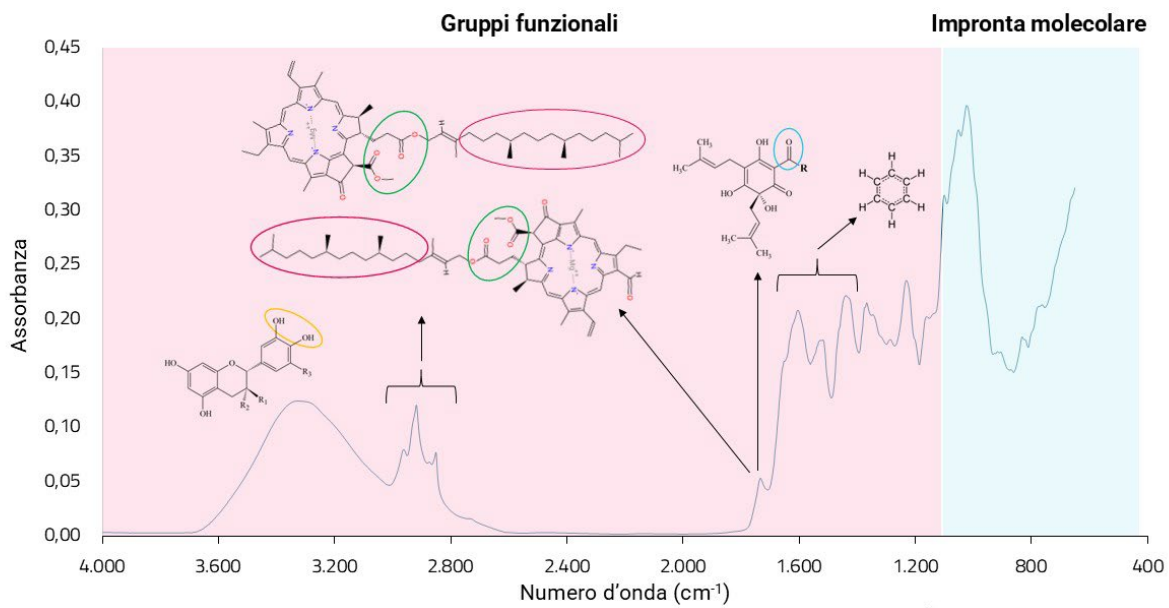
Spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier (FTIR) a riflettanza totale attenuata (ATR)

Interazione radiazione infrarossa + campione → informazioni sulla struttura molecolare



Ogni molecola ha un profilo spettrale caratteristico

Introduzione **Materiali e Metodi** **Risultati** **Prospettive** **Conclusioni**



Erika Celi - 6 novembre 2025



5

Introduzione **Materiali e Metodi** **Risultati** **Prospettive** **Conclusioni**

Spettroscopia infrarossa a trasformata di Fourier (FTIR) con riflettanza totale attenuata (ATR)

VANTAGGI

- Possibilità di upgrade in campo
- Pre-trattamenti non necessari
- Non inquinante
- Elevata capacità di processamento
- Non distruttivo
- Alta sensibilità



SVANTAGGI

- Dati di difficile interpretazione
- Analisi di superficie
- Costo iniziale

Erika Celi - 6 novembre 2025

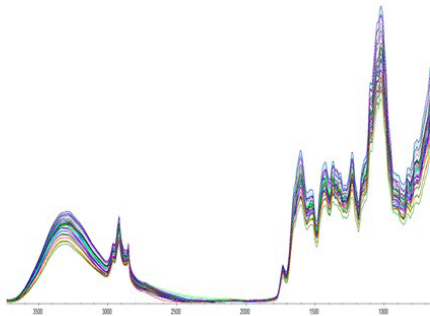


6

Introduzione **Materiali e Metodi** **Risultati** **Prospettive** **Conclusioni**

CHEMIOMETRIA

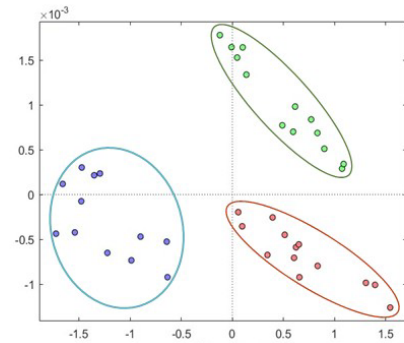
- Combina **chimica, statistica e informatica** per analizzare dati complessi
- Estrae **informazioni nascoste** da insiemi di dati sperimentali
- Include tecniche di statistica **inferenziale** (es: PCA)



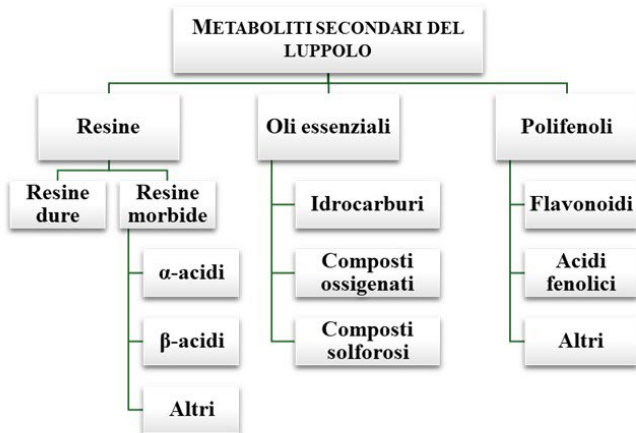
PCA →

PCA (ANALISI DELLE COMPONENTI PRINCIPALI)

- Trasforma le variabili originali in **componenti principali indipendenti**
- **Riduce la dimensionalità** dei dati mantenendo la maggior parte dell'informazione significativa



Introduzione **Materiali e Metodi** **Risultati** **Prospettive** **Conclusioni**



Introduzione **Materiali e Metodi** **Risultati** **Prospettive** **Conclusioni**

Stato dell'arte

2014	Effect of Harvest Maturity on the Chemical Composition of Cascade and Willamette Hops Daniel C. Sharp ^a , Department of Food Science and Technology, Oregon State University, Corvallis, OR 97331; M. Shaun Townsend and Yanning Qian, Department of Crop and Soil Sciences, Oregon State University, Corvallis, OR 97331; and Thomas H. Shellhammer, Department of Food Science and Technology, Oregon State University, Corvallis, OR 97331	2021	Evaluation of Variety, Maturity, and Farm on the Concentrations of Monoterpene Diglycosides and Hop Volatile/Nonvolatile Composition in Five <i>Humulus lupulus</i> Cultivars Scott Lafontaine ^{a,b} , Andrew Caffrey ^a , Jeff Dailey ^a , Scott Varnum ^a , Ashley Hale, Brent Eichler, Johanna Dennenlöhner, Christian Schubert, Laura Knoke, Larry Lerno, Laurent Dagan, Christina Schönberger, Nils Rettberg, Hildegard Heymann, and Susan E. Ebeler
2016	The influence of pruning and harvest timing on hop aroma, cone appearance, and yield Hiroo Matsui ^{a*} , Takako Inui ^b , Kaneo Oka ^c , Nobuyuki Fukui ^d	2022	Varietal differences in the phytochemical components' accumulation and aroma profile of three <i>Humulus lupulus</i> cultivars Kai Hong ^a , Zhenzhen Xu ^b , Limin Wang ^a , Agbaka Johnpaul ^a , Yongqiang Cheng ^a , Chenyan Lv ^{a*} , Changwei Ma ^{a*}
2019	Impact of harvest maturity on the aroma characteristics and chemistry of Cascade hops used for dry-hopping Scott Lafontaine ^{a*} , Scott Varnum ^b , Aurélie Roland ^c , Stéphane Delpech ^c , Laurent Dagan ^d , Daniel Vollmer ^e , Toru Kishimoto ^f , Thomas Shellhammer ^g	2024	Insight into the aroma quality of 'Callista' cultivar of hop (<i>Humulus lupulus</i> L.): Impact of harvest timing, year, and location M.H. Hagemann ^{a,1} , M. Rigling ^{a,1} , S. Mannweiler ^a , U. Born ^a , E. Sprich ^a , A. Milyaev ^a , Y. Zhang ^{a,2}

Erika Celi - 6 novembre 2025



9

Introduzione **Materiali e Metodi** **Risultati** **Prospettive** **Conclusioni**

Fattori che influenzano la chimica del luppolo

2014	Effect of Harvest Maturity on the Chemical Composition of Cascade and Willamette Hops Daniel C. Sharp ^a , Department of Food Science and Technology, Oregon State University, Corvallis, OR 97331; M. Shaun Townsend and Yanning Qian, Department of Crop and Soil Sciences, Oregon State University, Corvallis, OR 97331; and Thomas H. Shellhammer, Department of Food Science and Technology, Oregon State University, Corvallis, OR 97331	Cultivar 	Terroir 	Potatura 
2016	The influence of pruning and harvest timing on hop aroma, cone appearance, and yield Hiroo Matsui ^{a*} , Takako Inui ^b , Kaneo Oka ^c , Nobuyuki Fukui ^d	Fertilizzazione 	Tempo di raccolta 	Processi post-raccolta 
2019	Impact of harvest maturity on the aroma characteristics and chemistry of Cascade hops used for dry-hopping Scott Lafontaine ^{a*} , Scott Varnum ^b , Aurélie Roland ^c , Stéphane Delpech ^c , Laurent Dagan ^d , Daniel Vollmer ^e , Toru Kishimoto ^f , Thomas Shellhammer ^g			
2021	Evaluation of Variety, Maturity, and Farm on the Concentrations of Monoterpene Diglycosides and Hop Volatile/Nonvolatile Composition in Five <i>Humulus lupulus</i> Cultivars Scott Lafontaine ^{a,b} , Andrew Caffrey ^a , Jeff Dailey ^a , Scott Varnum ^a , Ashley Hale, Brent Eichler, Johanna Dennenlöhner, Christian Schubert, Laura Knoke, Larry Lerno, Laurent Dagan, Christina Schönberger, Nils Rettberg, Hildegard Heymann, and Susan E. Ebeler			
2022	Varietal differences in the phytochemical components' accumulation and aroma profile of three <i>Humulus lupulus</i> cultivars Kai Hong ^a , Zhenzhen Xu ^b , Limin Wang ^a , Agbaka Johnpaul ^a , Yongqiang Cheng ^a , Chenyan Lv ^{a*} , Changwei Ma ^{a*}			
2024	Insight into the aroma quality of 'Callista' cultivar of hop (<i>Humulus lupulus</i> L.): Impact of harvest timing, year, and location M.H. Hagemann ^{a,1} , M. Rigling ^{a,1} , S. Mannweiler ^a , U. Born ^a , E. Sprich ^a , A. Milyaev ^a , Y. Zhang ^{a,2}			

Erika Celi - 6 novembre 2025



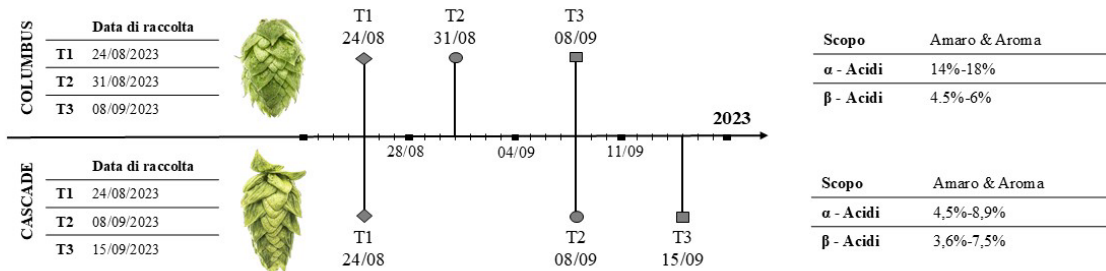
10

Obiettivo del lavoro

- Verificare se la spettroscopia IR può discriminare:
 - diverse **cultivar**
 - diversi **tempi di maturazione**
- Sviluppare un approccio **chemiometrico (PCA)** per l'interpretazione
- Attività svolta in collaborazione con l'**Università di Parma**

Matrice vegetale

2 cultivar: **Cascade (CAS)** e **Columbus (COL)** a **3 tempi di maturazione** ciascuno (annualità 2023)



<https://www.hopslist.com/>

Erika Celi - 6 novembre 2025



11

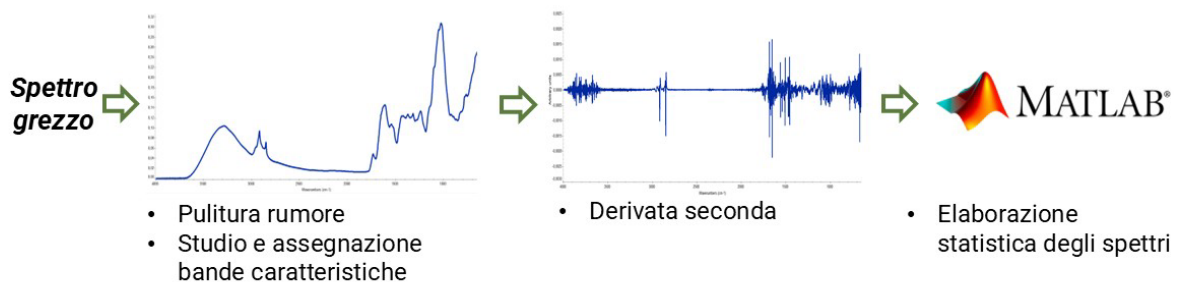
Metodi

Campioni liofilizzati → macinati finemente in N₂ liquido → acquisiti 12 spettri MIR (4000-650 cm⁻¹) per ciascun campione

Spettrometro: **Nicolet iS50**
 Sorgente: IR
 Detector: DTGS KBr

Cristallo ATR: ZnSe
 Numero scansioni: 32
 Tempo di acquisizione: **47,3 sec**

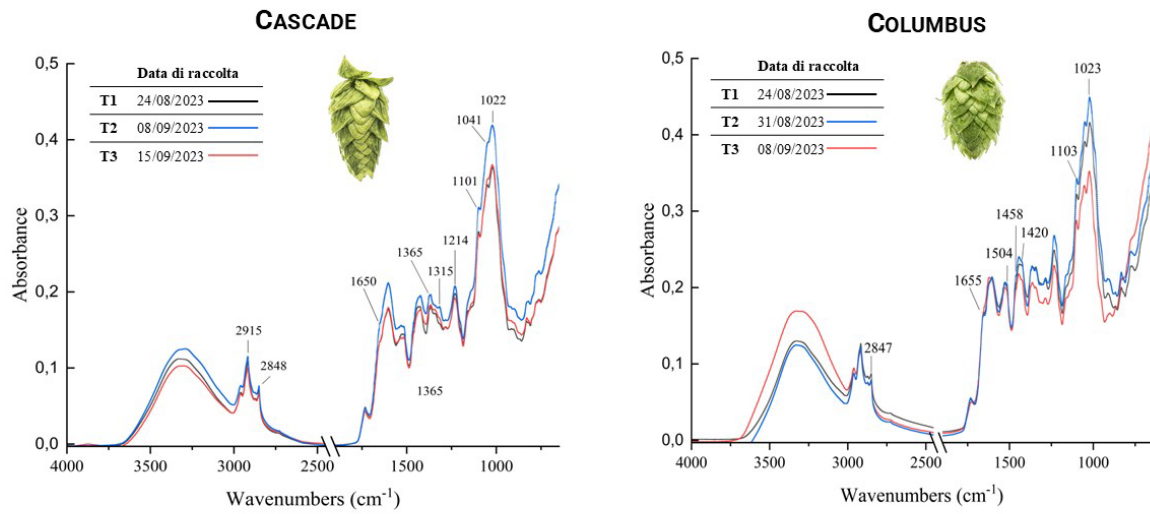
Processo lavorazione dati



Erika Celi - 6 novembre 2025



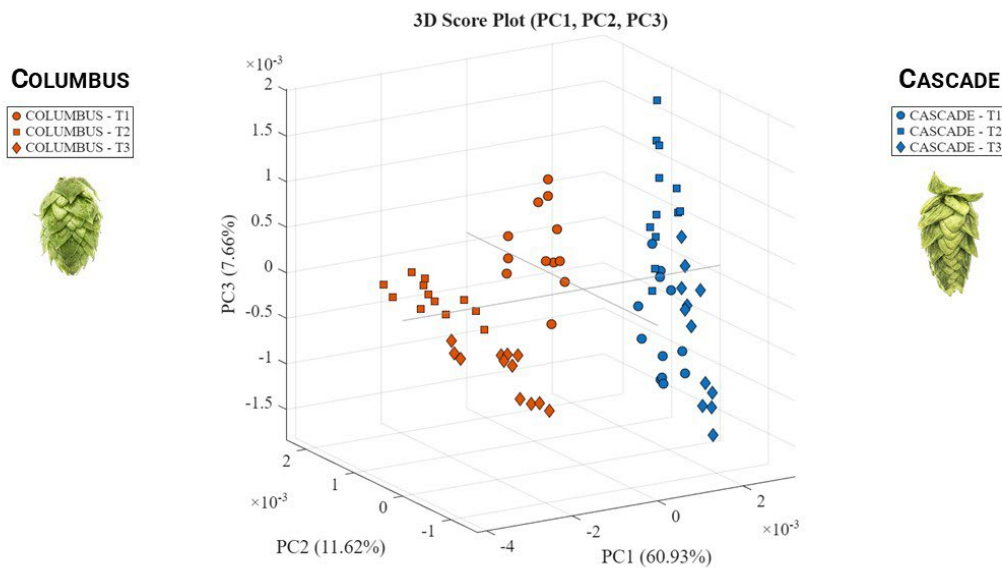
12



Erika Celi - 6 novembre 2025



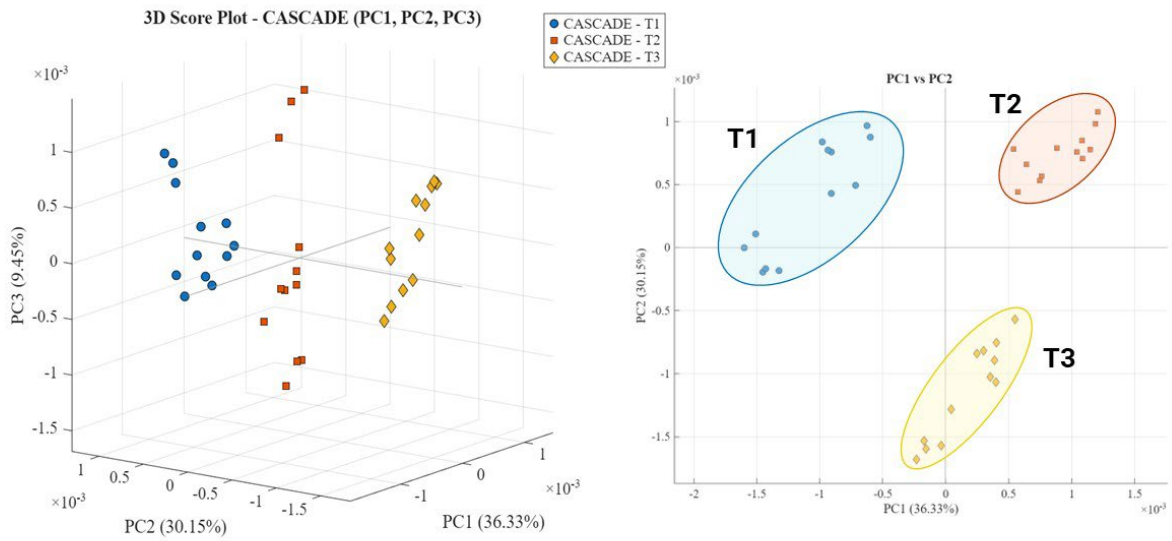
13



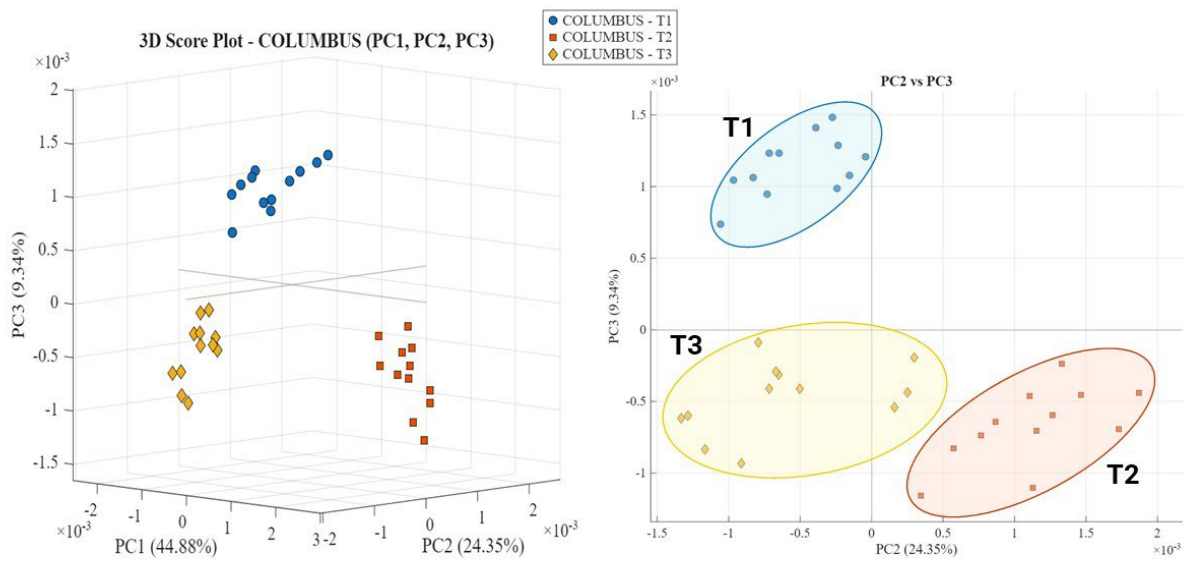
Erika Celi - 6 novembre 2025



14

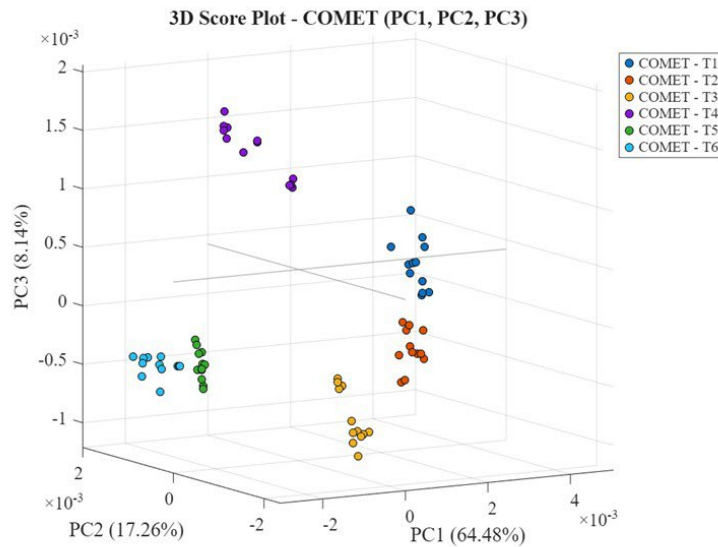


Erika Celi - 6 novembre 2025



Erika Celi - 6 novembre 2025





Erika Celi - 6 novembre 2025



17

Conclusioni



Il profilo di **accumulo dei metaboliti secondari** del luppolo durante la maturazione può indirizzare verso una **raccolta consapevole** che permetta di favorire le **caratteristiche ottimali** dipendentemente dal **prodotto finale** desiderato



La **spettroscopia IR** unita a tecniche di **chemiometria** può essere uno strumento utile per un'identificazione **rapida** del tempo di maturazione



È necessario continuare a lavorare per **confermare ed ampliare** i risultati ottenuti



È necessario valutare alcune modifiche ed implementazioni al fine di rendere la **tecnica** sempre più **fruibile** dagli addetti ai lavori



Erika Celi - 6 novembre 2025



18



Ringrazio i colleghi del mio laboratorio, i Prof. Tommaso Ganino e Margherita Rodolfi dell'Università degli Studi di Parma

**Grazie
per l'attenzione**

<https://lobit.crea.gov.it>



PRESENTAZIONE REALIZZATA ALL'INTERNO DEL PROGETTO "LOB.IT" FINANZIATO DAL MINISTERO DELL'AGRICOLTURA, DELLA SOVRANITÀ ALIMENTARE E DELLE FORESTE D.G. N. 667550 DEL 30.12.2022



INNOVAZIONE DIGITALE NELLA FILIERA DEL LUPPOLO: MONITORAGGIO DELLA MATURAZIONE CON INTERNET OF THINGS E MACHINE LEARNING

M. Galaverni¹, G. Oddi²

¹ Crop and Plant Science (Cro.P.S.) Lab, Dipartimento di Scienze degli Alimenti e del Farmaco, Università degli Studi di Parma

² Internet of Things (IoT) Lab, Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Parma

Stato dell'arte

La biosintesi e l'accumulo di acidi amari (α - e β -acidi) e oli essenziali nelle infiorescenze femminili di luppolo (*Humulus lupulus* L.) iniziano con lo sviluppo dei coni e continuano durante la maturazione (Bailey et al., 2009). Sebbene diverse tecnologie innovative siano state applicate al luppolo per monitorarne la crescita e la salute (Degadwala et al., 2023; Řeřicha et al., 2025), per quanto ne sappiamo, non esistono attualmente in letteratura modelli di *Machine Learning* (ML) e *Artificial Intelligence* (AI) per prevedere la maturazione dei coni. Pertanto, lo scopo di questo studio è la predizione del periodo ottimale di raccolta dei coni di luppolo tramite due modelli ML, utilizzando dati ambientali raccolti da dispositivi *Internet of Things* (IoT) e i risultati della caratterizzazione chimica e morfologica delle infiorescenze raccolte in tre anni.

Materiali and Metodi

L'esperimento è stato condotto nel periodo 2021–2025 presso la "Società Agricola F.lli Lucchi S.S" situata a Campogalliano, Modena, Italia, su piante di luppolo cv. Cascade. Il campo sperimentale è stato monitorato attraverso una rete IoT composta da una stazione meteorologica e diversi sensori IoT, tra cui tensiometri e sensori volumetrici. Nello stesso periodo, alcuni coni di luppolo sono stati raccolti a diversi stadi fenologici per la loro caratterizzazione morfologica e chimica. I campionamenti nelle stagioni 2021 e 2022 sono stati effettuati seguendo la scala BBCH per il luppolo (Rossbauer et al., 1995), dal codice BBCH 71 ("sviluppo iniziale dei coni") al BBCH 92 ("coni senescenti oltre la maturazione"). Nel 2023 sono stati effettuati tre campionamenti in corrispondenza dei codici BBCH 81, 89 e 92 per coni immaturi, maturi e sovra maturi. Nel 2024 è stato effettuato un campionamento alla maturazione ottimale (codice BBCH 89). Ad ogni campionamento, i coni sono stati misurati in lunghezza e larghezza, e poi analizzati per contenuto di acidi amari oli essenziali (Galaverni et al., 2024).

Alcuni indicatori agronomici sono stati calcolati per l'analisi della correlazione tra i dati raccolti dai sensori IoT e i risultati delle analisi morfologiche e chimiche, seguendo metodi presenti in letteratura (Derscheid e Lyte, 1981; Machado et al., 2004; Ferrante e Mariani, 2018). Infine, sono stati sviluppati due diversi modelli di ML: (i) un modello di regressione lineare multipla (MLR) con un classificatore *soft voting*; e (ii) un modello di regressione delle componenti principali (PCR) con un classificatore *soft voting*. Ognuno dei due modelli è caratterizzato da una componente di

regressione, che ha l'obiettivo di predire gli input, e una componente di classificazione, che ha l'obiettivo di distinguere le predizioni in classi (*immaturi, maturi, sovra maturi*), tramite il calcolo della media degli output di diversi classificatori. Per la regressione, l'addestramento è stato eseguito con i dati raccolti prima del 2023, mentre i dati del 2023 sono stati utilizzati per il test. Per la classificazione, i dati dal 2020 al 2023 sono serviti come set di addestramento e quelli del 2024 come set di test.

Risultati

Variazioni nelle dimensioni dei coni sono state osservate in tutti gli anni della sperimentazione, con un incremento sia della lunghezza che della larghezza, con quest'ultima soggetta ad una successiva contrazione in corrispondenza della maturazione ottimale (Fig. 1A, 1B). Nel 2022 e 2023 è stata osservata una crescita significativa degli acidi amari tra i campionamenti. Analogamente, il contenuto di oli essenziali è aumentato significativamente durante la maturazione in tutte le annate (Fig. 2A, 2B). Nel 2024 i coni sono stati analizzati allo stadio ottimale di maturazione e presentavano contenuto di α -acidi e β -acidi rispettivamente uguali al 3.96% e 3.87%, con una resa in oli essenziali pari al 1.20%. I valori di α -acidi sono risultati inferiori a quelli di riferimento per la cultivar, plausibilmente per effetto del cambiamento climatico (Haas, 2016; Mozny et al., 2023).

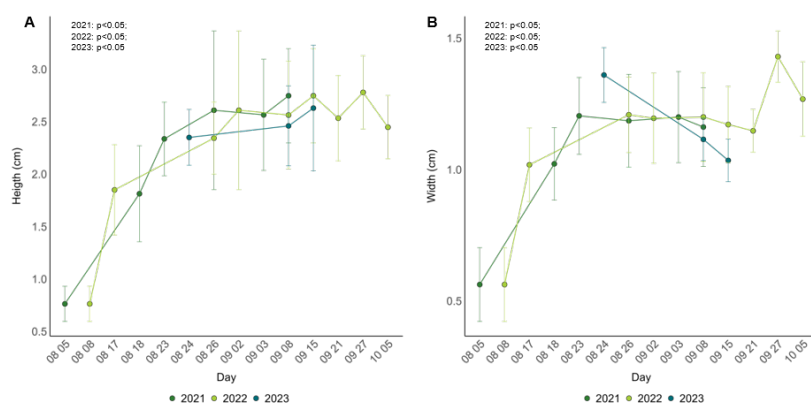


Figura 1. Variazioni nella lunghezza (A) e larghezza (B) dei coni nelle stagioni dal 2021 al 2023.

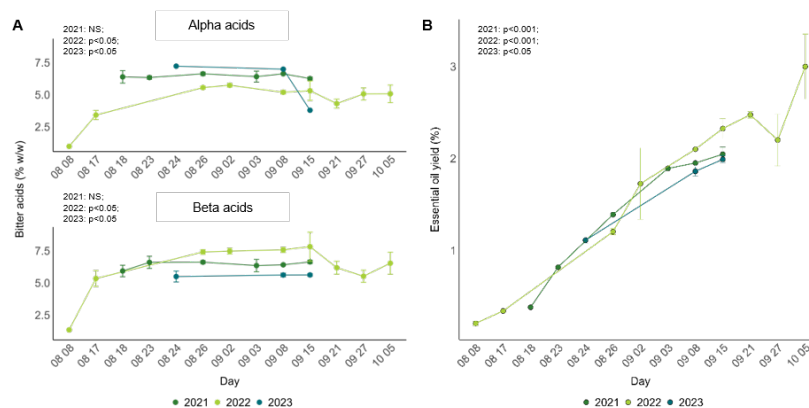


Figura 3. Variazioni nel contenuto di acidi amari (A) e oli essenziali (B) nelle stagioni dal 2021 al 2023.

Le *performance* dei modelli basati su MLR e PCR sono state valutate sul test set, con valori di R^2 rispettivamente pari a 0.9517 e 0.755. Inoltre, per il primo algoritmo, la tecnica del classificatore *soft voting* ha prodotto un F1-score e un'accuratezza entrambi pari a 0.929, mentre per il secondo i valori sono stati 0.884 per l'F1-score e 0.881 per l'accuratezza. I due algoritmi hanno previsioni per il 2024 a partire dal 10 agosto: il modello MLR ha stimato la finestra di raccolta tra il 3 e il 16 settembre, mentre il modello PCR ha previsto una finestra compresa tra il 10 e il 25 settembre. I modelli hanno predetto correttamente la raccolta dei coni, la cui maturazione ottimale è stata verificata per contenuto di acidi amari e oli essenziali come discusso in precedenza.

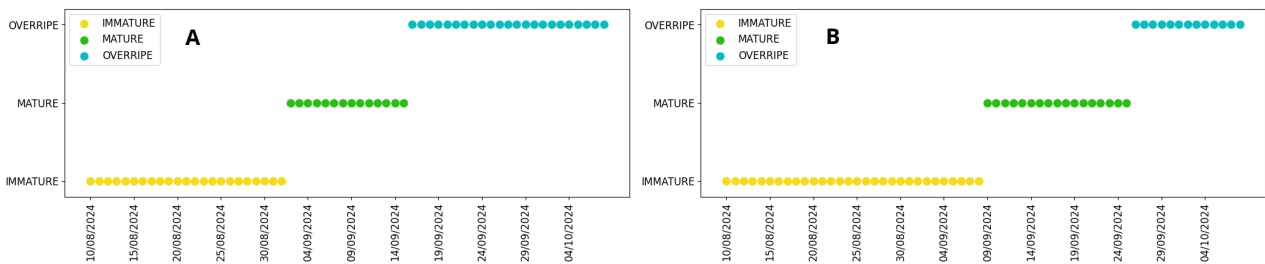


Figura 3. Predizione delle finestre ottimali di raccolta dei coni nel 2024 tramite il modello MLR (A) e il modello PCR (B), a partire dal 10 agosto (Oddi et al., 2025).

Inoltre, i due modelli di ML sono stati impiegati per la previsione del momento ottimale per la raccolta del 2025. I due algoritmi hanno sviluppato modelli la cui previsione è iniziata il 18 agosto: il modello MLR ha identificato la maturazione ottimale tra il 10 e il 16 settembre, mentre il modello PCR ha stimato la raccolta tra il 7 e il 15 settembre.

Conclusioni

Questo studio ha proposto due algoritmi basati su ML per la previsione del momento ottimale per la raccolta del luppolo. Gli algoritmi hanno predetto il periodo ideale per la raccolta nella prima metà di settembre, come confermato dalle analisi chimiche del luppolo campionato nello stesso periodo, che presentava un contenuto di acidi amari e una resa di oli essenziali in linea con quelli tipici della varietà Cascade. Questi risultati suggeriscono che i modelli previsionali basati su AI possono essere strumenti utili per identificare il momento ottimale di maturazione del luppolo, aiutando così gli agricoltori nei processi decisionali. Gli sviluppi futuri dell'attività includeranno l'estensione ad altre cultivar e ad altre tecniche complesse quali, ad esempio, *Deep Learning* (DL).

Bibliografia

- Bailey, B., Schönberger, C., Drexler, G., Gahr, A., Newman, R., Pöschl, M., & Geiger, E. (2009). The influence of hop harvest date on hop aroma in dry-hopped beers. *Technical Quarterly of the Master Brewers Association of the Americas*, 46, (1–7). doi:10.1094/TQ-46-2-0409-01
- Degadwala, S., Vyas, D., Panesar, S., Ebenezer, D., Pandya, D. D., & Shah, V. D. (2023). Revolutionizing hops plant disease classification: Harnessing the power of transfer learning. In *2023 International Conference on Sustainable Communication Networks and Application (ICSCNA)* (pp. 1706–1711). IEEE. doi: 10.1109/ICSCNA58489.2023.10370692
- Derscheid, L. A., & Lytle, W. F. (1981). Growing degree days (GDD).
- Ferrante, A., & Mariani, L. (2018). Agronomic management for enhancing plant tolerance to abiotic stresses: High and low values of temperature, light intensity, and relative humidity. *Horticulturae*, 4(3), 21. <https://doi.org/10.3390/horticulturae4030021>
- Galaverni, M., Ganino, T., & Rodolfi, M. (2024). Evaluation of the stability of hop pellets subjected to different storage conditions during three years. *Journal of Stored Products Research*, 107, 102353. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2024.102353>
- Haas, Inc. (2016). *Barth-Haas Hops Companion: A guide to the varieties of hops and hop products*. Independent Publisher.
- Machado, R. M. A., Bussieres, P., Koutsos, T. V., Prieto, M. H., & Ho, L. C. (2004). Prediction of optimal harvest date for processing tomato based on the accumulation of daily heat units over the fruit ripening period. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(3), 452–457. <https://doi.org/10.1080/14620316.2004.11511789>
- Mozny, M., Trnka, M., Vlach, V., Zalud, Z., Cejka, T., Hajkova, L., Potopova, V., Semenov, M. A., Semeradova, D., & Büntgen, U. (2023). Climate-induced decline in the quality and quantity of European hops calls for immediate adaptation measures. *Nature Communications*, 14(1), 6028 <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41474-5>
- Oddi, G., Galaverni, M., Belli, L., Rodolfi, M., Davoli, L., Ferrari, G., & Ganino, T. (2025). Prediction of hop cone ripening through Internet of Things (IoT) and machine learning (ML) technologies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 239, 110830. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.110830>
- Řeřicha, J., Kohútek, M., Vandírková, V., Krofta, K., Kumhála, F., & Kumhálová, J. (2025). Assessment of UAV imageries for estimating growth vitality, yield and quality of hop (*Humulus lupulus* L.) crops. *Remote Sensing*, 17(6), 970. <https://doi.org/10.3390/rs17060970>
- Rossbauer, G., Buhr, L., Hack, H., Hauptmann, S., Klose, R., Meier, U., Stauss, R., & Weber, E. (1995). Phenological growth stages of hop (*Humulus lupulus* L.): Coding and description according to the extended BBCH scale with illustrations.

DIGITAL INNOVATION IN THE HOP SUPPLY CHAIN: MONITORING RIPENESS WITH THE INTERNET OF THINGS AND MACHINE LEARNING

M. Galaverni¹, G. Oddi²

¹ Crop and Plant Science (Cro.P.S.) Lab, Department of Food and Drug, University of Parma

² Internet of Things (IoT) Lab, Department of Engineering and Architecture, University of Parma

State of the art

In hop (*Humulus lupulus* L.) female inflorescences, the biosynthesis and accumulation of bitter acids (namely, α -acid and β -acid) and essential oils (EOs) begin with cone development and continue throughout maturation, in a process influenced by several factors (Bailey et al., 2009). Although smart technologies have been applied to hop to monitor the plant growth and health (Degadwala et al., 2023; Řeřicha et al., 2025), no Machine Learning (ML) or Artificial Intelligence (AI) models currently exist for predicting hop ripeness. Therefore, the aim of this study is to predict the optimal harvest window for ripe hop cones by testing two ML models using environmental data collected from Internet of Things (IoT) devices, alongside results from a three-year chemical and morphological characterization of hops.

Materials and Methods

The experimental activity was carried out in the time-period 2021–2025 at “Società Agricola F.lli Lucchi S.S” located in Campogalliano, Modena, Italy, on hop plants cv. Cascade. The crop was continuously monitored using an IoT network consisting in a weather station and multiple IoT sensors, including tensiometers, volumetric sensors, and foliar sensors. In the same period, hop cones were manually sampled for morphological and chemical analyses at different phenological stages. Specifically, samplings in 2021 and 2022 were conducted following the BBCH scale for hops (Rossbauer et al., 1995), starting from BBCH code 71 (“initial cone development”), and ending at BBCH code 92 (“senescence cone over ripeness”). In 2023, samplings were carried out at BBCH codes 81, 89 and 92 corresponding to unripe, ripe, and overripe cones, respectively. In 2024, one sampling was performed at ideal ripeness (BBCH code 89). For each sampling session, hop cones (approximately 20) were morphologically characterised for length and width. The same cones were analysed for bitter acids content and EO yield following Galaverni et al. (2024).

Agronomic indicators were calculated for further correlations with data collected by IoT sensors and the results of morphological and chemical analyses, according to previous literature (Derscheid and Lyte, 1981; Machado et al., 2004; Ferrante and Mariani, 2018). Finally, two different ML models were developed: (i) a Multiple Linear Regression (MLR) model with a soft voting classifier, and (ii) Principal Component Regression (PCR) model with a soft voting classifier. Each algorithm combines a regression component for predicting input features and the soft

voting classifier to distinguish input in classes (*immature*, *mature*, *overripe*), averaging the class probabilities predicted by different classifiers. For regression, data collected before 2023 were used for training and 2023 data for testing. For classification, data from 2020–2023 served as the training set and 2024 as the test set.

Results and Discussion

The cone morphology changed annually, showing significant increases in length and width, with this latter followed by contraction at optimal ripeness (Fig. 1A, 1B). Bitter acids rose significantly in 2022 and 2023, as well as EO yield that increased throughout maturation across all 3 years (Fig. 2A, 2B). In 2024, hops were chemically characterized at optimal ripeness, showing α -acid and β -acid contents of 3.96% and 3.87%, respectively, and an EO yield of 1.20%. Compared to reference values for the variety, α -acid content was lower, likely due to climate change (Haas, 2016; Mozny et al., 2023).

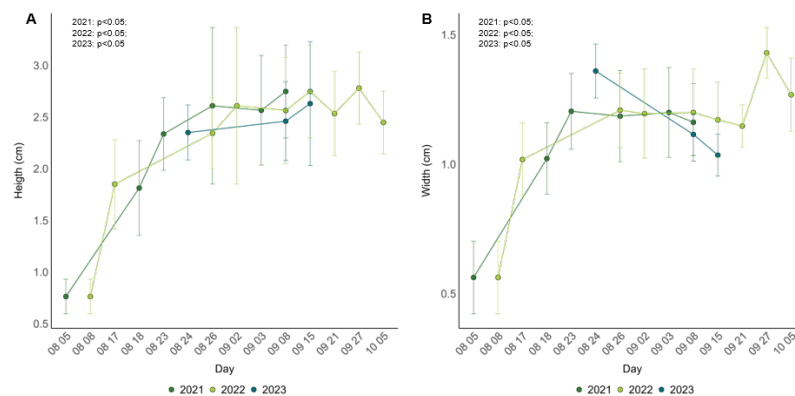


Figure 1. Morphological variations in cone length (A) and width (B) across the years 2021–2023.

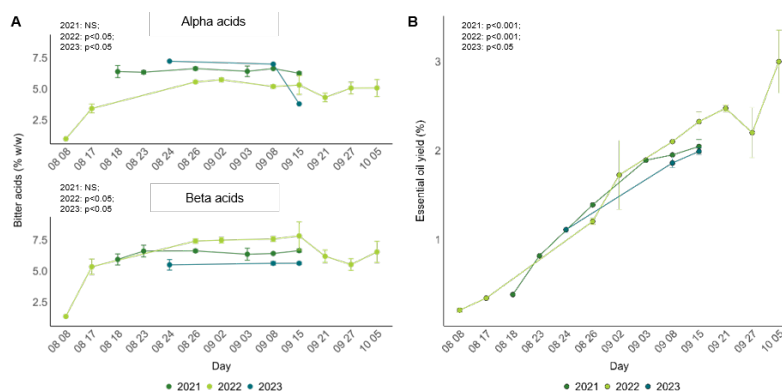


Figure 4. Chemical variations in bitter acids content (A) and EO yield (B) across the years 2021–2023.

The performance of the MLR and PCR models was evaluated on the test set, giving a Coefficient of Determination (R^2) equal to 0.9517 and 0.755 for MLR and PCR, respectively. Furthermore, for the first algorithm, the adopted soft voting classifier achieved a F1-score of 0.929 and an accuracy of 0.929. For the second algorithm, the soft voting classifier obtained a F1-score of 0.884 and an accuracy of 0.881 on the test set.

Predictions made from August 10 for the 2024 season are presented in Figure 3. The first algorithm, based the MLR model, predicted the harvest window between September 2 and 16, whereas the second, using a PCR model, estimated an optimal period from September 10 to 25. Notably, these forecasted intervals coincided with the peak accumulation of brewing-relevant chemical compounds discussed earlier.

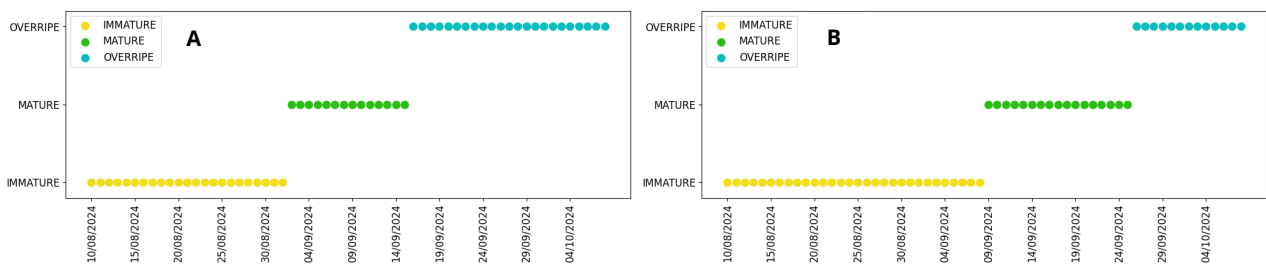


Figure 3. 2024 optimal harvesting period predictions by the MLR and soft voting classifier algorithm (A) and the PCR and soft voting classifier algorithm (B) from August 10, 2024 (Oddi et al., 2025).

In addition, the two ML models forecasted the optimal harvesting period in 2025 from August 18 and gave similar outputs: the MLR approach predicted the ideal hop ripeness between September 10 and 16, while the PCR approach estimated the ideal window from September 7 to 15.

Conclusions

In this study, two ML algorithms were developed to predict the optimal harvest time for hops. The models forecasted the ideal harvest window in the first half of September, when bitter acids content and EO yield reached optimal levels for the cv. Cascade. These findings demonstrate that AI-based models can effectively assess hop ripening, supporting farmers in making informed harvest decisions. Future works will involve Deep Learning (DL) techniques and the extension to other cultivars.

References

- Bailey, B., Schönberger, C., Drexler, G., Gahr, A., Newman, R., Pöschl, M., & Geiger, E. (2009). The influence of hop harvest date on hop aroma in dry-hopped beers. *Technical Quarterly of the Master Brewers Association of the Americas*, 46, 1–7. doi:10.1094/TQ-46-2-0409-01
- Degadwala, S., Vyas, D., Panesar, S., Ebenezer, D., Pandya, D. D., & Shah, V. D. (2023). Revolutionizing hops plant disease classification: Harnessing the power of transfer learning. In *2023 International Conference on Sustainable Communication Networks and Application (ICSCNA)* (pp. 1706–1711). IEEE. doi: 10.1109/ICSCNA58489.2023.10370692
- Derscheid, L. A., & Lytle, W. F. (1981). Growing degree days (GDD).
- Ferrante, A., & Mariani, L. (2018). Agronomic management for enhancing plant tolerance to abiotic stresses: High and low values of temperature, light intensity, and relative humidity. *Horticulturae*, 4(3), 21. <https://doi.org/10.3390/horticulturae4030021>
- Galaverni, M., Ganino, T., & Rodolfi, M. (2024). Evaluation of the stability of hop pellets subjected to different storage conditions during three years. *Journal of Stored Products Research*, 107, 102353. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2024.102353>
- Haas, Inc. (2016). *Barth-Haas Hops Companion: A guide to the varieties of hops and hop products*. Independent Publisher.
- Machado, R. M. A., Bussieres, P., Koutsos, T. V., Prieto, M. H., & Ho, L. C. (2004). Prediction of optimal harvest date for processing tomato based on the accumulation of daily heat units over the fruit ripening period. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(3), 452–457. <https://doi.org/10.1080/14620316.2004.11511789>
- Mozny, M., Trnka, M., Vlach, V., Zalud, Z., Cejka, T., Hajkova, L., Potopova, V., Semenov, M. A., Semeradova, D., & Büntgen, U. (2023). Climate-induced decline in the quality and quantity of European hops calls for immediate adaptation measures. *Nature Communications*, 14(1), 6028 <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41474-5>
- Oddi, G., Galaverni, M., Belli, L., Rodolfi, M., Davoli, L., Ferrari, G., & Ganino, T. (2025). Prediction of hop cone ripening through Internet of Things (IoT) and machine learning (ML) technologies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 239, 110830. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.110830>
- Řeřicha, J., Kohútek, M., Vandírková, V., Krofta, K., Kumhála, F., & Kumhálová, J. (2025). Assessment of UAV imageries for estimating growth vitality, yield and quality of hop (*Humulus lupulus* L.) crops. *Remote Sensing*, 17(6), 970. <https://doi.org/10.3390/rs17060970>
- Rossbauer, G., Buhr, L., Hack, H., Hauptmann, S., Klose, R., Meier, U., Stauss, R., & Weber, E. (1995). Phenological growth stages of hop (*Humulus lupulus* L.): Coding and description according to the extended BBCH scale with illustrations.



lob.it
biodiversità italiana da valorizzare

IoT Lab

Innovazione digitale nella filiera del luppolo: monitoraggio della maturazione con Internet of Things e Machine Learning

Martina Galaverni
Giulia Oddi

MINISTERO DELL'AGRICOLTURA, DELLE RISORSE E DEL MONDO RURALE
crea
UNIVERSITÀ DI PARMA

1

Humulus lupulus L.



- Pianta dioica, erbacea e perenne
- Industria birraria
- Infiorescenze femminili
- Luppolina
- Acidi amari (α - and β -acidi)
- Oli essenziali

Raut *et al.* (2021) ; Almaguer *et al.* (2014); Zanolì and Zavatti (2008)



2

Formazione e Maturazione dei Coni



BBCH 60 BBCH 71 BBCH 89 BBCH 92

- Accrescimento coni in lunghezza e larghezza
- Biosintesi ed accumulo di oli essenziali ed acidi amari
- Influenza di vari fattori (condizioni di crescita, stadio di crescita della pianta, cultivar)
- Cinetica di maturazione specie-specifica
- Finestra di raccolta specie-specifica
- Finestra di raccolta di durata variabile (da giorni a settimane)

Sharp *et al.* (2014); Bailey *et al.* (2009); Rossbauer G. *et al.* (1995)

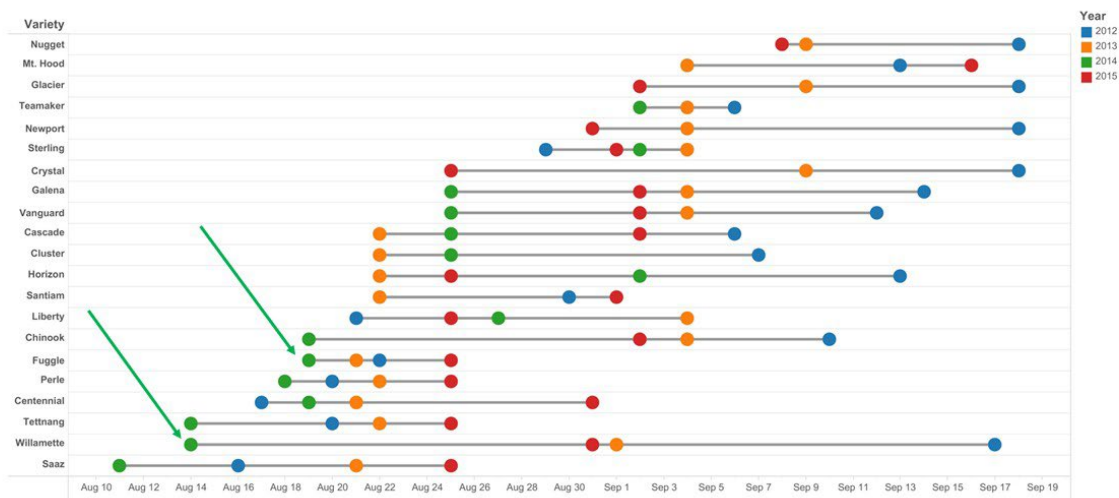


3

Formazione e Maturazione dei Coni



Finestra di raccolta variabile in base a molteplici fattori



4

Problematiche Durante la Raccolta

Individuazione del momento ottimale fondamentale per una produzione di qualità



- Attualmente valutazione della maturazione per osservazione ed esperienza
- Rischio per la qualità della produzione
 - Raccolta precoce: accumulo incompleto di metaboliti secondari
 - Raccolta tardiva: ossidazione e degradazione dei metaboliti
- Durata della raccolta

Darby *et al.* (2017); Sarrine *et al.* (2010); Bailey *et al.* (2009)



5

Applicazioni di Agricoltura Intelligente



- Sensori, robotica, tecnologie di Internet of Things (IoT), algoritmi di Intelligenza Artificiale (IA) e Machine Learning (ML)
- Installazione in campo di diversi sensori e/o attuatori IoT in base al contesto
- Utilizzo: monitoraggio, controllo e predizione
- Obiettivi: incremento della resa e della qualità, ottimizzando l'utilizzo di input agronomici
- Applicazioni nella filiera del luppolo:
 - Valutazione della crescita
 - Identificazione della cultivar
 - Individuazione di malattie
- Predizione della maturazione?



Degadwala *et al.* (2023); Abbasi *et al.* (2022); Castro *et al.* (2022); Pereira *et al.* (2018)

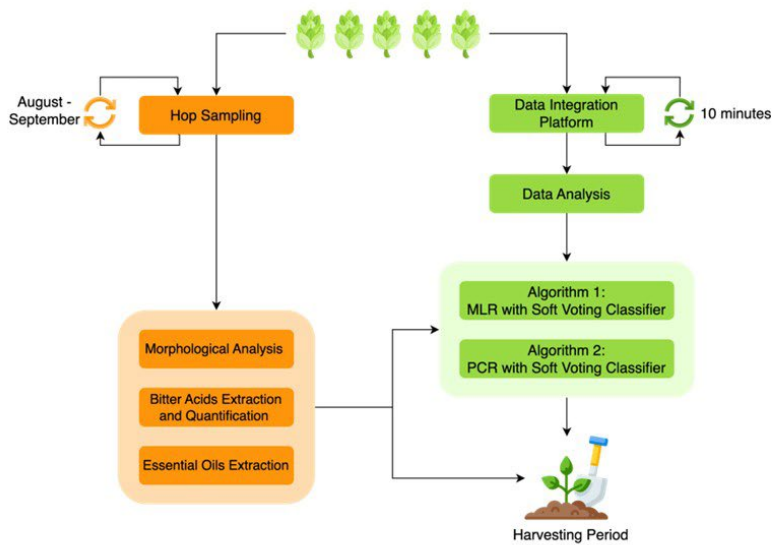


6



OBIETTIVO DELLA RICERCA

Monitoraggio della maturazione dei coni di luppolo e predizione del momento ottimale per la raccolta tramite l'utilizzo di tecnologie IoT e di ML



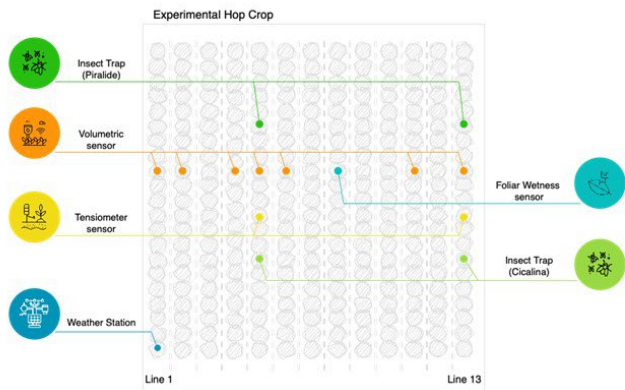
Materiali e Metodi

Diagramma di flusso dell'intero processo di raccolta e analisi dati

Setup Sperimentale



Organizzazione sensori nel campo



- 2021 – 2024
- “Società Agricola F.lli Lucchi S.S”, Campogalliano, Modena, Italia
- Cultivar *Cascade*
- Sensori IoT
- Integrazione dati dalla piattaforma X FARM
- Campionamenti durante tutta la stagione vegetativa:
 - 2021– 2023: tra stadio BBCH 71 “formazione del cono” e stadio BBCH 92 “senescenza”
 - 2024: stadio BBCH 89 “maturazione ottimale”



9

Analisi Chimiche e Morfologiche

Eseguite per ogni campionamento effettuato durante la stagione



Dimensioni del cono (lunghezza e larghezza)



Estrazione e quantificazione di acidi amari (HPLC-UV)



Estrazione (in corrente di vapore) e quantificazione di oli essenziali

Galaverni *et al.* (2024)



10

Predizione della Finestra Ottimale per la Raccolta



- Selezione delle features tramite analisi delle correlazioni (ρ):
 - Temperatura dell'aria ($\rho = 0.68$ con percentuale contenuto olio nei coni)
 - Temperatura superficiale del suolo ($\rho = 0.82$ con percentuale contenuto olio nei coni)
 - Indicatore Gradi Giorno (GDD) ($\rho = 0.85$ con percentuale contenuto olio e umidità dei coni)
- Implementazione di due algoritmi di ML:
 - Predizione parametri raccolti dai sensori IoT
 - Classificazione parametri predetti in tre differenti stadi di maturazione (*immature, mature, overripe*) tramite utilizzo di un classificatore Soft Voting:

$$\mathcal{L} = \arg \max_{i=1, \dots, C} \sum_{k=1}^M w_k p_{ik}$$



Oddi et al. (2025)



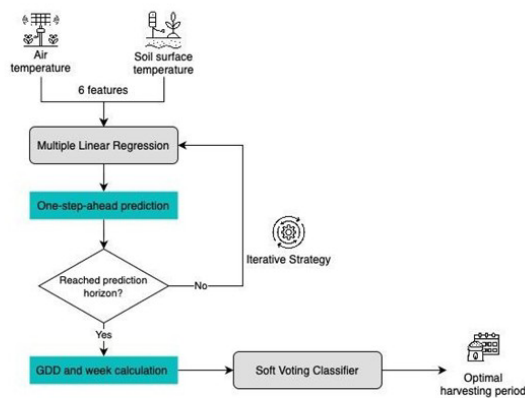
11

Predizione della Finestra Ottimale per la Raccolta

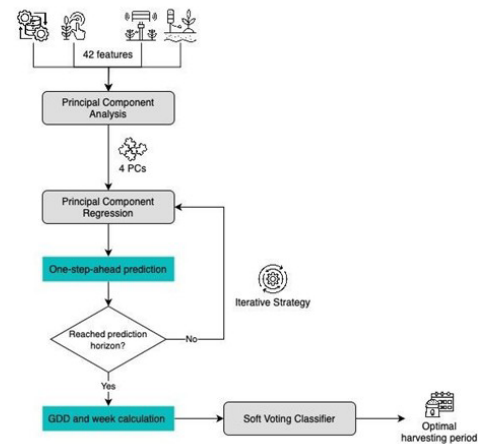


Diagrammi di flusso dei due algoritmi implementati

Multiple Linear Regression (MLR) + Soft Voting Classifier



Principal Component Regression (PCR) + Soft Voting Classifier



Oddi et al. (2025)

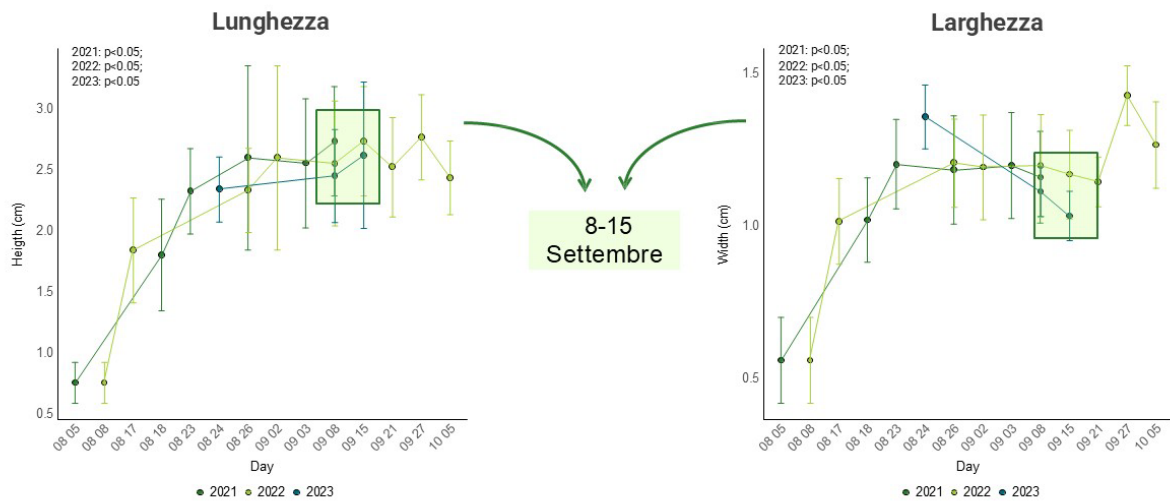


12

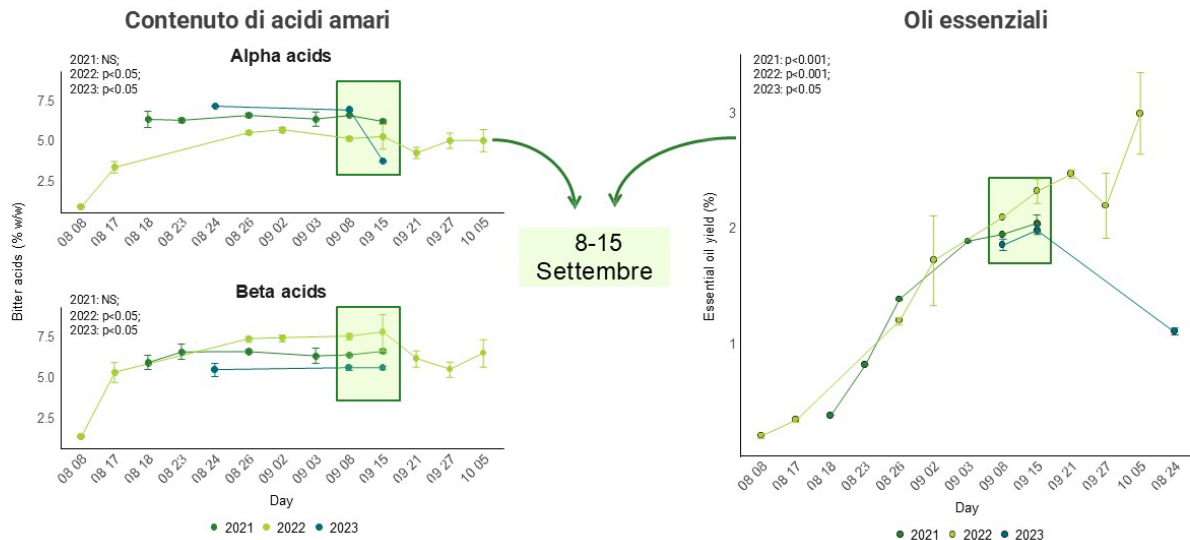


RISULTATI

Cambiamenti Morfologici (2021 - 2023)



Cambiamenti Chimici (2021 - 2023)



15

Risultati Morfologici e Chimici 2024



Coni 15 Settembre 2024

α-acidi	3.96 ± 0.13 %
β-acidi	3.87 ± 0.16 %
Resa oli	1.20 ± 0.04 %

Valori di riferimento per la cultivar

α-acidi	4.5-7.9 %
β-acidi	4.8-7.2 %
Resa oli	0.7- 1.4 ml/100 g

Allineamento del contenuto di oli, mentre livelli di acidi amari inferiori probabilmente a causa di condizioni climatiche sfavorevoli durante la stagione



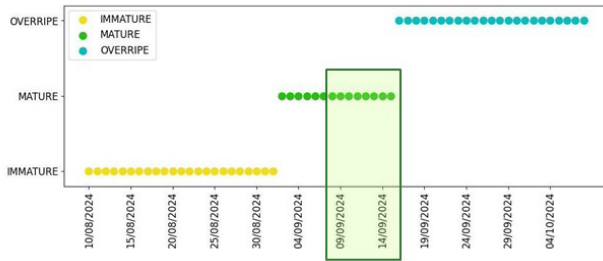
16

Predizione Finestra di Raccolta 2024

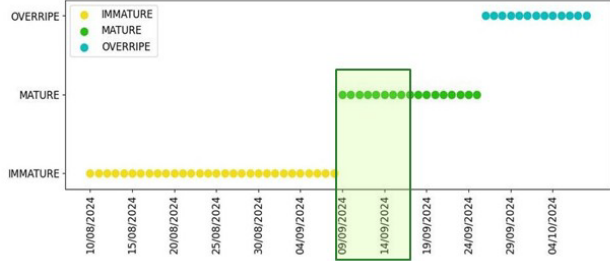
Risultati algoritmi ML implementati



MLR and Soft Voting Classifier



PCR and Soft Voting Classifier



Predizione comune:
8-15 Settembre

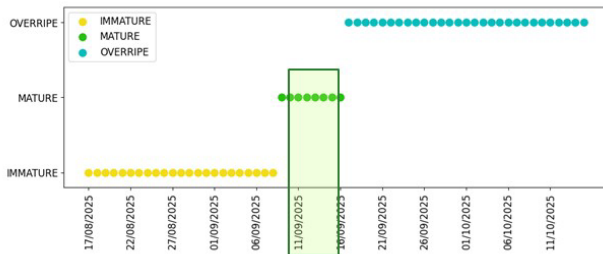


Predizione Finestra di Raccolta 2025

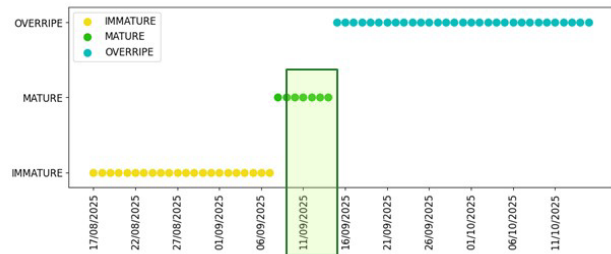
Risultati algoritmi ML implementati



MLR and Soft Voting Classifier



PCR and Soft Voting Classifier



Predizione comune:
10-15 Settembre



Obiettivo della ricerca

Monitoraggio della maturazione dei coni di luppolo e predizione del momento ottimale per la raccolta tramite l'utilizzo di tecnologie IoT e di ML



Conclusioni

- Raccolta dati tramite sensori IoT
- Implementazione di due algoritmi di ML per la predizione della finestra ottimale di raccolta
- Predizione raccolta prima metà di Settembre
- Risultati confermati da analisi di laboratorio
- Affidabilità e accuratezza dei modelli di ML

Sviluppi Futuri

- Implementazione di algoritmi più complessi (Deep Learning)
- Applicazione dei modelli ad altre cultivar
- Introduzione di un maggior numero di stadi di maturazione (es. *pre-mature*, *early post-mature*)

Computers and Electronics in Agriculture 239 (2025) 110830

Contents lists available at ScienceDirect



Computers and Electronics in Agriculture

journal homepage: www.elsevier.com/locate/compag



biodiversità italiana da valorizzare




Original papers

Prediction of hop cone ripening through Internet of Things (IoT) and Machine Learning (ML) technologies

Giulia Oddi ^{a,1}, Martina Galaverni ^{b,1}, Laura Belli ^{a,*}, Margherita Rodolfi ^{b,*}, Luca Davoli ^a, Gianluigi Ferrari ^{a,1}, Tommaso Ganino ^{b,c,1}

^a Internet of Things (IoT) Lab, Department of Engineering and Architecture, University of Parma, Parma, Italy
^b Crop and Plant Science (CRO.P.S.) Lab, Department of Food and Drug, University of Parma, Parma, Italy
^c National Research Council, Institute of BioEconomy (IBE), Seto Fiorentino, Italy

Oddi, G., Galaverni, M., Belli, L., Rodolfi, M., Davoli, L., Ferrari, G., & Ganino, T. (2025). *Prediction of hop cone ripening through Internet of Things (IoT) and Machine Learning (ML) technologies*. Computers and Electronics in Agriculture, 239, 110830, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.110830>.

Grazie per l'attenzione

Realizzato nell'ambito del Progetto "Luppolo, Orzo, Birra: biodiversità Italiana da valorizzare -LOB.IT"
(Masaf, D.M. n. 667550 del 30.12.2022)

PRESENTAZIONE REALIZZATA ALL'INTERNO DEL PROGETTO "LOBIT" FINANZIATO DAL MINISTERO DELL'AGRICOLTURA, DELLA SOVRANITÀ ALIMENTARE E DELLE FORESTE D.G. N. 667550 DEL 30.12.2022







INTERAZIONI TRA VARIETÀ DI LUPPOLO, GRADO DI MATURAZIONE E LIEVITO: DINAMICHE CHIMICHE E SENSORIALI NELLA BIRRA ATTRAVERSO IL SUPPORTO DI UN PANEL DI ESPERTI

T.G.W. Forte¹, T. Lino¹, M. Rodolfi¹, A. Costantini², K. Carbone³, F. Bonello², M. Petrozziello², T. Ganino¹

¹Dipartimento di Scienze degli Alimenti e del Farmaco, Università degli Studi di Parma

²CREA, Centro di Ricerca Viticoltura ed Enologia

³Food Chemistry and Biotechnology Lab, CREA, Centro di ricerca Olivicoltura, Frutticoltura e Agrumicoltura

Stato dell'arte

Negli ultimi anni, il luppolo (*Humulus lupulus L.*) è diventato una materia prima altamente valorizzata nella birrificazione artigianale grazie alle sue numerose proprietà, in particolare all'aroma che conferisce alla birra. La qualità e l'intensità aromatica nelle birre dipendono non solo dal momento dell'aggiunta del luppolo durante il processo produttivo, ma anche dalla varietà di luppolo scelta, dal livello di maturazione dei coni e dal ceppo di lievito utilizzato per la fermentazione. Questi fattori interagiscono tra loro in molteplici modi complessi determinando la qualità sensoriale finale della birra. Per tali ragioni, risultano necessari studi approfonditi che consentano di valutare sia il profilo chimico del prodotto finito sia le sue caratteristiche sensoriali, attraverso analisi condotte da esperti in grado di offrire una rappresentazione accurata dell'esperienza del consumatore.

Questo studio ha avuto l'obiettivo di caratterizzare i profili chimici e sensoriali di 12 birre prodotte combinando due varietà di luppolo (Cascade e Columbus), tre stadi di raccolta dei coni (precoce, ottimale e tardivo) e due ceppi di lievito *Saccharomyces cerevisiae* (il ceppo enologico ISE77, appartenente alla collezione del CREA e il ceppo brassicolo commerciale Rock), al fine di chiarire le potenziali interazioni che influenzano la qualità della birra.

Materiali e metodi

Sono state effettuate misurazioni chimiche del contenuto alcolico, del grado reale di fermentazione (RDF) e del pH, insieme a test sensoriali condotti da un panel di 12 esperti. In particolare, sono state eseguite un'analisi descrittiva quantitativa (QDA) e una valutazione Check-All-That-Apply (CATA) su ciascun tipo di birra. Per la QDA sono stati valutati 18 attributi (visivi, olfattivi, gustativi e gusto-olfattivi), insieme alla qualità globale, per ogni campione; per la CATA le note sensoriali percepite sono state registrate sulla base di un elenco di 19 descrittori predefiniti. Tutte le analisi sono state condotte su tre repliche per ciascuna combinazione.

Risultati e discussione

I risultati hanno mostrato che le birre fermentate con il lievito Rock presentavano un contenuto alcolico e un'efficienza fermentativa più elevati, e valori di pH più bassi, rispetto ai campioni fermentati con ISE77. Le variazioni degli attributi sensoriali sono risultate più complesse, rivelando interazioni significative tra varietà di luppolo, stadio di raccolta e ceppo di lievito nel determinare l'aroma e il gusto percepiti. In particolare, tali esiti sensoriali non sempre sono risultati coerenti con i dati delle analisi chimiche. Di particolare interesse è l'osservazione che le birre con un contenuto alcolico inferiore sono state comunque percepite come caratterizzate da livelli elevati di calore, dolcezza e acidità. Inoltre, il ceppo di lievito ha influenzato in modo significativo le note sensoriali percepite: ISE77 ha esaltato il profilo aromatico dei luppoli anche con coni raccolti precocemente, mentre Rock ha prodotto aromi più costanti, spostando la percezione sensoriale da note prevalentemente vegetali e sulfuree, laddove presenti, verso aromi più fruttati.

Conclusioni

Questi risultati evidenziano il ruolo cruciale della scelta del lievito nella modulazione dell'aroma e del gusto della birra, offrendo un approccio strategico per migliorare la qualità sensoriale riducendo potenzialmente l'uso di materie prime, contribuendo così a pratiche brassicole più sostenibili ed efficienti in termini di risorse.

INTERPLAY OF HOP VARIETY, HARVEST TIME AND YEAST: EXPERT INSIGHTS INTO CHEMICAL AND SENSORY DYNAMICS IN BEER BREWING.

T.G.W. Forte¹, T. Lino¹, M. Rodolfi¹, A. Costantini², K. Carbone³, F. Bonello², M. Petrozziello², T. Ganino¹

¹Dipartimento di Scienze degli Alimenti e del Farmaco, Università degli Studi di Parma

²CREA, Centro di Ricerca Viticoltura ed Enologia

³Food Chemistry and Biotechnology Lab, CREA, Research Centre for Olive, Fruit and Citrus Crops

State of the art

In recent years, hop (*Humulus lupulus L.*) has become a highly valued raw materials in craft brewing as a result of its many properties, particularly the aroma it confers to beer. The aroma quality and intensity in beers depend not only on the timing of hop addition throughout the brewing process but also on the hop variety, the level of cone maturation and the yeast strain used for fermentation. These factors interact in multiple complex ways, determining the final sensory quality of beer. Therefore, comprehensive studies are necessary in order to assess both the chemical profile of the target product and its sensory characteristics through expert-based evaluations which can provide a fairly accurate reflection of the consumer's experience of beer.

This study aimed to characterize the chemical and sensory profiles of 12 beers produced by combining two hop varieties (Cascade and Columbus), three cone-harvest stages (early, optimal, and late), and two *Saccharomyces cerevisiae* yeast strains (the wine strain ISE77 and the commercial beer strain Rock) to elucidate potential interactions affecting beer quality.

Materials and methods

Chemical measurements of alcohol content, real degree of fermentation (RDF) and pH were conducted, together with sensory tests performed by a panel of 12 experts. In particular, a quantitative descriptive analysis (QDA) and a Check-All-That-Apply (CATA) evaluation on each beer type were carried out: for QDA 18 attributes (visual, olfactory, gustatory and gustatory-olfactory), along with overall quality, were rated for each sample, whereas for CATA the sensory notes perceived were noted based on a list of 19 predefined descriptors. All analyses were performed on three replicates per each combination.

Results and discussion

Results showed that beers fermented with the Rock yeast exhibited higher alcohol content and fermentative efficiency, and lower pH values, compared to ISE77-fermented samples. Changes in sensory attributes were more complex, revealing significant interactions among hop variety, harvest stage, and yeast strain in shaping perceived aroma and taste. Notably, these sensory outcomes did not always align with chemical analysis results. Of particular interest was the

observation that beers with lower alcohol content were still perceived as having elevated levels of warmth, sweetness, and sourness. Furthermore, the yeast strain significantly influenced the sensory notes perceived: ISE77 enhanced the aromatic profile and flavour of hops even with early-harvested cones, whereas Rock produced more consistent flavours, shifting the sensory perception from predominantly vegetal and sulphurous notes towards fruitier aromas.

Conclusions

These findings underpin the pivotal role of yeast selection in modulating beer aroma and taste, offering a strategic approach to improve sensory quality while potentially reducing raw material use, thus contributing to sustainable and resource-efficient brewing practices.



lob.it
biodiversità italiana da valorizzare

Parma, 6 novembre 2025

Interazioni tra varietà di luppolo, grado di maturazione e lievito: dinamiche chimiche e sensoriali nella birra attraverso il supporto di un panel di esperti

T'ai G. W. Forte e Tina Lino

MINISTERO DELL'AGRICOLTURA DELLA SILVICOLTURA E DELLE FORESTE | **crea** | UNIVERSITÀ DI PARMA



97%
luppolo coltivato per produzione di birra





Introduzione



3

Qualità



Varietà

Profilo chimico unico



Fase di aggiunta

Bollitura, whirlpool, fermentazione (dry-hopping)



Introduzione



4

Qualità

Varietà

Profilo chimico unico

Maturazione

Precoci → amaro
Avanzati → aroma

lob.it
biodiversità italiana da valorizzare

Fase di aggiunta

Bollitura, whirlpool, fermentazione (dry-hopping)

Lievito

Aroma speziato, fruttato, floreale, o luppolato

Introduzione

Qualità

Varietà

Profilo chimico unico

Maturazione

Precoci → amaro
Avanzati → aroma

OBIETTIVO

Combinazione che:

- migliori le caratteristiche sensoriali della birra
- promuova pratiche brassicole sostenibili

lob.it
biodiversità italiana da valorizzare

Fase di aggiunta

Bollitura, whirlpool, fermentazione (dry-hopping)

Lievito

Aroma speziato, fruttato, floreale, o luppolato

Introduzione

Cascade **Columbus**

12 BEVANDE FERMENTATE

aroma amaro

T1 T2 T3

RockAle
Brewline Italia

ISE77
CREA-CMVE di Asti

Materiali e metodi



7



Metodi



2 varietà di luppolo

Cascade e *Columbus*

(Società Agricola Fr.Ili Lucchi S.s)



3 tempi di raccolta

Precoce – Ottimale – Avanzato

(T1 – T2 – T3)



2 ceppi di lievito

Saccharomyces cerevisiae

Malt Extract Super Light
(Mr. Malt Italy)

Materiali e metodi



8



Metodi

- Mosto diluito con acqua fino a raggiungere 13.3 °Plato.
- Suddiviso in contenitori da 5 L.
- Aggiunti 6 g/L di coni di luppolo liofilizzati (dry-hopping).



3 repliche × tipo di birra.

Materiali e metodi

Metodi

- Imbottigliamento
- Aggiunti 6 g di zucchero (3 g all'inizio e 3 g a metà) per seconda fermentazione.



Parametri

- Tenore alcolico
- Grado di fermentazione reale
- pH

Materiali e metodi

Analisi



Chimica

BeerFoss™ FT Go

Panel test

12 GIUDICI ESPERTI
Unionbirrai Beer Tasters
Emilia-Romagna

per ogni tipologia di birra
50 mL × 3 volte

Materiali e metodi



Analisi



Chimica
BeerFoss™ FT Go



Sensoriale

- QDA
Quantitative Descriptive Analysis
- CATA
Check-All-That-Apply



11

Panel test

Attributi	Tipo	QDA		CATA	
			Punteggi	Attributi	
Colore (della schiuma)	Visivo		1 (bianco), 2 (avorio), 3 (rosé), 4 (beige)	Mentolo	
Aspetto (della schiuma)	Visivo		1 (grossolana), 2 (intermedia), 3 (fine)	Tea	
Persistenza (della schiuma)	Visivo		1 (evanescente), 2 (intermedia), 3 (persistente)	Frutta acerba	
Limpidezza	Visivo		1 (velata), 2 (limpida), 3 (cristallina)	Frutta matura	
Intensità aromatica	Olfattivo		Da 1 (moderata) a 10 (molto intensa)	Frutti rossi	
Complessità aromatica	Olfattivo		Da 1 (moderata) a 10 (ampia)	Floreale	
Qualità aromatica	Olfattivo		Da 1 (accettabile) a 5 (eccellente)	Frutta tropicale	
Dolcezza	Gustativo		Da 1 (secca) a 4 (dolce)	Citrico	
Amaro	Gustativo		Da 1 (assente) a 4 (molto amara)	Speziato	
Acido	Gustativo		Da 1 (assente) a 4 (molto acida)	Vegetale	
Sapidità	Gustativo		Da 1 (assente) to 4 (molto percepibile)	Legnoso	
Calore alcolico	Gustativo		Da 1 (basso) to 3 (alto)	Dolce	
Frizzantezza	Gustativo		Da 1 (basso) to 3 (alto)	Vinoso	
Morbidezza	Gustativo		Da 1 (basso) to 3 (alto)	Lattico	
Dryness	Gustativo		Da 1 (basso) to 3 (alto)	Acetico	
Intensità gusto-olfattiva	Gust.-olf.		Da 1 (moderata) a 10 (molto intensa)	Etereo	
Persistenza gusto-olfattiva	Gust.-olf.		Da 1 (moderata) a 10 (molto persistente)	Solforato	
Qualità gusto-olfattiva	Gust.-olf.		Da 1 (accettabile) a 5 (eccellente)	Formaggio	
				Paglia	

Materiali e metodi



Analisi



Chimica
BeerFoss™ FT Go



Sensoriale

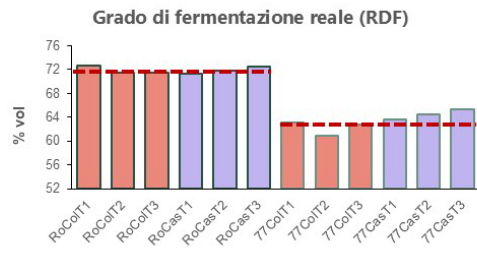
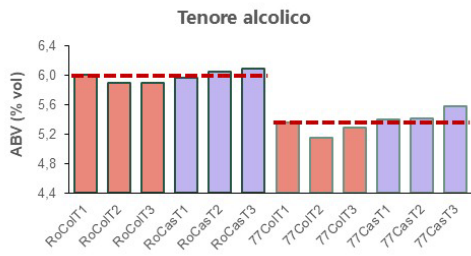
- QDA
Quantitative Descriptive Analysis
- CATA
Check-All-That-Apply



12

Analisi chimica

Varietà luppolo
■ Columbus
■ Cascade



Birra

Tenore alcolico e RDF
Rock > 77

Forte effetto del ceppo di lievito sull'efficienza fermentativa.

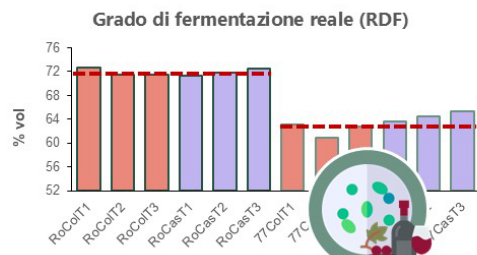
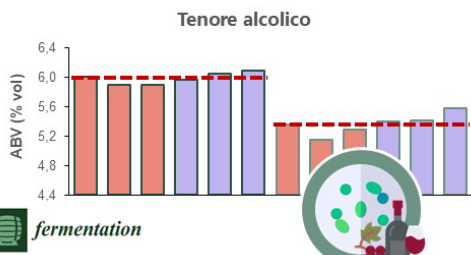
Risultati e discussioni



13

Analisi chimica

Varietà luppolo
■ Columbus
■ Cascade



Birra

Tenore alcolico e RDF
Rock > 77

Forte effetto del ceppo di lievito sull'efficienza fermentativa.

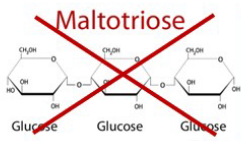
fermentation



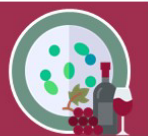
Article

Wine Saccharomyces Yeasts for Beer Fermentation

Vanesa Postigo ^{1,2}, Margarita García ¹, Juan Mariano Cabellos ¹ and Teresa Arroyo ^{1,*}



ISE77



Risultati e discussioni



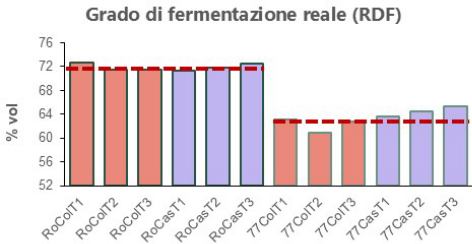
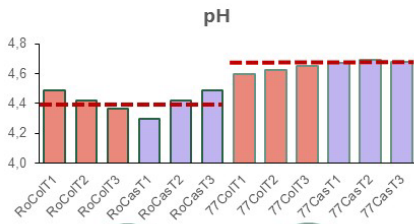
14

Analisi chimica



Varietà luppolo

- Columbus
- Cascade



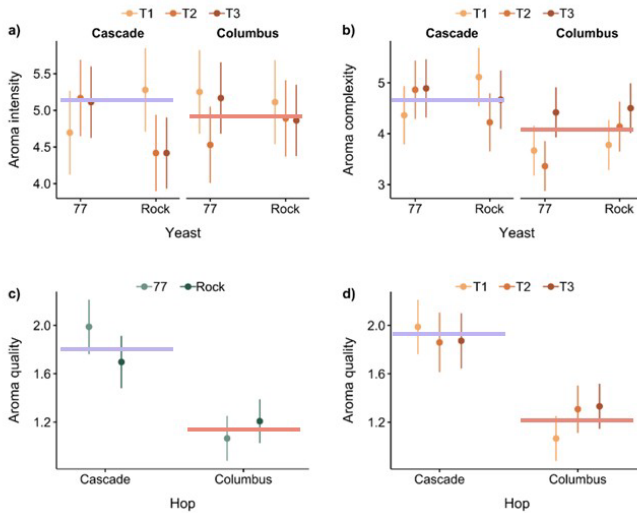
pH
Rock < 77

Il lievito agisce indirettamente sul pH.

Risultati e discussioni



Analisi sensoriale



Attributi olfattivi

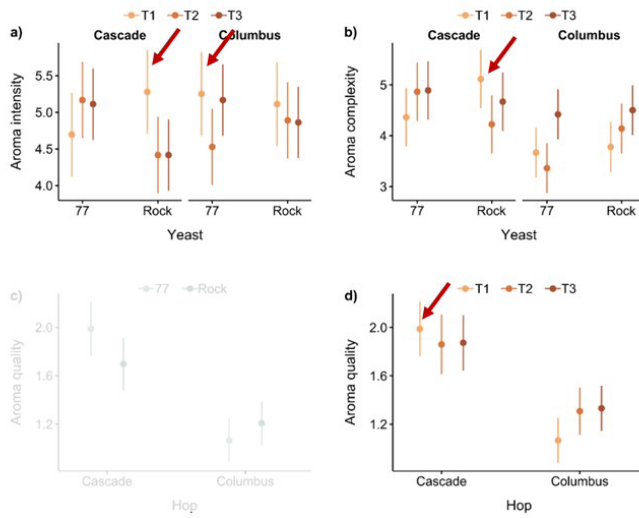
punteggi Cascade > Columbus

Interazione tra varietà, maturazione luppolo e ceppo di lievito, con combinazioni specifiche che ottimizzano il profilo sensoriale.

Risultati e discussioni



Analisi sensoriale



Attributi olfattivi

In alcuni casi, intensità aromatica migliore con coni precoci (T1)

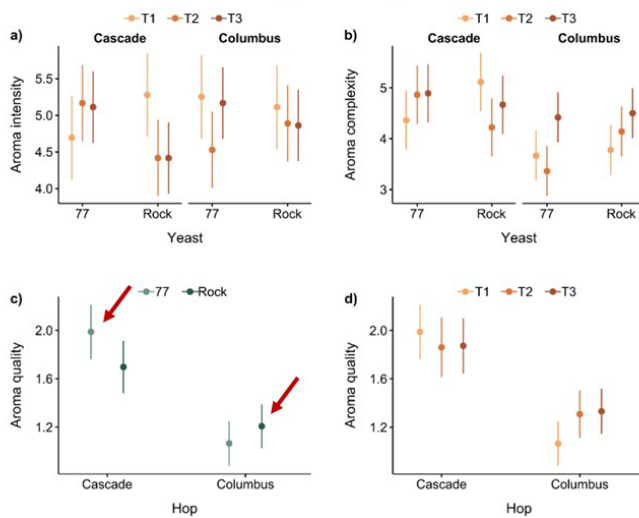
Interazione tra varietà, maturazione luppolo e ceppo di lievito, con **combinazioni specifiche che ottimizzano il profilo sensoriale.**

Risultati e discussioni



17

Analisi sensoriale



Attributi olfattivi

Migliore qualità
Cascade con 77
Columbus con Rock

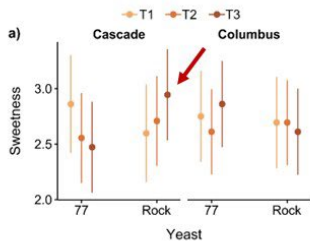
A seconda della materia prima, la scelta del tipo di lievito può migliorare la qualità aromatica.

Risultati e discussioni



18

Analisi sensoriale



Luppolo
- Acidi iso-alfa
- Aroma

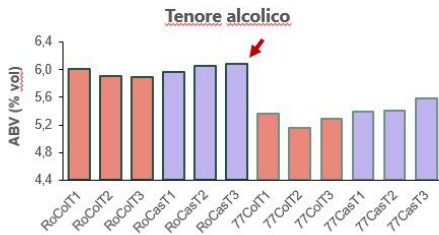
Lievito
- Esteri fruttati
- Fenoli speziati

VOC
- Composizione
- Interazione

Alcol
Sensazione di calore che 1 dolcezza percepita

Attributi gustativi

La birra con meno zuccheri residui è risultata la più dolce.



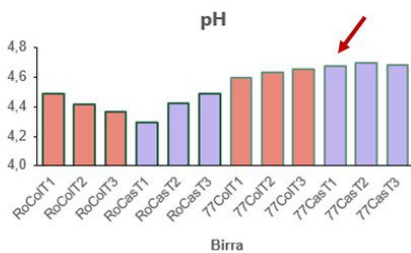
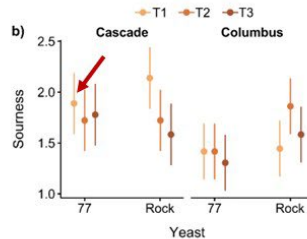
Risultati di analisi chimiche e sensoriali non sempre combaciano → la **percezione è influenzata da molteplici fattori.**

Risultati e discussioni



19

Analisi sensoriale



Attributi gustativi

Cascade con lievito 77 acidità percepita ≠ pH

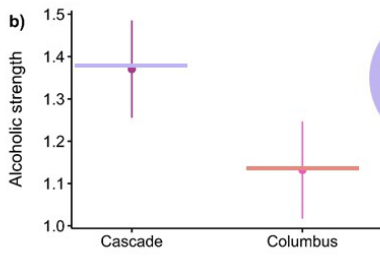
Risultati di analisi chimiche e sensoriali non sempre combaciano → la **percezione è influenzata da molteplici fattori.**

Risultati e discussioni



20

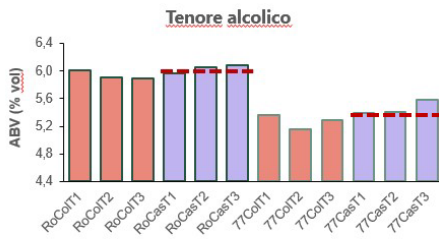
Analisi sensoriale



Attributi gustativi

Cascade percepito più "caldo" anche quando meno alcolico.

Percezione della dolcezza influenza forza alcolica (i.e. sensazione di calore)

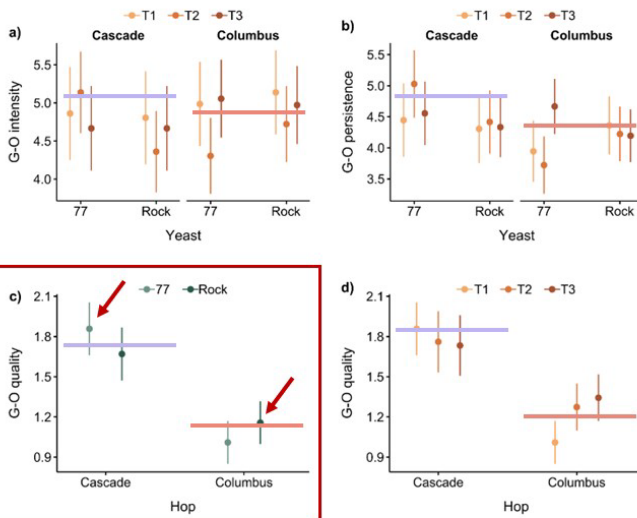


Risultati e discussioni



21

Analisi sensoriale



Attributi gusto-olfattivi

Cascade > Columbus

Cas 77 > Cas Rock

Col Rock > Col 77

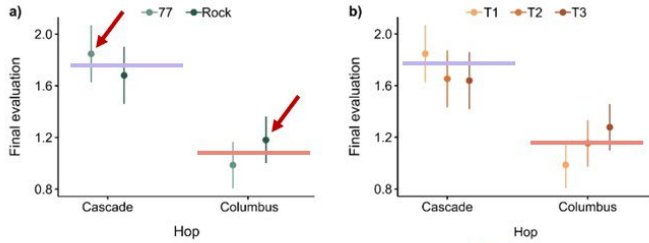
A seconda della materia prima, la scelta del lievito può migliorare la qualità gusto-olfattiva.

Risultati e discussioni



22

Analisi sensoriale



Giudizio finale

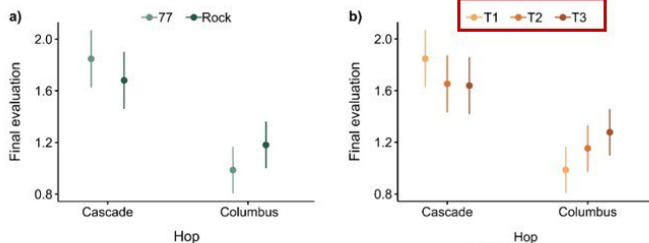
Cascade > Columbus
 Cas 77 > Cas Rock
 Col Rock > Col 77

Il tipo di lievito può migliorare la qualità sensoriale a seconda della varietà.

Risultati e discussioni



Analisi sensoriale



Giudizio finale

Maturazione influenza il punteggio complessivo.

Il tipo di lievito può migliorare la qualità sensoriale a seconda della varietà.

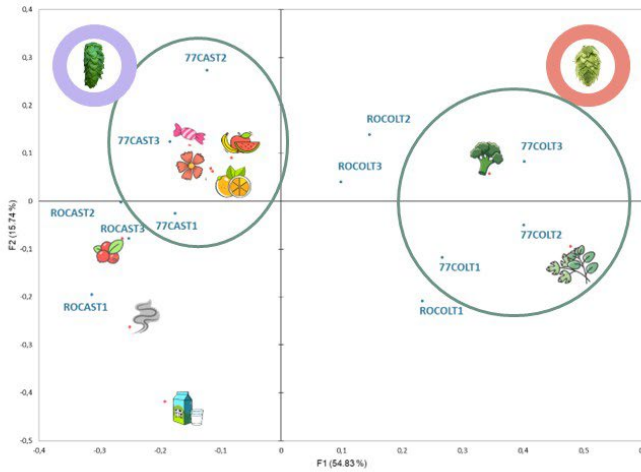
Risultati e discussioni



Analisi sensoriale



Principal coordinate analysis
(F1 and F2: 70.57 %)



Profilo aromatico (CATA)

Mentre 77 esalta i precursori aromatici della varietà, Rock li attenua.

Chiara separazione basata sulla varietà e sui diversi ceppi di lievito → È evidente l'influenza del lievito sulla percezione sensoriale.

Risultati e discussioni

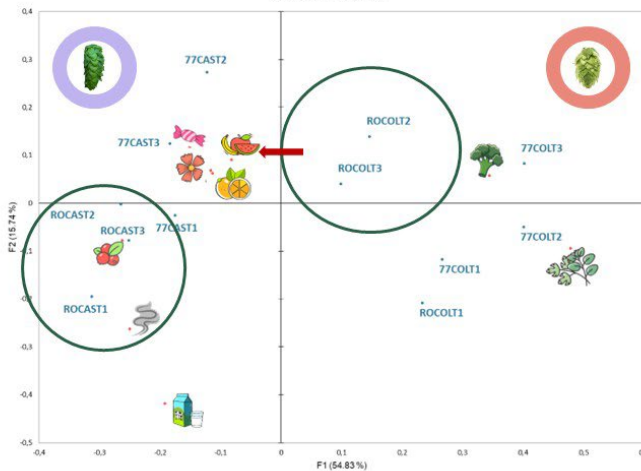


25

Analisi sensoriale



Principal coordinate analysis
(F1 and F2: 70.57 %)



Profilo aromatico (CATA)

Mentre 77 esalta i precursori aromatici della varietà, **Rock li attenua.**

Chiara separazione basata sulla varietà e sui diversi ceppi di lievito → È evidente l'influenza del lievito sulla percezione sensoriale.

Risultati e discussioni



26

Migliori caratteristiche sensoriali

 RockAle	 Columbus
Migliore percezione complessiva. Profilo sensoriale consistente - ↓ note vegetali/solfuree	
 ISE77	 Cascade
Migliore qualità olfattiva. Maggiore complessità aromatica - ↑ note fruttate e floreali	

Conclusioni



RockAle → Note sensoriali coerenti anche quando luppoli non raccolti a maturazione ottimale.

ISE77 → Esalta il profilo aromatico e gustativo della varietà di luppolo, anche quando i coni non sono allo stadio ottimale.

La selezione del lievito può ottimizzare il prodotto anche con materie prime subottimali...



27

Migliori caratteristiche sensoriali



LOWER-ALCOHOL BEER

Sketch.com

Conclusioni



...e non solo! La selezione del lievito...

Cascade con lievito ISE77 ha tenore alcolico inferiore ma gli effetti tattili conferiti dall'alcol vengono comunque percepiti.

...potrebbe garantire la sensazione di alcolicità anche con tenori alcolici più bassi...



28

METABOLITI SECONDARI E MATURAZIONE DEL LUPPOLO: UNA GUIDA AGLI IMPIEGHI DIFFERENZIATI

A. D'Andrea, E. Celi, K. Carbone

Food Chemistry and Biotechnology Lab, CREA, Centro di ricerca Olivicoltura, Frutticoltura e Agrumicoltura

Stato dell'arte

Il luppolo contiene più di mille composti, fra cui i principali sono cellulosa, resine, proteine, acqua, polifenoli, sostanze azotate e carboidrati. Questi composti si possono classificare in metaboliti primari e secondari. I metaboliti primari sono sostanze che concorrono a nutrimento, sviluppo, crescita e riproduzione delle piante; essi includono zuccheri, lipidi, proteine e loro derivati, e provengono da pathway metabolici primari ben noti fra cui la fotosintesi clorofilliana e il ciclo di Krebs. I metaboliti secondari, invece, svolgono altre importanti funzioni, che includono la protezione da minacce esterne quali erbivori e patogeni, l'attrazione di impollinatori e la competizione con le piante circostanti.

I metaboliti secondari del luppolo includono le resine, gli olii essenziali e i polifenoli e sono generalmente composti di massa inferiore ai 3000 Dalton. La loro quantità e composizione dipende da svariati fattori, fra cui la cultivar, le condizioni climatiche e del suolo e i trattamenti successivi alla raccolta. Tutto ciò influenza anche la variazione del profilo metabolico secondario nei diversi momenti della maturazione della pianta. I metaboliti secondari sono anche estremamente interessanti per gli effetti che sono in grado di esercitare sul corpo umano.

In campo brassicolo, che è il settore economico che assorbe la maggior parte del luppolo prodotto, le resine sono di interesse perché racchiudono gli α - e β -acidi, i quali sono responsabili rispettivamente del potere amaricante e antibatterico della matrice vegetale. Gli olii essenziali sono responsabili del potere aromatico del luppolo, mentre i polifenoli hanno un effetto stabilizzante sulla schiuma della birra e, più in generale, hanno effetti positivi sul metabolismo umano, fra cui per esempio il loro forte potere antiossidante. Queste ultime proprietà sono di interesse per campi di applicazioni meno tradizionali, come la cosmesi e l'industria farmaceutica, ma anche nella filiera della birra a basso o nullo contenuto di alcol o per lo sviluppo di bevande funzionali.

Questo studio è stato condotto per analizzare il profilo metabolico secondario di due cultivar di luppolo, al fine di acquisire le conoscenze necessarie per poter selezionare varietà e tempo di maturazione ideali per specifiche applicazioni, siano esse classiche o innovative.

Materiali e metodi

I luppoli in esame sono stati forniti dall'Università degli Studi di Parma, appartengono a due cultivar (Cascade e Columbus), e per ciascuno sono stati forniti campioni a tre tempi di maturazione differenti per l'annualità 2023.

Gli estratti da queste matrici sono stati analizzati per valutarne la quantità di pigmenti non fenolici (TCC: carotenoidi totali; TChI: clorofille totali), il potere antiossidante (TPC: polifenoli totali, FLC: flavan-3-oli), la capacità antiradicalica e il contenuto di alcuni specifici metaboliti tramite cromatografia liquida (HPLC).

Risultati

I pigmenti non fenolici sono composti bioattivi dotati di potenziale antiossidante e sono responsabili della colorazione delle piante. Questi composti includono le clorofille e i carotenoidi; questi ultimi di particolare interesse in campo nutraceutico in quanto precursori della vitamina A. Il profilo di accumulo delle TChI e il loro contenuto varia molto a seconda della cultivar, mentre i TCC sono risultati presenti in quantità paragonabile nei due luppoli.

Per quanto riguarda il potere antiossidante, sebbene i TPC di Cascade siano mediamente il 60% di quelli di Columbus, i valori di FLC appaiono simili fra le due cultivar. In particolare, per Cascade gli FLC costituiscono poco più del 50% dei polifenoli totali, mentre per Columbus ammontano a circa un terzo. Questo dato evidenzia un contenuto relativo di catechine (potenti composti antiossidanti inclusi nella classe degli FLC) molto alto, specialmente nei coni di Cascade, il che apre potenziali applicazioni nel campo delle bevande funzionali.

La capacità antiradicalica di un estratto si può manifestare in misure diverse a seconda che l'ambiente di reazione sia lipofilo o idrofilo e si quantifica con l' EC_{50} , un valore che esprime la concentrazione di sostanza in grado di dimezzare la concentrazione del radicale testato. EC_{50} bassi stanno a indicare migliore attività antiradicalica rispetto a EC_{50} alti. Per entrambe le cultivar, il potere antiradicalico in ambiente lipofilo è circa 1000 volte maggiore che in ambiente acquoso; inoltre, in generale, Columbus presenta una maggiore capacità antiradicalica rispetto a Cascade.

L'analisi HPLC degli estratti ha permesso la quantificazione di una serie di polifenoli, appartenenti a varie classi di composti, e degli acidi amari. Per entrambe le varietà, il contenuto dei polifenoli studiati varia secondo pattern differenti e i singoli composti sono presenti in quantità relative medie differenti a seconda della cultivar.

Complessivamente, i dati HPLC mostrano che Columbus è caratterizzato da un maggiore contenuto di polifenoli, in accordo con il saggio spettrofotometrico dei TPC.

Per quanto riguarda gli acidi amari, è interessante evidenziare che, nel caso di Cascade, il coumulone - principale responsabile del potere amaricante del luppolo -, decresce nel tempo: una raccolta precoce potrebbe dunque essere preferibile per sfruttare al massimo questa proprietà nel caso di questa cultivar (Fig. 1).

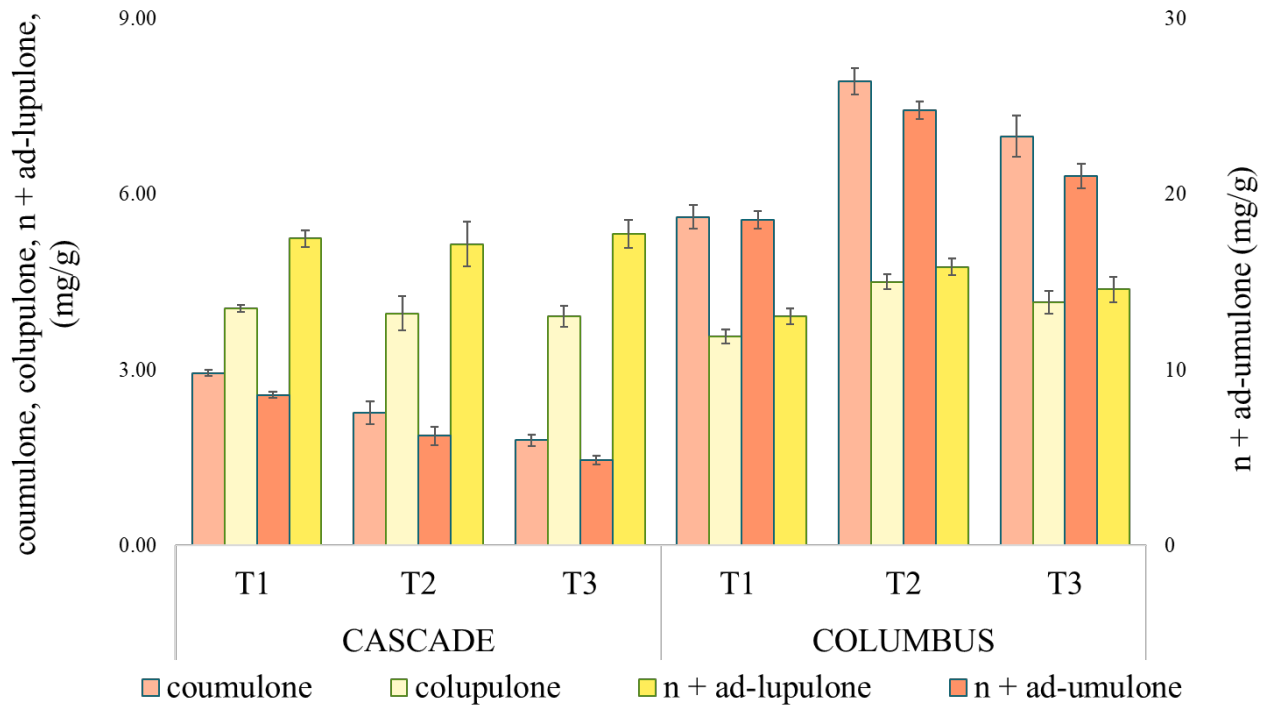


Figura 5 - Quantità di acidi amari nei due luppoli ai tre tempi di maturazione, ottenute tramite analisi HPLC.

Conclusioni

In conclusione, questo studio ha evidenziato che ciascun luppolo presenta un suo bouquet di metaboliti, diverso fra una cultivar e l'altra ma anche da un momento all'altro della maturazione. In questo contesto, monitorare l'accumulo di specifici metaboliti durante la maturazione permette di ottimizzare i tempi di raccolta per poter selezionare le caratteristiche desiderate per il prodotto finale.

Bibliografia

Carbone, K., & Gervasi, F. (2022). An updated review of the genus *Humulus*: A valuable source of bioactive compounds for health and disease prevention. *Plants*, 11(24), 3434. <https://doi.org/10.3390/plants11243434>

Biendl, M., Engelhard, B., Forster, A., Gahr, A., Lutz, A., Mitter, W., & Sch, R. (2015). Hops: Their cultivation, composition and usage (1. Aufl). Fachverlag Hans Carl.

Lafontaine, S., Varnum, S., Roland, A., Delpech, S., Dagan, L., Vollmer, D., Kishimoto, T., & Shellhammer, T. (2019). Impact of harvest maturity on the aroma characteristics and chemistry of Cascade hops used for dry-hopping. *Food Chemistry*, 278, 228–239. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.148>

Brunelli, E., Minassi, A., Appendino, G., & Moro, L. (2007). 8-Prenylnaringenin, inhibits estrogen receptor- α mediated cell growth and induces apoptosis in MCF-7 breast cancer cells. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 107(3), 140–148. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2007.04.003>

Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). *Plant physiology*. Sinauer Associates.

SECONDARY METABOLITES AND HOP RIPENING: A GUIDE TO DIFFERENT APPLICATIONS

A. D'Andrea, E. Celi, K. Carbone

Food Chemistry and Biotechnology Lab, CREA, Research Centre for Olive, Fruit and Citrus Crops

State of the art

Hop contains more than a thousand compounds, among which the most represented are cellulose, resins, proteins, water, polyphenols, nitrogen compounds and carbohydrates. These compounds can be classified into primary and secondary metabolites. Primary metabolites are substances that concur to the plant's nourishment, development, growth and reproduction; they comprise sugars, lipids, proteins and their derivatives, and come from well-known primary metabolism pathways such as the photosynthesis and Krebs' cycle. Secondary metabolites, on the other hand, execute other significant functions, including protection from external threats such as herbivores and pathogens, attraction of pollinators, and competition with the surrounding plants.

Hop's secondary metabolites include resins, essential oils and polyphenols, and generally present a molecular weight under 3000 Dalton. Their amount and composition depend on various factors, among which cultivar, climate and soil conditions, and post-harvest treatments. All of this also influences the variation of the secondary metabolic profile across the ripening stages of the plant.

Secondary metabolites are also studied for the effects they exert on the human body.

In the brewing field (the economic sector absorbing the majority of the produced hop), resins are of interest because they comprise α - and β -acids, responsible respectively of the hop's bittering and antibacterial power. Essential oils are associated with hop's aromatic power, whilst polyphenols have a stabilising effect on beer's foam and, more in general, have positive effects on the human metabolism, among which their significant antioxidant power.

These latter properties are interesting for non-traditional fields of application, such as cosmetics and pharmaceutical industry, but also for the sector of low- and no-alcohol beer and the development of functional beverages.

This study was conducted to analyse the secondary metabolite profile of two hop varieties, with the aim of acquiring the necessary knowledge to select the ideal cultivar and ripening time for specific applications, either classical or innovative.

Materials and methods

The analysed hops were provided from the University of Studies of Parma. They belonged to two different varieties (Cascade and Columbus), and samples at three ripening stages were provided for each of the cultivars for the year of 2023.

The extracts obtained from these matrices were analysed to assess their amount of non-phenolic pigments (TCC: total carotenoid content; TChls: total chlorophylls), their antioxidant power (TPC: total polyphenol content; FLC: flavan-3-ols content), their antiradical capacity and their content in some specific metabolites through liquid chromatography (HPLC).

Results

Non-phenolic pigments are bioactive compounds endowed with antioxidant potential and are responsible for the plants' colour. They include chlorophylls and carotenoids; these latter are of particular interest in the nutraceutical field as precursors of vitamin A. The accumulation profile of the TChls and their average content hugely varied depending on the cultivar, while the TCC was similar in the two cultivars.

As for the antioxidant power, despite Cascade's TPC being about 60% of Columbus's, the FLC in the samples is similar. In particular, for Cascade, the FLC makes up slightly more than 50% of the total polyphenols, whereas for Columbus it amounts to about a third of the TPC. This data highlights a high relative content in catechins (powerful antioxidants included in the flavan-3-ols class), especially for Cascade cones, which opens potential applications in the field of functional beverages.

The antiradical capacity of an extract can manifest in different measures depending on whether the reaction environment is lipophilic or hydrophilic, and is quantified through the EC_{50} , a value expressing the concentration of substance capable to halve the concentration of the tested radical. Low EC_{50} s indicate a higher antiradical activity as compared to high EC_{50} s. For both varieties, the lipophilic antiradical activity is about 1000 times higher than the hydrophilic one; moreover, in general, Columbus presents a higher antiradical capacity than Cascade.

The HPLC analysis allowed to quantify a series of polyphenols belonging to various classes, and the bitter acid content.

For both cultivars, the contents of the polyphenols vary with different patterns, and the singular molecules are present on average in different amounts depending on the variety. Overall, the HPLC data show that Columbus is characterised by a higher polyphenolic content, in accordance with the spectrophotometric assay of the TPC.

In what concerns the bitter acids, it is interesting to note that, in the case of Cascade, cohumulone – the major responsible for the bittering power –, decreases over time: a premature harvesting could be preferable to fully exploit this property in the case of this cultivar (Fig. 1).

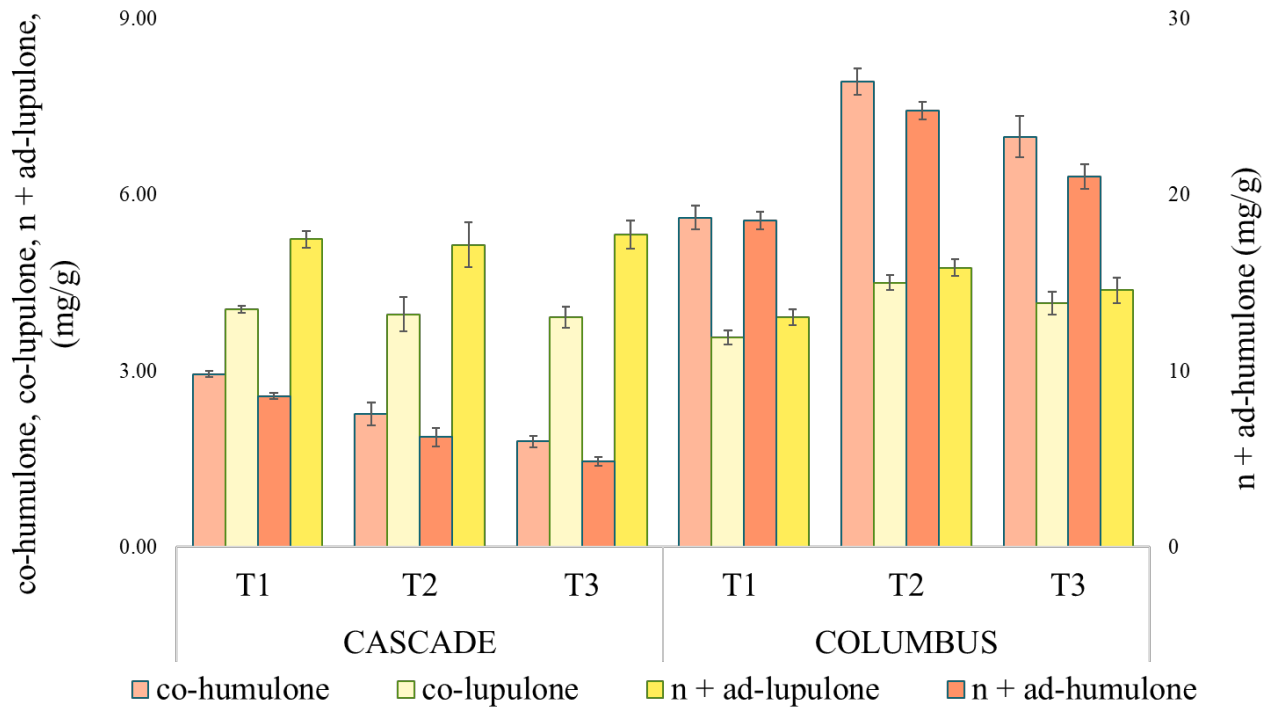


Figure 1 - Amount of bitter acids in the two hop cultivars at the three different ripening times, obtained through HPLC.

Conclusions

In conclusion, this study underscored that every hop presents its unique metabolite bouquet, different among varieties and ripening times. In this context, monitoring the accumulation profile of specific compounds during the maturation allows to optimise the harvesting times so as to select the desired characteristics for the final product.

References

- Carbone, K., & Gervasi, F. (2022). An updated review of the genus *Humulus*: A valuable source of bioactive compounds for health and disease prevention. *Plants*, 11(24), 3434. <https://doi.org/10.3390/plants11243434>
- Biendl, M., Engelhard, B., Forster, A., Gahr, A., Lutz, A., Mitter, W., & Sch, R. (2015). Hops: Their cultivation, composition and usage (1. Aufl). Fachverlag Hans Carl.
- Lafontaine, S., Varnum, S., Roland, A., Delpech, S., Dagan, L., Vollmer, D., Kishimoto, T., & Shellhammer, T. (2019). Impact of harvest maturity on the aroma characteristics and chemistry of Cascade hops used for dry-hopping. *Food Chemistry*, 278, 228–239. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.148>
- Brunelli, E., Minassi, A., Appendino, G., & Moro, L. (2007). 8-Prenylnaringenin, inhibits estrogen receptor- α mediated cell growth and induces apoptosis in MCF-7 breast cancer cells. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 107(3), 140–148. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2007.04.003>
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). *Plant physiology*. Sinauer Associates.

lob.it
biodiversità italiana da valorizzare

Metaboliti secondari e maturazione del luppolo: una guida agli impieghi differenziati

Alessia D'Andrea
CREA – OFA di Roma
Laboratorio di Chimica e Biotecnologie Alimentari

MINISTERO DELL'AGRICOLTURA
DIETA SICUREZZA E SOSTENIBILITÀ

crea
CENTRO RICERCA PER LE COLTIVAZIONI
E LA ZOOTECNIA

UNIVERSITÀ
DI PARMA

1

Metaboliti secondari e maturazione del luppolo: una guida agli impieghi differenziati

lob.it
biodiversità italiana da valorizzare

- 1 Introduzione
- 2 Obiettivo del lavoro
- 3 Risultati
- 4 Conclusioni e prospettive future

Alessia D'Andrea – 6 novembre 2025

MINISTERO DELL'AGRICOLTURA
DIETA SICUREZZA E SOSTENIBILITÀ

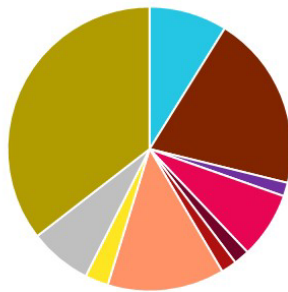
crea
CENTRO RICERCA PER LE COLTIVAZIONI
E LA ZOOTECNIA

UNIVERSITÀ
DI PARMA

2

1. Introduzione

I coni di luppolo contengono più di mille composti fra metaboliti primari e secondari¹



- Acqua: 10.0 %
- Resine: 15.0 – 30.0 %
- Olii essenziali: 0.5 – 3.0 %
- Polifenoli: 3.0 – 14.0 %
- Zuccheri (monosaccaridi): 2.0 %
- Pectine: 2.0 %
- Proteine (N x 6.25): 15.0 %
- Lipidi e cere: 3.0 %
- Cenere: 8.0 %
- Cellulosa e lignina: 40.0 %

Metaboliti primari:

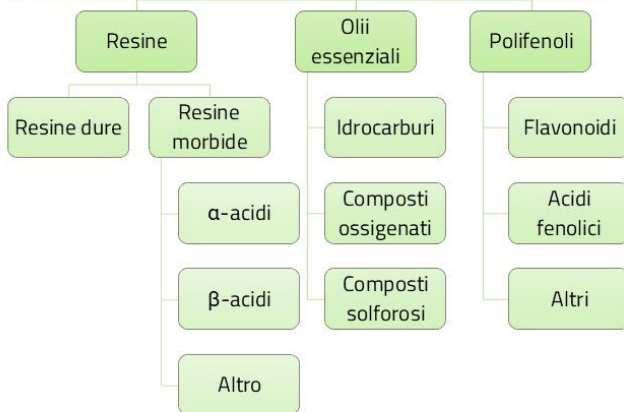
- **Nutrimento, sviluppo, riproduzione** e crescita delle piante
- Includono **zuccheri, lipidi**, aminoacidi, peptidi, **proteine** e loro derivati
- Derivanti da **pathway metabolici primari**

Metaboliti secondari:

- **Protezione** da minacce, attrazione di **impollinatori, competizione** con altre piante
- Includono **resine, olii essenziali e polifenoli**
- **Composizione variabile** con la cultivar, le condizioni esterne e il tempo di raccolta

¹Chadwick, L. R., Pauli, G. F., & Farnsworth, N. R. (2006). The pharmacognosy of Humulus lupulus L. (hops) with an emphasis on estrogenic properties. *Phytotherapy Research*, 13(1-2), 119-131.

Principali metaboliti secondari dei coni di luppolo



In campo brassicolo: potere amaricante, aromatico, stabilizzante

- Cucina**
- Cosmetici**
- Conservanti**
- Industria farmaceutica**
- Bevande funzionali**
- NAB/LAB**

2. Obiettivo del lavoro

Caratteristiche del **luppolo** che variano con il **tempo di maturazione**:

- oli essenziali,
- acidi amari,
- metaboliti secondari.



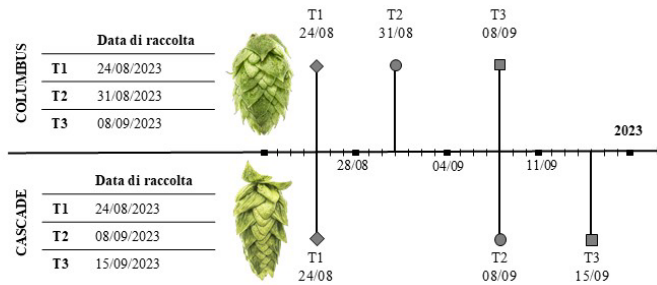
Obiettivo: valutare come la **variazione** di questi e altri **parametri** possa essere sfruttata per **applicazioni diversificate**.



Matrice vegetale

(fornita da: Università degli Studi di Parma)

2 cultivar dual purpose: **Cascade (CAS)** e **Columbus (COL)** a **3 tempi di maturazione** ciascuno (annualità 2023)



Caratteristiche valutate

- Contenuto di **pigmenti non fenolici**
- **Potere antiossidante** (TPC, FLC)
- **Capacità antiradicalica** (ABTS⁺, DPPH)
- Contenuto di **polifenoli e acidi amari** via HPLC

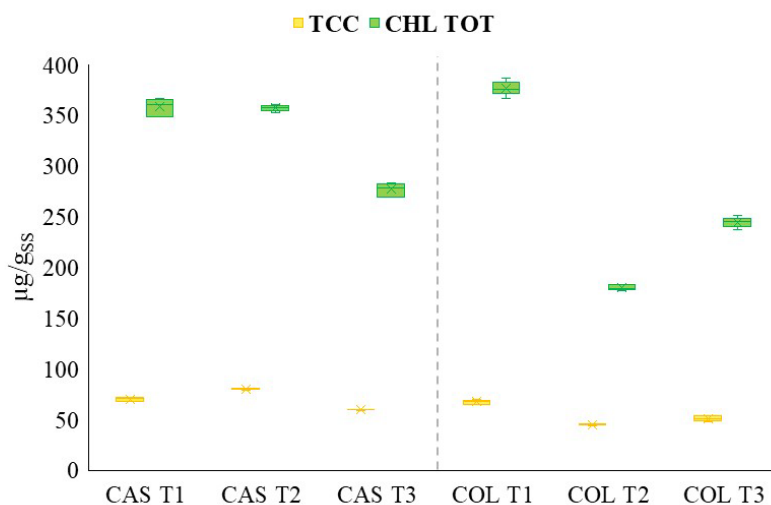
Alessia D'Andrea – 6 novembre 2025



5

3. Risultati

Pigmenti non fenolici



Composti bioattivi con **potenziale antiossidante**

Responsabili della **colorazione** delle piante

Andamento qualitativamente **riscontrabile a occhio nudo**

I **carotenoidi** sono **precursori** della **vitamina A**

CONFRONTO

I **TCC** sono **mediamente paragonabili**, mentre le **CHL TOT** presentano **pattern di accumulo peculiari** per ciascuna cultivar

Alessia D'Andrea – 6 novembre 2025



6

Contenuto di antiossidanti



I **polifenoli** sono fra i più interessanti **composti antiossidanti** del luppolo.

TPC: contenuto totale di polifenoli

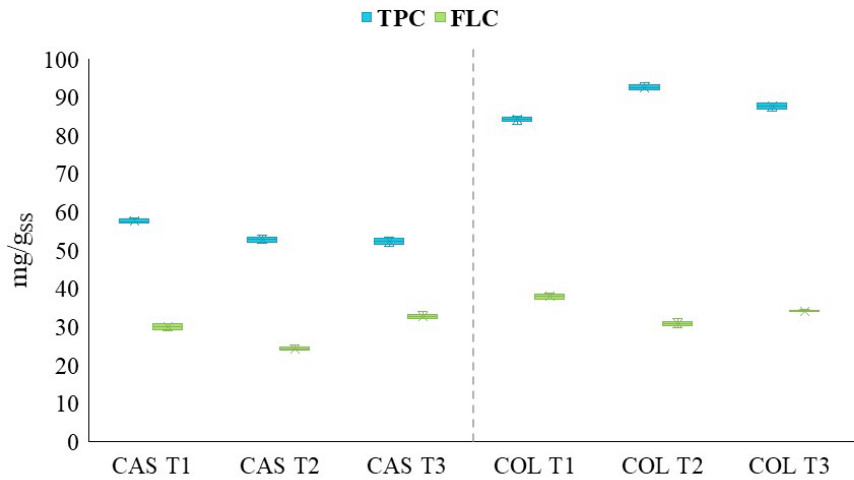
FLC: contenuto di flavan-3-oli (classe di composti che include le catechine, fra i più potenti **antiradicali**)

I flavan-3-oli presentano **alti contenuti percentuali** sul **totale** dei polifenoli (**35-55%**)

CONFRONTO

TPC mediamente inferiore per **CAS** (circa 60% di **COL**)

FLC medio paragonabile fra cultivar

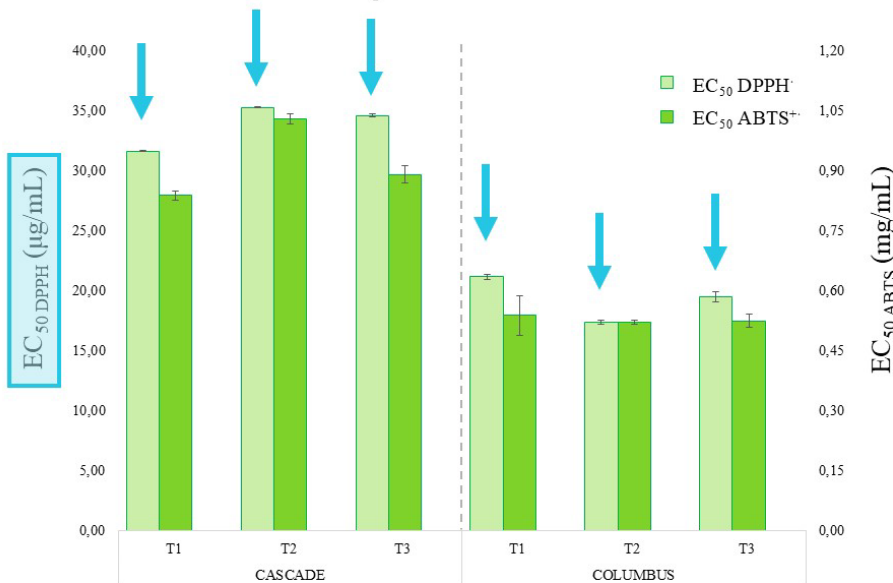


Alessia D'Andrea – 6 novembre 2025



7

Capacità antiradicalica



EC₅₀: concentrazione di estratto che dimezza la percentuale di radicale residuo in soluzione

EC₅₀ minori → maggiore potere antiradicalico

CONFRONTO

La **capacità antiradicalica di Cascade** è sempre **inferiore a Columbus** (sia vs. DPPH sia vs. ABTS⁺)

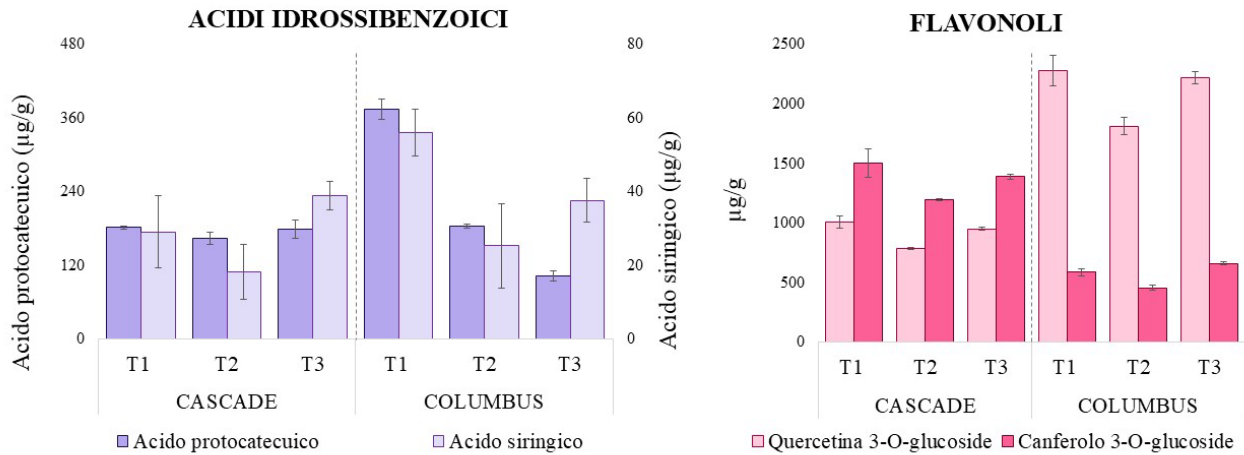
La **capacità antiradicalica in ambiente lipofilo** è 1000 volte **superiore** a quella in ambiente idrofilo per entrambe le cultivar

Alessia D'Andrea – 6 novembre 2025



8

Contenuto di polifenoli - HPLC



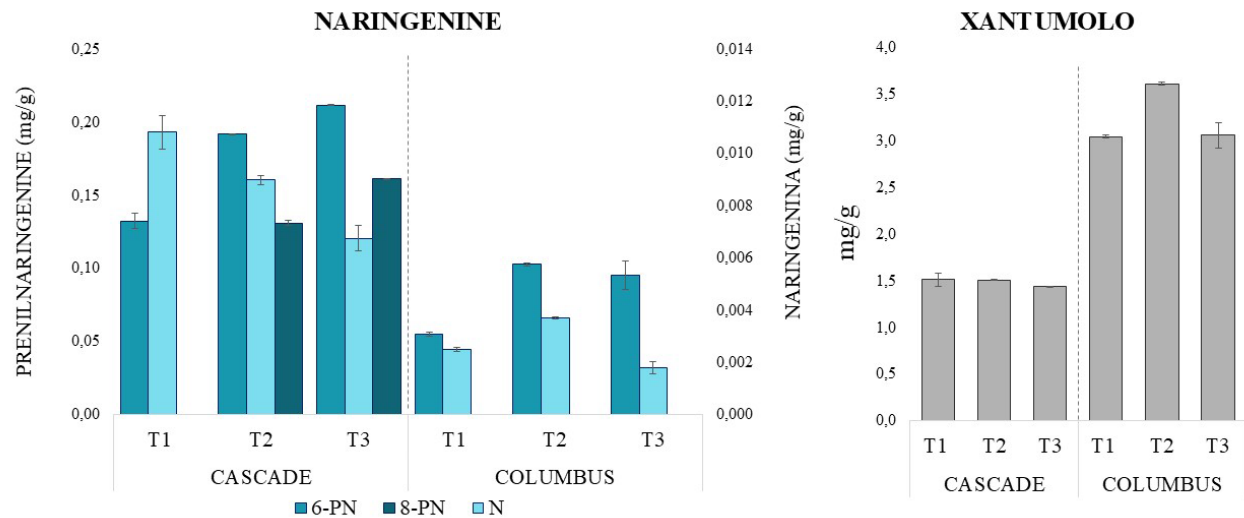
- Quantità **medie** dei singoli **composti** variano con la **cultivar**
- **Pattern di accumulo** differenti a seconda della **cultivar** e del **composto**

Alessia D'Andrea – 6 novembre 2025



9

Contenuto di polifenoli - HPLC



Alessia D'Andrea – 6 novembre 2025



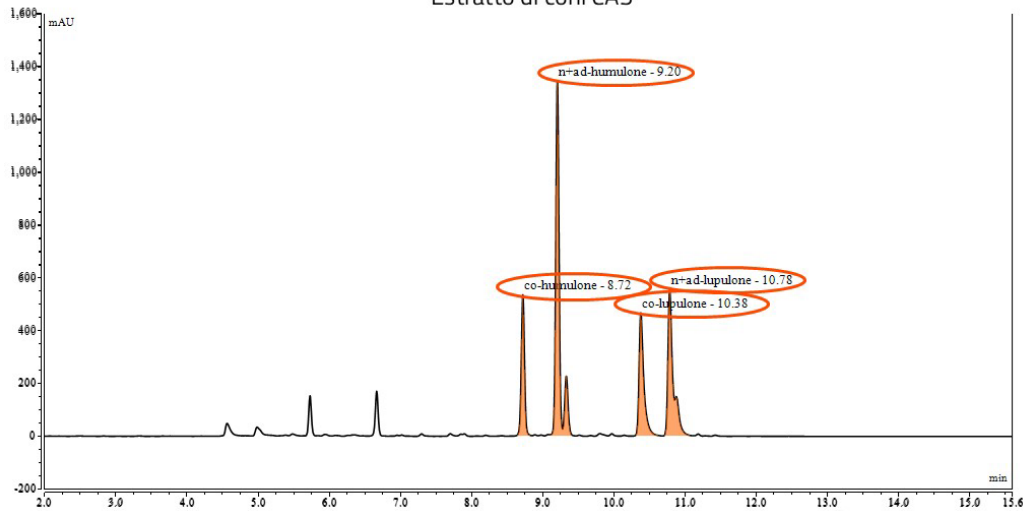
10

UPLC

Analisi **target** → **identificazione** e **quantificazione** di specifici composti



Estratto di coni CAS



Alessia D'Andrea – 6 novembre 2025



11

Acidi amari - UPLC



CASCADE

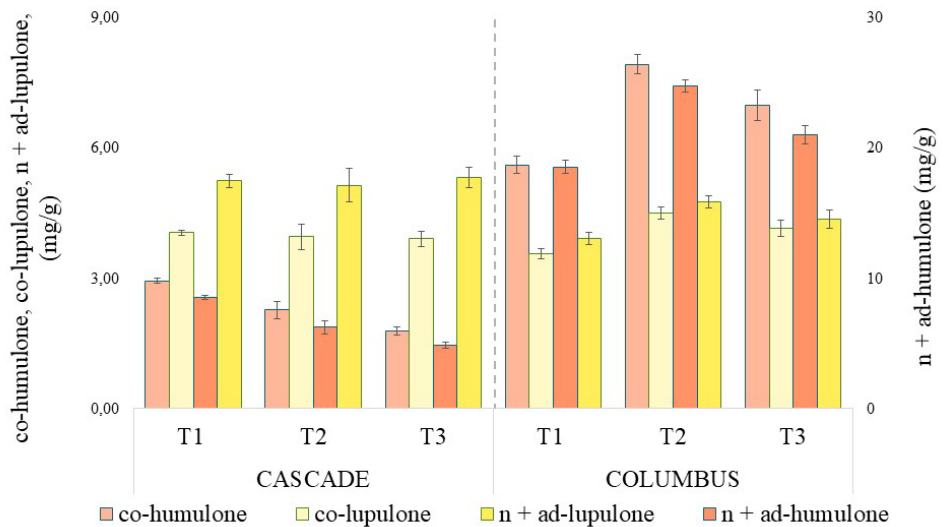
- Il **co-humulone** **decre**ce nel tempo: per scopi **amaricanti**, è preferibile una **raccolta precoce**

COLUMBUS

- Tutti gli **acidi amari** presentano lo **stesso pattern di accumulo**

CONFRONTO

COL si manifesta **più amaricante di CAS** ma contiene minori quantità di β -acidi (**minore potere antibatterico**), in accordo con i dati spettrofotometrici



Alessia D'Andrea – 6 novembre 2025

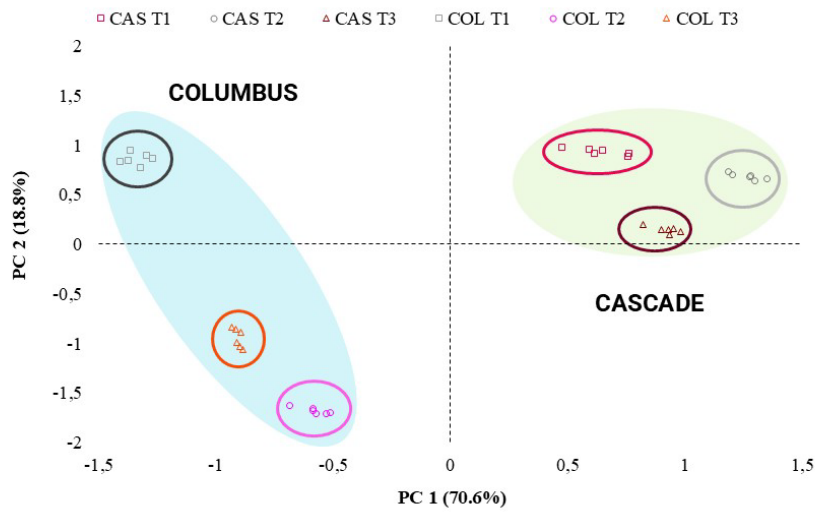


12

Applicazione di modelli statistici

PCA (analisi delle componenti principali) su **saggi targeted** per verificare che anche così **cultivar e tempi di maturazione si separino** → conferma del metodo untargeted

Biplot: tipo di grafico che esplicita quanto ciascun **parametro** analizzato **influisca** sulla **separazione** dei gruppi di campioni

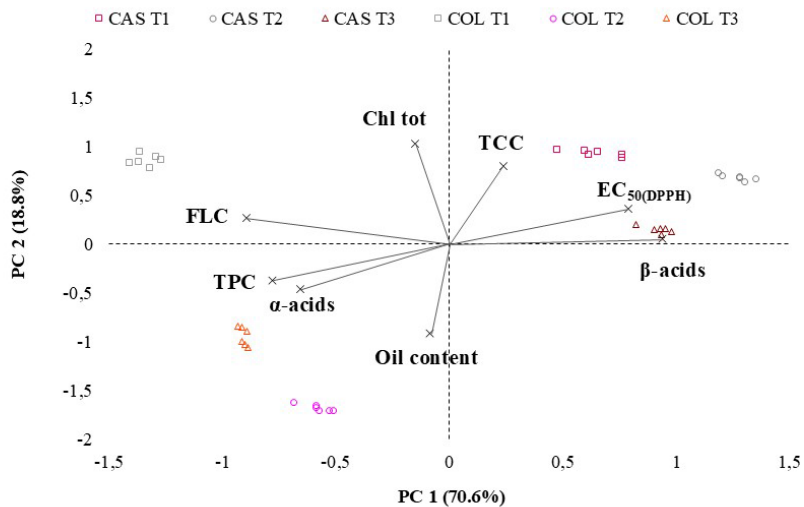


Alessia D'Andrea – 6 novembre 2025

Applicazione di modelli statistici

PCA (analisi delle componenti principali) su **saggi targeted** per verificare che anche così **cultivar e tempi di maturazione si separino** → conferma del metodo untargeted

Biplot: tipo di grafico che esplicita quanto ciascun **parametro** analizzato **influisca** sulla **separazione** dei gruppi di campioni



Alessia D'Andrea – 6 novembre 2025

4. Conclusioni e prospettive future



CONCLUSIONI



Ciascuna **cultivar** e ciascun **tempo** di maturazione presentano una **composizione** peculiare



Monitoraggio dell'**accumulo di metaboliti** → ottimizzazione dei **tempi di raccolta** → **caratteristiche desiderate** per il prodotto finale



Saggi spettrofotometrici → **primo strumento** di discriminazione → **tecniche targeted** per ottenere risultati ancora più dettagliati

PROSPETTIVE FUTURE



Monitoraggio da estendere ad **altre annualità** e ad **altre cultivar**



Implementazione di **metodi statistici** per l'**identificazione** di eventuali **pattern di accumulo**, eventualmente in **combinazione** a **tecniche high-throughput**

ORZO DA BIRRA ITALIANO PER COLTIVAZIONE CONVENZIONALE E BIOLOGICA

M. Baronchelli, N. Faccini, I. Tagliaferri, A. Povesi, A. Gianinetti, L. Cattivelli

CREA, Centro di ricerca Genomica e Bioinformatica

Stato dell'arte

La granella d'orzo è la principale materia prima per la produzione della birra, per ottenere la quale l'orzo deve essere maltato, al fine di aumentare il contenuto di enzimi. La maltazione è un processo di germinazione controllata in cui la crescita del germinello viene bloccata mediante essiccazione prima che il coleoptile emerga dalle glumelle. Il malto viene poi macinato, ammostato e utilizzato come substrato per la fermentazione alcolica da parte del lievito.

Le varietà di orzo destinato alla produzione di birra sono tipicamente distiche e primaverili. Tali cultivar sono selezionate per massimizzare la resa del processo di maltazione e la qualità della birra. A tal fine, il CREA effettua la caratterizzazione agronomica e qualitativa delle varietà di orzo da birra coltivate in Italia (Gianinetti et al. 2025).

La sostenibilità della coltivazione dell'orzo, come di altre colture, è supportata da un continuo progresso genetico che mira a migliorare le caratteristiche produttive e qualitative, e le resistenze a stress biotici e abiotici (Tondelli et al., 2017). In questa attività di miglioramento genetico, sono importanti la ricerca e l'introduzione di resistenze alle malattie virali e fungine. Piante geneticamente resistenti permettono produzioni più elevate e salubri senza ricorrere a trattamenti fitosanitari, cosa specificamente necessaria per l'agricoltura biologica.

Uno degli obiettivi del progetto LOB.IT è sviluppare linee di orzo da birra con buona produttività, elevate caratteristiche qualitative e resistenti alle malattie. Il CREA collabora con ditte sementiere interessate allo sviluppo e commercializzazione degli orzi da birra per favorire lo sviluppo di una filiera brassicola integralmente *Made in Italy* con prodotti territoriali e varietà nazionali.

Risultati

Oltre 700 progenie derivanti da dieci incroci sono state selezionate in generazione F6 e F7, ottenendo 135 linee F8. Nel 2024-2025, queste sono state valutate per produttività (Fig. 1) e qualità maltaria (Fig. 2). La media produttiva è risultata di 6.8 t/ha, con un range di 4.0 – 9.0 t/ha e un coefficiente di variazione (CV, tra blocchi) del 7.2%. Per quanto riguarda la qualità maltaria, si riferiscono qui i dati relativi alla resa in estratto zuccherino del mosto di birra (HWE), uno dei parametri più importanti dato che il contenuto di zuccheri determina il grado alcolico della birra. Un buon orzo da birra dovrebbe avere un valore di HWE superiore al 77%.

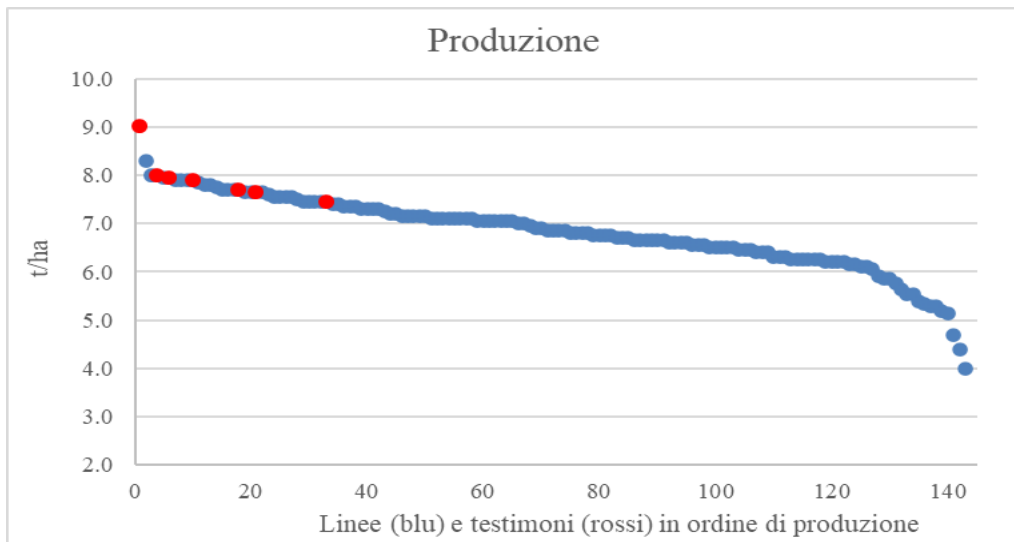


Figura 1. Risultati della prova agronomica: produzioni (in ordine decrescente) delle linee F8 e di 7 testimoni.

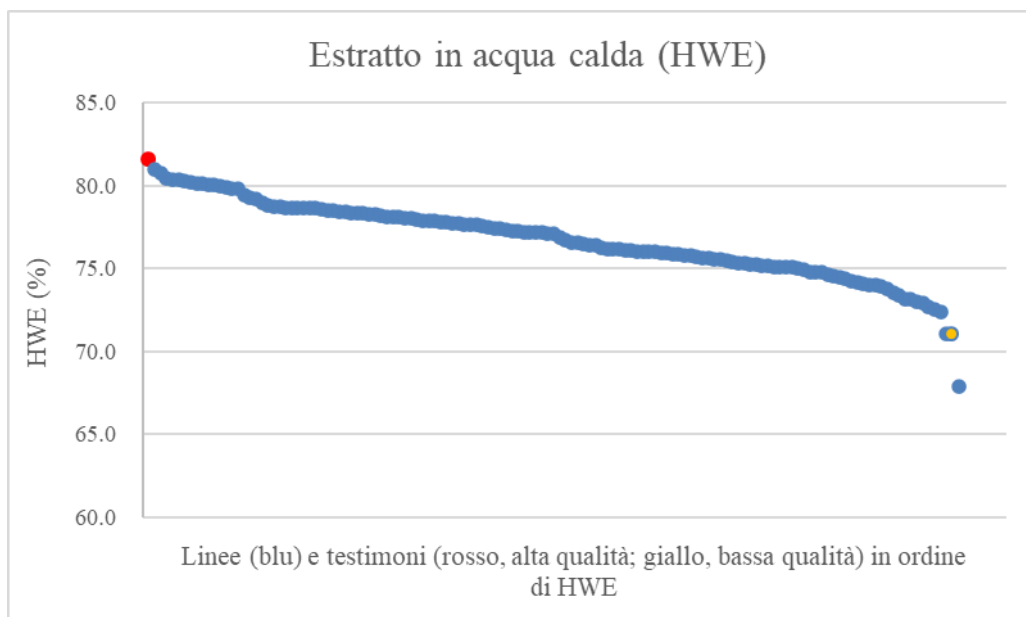


Figura 2. Risultati qualitativi: resa in estratto (HWE) delle linee F8 e di 2 testimoni (ordinate per HWE decrescente).

Grande attenzione è stata dedicata allo sviluppo di linee con resistenze genetiche alle principali malattie. In particolare, è stata allestita una prova per la valutazione della resistenza a striatura bruna (Fig. 3), un patogeno dell'orzo particolarmente rilevante in agricoltura biologica, mentre in agricoltura convenzionale la sua diffusione è controllata con la concia del seme con prodotti antifungini. Per altre patologie è stata adottata la selezione assistita mediante marcatori molecolari (MAS).

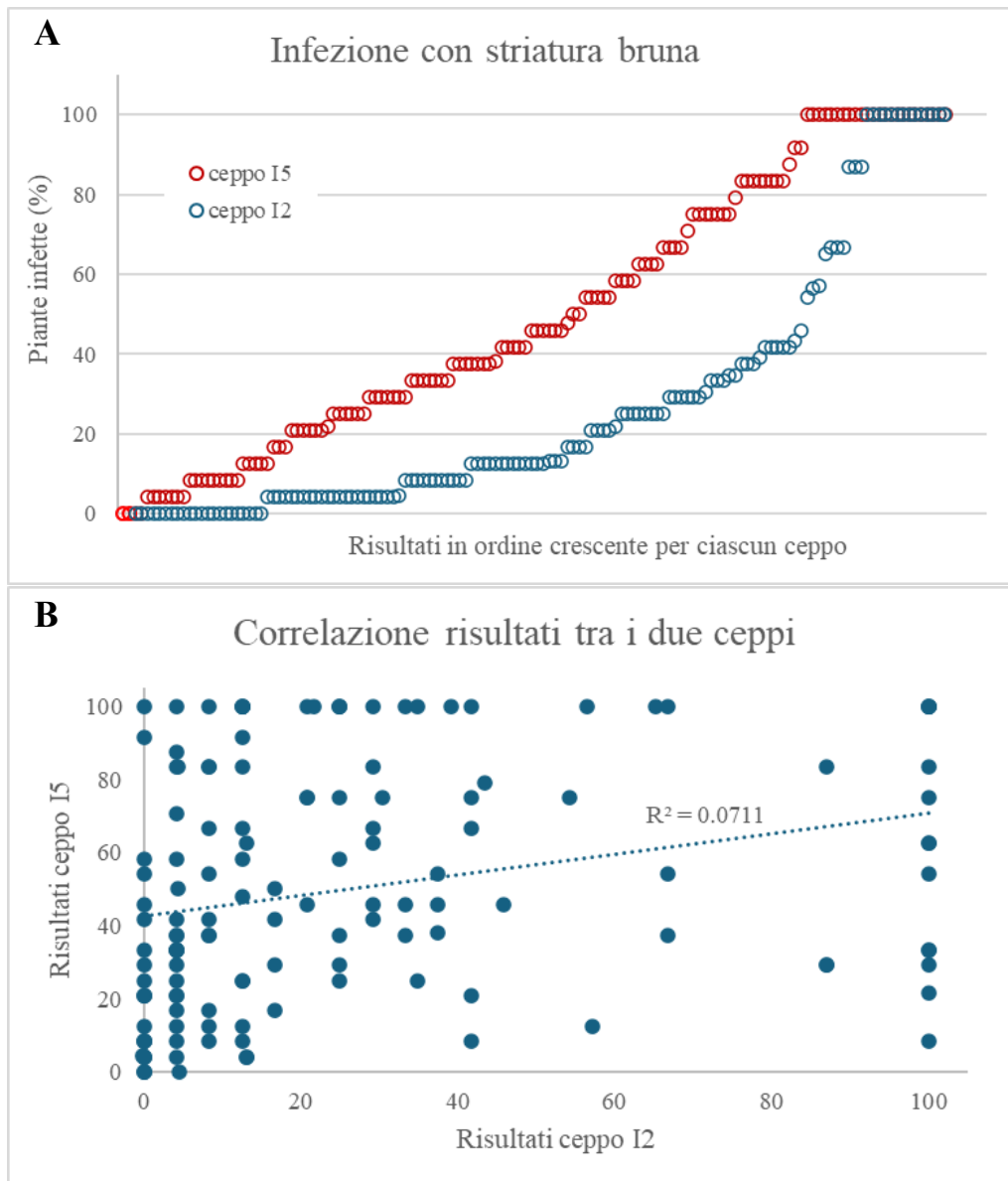


Figura 3. Risultati della valutazione della suscettibilità delle linee di orzo a striatura bruna (*Pyrenophora graminea*), basati su due ceppi (I2 e I5) del patogeno (prevalenti in campo). (A) Grado d'infezione (suscettibilità) di 135 linee F8. (B) Analisi di correlazione tra la suscettibilità ai due ceppi, che dimostra che i fattori genetici di resistenza ai due ceppi di *P. graminea* sono diversi.

Sulla base di tutte le analisi effettuate, sono state identificate 11 linee che combinano buona produttività, elevata qualità maltaria e resistenza alle malattie. In Tabella 1, si riportano le resistenze genetiche delle linee scelte. Le caratteristiche produttive e qualitative sono invece riferite in Tabella 2.

Linea	Resistenze selezionate tramite MAS	'Sandwich' test (infezione, %)		Maculatura bruna (infezione, 0-9)	Ramularia (infezione, 0-9)
		I2	I5		
FIOR 21495	ym4+yd2+teres	0	21	3	2
FIOR 21493	ym4+yd2+teres	25	75	2	2
FIOR 21462	ym4	100	54	5	0
FIOR 21521	ym4	33	100	5	5
FIOR 21485	ym4	4	33	2	3
FIOR 21482	ym4+yd2	22	100	3	4
FIOR 21442	ym4	29	42	4	4
FIOR 21453	ym4+yd2+teres	43	79	3	3
FIOR 21487	ym4	8	17	3	4
FIOR 21474	ym4	4	83	4	6
FIOR 21428	ym4	4	8	4	7

Tabella 1. Resistenze genetiche delle 11 linee F8 selezionate (mediante Marker-Assisted Selection, MAS): *ym4*, resistenza al virus del mosaico; *Yd2*, resistenza al virus del nanismo; *teres*, resistenza a maculatura bruna (*Pyrenophora teres*); 'sandwich' test, grado di suscettibilità ai due ceppi (I2 e I5) di *Pyrenophora graminea*. La suscettibilità (grado d'infezione) a maculatura bruna e ramularia sono state valutate in campo nelle prove agronomiche 2024-2025.

Linea	Peso 1000 semi (g)	Friabilità (%)	Estratto (HWE, %)	Produzione (t/ha)
FIOR 21495	43	94	81.0	7.5
FIOR 21493	50	83	78.8	7.9
FIOR 21462	41	89	78.6	8.3
FIOR 21521	41	84	77.9	7.8
FIOR 21485	43	77	76.2	7.8
FIOR 21482	39	88	75.9	8.0
FIOR 21442	42	64	75.8	7.9
FIOR 21453	41	78	75.5	7.9
FIOR 21487	40	79	74.0	8.0
FIOR 21474	42	63	73.8	7.9
FIOR 21428	39	64	73.4	7.8

Tabella 2. Caratteristiche qualitative e produttive delle 11 linee F8 selezionate. Un buon peso di 1000 semi indica un buon riempimento del granello; la friabilità (dell'orzo maltato) indica una buona modificazione del granello, importante caratteristica di un buon malto; l'estratto zuccherino del mosto di birra (HWE) indica il contenuto di zuccheri fermentescibili e determina la resa in alcol.

Conclusioni

Tra le linee selezionate, Fior21495 ha mostrato una buona produttività nel primo anno di valutazione agronomica, una più che buona qualità maltaria e la resistenza a tre patologie fungine e due virus. Questa linea andrà valutata in ulteriori prove comparative nei prossimi anni e qualora confermasse le sue caratteristiche produttive e qualitative potrebbe essere proposta per l'iscrizione al Registro Varietale. Il CREA, inoltre, ha già rilasciato Lucrezia, una varietà di orzo da birra italiana (commercializzata in esclusiva da Prometeo srl) per lo sviluppo della filiera brassicola nazionale.

Bibliografia

Gianinetti, A., Baronchelli, M., Faccini, N., Tagliaferri, I., & Cattivelli, L. (2025). Qualità maltaria buona per gli orzi 2023-2024 - Risultati delle prove biennali. *L'Informatore Agrario*, LXXXI(26), 46-49.

Tondelli, A., Delbono, S., Badeck, F., Biselli, C., Rizza, F., Pagani, D., Faccini, N., Alberici, R., Baronchelli, M., Reggiani, F., Gianinetti, A., Valè, G., & Cattivelli, L. (2017). Innovazione e sostenibilità nella coltivazione dell'orzo. *Atti dell'Accademia dei Georgofili, Serie VIII*, 12(2), 243-251.

ITALIAN MALTING BARLEY FOR CONVENTIONAL AND ORGANIC CULTIVATION

M. Baronchelli, N. Faccini, I. Tagliaferri, A. Povesi, A. Gianinetti, L. Cattivelli

CREA, Research Centre for Genomics & Bioinformatics

State of the Art

Barley grain is the main raw material for beer production. To produce beer, barley must be malted in order to increase its enzyme content. Malting is a controlled germination process in which the growth of the embryo is halted by drying before the coleoptile emerges from the husks. The malt is then ground, mashed, and used as a substrate for alcoholic fermentation by yeast.

Barley varieties used for beer production are typically two-row spring types. These cultivars are selected to maximize the yield of the malting process and the quality of the beer. To this end, the CREA Research Centre for Genomics & Bioinformatics carries out agronomic and quality characterization of malting barley varieties cultivated in Italy (Gianinetti et al. 2025).

The sustainability of barley cultivation, like that of other crops, is supported by ongoing genetic progress aimed at improving productive and qualitative traits, as well as resistance to biotic and abiotic stresses (Tondelli et al., 2017). In this genetic improvement work, research and the introduction of resistance to viral and fungal diseases are important. Genetically resistant plants allow for higher and healthier yields without the need for phytosanitary treatments, which is particularly necessary for organic farming.

One of the goals of the LOB.IT project is to develop malting barley lines with good productivity, high quality traits, and disease resistance. CREA collaborates with seed companies interested in the development and commercialization of malting barley to promote the creation of a fully *Made in Italy* brewing supply chain, with local products and national varieties.

Results

Over 700 progenies derived from ten crosses were selected in the F6 and F7 generations, resulting in 135 F8 lines. In 2024–2025, these lines were evaluated for productivity (Figure 1) and malting quality (Figure 2). The average yield was 6.8 t/ha, with a range from 4.0 to 9.0 t/ha and a coefficient of variation (CV, between blocks) of 7.2%. Regarding malting quality, the data reported here refer to the hot water extract (HWE) yield of the beer wort, one of the most important parameters, since the sugar content determines the alcohol level of the beer. A good malting barley should have an HWE value above 77%.

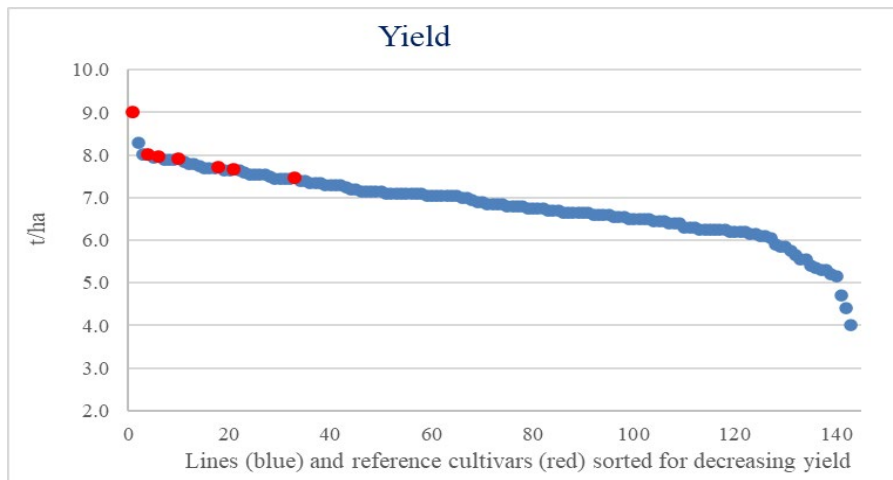


Figure 1. Results of the agronomic trial: yields (in descending order) of the F8 lines and 7 reference cultivars.

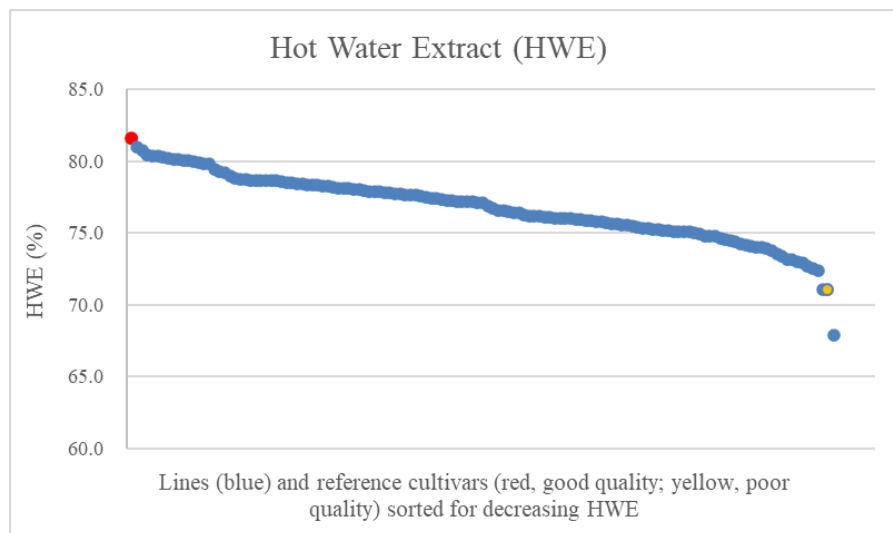


Figure 2. Quality results: hot water extract (HWE) yield of the F8 lines and 2 reference cultivars (sorted in descending order of HWE).

Great attention has been dedicated to developing lines with genetic resistance to major diseases. In particular, a trial was set up to evaluate resistance to barley stripe (Fig. 3), a pathogen that is especially relevant in organic farming, whereas in conventional agriculture its spread is controlled by treating the seed with fungicidal products. For other diseases, marker-assisted selection (MAS) using molecular markers was adopted.

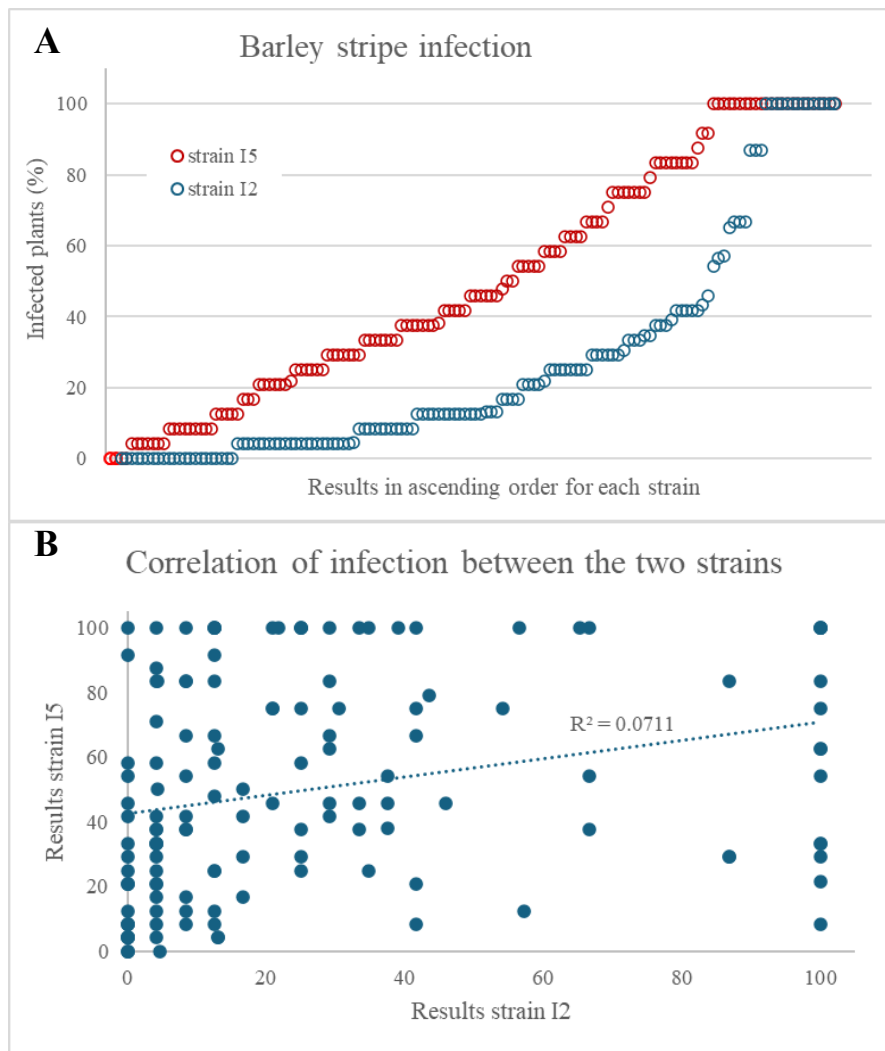


Figure 3. Results of the evaluation of barley lines for susceptibility to barley stripe (*Pyrenophora graminea*), based on two pathogen strains (I2 and I5) that are prevalent in the field. (A) Infection level (susceptibility) of 135 F8 lines. (B) Correlation analysis between susceptibility to the two strains, showing that the genetic resistance factors to the two *P. graminea* strains are distinct.

Based on all the analyses carried out, 11 lines were identified that combine good productivity, high malting quality, and disease resistance. Table 1 reports the genetic resistances of the selected lines. Productive and qualitative traits are reported in Table 2.

Line	Resistances selected with MAS	'Sandwich' test (infection, %)		Net blotch (infection, 0-9)	Ramularia (infection, 0-9)
		I2	I5		
FIOR 21495	ym4+yd2+teres	0	21	3	2
FIOR 21493	ym4+yd2+teres	25	75	2	2
FIOR 21462	ym4	100	54	5	0
FIOR 21521	ym4	33	100	5	5
FIOR 21485	ym4	4	33	2	3
FIOR 21482	ym4+yd2	22	100	3	4
FIOR 21442	ym4	29	42	4	4
FIOR 21453	ym4+yd2+teres	43	79	3	3
FIOR 21487	ym4	8	17	3	4
FIOR 21474	ym4	4	83	4	6
FIOR 21428	ym4	4	8	4	7

Table 1. Genetic resistances of the 11 selected F8 lines (via Marker Assisted Selection, MAS): *ym4*, resistance to barley yellow mosaic virus; *Yd2*, resistance to barley yellow dwarf virus; *teres*, resistance to net blotch (*Pyrenophora teres*); 'sandwich' test, degree of susceptibility to the two strains (I2 and I5) of *Pyrenophora graminea* (barley stripe). Susceptibility (infection level) to net blotch and ramularia was assessed in the field during the 2024–2025 agronomic trials.

Line	TKW (g)	Friability (%)	Extract (HWE, %)	Yield (t/ha)
FIOR 21495	43	94	81.0	7.5
FIOR 21493	50	83	78.8	7.9
FIOR 21462	41	89	78.6	8.3
FIOR 21521	41	84	77.9	7.8
FIOR 21485	43	77	76.2	7.8
FIOR 21482	39	88	75.9	8.0
FIOR 21442	42	64	75.8	7.9
FIOR 21453	41	78	75.5	7.9
FIOR 21487	40	79	74.0	8.0
FIOR 21474	42	63	73.8	7.9
FIOR 21428	39	64	73.4	7.8

Table 2. Qualitative and productive traits of the 11 selected F8 lines. A good 1000-kernel weight (TKW) indicates good grain filling; friability (of malted barley) reflects good grain modification, an important trait of high-quality malt; the hot water extract (HWE) of the wort indicates the content of fermentable sugars and determines the alcohol yield.

Conclusions

Among the selected lines, Fior21495 showed good productivity in the first year of agronomic evaluation, more than good malting quality, and resistance to three fungal diseases and two viruses. This line will be evaluated in further comparative trials in the coming years, and if it confirms its productive and qualitative traits, it could be proposed for registration in the Varietal Registry. CREA has also already released Lucrezia, an Italian malting barley variety (exclusively marketed by Prometeo srl) for the development of the national brewing supply chain.

References

- Gianinetti, A., Baronchelli, M., Faccini, N., Tagliaferri, I., & Cattivelli, L. (2025). Qualità maltaria buona per gli orzi 2023–2024 – Risultati delle prove biennali. *L'Informatore Agrario*, LXXXI (26), 46–49.
- Tondelli, A., Delbono, S., Badeck, F., Biselli, C., Rizza, F., Pagani, D., Faccini, N., Alberici, R., Baronchelli, M., Reggiani, F., Gianinetti, A., Valè, G., & Cattivelli, L. (2017). Innovazione e sostenibilità nella coltivazione dell'orzo. *Atti dell'Accademia dei Georgofili, Serie VIII, 12(2)*, 243–251.



lob.it
biodiversità italiana da valorizzare

WP5 - Orzo da birra italiano per coltivazione convenzionale e biologica

UO4 CREA-GB (Fiorenzuola d'Arda) – Alberto Gianinetti, Marina Baronchelli, Luigi Cattivelli

MINISTERO DELL'AGRICOLTURA, ALIMENTAZIONE E FORESTES
crea
UNIVERSITÀ DI PARMA

1



- ca 150-200g di malto o altro substrato fermentescibile (di cui almeno 60% malto d'orzo)
- pochi grammi di luppolo
- lievito
- acqua

[150-200 g di malto corrispondono a 180-230g di granella di orzo calibro >2,5 mm]

Per ogni litro di birra





Le varietà di orzo da malto sono varietà selezionate per ottimizzare la resa del processo di maltazione e la qualità della birra

Orzo da malto



Maltazione: un processo di germinazione controllata della granella

Durante la maltazione nell'endosperma gli enzimi idrolitici degradano parzialmente l'amido, le proteine di riserva ed i componenti della parete cellulare producendo i composti necessari alla crescita del lievito e rendono l'endosperma friabile.



Obbiettivi

Sviluppare linee di orzo da birra, con buona produttività, elevate caratteristiche qualitative e resistenti alle malattie.

Collaborare con ditte sementiere interessate allo sviluppo e commercializzazione degli orzi da birra per favorire lo sviluppo di una filiera brassicola integralmente made in Italy con prodotti territoriali e varietà nazionali.



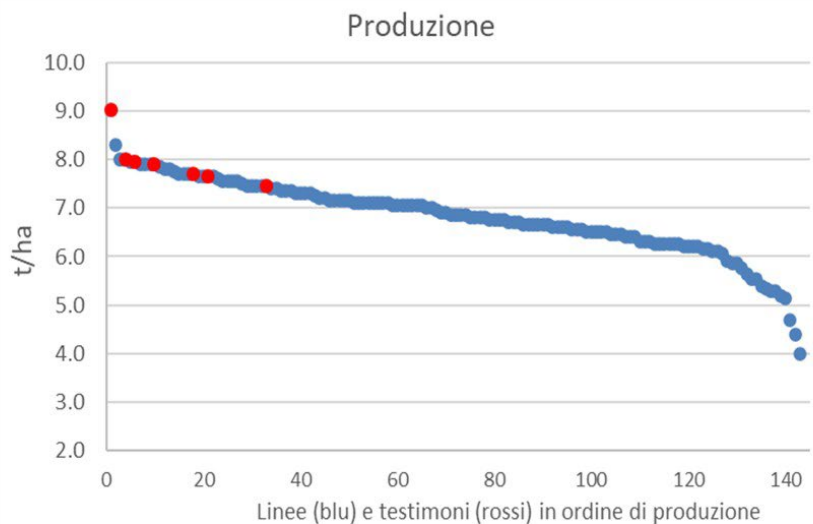


Valutate oltre 700 progenie F6 e F7 ottenendo 135 linee F8 derivanti da 10 incroci (malto x malto). Nel 2024-2025, queste sono state valutate per produttività e qualità maltaria.

Germoplasma



Risultati prova agronomica a Fiorenzuola d'Arda (PC) 2024-2025.

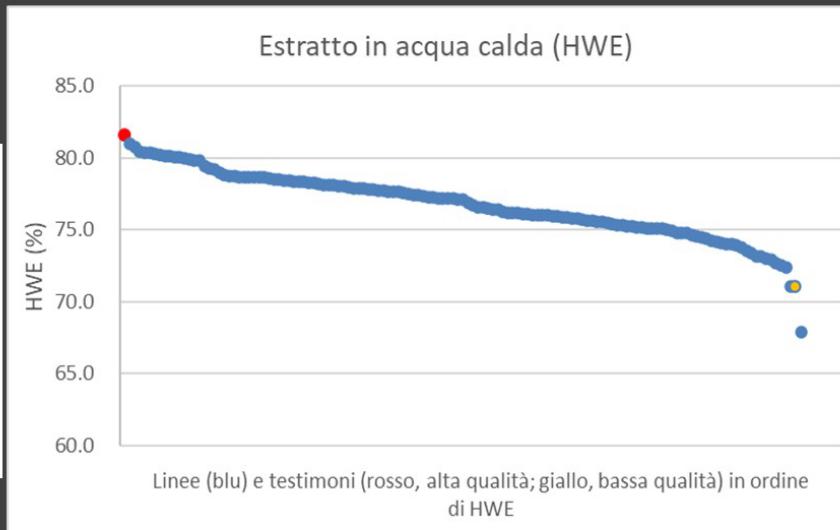


Risultati produttivi di 135 linee F8 (e 7 testimoni)
media: 6.82 t/ha range: max 9.0 t/ha — min 4.0 t/ha
CV (tra blocchi): 7.2%





Risultati qualitativi raccolto 2024



Risultati qualitativi di 135 linee F8 (e 2 testimoni)
media: 76.7% range: max 81.6% — min 67.9%
Estratto zuccherino del mosto di birra (HWE): contenuto di zuccheri fermentescibili, determina la resa in alcol. Valori ottimali: >77%.



Linee selezionate

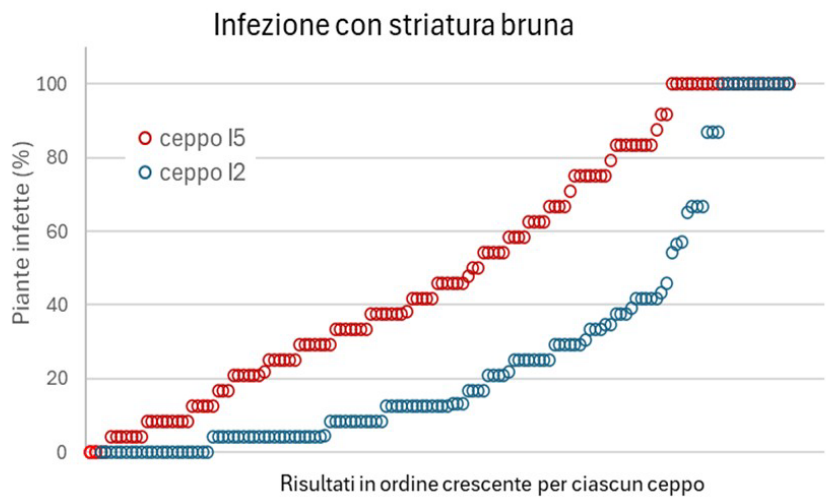
Linea	Peso 1000 semi (g)	Friabilità (%)	Estratto (HWE, %)	Produzione (t/ha)
FIOR 21495	43	94	81.0	7.5
FIOR 21493	50	83	78.8	7.9
FIOR 21462	41	89	78.6	8.3
FIOR 21521	41	84	77.9	7.8
FIOR 21485	43	77	76.2	7.8
FIOR 21482	39	88	75.9	8.0
FIOR 21442	42	64	75.8	7.9
FIOR 21453	41	78	75.5	7.9
FIOR 21487	40	79	74.0	8.0
FIOR 21474	42	63	73.8	7.9
FIOR 21428	39	64	73.4	7.8

Linee ordinate per HWE decrescente.





Risultati del test per la valutazione della resistenza a striatura bruna (*Pyrenophora graminea*).

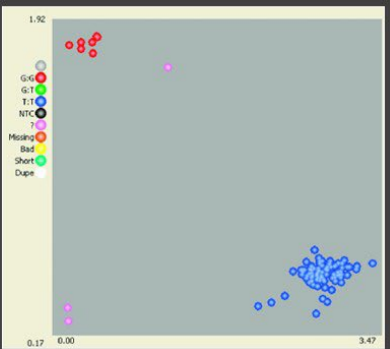
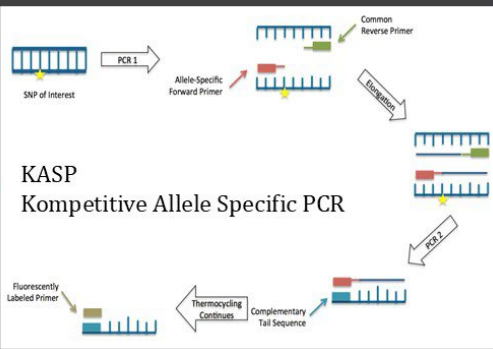
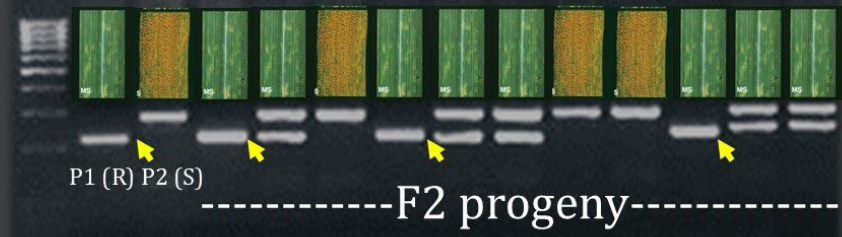


Risultati del grado d'infezione* (suscettibilità) di 135 linee F8 (e 3 testimoni):
media ceppo I2: 27%
media ceppo I5: 50%
 *(test effettuato su 24 piante per linea)



Marker Assisted Selection

Uso del DNA per selezionare piante resistenti





Linee selezionate

Linea	Resistenze	'Sandwich' test (infezione, %)		Maculatura bruna (infezione, 0-9)	Ramularia (infezione, 0-9)
		I2	I5		
FIOR 21495	ym4+yd2+teres	0	21	3	2
FIOR 21493	ym4+yd2+teres	25	75	2	2
FIOR 21462	ym4	100	54	5	0
FIOR 21521	ym4	33	100	5	5
FIOR 21485	ym4	4	33	2	3
FIOR 21482	ym4+yd2	22	100	3	4
FIOR 21442	ym4	29	42	4	4
FIOR 21453	ym4+yd2+teres	43	79	3	3
FIOR 21487	ym4	8	17	3	4
FIOR 21474	ym4	4	83	4	6
FIOR 21428	ym4	4	8	4	7

Linee nello stesso ordine della tabella precedente.

ym4: resistenza al virus del mosaico

yd2: resistenza al virus del nanismo

teres: resistenza a maculatura bruna (P. teres)



E per chi volesse iniziare subito con una filiera dal campo alla bottiglia?

In Italia si coltivano 250-280.000 ha di orzo, di questi, circa 30.000 sono seminati con orzo da birra per una produzione di 90-100.000 t. Con l'orzo italiano si producono 70.000-80.000 t di malto, pari a circa un terzo del malto utilizzato in Italia.

SPECIALE ORZO

● RISULTATI PRODUTTIVI DELLE PROVE VARIETALI 2024-2025

Buone rese per l'orzo da birra, merito anche delle nuove varietà

SPECIALE ORZO

● RISULTATI DELLE PROVE BIENNALI

Qualità maltaria buona per gli orzi 2023-2024





Lucrezia: nuova varietà di orzo da malto italiana per lo sviluppo della filiera brassicola nazionale



Genealogia:	AQUARELLE x FIO 7817.A
Tipo di spiga:	DISTICO
Caratteristiche:	BUONA ATTITUDINE MALTARIA
Resistenze	Virus del mosaico giallo dell'orzo (BaYMV) Virus del nanismo giallo dell'orzo (BYDV) Maculatura reticolare dell'orzo trasmessa da Pyrenophora teres f. teres
Habitus di crescita	invernale



Lucrezia è commercializzata in esclusiva da Prometeo srl





**Un ringraziamento a:
Marina Baronchelli
Alberto Gianinetti**



CARATTERISTICHE QUALITATIVE DEL MALTO OTTENUTO DA FRUMENTI ANTICHI E MODERNI: RISULTATI DI UN BIENNIO DI SPERIMENTAZIONE

S. Suriano, M. Russo, S. Moscaritolo, D. Ianzano, A. Troccoli

CREA, Centro di Ricerca per la Cerealicoltura e le Colture Industriali

Stato dell'arte

L'orzo per eccellenza rappresenta la materia prima di base per la produzione della birra e prima di essere utilizzato deve essere sottoposto al processo di maltazione (Louis and Moreira 2013). La tecnologia di produzione del malto prevede le seguenti fasi: macerazione, germinazione ed essiccazione. La maltazione ha lo scopo di attivare i complessi enzimatici già presenti nella granella che avranno il compito di disgregare l'amido (α -amilasi, β -amilasi, β -glucanasi, proteasi, fosfatasi) e le proteine in zuccheri semplici e in amminoacidi necessari per la fermentazione e produzione di birra. Numerosi sono stati i lavori svolti sull'orzo, pochi invece, sono i lavori scientifici e le pubblicazioni sull'utilizzo di farro, grano tenero e grano duro per malto impiegato nella produzione di birra.

Obiettivo dello studio è confrontare le varietà di frumento maggiormente coltivate in Italia (tra quelle antiche e moderne), individuare quelle varietà che hanno elevata attitudine alla maltazione e che siano in grado di favorire un nuovo mercato di sviluppo per birre mono-varietale o in miscela di solo frumento. Un secondo obiettivo potrebbe essere la costituzione di un catalogo Nazionale Ufficiale (attualmente non previsto in Italia) ove vengono iscritte le varietà di frumento da birra così come previsto per le varietà di orzo da birra.

Materiali e metodi

2 differenti varietà di farro dicocco, 3 varietà di farro spelta, 7 varietà di grano duro e 11 di grano tenero, sono state coltivate nei campi sperimentali del CREA di Foggia (Italia meridionale) (41°28'N, 15°34'E; 76 m s.l.m.) durante l'annata agraria 2022/2023 e 2023/2024. Le prove di campo sono state effettuate su parcelle a blocchi randomizzati completo con tre repliche. Dopo la raccolta, la granella è stata sottoposta a setacciatura e tutte le analisi sono state effettuate utilizzando semi con dimensioni superiori a 2,8 mm. La maltazione è stata eseguita manualmente su campioni di grano da 500 g e lo schema di maltazione seguito è stato quello descritto da Gianinetti et al. (2005), con opportune modificazioni. Le analisi sulle caratteristiche produttive e qualitative della granella tal quale e sulla granella maltata, sono state effettuate utilizzando i metodi previsti da Analytica EBC (2007).

Risultati e conclusioni

I risultati sui parametri qualitativi del malto di un biennio di sperimentazione sono riassunti in Tabella 1. Il contenuto delle proteine totale era molto diverso a seconda la varietà. Mediamente, le varietà antiche presentano contenuti medi più alti rispetto alle varietà moderne. Le Proteine solubili rappresenta la frazione di proteine in grado di solubilizzarsi nel mosto. Il rapporto tra proteine solubili e proteine totali raffigura l'Indice di Kolbach, un parametro indicativo che permette di valutare il grado di modificazione del malto. Alcuni autori considerano valori ottimali tra 36% e 42%. Il Potere Diastatico del malto fornisce un'indicazione sulla quantità di enzimi necessari per la degradazione principalmente dell'amido in molecole più semplici. I principali enzimi, responsabili della degradazione dell'amido, sono le α -amilasi e le β -amilasi. Il potere diastatico è l'analisi che consente la contemporanea determinazione dell'attività dei due enzimi amilolitici ed esprime la "forza" enzimatica del malto, ovvero indica il grado di conversione dell'amido in zuccheri fermentescibili.

La viscosità è l'indice della quantità di beta-glucani presenti nel malto e quindi nel mosto da esso prodotto. La granella di frumento rispetto a quella di orzo contiene una quantità di β -glucano notevolmente inferiore. Viceversa, il frumento però, contiene una quantità di arabinoxilani più alti, entrambi influenzano la viscosità del mosto. I valori riscontrati nel nostro studio sono ottimali e non superano i 2,00 mPa.s considerati inaccettabili. Il FAN è l'azoto amminico libero che viene estratto durante il processo di ammostamento. È un importante nutriente per i lieviti e svolge un ruolo essenziale

Tabella 1. Caratteristiche qualitative medie del malto ottenuto da varietà di Frumento coltivate in un biennio di sperimentazione (2022/23 e 2023/24)

		Umidità %	PH	Estratto fine (% dm)	Colore mosto (EBC)	Proteine totali (% dm)	Proteine solubili (%)	Indice di Kolbach (%)	Potere diastatico (°WK)	FAN (mg/100g dm)	Viscosità (cP)	
Grano duro	Voltadur	5,38	6,25	79,74	6,40	12,47	5,08	40,72	342,00	136,95	1,54	
	Varietà moderne	Antalis	5,87	6,23	82,11	6,14	12,38	5,28	42,65	316,75	127,15	1,60
		Telemaco	5,90	6,32	80,09	5,58	13,05	5,35	41,05	294,12	118,58	1,54
		Federico II°	5,80	6,33	82,03	4,75	12,47	5,32	42,65	379,62	122,70	1,62
	Varietà antiche	Cappelli	5,30	6,16	80,53	7,98	14,35	5,28	36,93	312,92	137,37	1,65
		Dauno	5,71	6,21	76,84	4,57	13,48	5,21	38,65	289,10	130,65	1,61
		Saragolla Ant.	5,77	6,24	76,32	3,38	13,20	4,41	33,30	254,79	104,50	1,67
Grano tenero	Bologna	6,17	6,19	78,80	6,03	12,91	5,17	40,00	268,62	96,99	1,57	
	Solehio	5,46	6,26	77,66	5,23	12,35	4,75	38,40	302,28	106,55	1,61	
	Varietà moderne	Minerva	5,47	6,24	79,22	5,27	12,25	4,69	38,23	324,90	108,69	1,62
		Bramante	5,62	6,20	81,17	5,60	13,05	5,64	43,20	316,35	114,25	1,61
		Lancillotto	5,61	6,15	77,82	6,95	12,93	5,25	40,55	278,73	99,32	1,65
	Varietà antiche	Peralba	5,22	6,17	77,45	6,85	12,81	4,97	38,75	294,19	122,31	1,62
		Ianculidda	5,63	6,12	75,77	6,41	14,00	4,92	35,20	279,26	127,04	1,51
		Risciola	5,86	6,18	78,04	6,22	13,23	4,83	36,42	298,90	124,50	1,62
		Fiorello	6,09	6,31	77,69	4,23	14,17	4,90	34,86	265,40	98,80	1,63
		Gentil Rosso	6,11	6,17	79,24	5,83	12,76	4,65	36,30	324,46	110,06	1,67
	Autonomia B	5,63	6,20	78,78	6,19	12,69	4,75	37,35	304,15	109,32	1,65	
Farro	Dicocco	Padre Pio	5,09	6,20	75,27	3,78	13,33	4,44	33,26	272,15	96,87	1,61
		Davide	5,47	6,15	78,65	3,35	13,20	4,46	33,74	297,81	101,56	1,62
	Spelta	Pietro	5,51	6,25	76,63	5,30	12,20	4,53	37,18	301,49	87,80	1,60
		Giuseppe	6,22	6,22	75,84	5,59	13,25	4,61	34,80	294,20	89,36	1,57
		Rossella	6,24	6,21	74,79	5,68	13,11	4,70	35,80	281,50	89,09	1,58

per mantenere vive le cellule del lievito stesso durante la fermentazione. Livelli bassi di FAN sono indicativi di un processo di fermentazione lento o incompleto. Un basso contenuto di FAN nel mosto può determinare un livello elevato di diacetile nella birra. Valori ottimali tra i 110 e i 130 mg/100g, rientrano quasi tutte le varietà di frumento maltato ad eccezione delle varietà di farro.

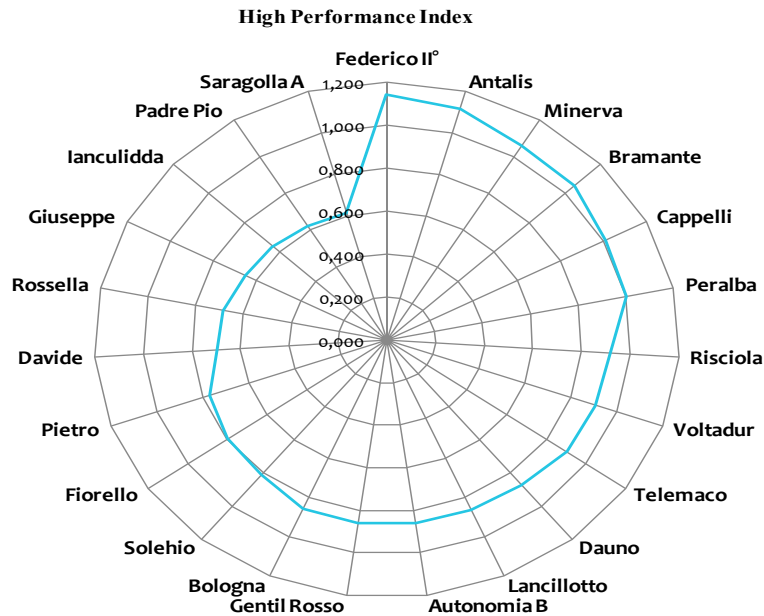
Tabella 2. Valori medi dell'indice di performance specifica (SPI) per i 9 parametri del malto utilizzati nel calcolo dell'HPI per le varietà di frumento considerate in un biennio di sperimentazione (2022/2023 e 2023/2024).

	Varietà	WEIGHTED SPECIFIC PERFORMANCE INDEX (SPI) SCORE									HPI
		pH	Estratto	Colore	Proteine Totali	Proteine solubili	Indice di Kolbach	Potere diastatico	FAN	Viscosità	
Grano duro	Varietà Voltadur	0,03	0,16	0,01	0,129	0,076	0,132	0,131	0,050	0,200	0,907
	Antalis	0,02	0,27	0,01	0,140	0,079	0,128	0,106	0,075	0,290	1,119
	moderne Telemaco	0,02	0,18	0,00	0,087	0,056	0,146	0,075	0,130	0,200	0,899
	Federico II°	0,02	0,27	0,01	0,129	0,063	0,132	0,196	0,075	0,250	1,145
	Cappelli	0,02	0,18	0,00	0,050	0,080	0,111	0,122	0,040	0,400	1,006
	antiche Dauno	0,02	0,06	0,01	0,061	0,096	0,148	0,070	0,090	0,310	0,870
	Saragolla An	0,02	0,00	0,01	0,078	0,070	0,035	0,075	0,070	0,255	0,616
Grano tenero	Bologna	0,03	0,13	0,02	0,105	0,056	0,171	0,039	0,045	0,270	0,854
	Solehio	0,02	0,09	0,01	0,030	0,033	0,144	0,093	0,095	0,290	0,807
	Varietà Minerva	0,02	0,15	0,02	0,078	0,112	0,134	0,143	0,115	0,290	1,062
	moderne Bramante	0,03	0,16	0,01	0,097	0,040	0,114	0,133	0,150	0,320	1,051
	Lancillotto	0,03	0,12	0,01	0,107	0,072	0,161	0,068	0,060	0,240	0,866
	Peralba	0,03	0,09	0,01	0,115	0,093	0,143	0,075	0,155	0,290	1,001
	Ianculidda	0,03	0,03	0,01	0,025	0,085	0,075	0,065	0,100	0,220	0,639
	Risciola	0,02	0,12	0,01	0,081	0,092	0,097	0,096	0,145	0,250	0,913
	Varietà Fiorello	0,00	0,09	0,01	0,045	0,118	0,079	0,050	0,095	0,310	0,798
	antiche Gentil Rosso	0,03	0,16	0,01	0,115	0,068	0,093	0,125	0,000	0,255	0,858
	Autonomia B	0,03	0,13	0,01	0,120	0,074	0,116	0,095	0,005	0,280	0,861
Farro	Dicocco Padre Pio	0,03	0,04	0,01	0,067	0,068	0,035	0,090	0,085	0,200	0,621
	Davide	0,03	0,11	0,01	0,056	0,075	0,055	0,080	0,085	0,200	0,697
	Pietro	0,02	0,09	0,02	0,030	0,083	0,108	0,090	0,035	0,290	0,767
	Spelta Rossella	0,03	0,00	0,02	0,090	0,112	0,083	0,075	0,040	0,240	0,683
	Giuseppe	0,03	0,00	0,02	0,082	0,091	0,055	0,095	0,035	0,250	0,653
OPTIMAL WEIGHTED SPI*		0.010	0.600	0.020	0.160	0.160	0.180	0.260	0.200	0.400	
WEIGHT OF TRAIT		0.5%	30.0%	1.0%	8.0%	8.0%	9.0%	13.0%	10.0%	20.0%	

Le varietà di frumento duro hanno valori in Estratto di malto superiori rispetto al gruppo di frumento tenero e al gruppo dei Farri. È uno dei parametri più importanti in quanto indica la quantità di sostanza estratta dalla granella di malto utilizzabile dai lieviti per la fermentazione alcolica. La resa in birra, e/o il grado alcolico di questa, dipendono da quanto materiale utile può essere estratto (solubilizzato) dal frumento maltato. Essa è rappresentata principalmente da zuccheri e in misura minore da altre sostanze disciolte nel mosto.

Per verificare l'idoneità delle varietà di frumento alla maltazione e stabilire le varietà migliori su quelle considerate nel nostro studio, è stato utilizzato uno strumento versatile denominato HPI (*High Performance Index*) sviluppato da Troccoli et al. (2021) e adattato ai requisiti specifici del malto (Tabella 2). L'HPI tiene conto dei parametri qualitativi del malto ed è basato su di un

algoritmo matematico. Assegna un punteggio massimo se il valore del parametro centra il valore ottimale, mentre decresce se il valore misurato diminuisce o supera quello ottimale. Per ciascun genotipo, l'HPI rappresenta la somma dei punteggi ponderati individuali assegnati a ciascun parametro considerato nell'esperimento.



Il punteggio ponderato individuale assegnato a ciascun parametro fornisce un altro indice denominato Indice di Prestazione Specifico (SPI). L'entità di questo indice spiega il peso relativo di un parametro sulla qualità del malto. Il risultato finale (Fig. 1) ha comportato l'individuazione di varietà di malto di grano più performanti rispetto alle altre. Le migliori varietà che hanno indice più elevato (HPI) sono state: Federico II, Antalis, Minerva e Bramante.

Bibliografia

Alberto Gianinetti, Fabiano Toffoli, Andrea Cavallero, Giovanni Delogu, Antonio Michele Stanca (2005). Improving discrimination for malting quality in barley breeding programmes. *Field Crops Research*, 94, 189–200. doi: 10.1016/j.fcr.2005.01.002.

European Brewery Convention (EBC). *Analytica*, 5th ed.; Fachverlag Hans Carl: Nürnberg, Germany, 2007.

Luis, G. F., Moreira, M.M. (2013). Engineering Aspects of Cereal and Cereal-Based Products. Edited By Raquel de Pinho Ferreira Guine, Paula Maria dos Reis Correia. Book Malting Chapter 3 (pp.51-70).

Antonio Troccoli, Anna Maria De Leonardis, Cristiano Platani, Grazia Maria Borrelli (2021). High Performance Index as a tool to identify the best combination of pearled fractions and durum wheat genotypes for semolina and pasta colour improvement. *International Journal of Food Science and Technology*, 56, 4799–4806. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15187>.

QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF MALT OBTAINED FROM ANCIENT AND MODERN WHEAT VARIETY: RESULTS OF A TWO-YEAR EXPERIMENT

S. Suriano, M. Russo, S. Moscaritolo, D. Ianzano, A. Troccoli

CREA, Research Centre for Cereal and Industrial Crops (CREA-CI)

State of the art

Barley represents the basic raw material to produce beer, and before being used, it must undergo the malting process (Louis and Moreira 2013). Malt production technology involves the following phases: maceration, germination, and drying. Malting aims to activate the enzyme complexes already present in the grain that will have the task of breaking down starch (α -amylase, β -amylase, β -glucanase, protease, phosphatase) and proteins into simple sugars and amino acids necessary for fermentation and beer production. Barley has been extensively researched, but only a few scientific works and publications have focused on the use of spelt, soft wheat, and durum wheat for malting used in the production of beer.

The aim of the study is to compare the most cultivated wheat varieties in Italy (between ancient and modern ones), to identify those varieties that have a high aptitude for malting and that can favor a new development market for mono-varietal beers or in a blend of wheat only. Creating an Official National Catalogue (which is currently not available in Italy) where the varieties of beer wheat can be registered could be a second goal.

Materials and methods

2 different varieties of *Triticum dicoccum*, 3 varieties of *Triticum spelta*, 7 varieties of durum wheat and 11 varieties of soft wheat were grown in the experimental fields of CREA in Foggia (southern Italy) (41°28'N, 15°34'E; 76 m a.s.l.) during the 2022/2023 crop year. Field tests were conducted on randomized block plots that had three replicates. The grain was sieved after being harvested, and all analyses were performed with seeds greater than 2.8 mm. Malting was performed manually on 500 g wheat samples and the malting scheme followed was described by Gianinetti et al. (2005) with appropriate modifications. The analyses on the production and quality characteristics of the grain as it is and on the malted grain were carried out using the methods provided by Analytica EBC (2007).

Results and conclusions

Table 1 summarizes the results on malt quality parameters. The total protein content was highly different depending on the variety. Ancient varieties tend to have a higher average content than modern varieties. Soluble protein represents the fraction of proteins capable of solubilizing in the wort. To evaluate the degree of modification of the malt, we can evaluate the Kolbach Index, which is a ratio between soluble proteins and total proteins. The optimal values between 36%

and 42% are considered by some authors to be optimal. The Diastatic Power of malt indicates the amount of enzymes needed for the breakdown of starch into simpler molecules. α -amylases and β -amylases are the two enzymes that are primarily responsible for starch degradation. Diastatic power analysis allows simultaneous determination of the activity of two amylolytic enzymes. It expresses the enzymatic "strength" of the malt, i.e. it indicates the degree of conversion of starch into fermentable sugars. Viscosity is an indicator of the amount of β -glucans present in the malt and, consequently, in the resulting wort. Wheat grains contain significantly less β -glucan than barley grains. Conversely, wheat contains a higher amount of arabinoxylans, which affect the viscosity of the wort. The values found in our study are optimal and do not exceed 2.00 mPa.s considered unacceptable. FAN is the free amino nitrogen that is extracted during the mashing process. It is an important nutrient for yeasts and plays an essential role in keeping yeast cells alive during fermentation. Low levels of FAN are indicative of a slow or incomplete process fermentation.

Table 1. Mean values of quality parameters of the malt and wort in different Italian wheat varieties (Harvests 2022/23 and 2023/24)

		Moisture (% dm)	PH	Extract (% dm)	Wort color (EBC)	Total protein (% dm)	Soluble protein (%)	Kolbach index (%)	Diastatic power (°WK)	FAN (mg/100g dm)	Viscosity (cP)	
Triticum durum		Voltadur	5,38	6,25	79,74	6,40	12,47	5,08	40,72	342,00	136,95	1,54
	Modern varieties	Antalis	5,87	6,23	82,11	6,14	12,38	5,28	42,65	316,75	127,15	1,60
		Telemaco	5,90	6,32	80,09	5,58	13,05	5,35	41,05	294,12	118,58	1,54
		Federico II°	5,80	6,33	82,03	4,75	12,47	5,32	42,65	379,62	122,70	1,62
	Ancient varieties	Cappelli	5,30	6,16	80,53	7,98	14,35	5,28	36,93	312,92	137,37	1,65
		Dauno	5,71	6,21	76,84	4,57	13,48	5,21	38,65	289,10	130,65	1,61
		Saragolla A	5,77	6,24	76,32	3,38	13,20	4,41	33,30	254,79	104,50	1,67
Triticum aestivum		Bologna	6,17	6,19	78,80	6,03	12,91	5,17	40,00	268,62	96,99	1,57
		Solehio	5,46	6,26	77,66	5,23	12,35	4,75	38,40	302,28	106,55	1,61
	Modern varieties	Minerva	5,47	6,24	79,22	5,27	12,25	4,69	38,23	324,90	108,69	1,62
		Bramante	5,62	6,20	81,17	5,60	13,05	5,64	43,20	316,35	114,25	1,61
		Lancillotto	5,61	6,15	77,82	6,95	12,93	5,25	40,55	278,73	99,32	1,65
		Peralba	5,22	6,17	77,45	6,85	12,81	4,97	38,75	294,19	122,31	1,62
		Ianculidda	5,63	6,12	75,77	6,41	14,00	4,92	35,20	279,26	127,04	1,51
		Risciola	5,86	6,18	78,04	6,22	13,23	4,83	36,42	298,90	124,50	1,62
	Ancient varieties	Fiorello	6,09	6,31	77,69	4,23	14,17	4,90	34,86	265,40	98,80	1,63
		Gentil										
	Rosso	6,11	6,17	79,24	5,83	12,76	4,65	36,30	324,46	110,06	1,67	
	Autonomia											
	B	5,63	6,20	78,78	6,19	12,69	4,75	37,35	304,15	109,32	1,65	
Triticum ssp, (farro)	Dicoccum	Padre Pio	5,09	6,20	75,27	3,78	13,33	4,44	33,26	272,15	96,87	1,61
		Davide	5,47	6,15	78,65	3,35	13,20	4,46	33,74	297,81	101,56	1,62
	Spelta	Pietro	5,51	6,25	76,63	5,30	12,20	4,53	37,18	301,49	87,80	1,60
		Giuseppe	6,22	6,22	75,84	5,59	13,25	4,61	34,80	294,20	89,36	1,57
		Rossella	6,24	6,21	74,79	5,68	13,11	4,70	35,80	281,50	89,09	1,58

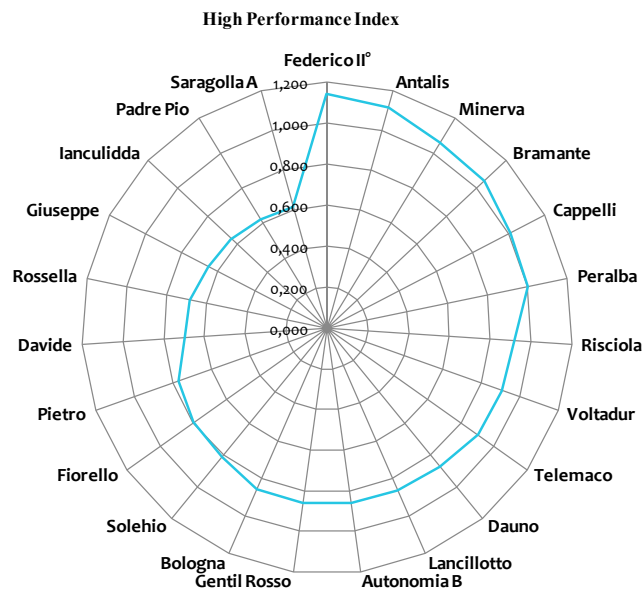
A low content of FANS in wort can lead to a high level of diacetyl in beer. Optimal values between 110 and 130 mg/100g are almost all varieties of malted wheat except for Farro varieties.

Durum wheat varieties have higher malt extract values than the soft wheat group and the Spelt group. It is one of the most important parameters as it indicates the amount of substance extracted from the malt grains that can be used by yeasts for alcoholic fermentation. The yield in beer, and/or the alcohol content of this, depend on how much useful material can be extracted (solubilized) from malted wheat. It is represented by sugars and to a lesser extent by other substances dissolved in the wort.

Table 2. Mean value of Specific Performance Index (SPI) scores for the 9 malt traits used in the HPI calculation for the different wheat varieties considered (Harvests 2022/2023-2023/2024).

		WEIGHTED SPECIFIC PERFORMANCE INDEX (SPI) SCORE									HPI	
		Varieties	pH	Extract	Wort color	Total protein	Soluble protein	Kolbach index	Diastatic power	FAN		Viscosity
Triticumdurum	Modernvarieties	Voltadur	0,03	0,16	0,01	0,129	0,076	0,132	0,131	0,05	0,2	0,907
		Antalis	0,02	0,27	0,01	0,14	0,079	0,128	0,106	0,075	0,29	1,119
		Telemaco	0,02	0,18	0	0,087	0,056	0,146	0,075	0,13	0,2	0,899
		Federico II*	0,02	0,27	0,01	0,129	0,063	0,132	0,196	0,075	0,25	1,145
	Ancient varieties	Cappelli	0,02	0,18	0	0,05	0,08	0,111	0,122	0,04	0,4	1,006
		Dauno	0,02	0,06	0,01	0,061	0,096	0,148	0,07	0,09	0,31	0,87
		Saragolla										
		An	0,02	0	0,01	0,078	0,07	0,035	0,075	0,07	0,255	0,616
Triticumaestivum	Modernvarieties	Bologna	0,03	0,13	0,02	0,105	0,056	0,171	0,039	0,045	0,27	0,854
		Solehio	0,02	0,09	0,01	0,03	0,033	0,144	0,093	0,095	0,29	0,807
		Minerva	0,02	0,15	0,02	0,078	0,112	0,134	0,143	0,115	0,29	1,062
		Bramante	0,03	0,16	0,01	0,097	0,04	0,114	0,133	0,15	0,32	1,051
		Lancillotto	0,03	0,12	0,01	0,107	0,072	0,161	0,068	0,06	0,24	0,866
	Ancient varieties	Peralba	0,03	0,09	0,01	0,115	0,093	0,143	0,075	0,155	0,29	1,001
		Ianculidda	0,03	0,03	0,01	0,025	0,085	0,075	0,065	0,1	0,22	0,639
		Risciola	0,02	0,12	0,01	0,081	0,092	0,097	0,096	0,145	0,25	0,913
		Fiorello	0	0,09	0,01	0,045	0,118	0,079	0,05	0,095	0,31	0,798
		Gentil Rosso	0,03	0,16	0,01	0,115	0,068	0,093	0,125	0	0,255	0,858
Triticum ssp, (farro)	Dicoccum	Autonomia B	0,03	0,13	0,01	0,12	0,074	0,116	0,095	0,005	0,28	0,861
		Padre Pio	0,03	0,04	0,01	0,067	0,068	0,035	0,09	0,085	0,2	0,621
	Spelta	Davide	0,03	0,11	0,01	0,056	0,075	0,055	0,08	0,085	0,2	0,697
		Pietro	0,02	0,09	0,02	0,03	0,083	0,108	0,09	0,035	0,29	0,767
		Rossella	0,03	0	0,02	0,09	0,112	0,083	0,075	0,04	0,24	0,683
Giuseppe	0,03	0	0,02	0,082	0,091	0,055	0,095	0,035	0,25	0,653		
OPTIMAL WEIGHTED SPI*			0.010	0.600	0.020	0.160	0.160	0.180	0.260	0.200	0.400	
WEIGHT OF TRAIT			0.5%	30.0%	1.0%	8.0%	8.0%	9.0%	13.0%	10.0%	20.0%	

To verify the suitability of wheat varieties for malting and to determine the best varieties on those considered in our study, a versatile tool called HPI (High Performance Index) developed by Troccoli et al. (2021) and adapted to the specific requirements of malt was used (Table 2). The HPI considers the quality parameters of the malt and is based on a mathematical algorithm. It assigns a maximum score if the value of the parameter hits the optimal value, while it decreases if the measured value decreases or exceeds the optimal value. For each genotype, the HPI represents the sum of the individual weighted scores assigned to each parameter considered in the experiment.



The Specific Performance Index (SPI) is an index that is derived from the weighted scores assigned to each parameter. The importance of a parameter on malt quality is explained by the magnitude of this index. The final outcome (Fig. 1) involved the identification of wheat malt varieties that performed superior to the others. The best varieties with the highest index (HPI) were: Federico II, Antalis, Minerva and Bramante.

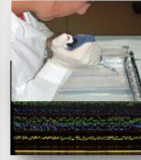
References

Alberto Gianinetti, Fabiano Toffoli, Andrea Cavallero, Giovanni Delogu, Antonio Michele Stanca (2005). Improving discrimination for malting quality in barley breeding programmes. *Field Crops Research*, 94, 189–200. doi: 10.1016/j.fcr.2005.01.002.

European Brewery Convention (EBC). *Analytica*, 5th ed.; Fachverlag Hans Carl: Nürnberg, Germany, 2007.

Luis, G. F., Moreira, M.M. (2013). Engineering Aspects of Cereal and Cereal-Based Products. Edited By Raquel de Pinho Ferreira Guine, Paula Maria dos Reis Correia. Book Malting Chapter 3 (pp.51-70).

Antonio Troccoli, Anna Maria De Leonardis, Cristiano Platani, Grazia Maria Borrelli (2021). High Performance Index as a tool to identify the best combination of pearled fractions and durum wheat genotypes for semolina and pasta colour improvement. *International Journal of Food Science and Technology*, 56, 4799–4806. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15187>.



*Luppolo, Orzo,
Birra: biodiversità
Italiana da
valorizzare –
LOB.IT*

Caratteristiche qualitative del malto ottenuto

da frumenti antichi e moderni: Risultati di un biennio di sperimentazione

D. Ianzano

CREA Centro di Ricerca Cerealcoltura e colture Industriali di Foggia

06/11/2025



1



Caratteristiche qualitative del malto ottenuto da frumenti antichi e moderni.

U.O.5 - Dr. Serafino Suriano R.S.
Dr. Salvatore Moscaritolo
Dr. Mario Russo
P.a. Antonio Gallo
Dr.ssa Debora Ianzano

Aggiungere un piè di pagina



2



Azioni previste

Task 6.1: prove di campo e scelta di specie e varietà di frumento più idonee alla maltazione.

Task 6.2: confronto e valutazione qualitativa di malto di diverse tipologie di frumento.



Obiettivi specifici

La proposta progettuale intende cogliere l'opportunità di individuare varietà di frumento da malto (tra quelle antiche e moderne) che abbiano caratteristiche qualitative in grado di favorire un nuovo mercato di sviluppo per birre mono-varietale o in miscela di soli frumento.

Le migliori varietà di frumento possono costituire un paniere di materie prime da utilizzare su tutto il territorio italiano.



- Le varietà oggetto di studio sono le seguenti:
- Frumento duro: moderne - Voltadur, Antalis, Telemaco e Federico II°; antiche – Cappelli, Dauno, Saragolla antica, Saragolla ecotipo.
- Frumento tenero: moderne – Bologna, Solehio, Minerva, Peralba, Lacillotto, Bramante; antiche - Risciola, Ianculidda, Fiorello, Gentil Rosso, e Autonomia B.
- Farro: Dicocco – Padre pio, Giovanni, Davide; Spelta: Pietro, Giuseppe, Rossella e Benedetto.

- Le prove di campo sono state effettuate presso l’azienda sperimentale dell’Istituto di Cerealcoltura di Foggia seminando su due parcelle differenti e adottando le stesse pratiche colturali.
- L’area in cui sono state effettuate le prove di campo, è stata oggetto nel corso dell’annata agraria precedente alla sperimentazione, a maggese con vecchia.

Rilievi Meteorologici

- I principali dati meteorologici sono stati raccolti durante il periodo Novembre – Giugno nelle annate agrarie 2022/2023 e 2023/2024, mediante l’ausilio di una centralina meteo in grado di memorizzare dati relativi a temperature, precipitazioni, umidità relativa, velocità e direzione del vento.

Tabella 1. Temperature (°C) e precipitazioni (mm) mensili nel corso di due annate agrarie 2022/2023 e 2023/2024

Mese	Temperature (°C)			Temperature (°C)			Precipitazioni	
	max	min	med	max	min	med	(mm)	(mm)
	2022/2023			2023/2024			2022/2023	2023/2024
Novembre	17,1	8,9	13,0	24,6	8,6	16,6	101,2	22,9
Dicembre	15,3	6,1	10,7	15,7	6,4	11,1	39,8	84,8
Gennaio	12,2	4,1	8,1	16,9	2,3	9,6	99,0	10,8
Febbraio	13,2	2,3	7,7	17,6	4,7	11,2	15,7	27,7
Marzo	16,8	5,5	11,2	20,6	4,3	12,5	86,0	25,8
Aprile	17,4	6,8	12,1	23,9	5,0	14,5	77,4	28,4
Maggio	21,8	11,4	16,6	25,7	10,7	18,2	77,5	53,9
Giugno	28,7	15,7	22,2	33,8	16,1	25,0	99,5	13,3

Tabella 2. Parametri rilevati durante il ciclo vegetativo delle varietà di frumento (annata 2022/2023 e 2023/2024).

varietà	settimana		emergenza		spigatura (gg. 1° apr.)		altezza (cm)		septoria (attacco %)		ruggine bruna (%)		ruggine nera (%)		
	2022	2023	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	
Varietà Moderne	Volradur	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	28	11	82	60	4	0	7	0	6	0
	Antalis	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	27	10	82	60	1	0	4	0	6	0
	Tafarnaco	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	29	10	84	60	6	0	9	0	6	0
	Federico II	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	28	11	83	62	6	0	9	0	8	0
Grano Duro	Cappelli	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	38	15	130	80	6	0	9	0	7	0
	Daino	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	37	15	132	80	6	0	9	0	7	0
	Saragolla Ant.	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	38	14	130	80	6	0	9	0	7	0
	Saragolla pop.	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	37	14	131	80	6	0	9	0	7	0
Varietà Moderne	Bologna	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	28	10	82	60	4	0	7	0	6	0
	Soleho	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	27	9	81	60	4	0	7	0	7	0
	Minerva	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	28	10	82	60	4	0	7	0	6	0
	Peralba	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	28	11	85	61	5	0	9	0	5	0
Grano Tenero	Bramante	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	28	11	84	62	6	0	9	0	7	0
	Lancillotto	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	29	11	85	62	6	0	9	0	7	0
	Iancuidda	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	32	13	125	81	6	0	9	0	7	0
	Ruscioia	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	32	12	120	80	6	0	9	0	7	0
Varietà Antiche	Padre Pio	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	35	12	100	78	6	0	9	0	6	0
	Giovanni Paolo	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	32	12	102	79	5	0	9	0	5	0
	Davide	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	34	12	100	80	6	0	9	0	6	0
	Pietro	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	33	13	104	78	6	0	9	0	6	0
Faro	Rossella	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	35	12	98	65	5	0	9	0	5	0
	Spelta	Benedetto	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	32	12	89	62	6	0	9	0	4
	Giuseppe	20 Genn.	12 Dic.	20 Genn.	10 Genn.	33	13	102	70	5	0	9	0	5	0

Raccolta e analisi chimico-fisiche: Aspetti qualitativi e quantitativi del frumento

La raccolta è stata effettuata a maturazione piena con umidità della cariosside $\leq 12\%$, conseguentemente la granella è stata stoccata e conservata in magazzino a temperatura ambiente.

Alla raccolta, per ciascuna varietà è stata determinata la resa (t/ha), mentre gli altri parametri produttivi e qualitativi sono stati determinati nel periodo settembre/ottobre 2023.

La prima operazione svolta sui campioni di granella è stata rivolta all'eliminazione di eventuali corpi estranei come paglia, insetti, grumi di terra, cariosside rotta e impurezze varie.

I risultati relativi all'umidità, alla resa, al peso ettolitrico e alle dimensioni della granella sono riportati in tabelle successive.

Tabella 3. Parametri analitici legati alla qualità della granella di varietà di Frumento coltivate nelle annate agrarie 2022/23 e 2023/24

		2022/2023				2023/2024				
		Contenuto proteico (%)	Energia geminativa 4 ml acqua (%)	8 ml acqua (%)	Capacità geminativa (%)	Contenuto proteico (%)	Energia geminativa 4 ml acqua (%)	8 ml acqua (%)	Capacità geminativa (%)	
Grano Duro	Varietà Moderne	Voltadur	13,60	98	97	98	14,00	100	91	98
		Antalis	13,10	97	97	98	14,45	98	95	99
		Telemaco	15,10	96	95	96	14,95	100	89	97
	Varietà Antiche	Federico II*	13,60	96	93	97	14,30	100	80	100
		Cappelli	17,30	93	91	94	17,50	98	97	98
		Datno	15,40	92	90	92	15,55	97	97	97
		Saragolla Pop.	16,50	94	92	95	16,95	97	88	95
		Saragolla Ant.	14,40	98	96	98	16,65	97	90	96
		Bologna	13,10	100	100	100	16,80	98	99	97
		Solelio	12,00	92	89	94	16,70	97	95	98
Grano Tenero	Varietà Moderne	Minerva	13,10	93	91	94	15,50	100	88	98
		Bramante	13,90	97	92	98	17,65	97	91	98
		Lancillotto	14,20	98	94	98	16,90	95	94	95
	Varietà Antiche	Peralba	13,60	96	92	96	17,05	99	97	100
		Ianculidda	15,50	94	91	95	17,50	96	92	97
		Risciola	14,20	98	94	96	16,30	100	95	97
		Fiorello	17,10	85	92	97	16,05	95	78	96
		Gentil rosso	13,20	92	84	94	15,15	97	80	98
		Autonomia B	13,25	99	96	98	15,35	99	98	98
		Padre Pio	15,10	78	73	78	16,80	83	62	84
Farro	Giovanni	15,20	79	75	81	17,18	89	74	90	
	Davide	15,00	94	91	95	17,65	91	83	92	
	Pietro	11,30	96	92	96	17,50	90	82	90	
	Spelta	Rossella	15,20	72	67	73	16,75	95	85	96
	Benedetto	14,70	70	65	71	17,85	100	91	98	



Tabella 4. Caratteristiche produttive e qualitative della granella di varietà di Frumento coltivate nelle annate agrarie 2022/23 e 2023/24

		2022/2023					2023/2024					
		umidità %	Resa t/ha	Peso ettolitrico (Kg/tl)	peso mille semi (g)	taglia dei semi > 2,8 mm (%)	umidità %	Resa t/ha	Peso ettolitrico (Kg/tl)	peso mille semi (g)	taglia dei semi > 2,8 mm (%)	
Grano Duro	Varietà Moderne	Voltadur	10,90	4,60	80,50	39,40	88,56	10,90	2,80	82,78	37,4	87,26
		Antalis	11,00	5,40	82,50	38,90	88,16	10,95	3,50	84,20	42,5	87,56
		Telemaco	10,70	4,47	81,10	37,50	87,05	10,85	3,08	82,90	40,95	88,04
	Varietà Antiche	Federico II*	10,90	4,24	80,40	41,50	88,42	11,50	3,10	83,36	47,4	86,28
		Cappelli	10,90	3,20	82,40	40,26	88,70	11,15	1,70	83,00	47,95	88,10
		Datno	11,20	3,12	77,60	39,42	88,70	10,95	1,00	78,80	41,57	87,62
		Saragolla Sal.	11,10	3,05	75,60	35,21	85,49	11,05	1,45	78,15	38,05	86,54
		Saragolla Ant.	10,60	2,24	78,70	38,40	88,35	11,10	1,60	77,08	43,39	86,90
		Bologna	10,70	4,25	81,40	30,22	84,11	10,90	2,74	81,02	37,2	85,18
		Solelio	10,60	4,70	76,80	39,48	87,19	10,95	1,70	81,00	37,95	86,32
Grano Tenero	Varietà Moderne	Minerva	10,60	4,10	76,40	34,73	86,40	11,00	3,20	81,80	35,1	87,10
		Bramante	11,20	5,35	79,50	32,14	87,33	11,10	2,52	81,50	31,47	88,30
		Lancillotto	10,90	5,50	78,10	37,31	86,49	11,05	2,80	81,15	36,95	85,67
	Varietà Antiche	Peralba	10,60	4,20	67,80	25,50	81,85	11,15	2,26	80,63	33,4	86,25
		Ianculidda	10,50	3,60	78,20	37,39	89,66	11,00	1,3	78,90	34,2	85,16
		Risciola	11,40	2,54	82,20	42,72	88,31	11,15	2,59	78,60	37,2	87,26
		Fiorello	11,60	3,62	81,80	43,12	89,20	11,25	2,16	81,04	43,3	83,12
		Gentil rosso	11,80	3,75	81,00	44,80	90,12	11,50	2,09	80,83	44,95	88,10
		Autonomia B	12,00	3,61	78,60	41,20	90,16	12,25	2,28	79,20	39,75	87,20
		Padre Pio	10,78	2,53	65,86	43,09	89,40	10,75	1,15	78,45	39,25	87,86
Farro	Giovanni	10,90	2,60	58,20	44,10	89,40	10,70	1,14	75,30	39,40	87,80	
	Davide	11,11	2,74	70,48	48,39	89,20	10,85	1,10	73,20	42,75	88,24	
	Pietro	10,40	2,47	69,20	43,20	88,65	10,90	1,71	79,80	40,70	87,65	
	Spelta	Rossella	11,21	11,24	66,03	30,00	75,52	10,95	1,52	77,86	41,65	83,20
	Benedetto	10,81	1,92	66,01	34,01	72,90	10,80	1,60	80,45	43,10	82,80	

MALTAZIONE

La trasformazione del frumento in malto ha come scopo principale quello di attivare gli enzimi che si trovano nei semi di frumento allo stato latente e dai quali verrà poi (in sala cottura) affidato il compito di trasformare l'amido, non fermentabile dai lieviti, in zuccheri fermentabili.

Durante la maltazione hanno luogo altre reazioni biochimiche di grande importanza:

- la demolizione delle pareti delle cellule costituenti il corpo farinoso del chicco che diventa friabile;
- la solubilizzazione dei composti azotati, che entrano poi nel mosto e costituiscono il nutrimento necessario per lo sviluppo del lievito;
- la formazione di composti aromatici tipici che contribuiscono al gusto della birra. Essi si formano soprattutto durante l'essiccazione finale.

MALTAZIONE

Procedura

La maltazione è stata eseguita manualmente su campioni di 500 g di semi di frumento e lo schema di maltazione adottato è stato il seguente:

Steeping: macerazione in acqua per 7 ore seguita da un periodo di asciugatura o di sosta all'aria 17 ore, secondo ciclo di macerazione in acqua per ulteriore 7 ore e 17 ore di asciugatura, temperatura dell'acqua di macerazione e temperatura dell'aria durante il riposo, 15°C, la macerazione termina con 1 ora di bagnatura.

Germinazione: la durata della fase di germinazione quattro giorni utilizzando una temperatura di 15°C e controllando l'umidità durante la germinazione dei semi all'85%. La temperatura di macerazione e germinazione è stata mantenuta in un incubatore frigorifero (Vismara, Italia).

L'essiccazione: è avvenuta in un essiccatoio ventilato per 24 h a 50 °C e 12 h a 65 °C. Dopo l'essiccazione, le radichette sono state rimosse e il malto è stato conservato in un luogo asciutto per 4 settimane per stabilizzare l'attività enzimatica e il contenuto di umidità.

Parametri di qualità del malto e metodi utilizzati

La qualità del malto è stata valutata mediante analisi come descritto nei metodi EBC di Analytica (2007):

Il contenuto di umidità (%); l'estratto di malto (%); il tempo di saccharificazione (min) il contenuto di proteine totale (% dm); Il contenuto delle proteine solubili (% dm); l'indice di Kolbach; Viscosità (cP a 20°C); Il contenuto di aminoacidi liberi (mg/100g); il potere diastatico (°WK); il pH; il colore del malto.

Tabella 5. Caratteristiche qualitative del malto di varietà di Frumento coltivate nelle annate agrarie 2022/23 e 2023/24

		2022/2023					2023/2024					
		Umidità %	PH	Estratto fine (% dm)	Colore mosto (EBC)	Tempo di saccharificazione (min)	Umidità %	PH	Estratto fine (% dm)	Colore mosto (EBC)	Tempo di saccharificazione (min)	
Grano duro	Voltador	6,55	6,23	80,49	10,00	10-15	4,20	6,27	78,99	2,80	< 10	
	Varietà moderne	Artalis	6,41	6,10	84,18	9,88	< 10	5,33	6,35	80,04	2,40	10-15
	Telemaco	6,44	6,30	82,14	8,65	< 10	5,35	6,34	78,03	2,50	10-15	
	Federico II ^o	6,27	6,30	83,00	7,20	< 10	5,33	6,35	81,06	2,30	15-20	
	Varietà antiche	Cappelli	6,20	6,01	80,87	12,75	10-15	4,40	6,30	80,18	3,20	15-20
	Dauno	6,51	6,06	78,08	5,53	10-15	4,90	6,35	75,60	3,60	< 10	
	Saragolla Ant.	6,10	6,19	73,50	3,50	10-15	5,44	6,29	79,13	3,25	< 10	
Grano tenero	Bologna	6,70	6,12	80,32	6,73	10-15	5,64	6,25	77,28	5,33	15-20	
	Solelzo	6,66	6,23	80,28	7,00	10-15	4,26	6,29	75,04	3,45	10-15	
	Varietà moderne	Mirnera	6,54	6,19	83,27	4,78	10-15	4,40	6,28	75,16	5,75	10-15
	Bramante	6,51	6,16	81,17	6,90	10-15	4,73	6,23	77,12	4,30	10-15	
	Lancillotto	6,60	6,10	82,29	7,90	< 10	4,61	6,20	73,35	6,00	10-15	
	Peralba	6,64	6,11	80,26	7,80	10-15	3,80	6,22	74,64	5,90	15-20	
	Varietà antiche	Ianculidda	6,68	5,99	77,21	8,18	10-15	4,58	6,25	74,32	4,63	15-20
	Risciola	6,70	5,98	82,39	7,00	< 10	5,01	6,38	73,69	5,43	< 10	
	Fiorello	6,70	6,27	76,21	4,68	20-25	5,48	6,35	79,16	3,78	< 10	
	Gentil Rosso	6,47	6,19	77,02	4,73	10-15	5,75	6,14	81,46	6,93	10-15	
Autonomia B	6,32	6,19	76,88	6,00	10-15	4,93	6,21	80,68	6,38	10-15		
Farro	Dicocco	Padre Pio	5,20	6,20	72,86	3,23	20-25	4,97	6,20	77,68	4,33	10-15
	Daide	5,69	6,16	79,36	2,55	20-25	5,25	6,13	77,94	4,15	15-20	
	Pietro	6,00	6,20	79,55	5,25	10-15	5,02	6,30	73,70	5,35	10-15	
	Spelta	Giuseppe	7,00	6,18	75,59	6,00	10-15	5,44	6,25	76,08	5,18	15-20
	Rossella	7,15	6,22	75,62	6,10	10-15	5,32	6,20	73,96	5,25	< 10	



Tabella 6. Caratteristiche qualitative del malto di varietà di Frumento coltivate nelle annate agrarie 2022/23 e 2023/24

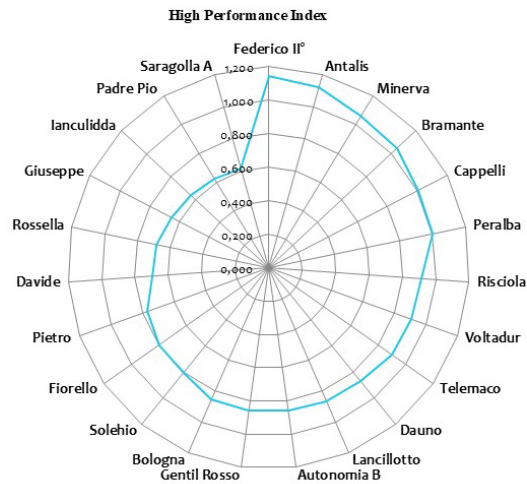
		2022/2023					2023/2024							
		Proteine totali (% dm)	Proteine solubili (%)	Indice di Kolbach (%)	Potere diastatico (°WK)	FAN (mg/100g dm)	Viscosità (cP)	Proteine totali (% dm)	Proteine solubili (%)	Indice di Kolbach (%)	Potere diastatico (°WK)	FAN (mg/100g dm)	Viscosità (cP)	
Grano duro	Varietà moderne	Voltagur	12,44	4,78	38,40	273,60	139,80	1,47	12,50	5,38	43,04	410,40	134,10	1,60
		Antalis	12,05	5,12	42,50	280,40	141,09	1,53	12,70	5,44	42,80	353,10	113,20	1,66
		Telemaco	13,25	5,19	39,20	246,24	127,60	1,49	12,85	5,51	42,90	342,00	109,55	1,58
	Varietà antiche	Federico II*	12,40	5,22	42,10	348,84	137,79	1,53	12,54	5,42	43,20	410,40	107,60	1,70
		Cappelli	15,60	5,50	35,25	297,54	133,03	1,65	13,10	5,06	38,60	328,30	141,70	1,65
		Datano	13,65	5,16	37,80	253,20	117,80	1,58	13,30	5,25	39,50	325,00	143,50	1,63
	Saragolla Ant.	12,80	3,90	30,50	253,08	98,79	1,58	13,60	4,91	36,10	256,50	110,20	1,75	
Grano tenero	Varietà moderne	Bologna	12,02	4,78	39,80	263,64	97,05	1,54	13,80	5,55	40,20	273,60	96,92	1,60
		Solebio	11,10	4,17	37,60	255,72	101,60	1,54	13,60	5,33	39,20	348,84	111,50	1,68
		Minerva	11,84	4,40	37,16	256,50	106,27	1,58	12,65	4,97	39,30	393,30	111,10	1,66
	Varietà antiche	Bramante	12,24	5,29	43,20	263,34	114,25	1,56	13,85	5,98	43,20	369,36	112,10	1,65
		Lancillotto	12,35	4,94	40,00	242,82	88,44	1,56	13,50	5,55	41,10	314,64	110,20	1,74
		Peralba	12,18	4,65	38,20	246,38	127,72	1,56	13,44	5,28	39,30	342,00	116,90	1,68
	Varietà antiche	Ianculidda	14,20	4,55	32,04	250,72	115,48	1,51	13,80	5,29	38,35	307,80	138,60	1,72
		Risciola	12,70	4,40	34,64	279,20	118,80	1,53	13,75	5,25	38,20	318,60	130,20	1,70
		Fiorello	15,14	4,65	30,71	240,10	75,90	1,58	13,20	5,15	39,00	290,70	121,70	1,67
		Gentil Rosso	12,12	4,12	33,99	252,20	73,92	1,58	13,40	5,17	38,60	396,72	146,20	1,75
		Autonomia B	12,08	4,30	35,60	242,40	78,54	1,58	13,30	5,20	39,10	365,90	140,10	1,72
		Dicocco	13,26	4,10	30,92	188,10	70,24	1,49	13,40	4,77	35,60	356,20	123,50	1,72
Farro	Davide	13,10	3,98	30,38	242,82	80,02	1,50	13,30	4,93	37,10	352,80	123,10	1,74	
		Pietro	10,80	4,10	37,96	240,10	72,10	1,56	13,60	4,95	36,40	362,88	103,50	1,63
	Spelta	Giuseppe	13,25	4,29	32,40	220,20	73,92	1,52	13,25	4,93	37,20	368,20	104,80	1,62
		Rossella	13,12	4,41	33,60	216,40	72,08	1,52	13,10	4,98	38,00	346,60	106,10	1,63



Tabella 7. Valori medi dell'indice di performance specifica (SPI) per i 9 parametri del malto utilizzati nel calcolo dell'HPI per le varietà di frumento considerate in un biennio di sperimentazione (2022/2023 e 2023/2024).

	Varietà	WEIGHTED SPECIFIC PERFORMANCE INDEX (SPI) SCORE								HPI		
		pH	Estratto	Colore	Proteine Totali	Proteine solubili	Indice di Kolbach	Potere diastatico	FAN		Viscosità	
Grano duro	Varietà moderne	Voltagur	0,03	0,16	0,01	0,129	0,076	0,132	0,131	0,050	0,200	0,907
		Antalis	0,02	0,27	0,01	0,140	0,079	0,128	0,106	0,075	0,290	1,119
		Telemaco	0,02	0,18	0,00	0,087	0,056	0,146	0,075	0,130	0,200	0,899
	Varietà antiche	Federico II*	0,02	0,27	0,01	0,129	0,063	0,132	0,196	0,075	0,250	1,145
		Cappelli	0,02	0,18	0,00	0,050	0,080	0,111	0,122	0,040	0,400	1,006
		Datano	0,02	0,06	0,01	0,061	0,096	0,148	0,070	0,090	0,310	0,870
	Saragolla An	0,02	0,00	0,01	0,078	0,070	0,095	0,075	0,070	0,255	0,616	
Grano tenero	Varietà moderne	Bologna	0,03	0,13	0,02	0,105	0,056	0,171	0,039	0,045	0,270	0,854
		Solebio	0,02	0,09	0,01	0,030	0,033	0,144	0,093	0,095	0,290	0,807
		Minerva	0,02	0,15	0,02	0,078	0,112	0,134	0,143	0,115	0,290	1,062
	Varietà antiche	Bramante	0,03	0,16	0,01	0,097	0,040	0,114	0,133	0,150	0,320	1,051
		Lancillotto	0,03	0,12	0,01	0,107	0,072	0,161	0,068	0,060	0,240	0,866
		Peralba	0,03	0,09	0,01	0,115	0,093	0,143	0,075	0,155	0,290	1,001
	Varietà antiche	Ianculidda	0,03	0,03	0,01	0,025	0,085	0,075	0,065	0,100	0,220	0,639
		Risciola	0,02	0,12	0,01	0,081	0,092	0,097	0,096	0,145	0,250	0,913
		Fiorello	0,00	0,09	0,01	0,045	0,118	0,079	0,050	0,095	0,310	0,798
		Gentil Rosso	0,03	0,16	0,01	0,115	0,068	0,093	0,125	0,000	0,255	0,858
		Autonomia B	0,03	0,13	0,01	0,120	0,074	0,116	0,095	0,005	0,280	0,861
		Dicocco	Padre Pio	0,03	0,04	0,01	0,067	0,068	0,035	0,090	0,085	0,200
Farro	Davide	0,03	0,11	0,01	0,056	0,075	0,055	0,080	0,085	0,200	0,697	
		Pietro	0,02	0,09	0,02	0,030	0,083	0,108	0,090	0,035	0,290	0,767
	Spelta	Rossella	0,03	0,00	0,02	0,090	0,112	0,083	0,075	0,040	0,240	0,683
		Giuseppe	0,03	0,00	0,02	0,082	0,091	0,055	0,095	0,035	0,250	0,653
OPTIMAL WEIGHTED SPI*		0,010	0,600	0,020	0,160	0,160	0,180	0,260	0,200	0,400		
WEIGHT OF TRAIT		0,5%	30,0%	1,0%	8,0%	8,0%	9,0%	13,0%	10,0%	20,0%		





CONCLUSIONI

La sperimentazione di due anni di attività ci porta ad effettuare alcune considerazioni:

- Le condizioni climatiche completamente opposte nei due anni di sperimentazione hanno determinato degli effetti diversi sulle caratteristiche qualitative della granella.
- La maltazione di ciascuna varietà di frumento, ha sortito effetti diversi sui parametri qualitativi del malto come l'estratto di malto, le proteine, l'indice di kolbach, il potere diastatico e anche il livello di enzimi.
- Le temperature di essiccazione modeste ha portato, specialmente nel secondo anno alla formazione di malto di frumento con basso indice di colore, necessario per la produzione di birre chiare.
- L'utilizzazione di uno strumento (HPI) basato su di un calcolo algoritmo matematico, considerando un valore ottimale compreso tra due valori accettabili per ogni singolo parametro, ha comportato l'individuazione di varietà di malto di grano di ottima qualità. Le migliori varietà che hanno indice più performante sono state: Federico II, Antalis, Minerva e Bramante.

*Luppolo, Orzo,
Birra: biodiversità
Italiana da
valorizzare –
LOB.IT*

LIEVITI WILD E NUOVE FRONTIERE BRASSICOLE: VALUTAZIONE CHIMICA E SENSORIALE DELLE BIRRE SPERIMENTALI

A. Costantini¹, G. Forestello¹, C. Tsolakis¹, L. Pulcini¹, M. Petrozziello¹, F. Bonello¹, A. Asproudi¹, V. Ragkousi¹, M.C. Cravero¹, K. Carbone²

¹CREA, Centro di Ricerca Viticoltura ed Enologia

² Food Chemistry and Biotechnology Lab, CREA, Centro di ricerca Olivicoltura, Frutticoltura e Agrumicoltura

Stato dell'arte

Il settore brassicolo sta vivendo una fase di profondo e stimolante rinnovamento, guidata non solo da una crescente attenzione alla diversità delle proposte, ma soprattutto dall'adozione di fermenti starter innovativi. Questa tendenza non è casuale; al contrario, risponde alla chiara esigenza di ampliare la gamma di prodotti con profili sensoriali unici e distintivi, in grado di offrire esperienze aromatiche più riconoscibili e di maggiore valore per il consumatore. Negli ultimi dieci anni, l'interesse verso questi microrganismi è cresciuto notevolmente, in stretta connessione con il concetto di territorialità, che trova la sua espressione più nota nel termine "terroir", concetto che nella birra rimane ancora poco definito ed esplorato, soprattutto se confrontato con il mondo del vino. Il CREA è da anni impegnato in questa ricerca volta all'analisi della biodiversità dei lieviti, alla valutazione precisa delle loro capacità aromatiche e alla modulazione mirata dei profili sensoriali. Un elemento di grande rilievo e accelerazione per l'innovazione è la collaborazione intersettoriale: le competenze e le conoscenze acquisite e perfezionate nel più maturo campo vinicolo vengono trasferite e applicate con grande efficacia nell'ambito brassicolo, velocizzando così l'intero processo di sviluppo e innovazione. La ricerca sui lieviti autoctoni si inserisce proprio in questa prospettiva, offrendo strumenti e conoscenze capaci di colmare una lacuna ancora aperta. L'obiettivo è fornire le basi scientifiche necessarie per definire e valorizzare il terroir anche all'interno del panorama della produzione brassicola, sia artigianale che industriale.

Materiali e metodi

I lieviti, isolati da fermentazioni spontanee partendo da diverse matrici con terreni selettivi di laboratorio, sono stati caratterizzati dal punto di vista specie-specifico ed intraspecifico mediante tecniche di biologia molecolare. Al termine della fase di analisi biomolecolari, sono state condotte analisi di tipo tecnologico su dieci ceppi. I due ceppi indigeni più interessanti Base e CAS sono stati impiegati in fermentazioni su scala più grande di laboratorio. Le fermentazioni sono state allestite utilizzando mosto di birra preparato con estratto di malto Light e luppolato con 5 g/L di Cascade (*dry-hopping*), in triplo con due ceppi sperimentali Base e CAS. È stata anche condotta una prova con il ceppo commerciale di riferimento US-05. Tali prove sono state seguite per calo in peso. Al termine della fermentazione alcolica sono state condotte le analisi chimiche e sensoriali. L'analisi dei composti aromatici è stata effettuata mediante gascromatografia

accoppiata a spettrometria di massa (GCMS), dopo micro-estrazione in fase solida (SPME). L'analisi sensoriale è stata svolta da un panel di 12 degustatori del CREA. In una prima fase è stata fatta una raccolta di descrittori, successivamente è stata poi costruita una ruota personalizzata, includendo solo i descrittori più ricorrenti e ogni degustatore ha valutato l'intensità di ciascun aroma. Da questi dati è stato ricavato il profilo sensoriale di ogni prodotto.

Risultati

L'andamento di fermentazione evidenzia variazioni tra i ceppi di lievito testati; infatti, Base ha una partenza vigorosa che poi rallenta, il ceppo commerciale invece ha un avvio leggermente ritardato ma raggiunge una gradazione alcolica più alta, confermata anche dalle analisi chimiche. CAS ha una fermentazione più graduale e produce meno etanolo complessivo. Dal punto di vista degli aromi, la classe più abbondante di composti è rappresentata dagli esteri etilici. US-05 ne produce la quantità maggiore (oltre 1100 µg/L), seguito da CAS (ca. 1000 µg/L) e Base (circa 900 µg/L). Questa classe è quella che evidenzia la differenza più marcata tra i lieviti, indicando un forte impatto del ceppo sulla formazione di aromi fruttati e floreali. Osservando il gruppo dei terpeni e sesquiterpeni, emerge di nuovo come le birre fermentate con US-05 ne contengano le maggiori concentrazioni; questi composti, principalmente derivati dal luppolo e incentivati dall'interazione lievito-luppolo, conferiscono al prodotto finale note erbacee e resinose. Gli alcoli forniscono le note aromatiche fermentative di base e possono modulare l'intensità olfattiva degli esteri. Confrontando le quantità prodotte emerge che US-05 e Base hanno valori molto simili, mentre CAS è leggermente inferiore. Dopo aver condotto l'analisi sensoriale con una raccolta di descrittori iniziale e successiva valutazione del profilo sensoriale, è emerso che Base si configura come il lievito con il profilo più "neutro" e armonico: colore ambrato intenso, nessun descrittore predominante, buona struttura e persistenza. Il lievito CAS intensifica le componenti fruttate fresche ed esotiche, con punte aromatiche nette su pera, pompelmo e frutta tropicale. Risulta il più performante in termini di intensità e persistenza aromatiche. Infine, il lievito commerciale usato come controllo conferisce una maggiore presenza di note speziate e sentori più maturi (miele, frutta essiccata), con sensazioni gustative più morbide. Questo lievito genera un profilo più complesso verso caratteri evoluti.

Conclusioni

Il lavoro svolto sottolinea il ruolo cruciale del lievito nel definire il profilo organolettico della birra. Dai dati ottenuti si evince che le birre ottenute dai tre lieviti testati (US-05, Base e CAS) presentano differenze in alcune famiglie sensoriali chiave. In particolare, CAS tende a enfatizzare le note fruttate fresche con maggiore persistenza aromatica, US-05 introduce sfumature più speziate e mature, con sensazioni gustative più morbide; Base si colloca in posizione intermedia, con un profilo armonico ed equilibrato. Il lavoro proseguirà con una sperimentazione in scala pilota, che verrà condotta all'interno di un birrificio commerciale.

WILD YEASTS AND NEW BREWING FRONTIERS: CHEMICAL AND SENSORY EVALUATION OF EXPERIMENTAL BEERS

A. Costantini¹, G. Forestello¹, C. Tsolakis¹, L. Pulcini¹, M. Petrozziello¹, F. Bonello¹, A. Asproudi¹, V. Ragkousi¹, M.C. Cravero¹, K. Carbone²

¹CREA, Centro di Ricerca Viticoltura ed Enologia

²Food Chemistry and Biotechnology Lab, CREA, Research Centre for Olive, Fruit and Citrus Crops

State of the art

The brewing industry is undergoing a period of profound and stimulating renewal, driven not only by a growing focus on diversity, but above all by the adoption of innovative starter cultures. This trend is not accidental; on the contrary, it responds to a clear need to expand the range of products with unique and distinctive sensory profiles, capable of offering more recognisable and valuable aromatic experiences for consumers. Over the last ten years, interest in these microorganisms has grown considerably, closely linked to the concept of territoriality, which finds its most famous expression in the term “terroir,” a concept that remains poorly defined and explored in beer, especially when compared to the world of wine. CREA is engaged in research aimed at analysing the biodiversity of yeasts, characterising their aromatic potential, and specifically modulating sensory profiles. An element of great importance and acceleration for innovation is cross-sector collaboration: the skills and knowledge acquired and perfected in the more mature field of wine are transferred and applied with great effectiveness in the brewing sector, thus speeding up the entire process of development and innovation. Research on native yeasts fits into this perspective, offering tools and knowledge capable of filling a gap that still exists. The aim is to provide the scientific basis necessary to define and enhance the terroir within the context of beer production, both craft and industrial.

Materials and methods

The yeasts, isolated from spontaneous fermentations starting from different matrices with selective laboratory media, were characterized at both inter- and intraspecific levels using molecular biology techniques. At the end of the biomolecular analysis phase, technological analyses were carried out on ten strains. The two most promising indigenous strains, Base and CAS, were used in fermentations on a larger scale than in the laboratory. The fermentations were set up using wort prepared with Light malt extract and hopped with 5 g/L of Cascade (dry hopping), tested in triplicate with two experimental strains, Base and CAS. A test was also conducted with the commercial reference strain US-05. These tests were monitored for weight loss. At the end of alcoholic fermentation, chemical and sensory analyses were carried out. The analysis of aromatic compounds was performed by gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS), after solid-phase microextraction (SPME). Sensory analysis was carried out by a panel of 12 tasters from CREA. In the first phase, a set of descriptors was collected, then

a customized wheel was constructed, including only the most recurrent descriptors, and each taster evaluated the intensity of each aroma. The sensory profile of each product was derived from these data.

Results

The fermentation process shows variations among the tested yeast strains; in fact, Base has a vigorous start that then slows down, while the commercial strain has a slightly delayed start but reaches a higher alcohol content, as confirmed by chemical analysis. CAS has a more gradual fermentation and produces less ethanol overall. From an aromatic point of view, the most abundant class of compounds is represented by ethyl esters. US-05 produces the highest amount (over 1100 µg/L), followed by CAS (approx. 1000 µg/L) and Base (approx. 900 µg/L). This class shows the most marked difference between yeasts, indicating a strong impact of the strain on the formation of fruity and floral aromas. Looking at the group of terpenes and sesquiterpenes, it is again clear that beers fermented with US-05 contain the highest concentrations; these compounds, mainly derived from hops and enhanced by the yeast-hop interaction, give the final product herbaceous and resinous notes. Alcohols provide the basic fermentative aromatic notes and can modulate the olfactory intensity of esters. Comparing the quantities produced, it emerges that US-05 and Base have very similar values, while CAS is slightly lower. After conducting sensory analysis with an initial set of descriptors and subsequent evaluation of the sensory profile, it emerged that Base is the yeast with the most “neutral” and harmonious profile: intense amber color, no predominant descriptors, good structure, and persistence. CAS yeast intensifies the fresh and exotic fruity components, with clear aromatic notes of pear, grapefruit, and tropical fruit. It performs best in terms of aromatic intensity and persistence. Finally, the commercial yeast used as a control confers a greater presence of spicy notes and more mature aromas (honey, dried fruit), with softer taste sensations. This yeast generates a more complex profile with evolved characteristics.

Conclusions

The work carried out highlights the crucial role of yeast in defining the organoleptic profile of beer. The data obtained show that the beers from the three yeasts tested (US-05, Base, and CAS) differ in some key sensory families. In particular, CAS tends to emphasise fresh fruity notes with greater aromatic persistence, US-05 introduces more spicy and mature nuances, with softer taste sensations; Base is in an intermediate position, with a harmonious and balanced profile. The work will continue with a pilot-scale experiment, conducted within a commercial brewery.



lob.it
biodiversità italiana da valorizzare

Lieviti wild e nuove frontiere brassicole: valutazione chimica e sensoriale delle birre sperimentali

Costantini A., Forestello G., Tsolakis C., Pulcini L., Petrozziello M., Bonello F., Asproudi A., Ragkousi V., Cravero M.C., Carbone K.

CREA-Centro di Ricerca Viticoltura ed Enologia, Asti

MINISTERO DELL'AGRICOLTURA, ALIMENTAZIONE E FORESTE
crea
UNIVERSITÀ DI PARMA

1

WP7: ricerca di lieviti wild



Il concetto di *terroir microbico* sta emergendo progressivamente anche nel settore del brassicolo, evidenziando il ruolo dell'ambiente microbico locale nella definizione delle caratteristiche sensoriali dei prodotti.

La ricerca attuale si sta focalizzando sull'esplorazione della biodiversità microbica con potenziale applicazione nella produzione birraria.

In tale contesto, l'obiettivo principale è l'identificazione di nuovi ceppi di *Saccharomyces cerevisiae* capaci di contribuire al miglioramento della qualità e della riconoscibilità dei prodotti finali, a partire da matrici di diversa origine.

Workflow di lavoro del WP7



Fase 1 e 2:

Fermentazioni spontanee da differenti matrici. Isolamento e caratterizzazione di diversi ceppi di *S. cerevisiae*
Analizzate 165 colonie

Dieci di questi ceppi sono stati testati per valutare le caratteristiche tecnologiche, in particolare la capacità di fermentare in un mosto di birra

Tre ceppi sono stati scelti per le fermentazioni su scala pilota. E' stata Condotta una valutazione sensoriale e la quantificazione dei composti aromatici

1 ceppo
.....



3



Fase 1

Fermentazioni spontanee e isolamento dei lieviti



UNIVERSITÀ
DI PARMA



Fermentazioni spontanee da diverse matrici

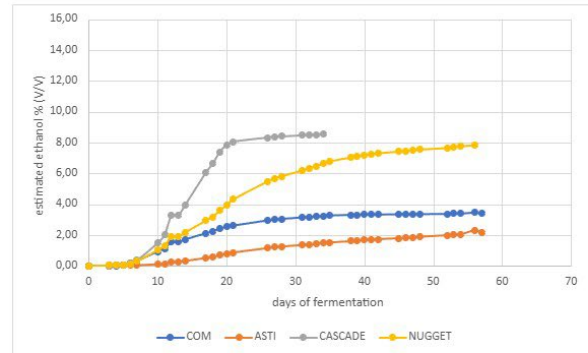


Campione

1. Com (Luppolo selvatico Comnago)
2. Asti (luppolo selvatico Asti)
3. Cascade (Luppolo coltivato)
4. Nugget (Luppolo coltivato)



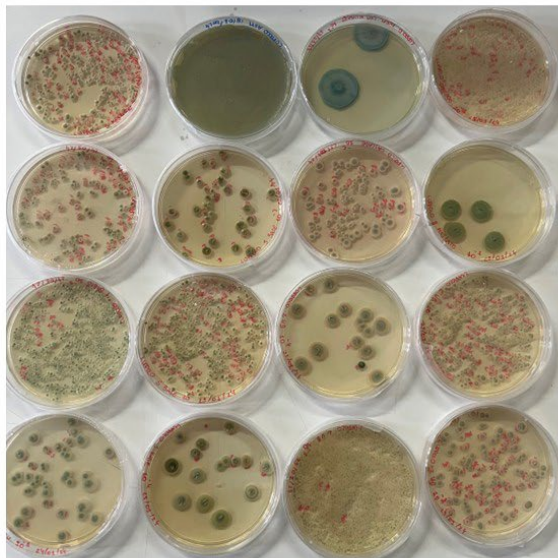
Esempi di fermentazioni da luppoli



I campioni Cascade e Nugget sono stati piastrati su terreno selettivo per isolare i lieviti



5



Dalle piastre sono state isolate diverse colonie che sono state sottoposte ad analisi molecolari per l'identificazione di *Saccharomyces cerevisiae*

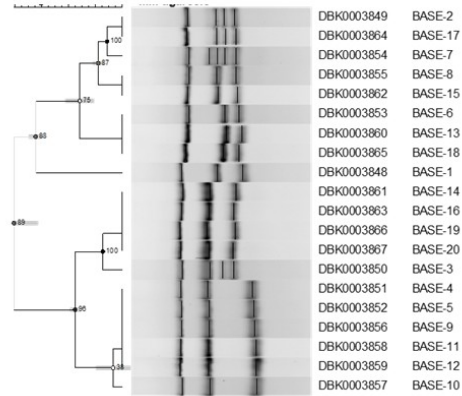


6

Analisi molecolari 2: multiplex PCR



Identificazione intraspecifica mediante analisi microsatellitare di tre loci effettuata su 150 isolati.



9



Fase 3

Prove tecnologiche



UNIVERSITÀ
DI PARMA



Prove tecnologiche



Dieci ceppi da diverse matrici d'origine sono stati inoculati in un mosto di birra preparato con un estratto di malto commerciale, con 5g/l di luppolo Hallertau M. (dry hopping)

TESI beuta	ACIDITA' VOLATILE	ACIDITA' TOTALE	ALCOOL (vol% a 20°C)	DENSITA' FINALE
PRUNUS A11	0,44	2,55	4,3	1,013
CASCADE D5	0,51	2,85	4,5	1,01355
CASCADE D14	0,48	2,7	4,5	1,013
MOSCATO F20	0,46	2,63	4,7	1,0129
BASE K11	0,45	2,7	4,8	1,0121
BABIO H20	0,51	2,63	4,6	1,01165
FREISA E5	0,45	2,78	4,6	1,01345
BAIV L14	0,48	2,7	4,6	1,0122

- ❖ il ceppo Prunus A11 ha avuto un avvio molto lento ma ha raggiunto una gradazione alcolica stimata simile agli altri ceppi
- ❖ In generale, i dati analitici sono molto simili tra i ceppi
- ❖ Si scelgono per le prove su scala più grande Cascade e Base, così da avere ceppi diversi da matrici differenti



Fase 4

Fermentazione su scala pilota



UNIVERSITÀ DI PARMA



Fermentazione su scala pilota



Lieviti

- Due ceppi sperimentali wild
- Un ceppo commerciale (US-05)

Luppolo

- Cascade pellet
- Dry hopping 5 g/L

Mosto

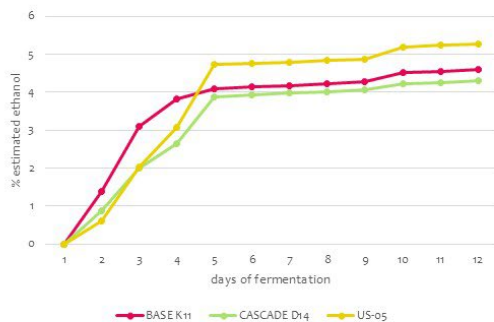
- Estratto commerciale extra light (Mr.Malt)
- Aliquotato in damigiane da 5 litri
- Le prove sono state effettuate in triplo



13

Andamenti di fermentazione 5 litri

Media delle tre ripetizioni



Il ceppo commerciale ha raggiunto un grado alcolico stimato più alto dei ceppi testati

BASE ha avuto un rapido avvio di fermentazione

Tra i ceppi sperimentali testati, BASE ha raggiunto un grado alcolico stimato leggermente più alto di CAS



14

Dati chimici di base



sample	GLU FRU g/L	glicerolo g/L	ac volatile mg/L	alcohol % (v/v)	densità finale	acetaldeide mg/L
BASE K11	0	1.96 a	0.1 b	4.98 ab	1.0109 ab	0
Cas	0	1.72 a	0.21 a	4.62 b	1.0141 a	0
US-05	0	1.86 b	0.05 c	5.43 a	1.0079 b	0



Il ceppo commerciale ha un grado alcolico più elevato e l'acidità volatile più bassa

Il ceppo Cas D14 presenta il grado alcolico più basso e volatile più alta



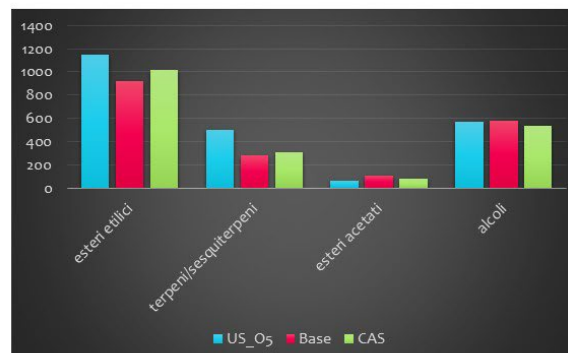
15

Quantificazione dei composti aromatici

La quantificazione è stata eseguita mediante GC-MS ($\mu\text{g/L}$)



US_05 più ricco di etilottanoato



BASE maggior contenuto di isoamilacetato

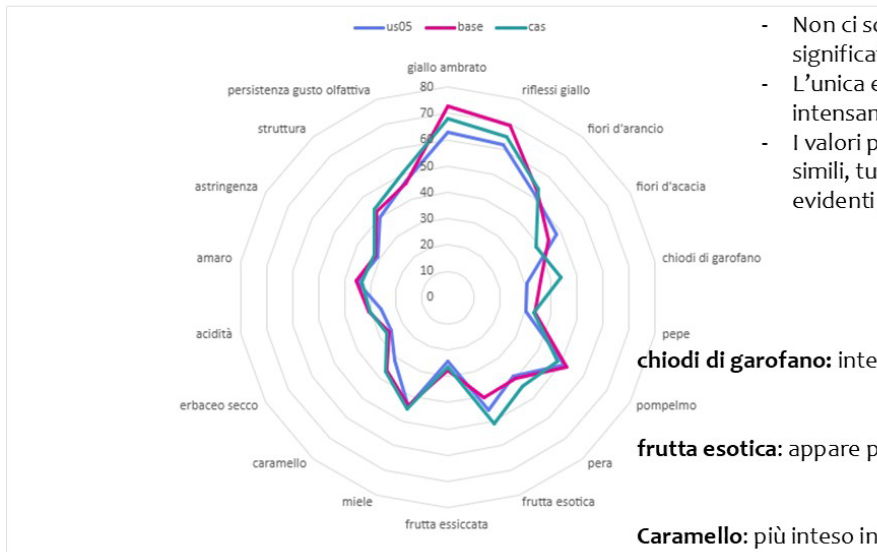


Ogni lievito modula diversamente la trasformazione dei composti creando profili aromatici distinti



16

Analisi sensoriale



- Non ci sono differenze statisticamente significative
- L'unica eccezione è per il colore: **BASE** è più intensamente colorato
- I valori per i parametri analizzati sono molto simili, tuttavia, emergono differenze più evidenti per alcuni descrittori specifici.

chiodi di garofano: intensità maggiore in CAS



frutta esotica: appare più intenso per CAS



Caramello: più inteso in CAS e BASE



Comparando i dati chimici e sensoriali si conclude che:



I lieviti non determinano solo la fermentazione, ma influenzano profondamente la composizione aromatica finale.

Gli aromi derivano dalle interazioni tra il metabolismo fermentativo e la trasformazione dei composti del luppolo.

Dal confronto dei quattro ceppi di lievito ed è emerso che:

- BASE → fruttato (isoamilacetato), più ambrato e con maggiori note di caramello
- CAS → agrumato (citronellolo), ma ha anche più speziato
- US_05 → fruttato e maggiori note luppolate (geraniolo, umulene)



23 ottobre 2025



LIEVITO LOB.IT IN BIRRIFICIO!

Grazie a
Birrifico Agricolo
Podere 676



19

Ringraziamenti:

Gruppo di lavoro CREA:

Forestello
Pulcini
Tsolakis
Cravero
Petrozziello
Ragkousi
Bonello
Asproudi
Carbone



Grazie a voi per l'attenzione

<https://lobit.crea.gov.it>



PRESENTAZIONE REALIZZATA ALL'INTERNO DEL PROGETTO "LOB.IT" FINANZIATO DAL MINISTERO DELL'AGRICOLTURA, DELLA SOVRANITÀ ALIMENTARE E DELLE FORESTE D.G. N. 667550 DEL 30.12.2022



BIRRE LOW-ALCOHOL INNOVATIVE: IL CONTRIBUTO DEI LIEVITI NON-SACCHAROMYCES

V. Ragkousi¹, M. Petrozziello¹, A. Costantini¹, A. Asproudi¹, F. Bonello¹, C. Tsolakis¹, G. Forestello¹, L. Pulcini¹, M.C. Cravero¹, K. Carbone²

¹CREA, Centro di Ricerca Viticoltura ed Enologia

² Food Chemistry and Biotechnology Lab, CREA, Centro di ricerca Olivicoltura, Frutticoltura e Agrumicoltura

Stato dell'arte

Come nel settore del vino, anche il mercato della birra è in continua evoluzione, con una crescente richiesta di nuove tipologie e stili, tra cui le birre a basso o nullo contenuto alcolico. Tuttavia, come è noto, questi prodotti presentano spesso limiti dal punto di vista organolettico, risultando meno gradevoli e quindi meno accettati dai consumatori. Negli ultimi anni, però, diversi studi hanno dimostrato che questo limite può essere superato grazie all'impiego di lieviti non-*Saccharomyces*, in grado di introdurre nuovi aromi e migliorare il profilo sensoriale, offrendo così una soluzione biologica alternativa. A questo proposito sono stati impiegati alcuni lieviti della collezione del CREA per valutare la loro applicazione in un ambito nuovo. Lo scopo della ricerca è quello di: individuare e caratterizzare lieviti non convenzionali (non *Saccharomyces*) a basso potere fermentativo, idonei per la produzione di birre sperimentali *low-alcohol* e studiare l'interazione tra i lieviti e i composti aromatici del luppolo, per valorizzare la complessità sensoriale del prodotto finale.

Materiali e metodi

Dopo alcuni test su piccola scala fatti nel primo anno di progetto su 31 ceppi di lievito, ne sono stati scelti due che sono stati impiegati su scala più grande. Le fermentazioni sono state allestite utilizzando mosto di birra preparato con estratto di malto Light e luppolato con 5 g/L di Cascade (*dry-hopping*). Le fermentazioni sono state seguite per calo in peso. Al termine della fermentazione alcolica sono state condotte le analisi chimiche e sensoriali. L'analisi dei composti aromatici è stata effettuata mediante GC-MS (gascromatografia accoppiata a spettrometria di massa), dopo estrazione tramite SPME (*Solid Phase Microextraction*). L'analisi sensoriale è stata svolta da un panel di 12 degustatori del CREA. In una prima fase è stata fatta una raccolta di descrittori, successivamente è stata poi costruita una ruota personalizzata, includendo solo i descrittori più ricorrenti e ogni degustatore ha valutato l'intensità di ciascun aroma. Da questi dati è stato ricavato il profilo sensoriale di ogni prodotto.

Risultati

L'analisi GC-MS ha permesso di identificare circa 96 composti volatili, che si possono suddividere in due gruppi: composti di origine fermentativa e composti derivati dal luppolo. Questa distinzione ha consentito di valutare sia il metabolismo specifico dei lieviti sia le loro interazioni con i composti aromatici del luppolo. Il primo gruppo comprende i composti di origine

fermentativa, prodotti dai lieviti durante il processo fermentativo, la cui presenza è strettamente correlata al metabolismo specifico del ceppo utilizzato. Il secondo gruppo è costituito dagli aromi derivanti dal luppolo, la cui concentrazione non dipende unicamente dall'aggiunta in fase di produzione, ma è influenzata anche dalle interazioni specifiche tra lieviti e composti varietali nel corso della fermentazione. Dall'analisi dei dati GC-MS sugli aromi e dai dati sensoriali è emerso quanto segue: Il ceppo ISE580 presenta un profilo molto peculiare, dominato da composti di origine varietale, in particolare da monoterpeni e sesquiterpeni, ha una bassa quantità di esteri etilici classici, ma presenza di isoamil butirato e di estere dell'acido isobutil isopentanoico (46 µg/L), che conferiscono leggere note dolci e fruttate non convenzionali. Il profilo sensoriale è dominato da note speziate e botaniche, resinoso-balsamica. Il ceppo ISE1336 presenta elevate concentrazioni di esteri etilici ed esteri acetati, responsabili delle note fruttate e floreali tipiche della fermentazione. Inoltre, si caratterizza per una maggiore espressione di monoterpeni come *cis*-β-ocimene e *trans*-β-ocimene, che veicolano note agrumate, floreali leggere e una sottile componente verde, rendendolo adatto a prodotti che richiedano freschezza e moderazione aromatica, come birre chiare a bassa gradazione o fermentati da pasto. Sul piano gustativo, l'amaro è elevato, ma l'acidità e l'astringenza sono basse, determinando una struttura più debole e una persistenza inferiore rispetto agli altri ceppi. Il ceppo commerciale LA-01 mostra un profilo intermedio tra fermentativo e varietale. Produce quantità moderate di esteri etilici (fruttati ananas mela pera mango passion fruit) (57 µg/L) ed esteri acetati (fruttati e floreali pera) (90 µg/L), con alcoli superiori intorno a 197 µg/L. I monoterpeni e i sesquiterpeni sono anch'essi presenti in quantità medio-alte, ma senza eccessi. Dal punto di vista sensoriale mostra un profilo con una predominanza di note agrumate, mielate e di albicocca essiccata, che donano rotondità aromatica. Al gusto, si percepisce un amaro intenso e una bassa acidità e scarsa astringenza, con una struttura media e una buona persistenza finale.

Conclusioni

Nel complesso, questi risultati sottolineano come l'impiego di lieviti non-*Saccharomyces* possa rappresentare una strategia efficace per modulare il profilo aromatico delle birre *low-alcohol*, migliorandone la complessità e la qualità sensoriale. Pertanto, l'utilizzo di questi lieviti offre un approccio biologico innovativo e sostenibile per la diversificazione del prodotto e lo sviluppo di nuove tipologie di birra a basso tenore alcolico.

INNOVATIVE LOW-ALCOHOL BEERS: THE CONTRIBUTION OF NON-SACCHAROMYCES YEASTS

V. Ragkousi¹, M. Petrozziello¹, A. Costantini¹, A. Asproudi¹, F. Bonello¹, C. Tsolakis¹, G. Forestello¹, L. Pulcini¹, M.C. Cravero¹, K. Carbone²

¹ CREA, Centro di Ricerca Viticoltura ed Enologia

² Food Chemistry and Biotechnology Lab, CREA, Research Centre for Olive, Fruit and Citrus Crops

State of the art

As in the wine sector, the beer market is constantly evolving, with growing demand for new types and styles, including low-alcohol and non-alcoholic beers. However, as is well known, these products often have limitations from an organoleptic point of view, making them less palatable and therefore less accepted by consumers. In recent years, however, several studies have shown that this limitation can be overcome by using non-*Saccharomyces* yeasts, which can introduce new aromas and improve the sensory profile, thus offering an alternative biological solution. In this regard, some yeasts from the CREA have been used to evaluate their application in a new field. The research aims to identify and characterise unconventional (non-*Saccharomyces*) yeasts with low fermentative power, suitable for the production of experimental low-alcohol beers, and to study the interaction between yeasts and the aromatic compounds of hops, in order to enhance the sensory complexity of the final product.

Materials and methods

After conducting small-scale tests on 31 yeast strains during the first year of the project, two strains were selected for use on a larger scale. Fermentation was carried out using beer wort prepared with light malt extract and hopped with 5 g/L of Cascade (dry-hopping). Fermentations were monitored by weight loss. At the end of alcoholic fermentation, chemical and sensory analyses were carried out. The analysis of aromatic compounds was performed by GC-MS (gas chromatography coupled with mass spectrometry), after extraction by SPME (Solid Phase Microextraction). Sensory analysis was carried out by a panel of 12 tasters from CREA. In the first phase, a set of descriptors was collected, then a customised wheel was constructed, including only the most recurrent descriptors, and each taster evaluated the intensity of each aroma. The sensory profile of each product was obtained from these data.

Results

GC-MS analysis identified approximately 96 volatile compounds, which can be divided into two groups: fermentative origin compounds and hop-derived compounds. This distinction enabled assessment of strain-specific metabolism and yeast-hop interactions. The first group includes yeast-derived compounds, produced by yeasts during the fermentation process, whose presence is closely related to the specific metabolism of the strain used. The second group consists of aromas derived from hops, whose concentration does not depend solely on their

addition during production, but is also influenced by specific interactions between yeasts and varietal compounds during fermentation. Analysis of GC-MS data on aromas and sensory data revealed the following: the ISE580 strain displays a distinctive aromatic profile dominated by hop-derived compounds, particularly monoterpenes and sesquiterpenes. Although classic ethyl esters are present at low levels, it contains isoamyl butyrate and isobutyl isopentanoate, contributing subtle, atypical, sweet-fruity notes. Sensory analysis revealed dominant spicy, botanical, resinous, and balsamic notes. The ISE1336 strain has high concentrations of ethyl esters and acetate esters, which are responsible for the fruity and floral notes typical of fermentation. It also exhibits higher concentrations of monoterpenes such as *cis*- β -ocimene and *trans*- β -ocimene, which convey citrus and light floral notes and a subtle green component, making it suitable for products that require freshness and aromatic moderation, such as low-alcohol lagers or fermented beers. In terms of taste, the bitterness is high, but the acidity and astringency are low, resulting in a weaker structure and less persistence than other strains. The commercial strain LA-01 shows an intermediate profile between fermentative and varietal. It produces moderate amounts of ethyl esters (fruity pineapple, apple, pear, mango, passion fruit) (57 $\mu\text{g/L}$) and acetate esters (fruity and floral pear (90 $\mu\text{g/L}$), with higher alcohols around 197 $\mu\text{g/L}$. Monoterpenes and sesquiterpenes are also present in medium-high quantities, but without excess. From a sensory point of view, it has a profile dominated by citrus, honey and dried apricot notes, which give it an aromatic roundness. On the palate, there is intense bitterness, with low acidity and astringency, a medium structure, and good persistence on the finish.

Conclusions

Overall, these results highlight how the use of non-*Saccharomyces* yeasts can be an effective strategy for modulating the aromatic profile of low-alcohol beers, improving their complexity and sensory quality. Therefore, the use of these yeasts offers an innovative and sustainable biological approach for product diversification and the development of new types of low-alcohol beer.



lob.it
biodiversità italiana da valorizzare

Birre low-alcohol innovative: il contributo dei lieviti non-Saccharomyces


V. Ragkousi, M. Petrozziello, A. Costantini, A. Asproudi, F. Bonello, C. Tsolakis, G. Forestello, M.C. Cravero, K. Carbone

MINISTERO DELL'AGRICOLTURA
DIETA, FORESTE E PESCE
crea
UNIVERSITÀ
DI PARMA

1

Low Alcohol Beers: Definizione e Sfide



 In UE non esiste una definizione ufficiale di birra low- o no-alcohol.
Secondo il Reg. (UE) 1169/2011, le bevande con <1.2% vol. **non devono indicare il contenuto alcolico in etichetta.**



Spesso presentano **problemi organolettici** e scarsa accettazione da parte dei consumatori.

(Statista Research Department, 2019), (Porretta & Donaldini, 2008; Sohrabvandi et al., 2010), (Porretta & Donaldini, 2008)



Lieviti non-Saccharomyces
recenti studi mostrano che possono **introdurre nuovi aromi** e **migliorare il profilo sensoriale** delle birre low- e no-alcohol, offrendo una soluzione naturale e più accettata dai consumatori.

(Piornos, J. A.; et.al,2024)





SCAN ME!

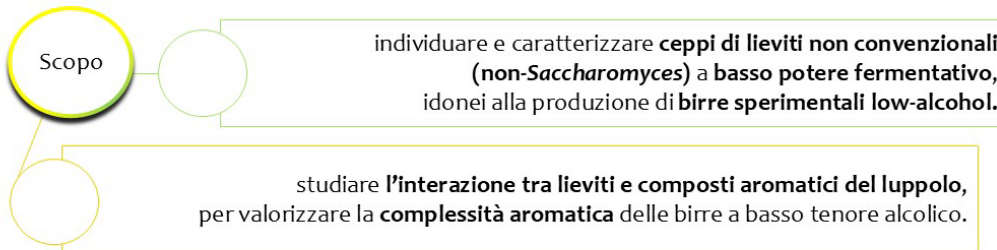


Collezione di Microorganismi di ambiente Viticolo-Enologico (CREA-CMVE)
Del Vino- Istituto Sperimentale per l'Enologia CNLBSV-ISE"

1490 yeast isolates				280 bacteria				15 bacteriophages					
Aerobasidium pulchrum ISE 1575 mic	Brettanomyces bruxellensis ISE 1476 mic	Candida catenella ISE 1593 mic	Candida glabrata ISE 1478 mic	Candida guilliermondii ISE 311 mic	Candida stellata ISE 1509 mic	Cryptococcus laurentii ISE 1577 mic	Cryptococcus keesleri ISE 1577 mic	Kazachstanica erugai ISE 1451 mic	Kluyveromyces fragilis ISE 1500 mic	Kluyveromyces fragilis ISE 1500 mic	Kluyveromyces fragilis ISE 1500 mic	Kluyveromyces fragilis ISE 1500 mic	Kluyveromyces fragilis ISE 1500 mic

Questa collezione rappresenta un vasto database di biodiversità, costruito nel corso di decenni di lavoro e disponibile per la creazione di prodotti unici.

È fondamentale per promuovere innovazioni di processo nella produzione artigianale di birra, studiando le interazioni tra luppolo e lievito per produrre birre con un alto potenziale aromatico.



Attività sperimentali e analisi eseguite

1. Prove preliminari su piccola scala

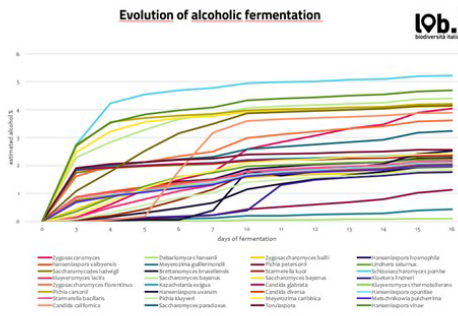
2. Seconda prova tecnologica (su 7 ceppi selezionati)

3. Prove su scala 4 litri

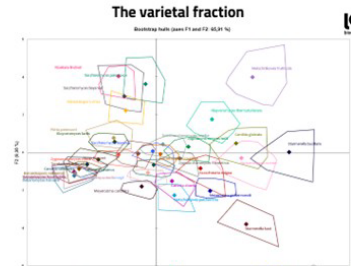
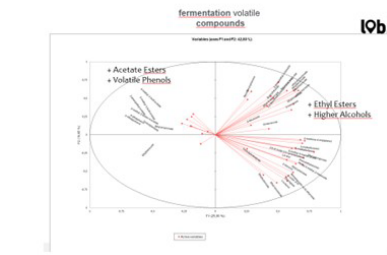
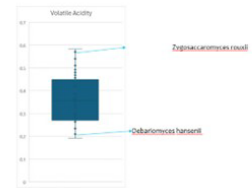


1. Prove preliminari su piccola scala

- Testati 31 ceppi non convenzionali della collezione CMVE + 2 ceppi commerciali.
- Monitorati: andamento fermentativo, acidità volatile e totale, contenuto alcolico, densità finale.
- Analisi aromatica (GC-MS)/SMPE
- Selezione dei ceppi a ridotta capacità fermentativa e profilo chimico/aromatico interessante



Volatiles acidity



2. Seconda prova tecnologica (su 7 ceppi selezionati)

- Fermentazione in mosto con luppolo Cascade (5 g/L) a 25°C per 15 giorni.
- Analizzati parametri chimico-fisici finali e contenuto alcolico.



Ceppi	Nome	Alcol prodotto
273	Debariomyces hansenii	0,14
310	Meyerozima guillemontii	0,47
580	Stamerella kuoi	1,49
1336	Kloekera lindneri	1,49
1580	Meyerozima caribbica	1,08
1584	Metschinowia pulcherrima	1,15



Materiali e metodi

Preparazione ed analisi dei fermentati

Fermentazioni su scala di laboratorio: 4L

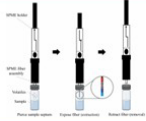
1. I lieviti sono stati precultivati nel brodo YEPE e inoculati a 1×10^6 cellule/ml.
2. Il mosto è stato preparato utilizzando l'estratto leggero (Birramia) preparato secondo le istruzioni del produttore
3. 5 g/L di luppolo Cascade (pellet) sono stati aggiunti
4. Fermentazioni monitorate tramite perdita di peso.
5. Al termine della fermentazione le birre sono state imbottigliate e tappate con un tappo a corona.

Materiali e Metodi



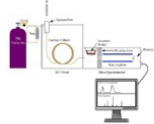
Preparazione dei campioni

- Diluzione dei campioni di birra al **40% con acqua**.
- Aggiunta di **2 g di sale** e **standard interno di eptanoato di etile**.



Estrazione SPME

- Fibra: **DVB/CAR/PDMS 50/30 µm**.
- Estrazione a **35 °C per 30 minuti**.



Analisi GC-MS

- Analisi della **frazione aromatica volatile** mediante **GC-MS** (gascromatografia accoppiata a spettrometria di massa).
- Campioni precedentemente estratti tramite SPME.

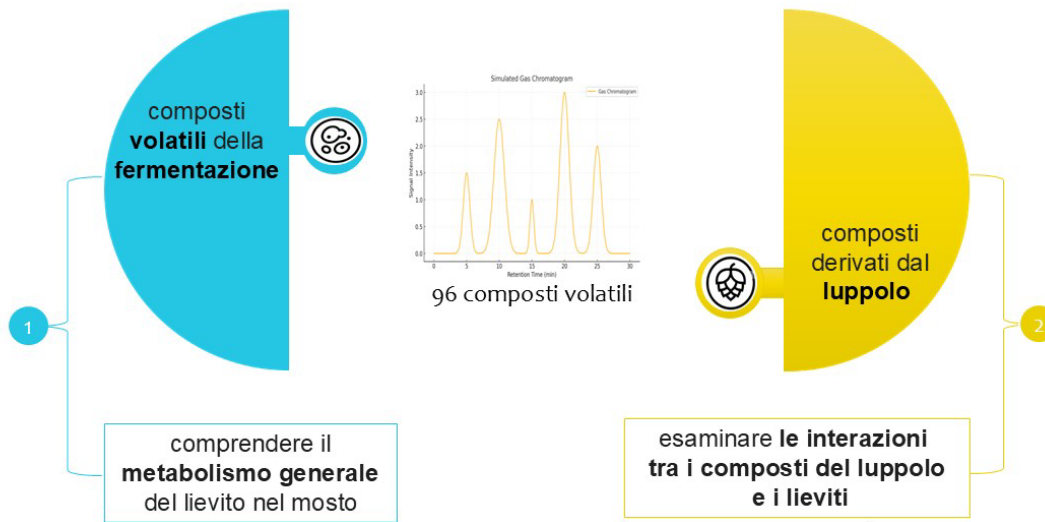


Analisi statistica

- Dati elaborati con **analisi multivariata**.
- Obiettivo: identificare **tendenze nella produzione di composti volatili chiave** e le **interazioni con precursori del luppolo**.

Risultati

Analisi aromatica



Composti Varietali

2-decanone	Chetoni	luppolo	β-10-DEHYDRO-ISOLONGIFOLENE	Sesquiterpene	luppolo
2-nonanone	Chetoni	luppolo	alpha-Bergamotene	Sesquiterpeni	luppolo
6-METHYL-5-HEPTEN-2-ONE	Chetoni	luppolo	alpha-Gurjunene	Sesquiterpeni	luppolo
Undecanone	Chetoni	luppolo	α-selinene	Sesquiterpeni	luppolo
α-pipene	monoterpene	luppolo	α-cadinene	Sesquiterpeni	luppolo
α-phellandrene	monoterpene	luppolo	α-calacorene	Sesquiterpeni	luppolo
α-terpineol	monoterpene	luppolo	α-humulene	Sesquiterpeni	luppolo
BETA-PHELLANDRENE	monoterpene	luppolo	ALPHA-FARNESENE	Sesquiterpeni	luppolo
Camphene	monoterpene	luppolo	alpha-amorphene	Sesquiterpeni	luppolo
cis-β-Ocimene	monoterpene	luppolo	alpha-copaene	Sesquiterpeni	luppolo
citronellol	monoterpene	luppolo	alpha-muurolene	Sesquiterpeni	luppolo
geraniol	monoterpene	luppolo	AROMADENDRENE	Sesquiterpeni	luppolo
g-Terpinene	monoterpene	luppolo	β-cadinene	Sesquiterpeni	luppolo
Limonene	monoterpene	luppolo	β-Caryophyllene	Sesquiterpeni	luppolo
Linalool	monoterpene	luppolo	Beta-Bisabolene	Sesquiterpeni	luppolo
METHYL GENARATE	monoterpene	luppolo	beta-patchoulene	Sesquiterpeni	luppolo
p-cymene	monoterpene	luppolo	β-guaiene	Sesquiterpeni	luppolo
β-Myrcene	monoterpene	luppolo	β-selinene	Sesquiterpeni	luppolo
TERPINEN-4-OL	monoterpene	luppolo	cadalin	Sesquiterpeni	luppolo
Terpinolene	monoterpene	luppolo	cadina-1,4-diene	Sesquiterpeni	luppolo
trans-isolimonene	monoterpene	luppolo	caryophyllene oxide	Sesquiterpeni	luppolo
trans-β-Ocimene	monoterpene	luppolo	Caryophyllenyl alcohol	Sesquiterpeni	luppolo
b-damascenone	Norisoprenoidi	luppolo	cis-calamenene	Sesquiterpeni	luppolo
b-ionone	Norisoprenoidi	luppolo	CIS-CARYOPHYLLENE	Sesquiterpeni	luppolo
			Cubene	Sesquiterpeni	luppolo
			d-cadinene	Sesquiterpeni	luppolo
			EPIZONARENE	Sesquiterpeni	luppolo
			g-muurolene	Sesquiterpeni	luppolo
			T-MUUROLOL	Sesquiterpeni	luppolo
			trans-β-Farnesene	Sesquiterpeni	luppolo
			ylangene	Sesquiterpeni	luppolo
			cis-linalool oxide	Terpenoidi	luppolo
			trans-linalool oxide	Terpenoidi	luppolo



Composti Fermentativi

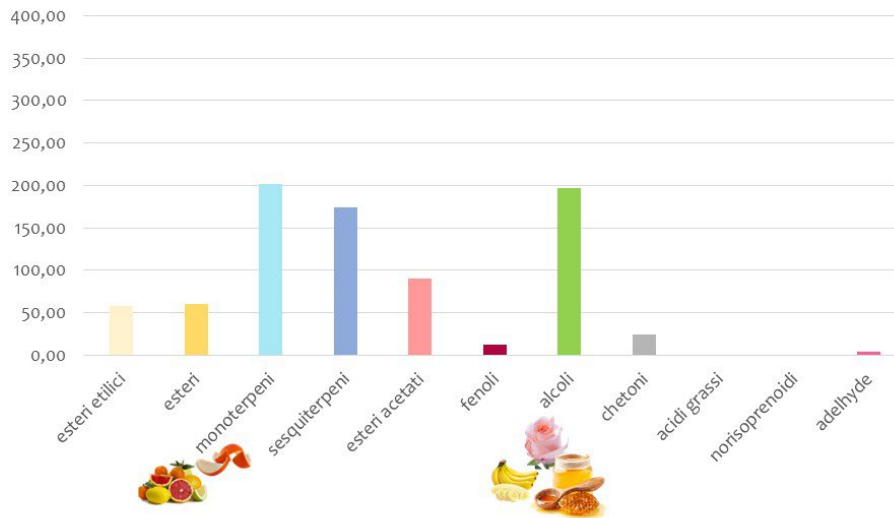


Decanoic acid	Acidi grassi	ferment.	ethyl benzoate	Esteri etilici	ferment.
dodecanoic acid	Acidi grassi	ferment.	ethyl dodecanoate (c12)	Esteri etilici	ferment.
1-octanol	Alcoli superiori	ferment.	ETHYL ISOBUTYRATE	Esteri etilici	ferment.
1-octen-3-ol	Alcoli superiori	ferment.	ethyl isovalerate	Esteri etilici	ferment.
2-decanol	Alcoli superiori	ferment.	ethyl myristate (c14)	Esteri etilici	ferment.
2-methylbutanol (Isoamyl alcohol is 2)	Alcoli superiori	ferment.	Ethyl palmitate (c16)	Esteri etilici	ferment.
2-methylpropanol	Alcoli superiori	ferment.	Ethyl pelargonato	Esteri etilici	ferment.
2-nonanol	Alcoli superiori	ferment.	Ethyl propionate	Esteri etilici	ferment.
3-methylbutanol (Isoamyl alcohol is 1)	Alcoli superiori	ferment.	ethyl salicylate	Esteri etilici	ferment.
Phenylethylalcohol	Alcoli superiori	ferment.	Ethyl tiglate	Esteri etilici	ferment.
3-methylbutanal	aldehyde	ferment.	ethyl-9-decenoate	Esteri etilici	ferment.
Benzaldehyde (CAS)	aldehyde	ferment.	Ethylbutanoate	Esteri etilici	ferment.
AMYL ISOVALERATE	esteri	ferment.	Ethyldecanoate	Esteri etilici	ferment.
Geranylisobutyrate	Esteri	ferment.	Ethylhexanoate	Esteri etilici	ferment.
ISO AMYL BUTYRATE	esteri	ferment.	Ethyloctanoate	Esteri etilici	ferment.
SOBUTYL ISOPENTANOIC ACID ESTER -i	esteri	ferment.	ethyl-trans-4-decenoate**	Esteri etilici	ferment.
Octanoic acid, 2-phenylethyl ester	Esteri	ferment.	isobutyl octanoate	Esteri etilici	ferment.
Phenetyl Butyrate	Esteri	ferment.	2-methoxy-4-vinylphenol	Fenoli	ferment.
2-methyl-1-butyl acetate (Isoamylac)	Esteri Acetati	ferment.	4-ethylphenol	Fenoli	ferment.
2-phenylethyl acetate	Esteri Acetati	ferment.	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy, p-Ethylguaia	Fenoli	ferment.
3-methyl-1-butyl acetate (Isoamylac)	Esteri Acetati	ferment.			
3-methyl-2-buten-ol acetate	Esteri Acetati	ferment.			
4-Ethylphenyl acetate	Esteri Acetati	ferment.			
Citronellyl acetate	Esteri Acetati	ferment.			
GERANYL ACETATE	Esteri Acetati	ferment.			
isobutylacetate	Esteri Acetati	ferment.			
isobutylisobutyrate	Esteri Acetati	ferment.			



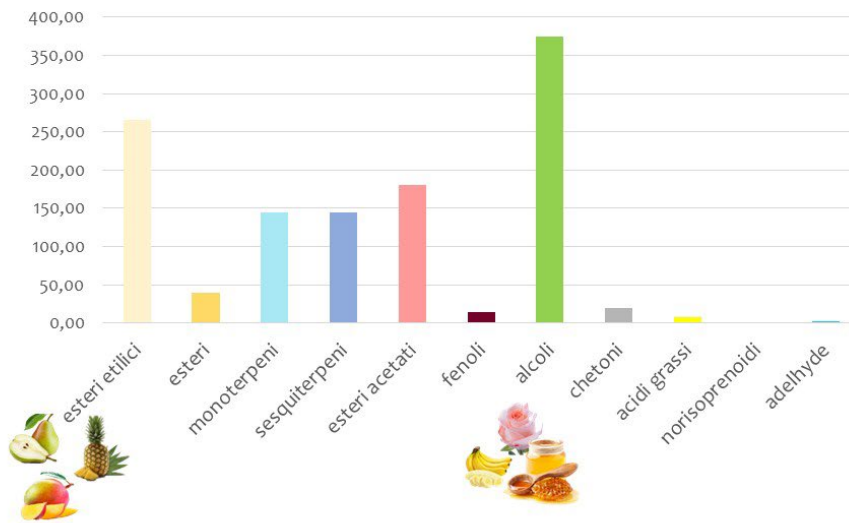
13

LA_01_

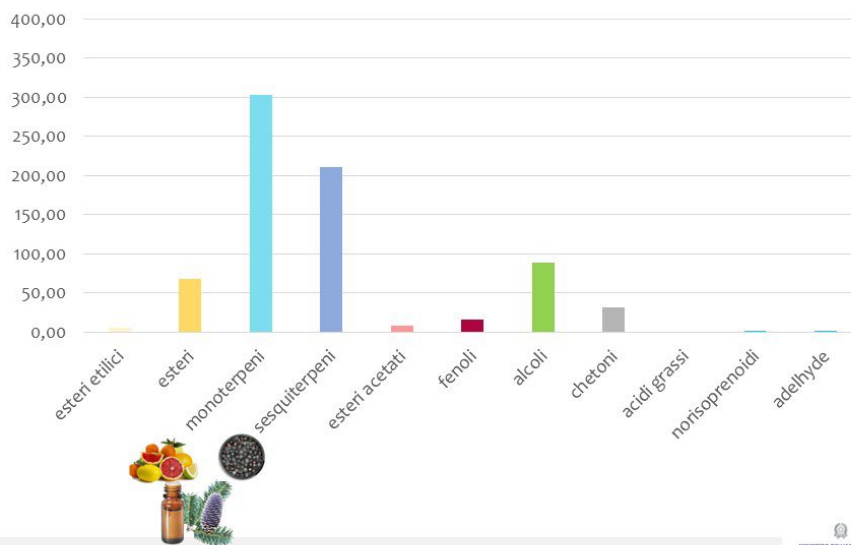


14

1336_Kloeckera lindneri

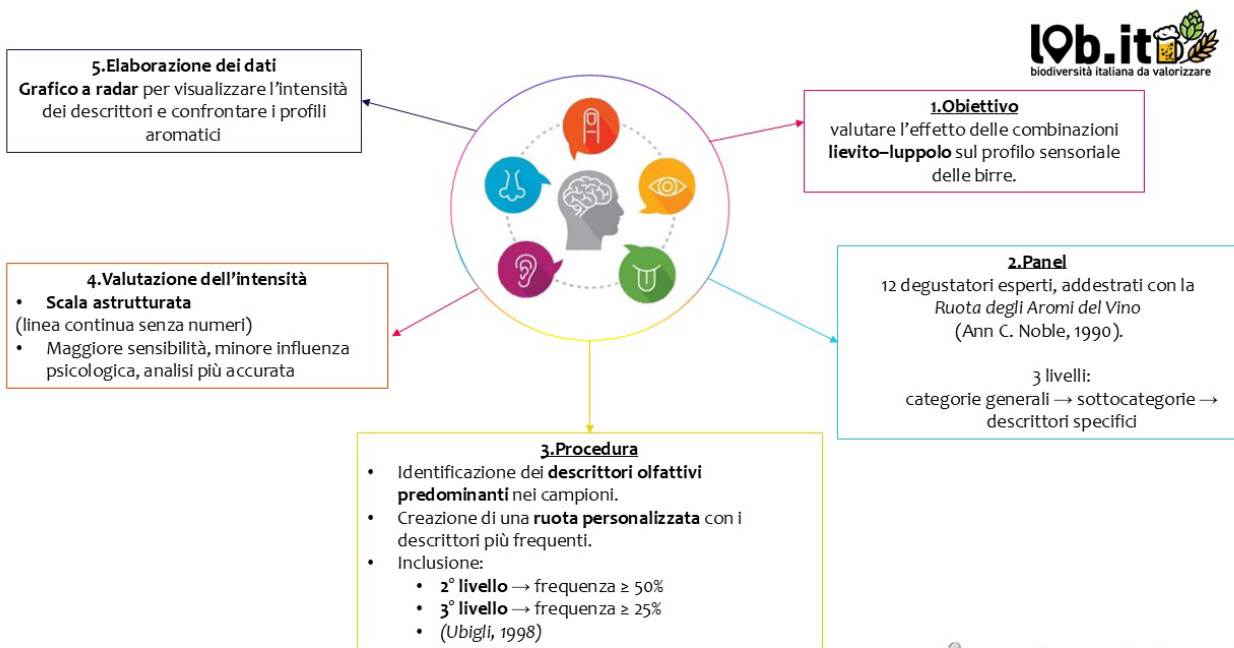


580_Starmerella kuoi



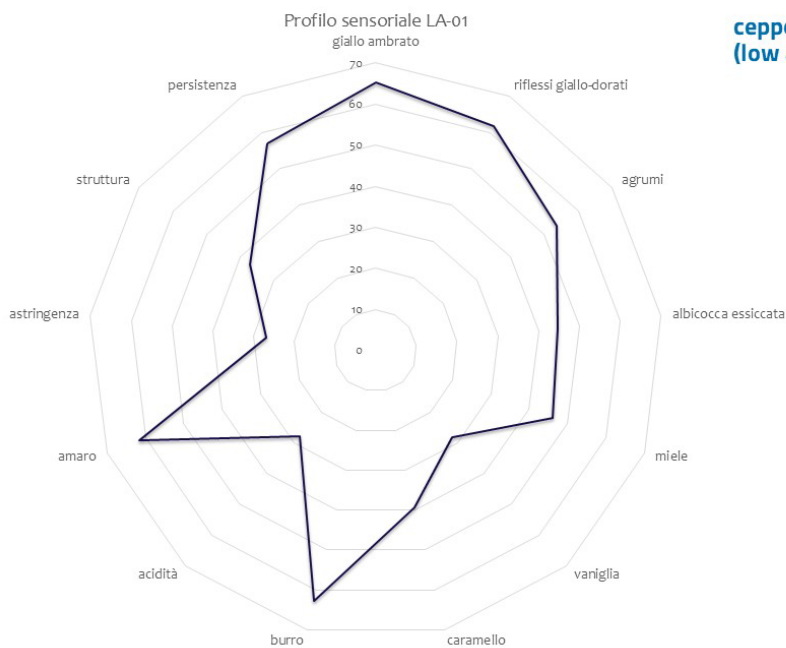
Materiali e metodi

Analisi sensoriale



Risultati

Analisi sensoriale



ceppo commerciale LA-01 (low alcohol)



Aspetto visivo: tonalità **giallo ambrato** con **riflessi giallo dorati** di elevata intensità

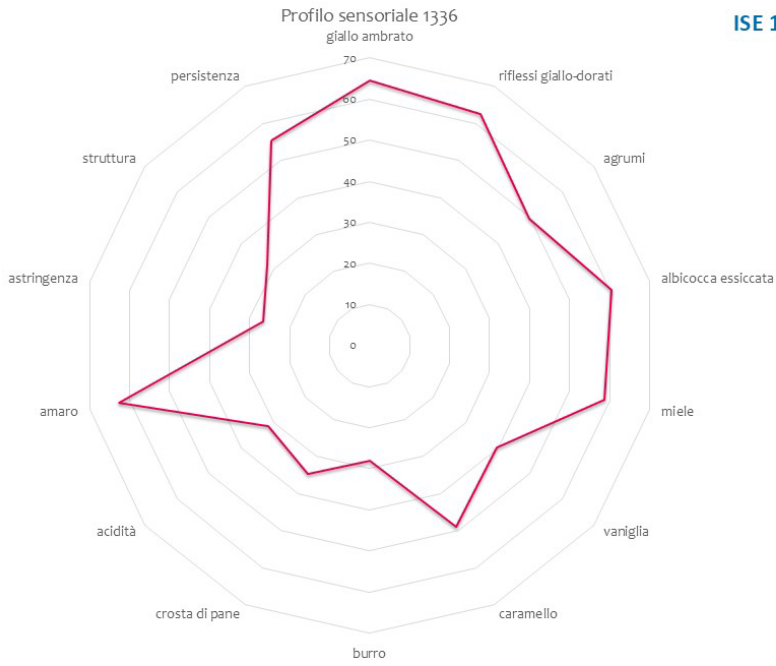


Aromi principali: spiccano **agrumi, miele, burro**



Sensazioni gustative:

- **Amaro:** intenso e **acidità:** contenuta
- **Astringenza:** bassa
- **Struttura e persistenza:** media struttura con buona persistenza



ISE 1336 (Kloeckera lindneri)



Aspetto visivo: tonalità **giallo ambrato** con **riflessi giallo dorati** di elevata intensità

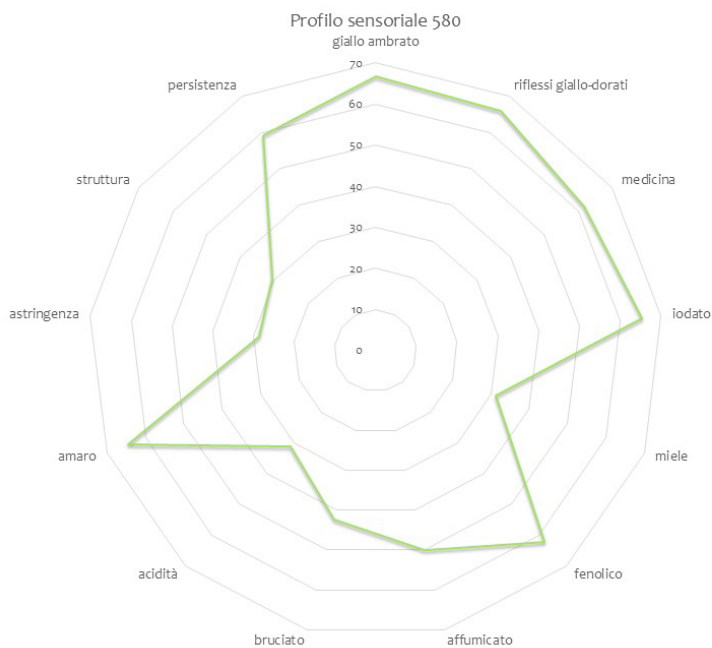


Aromi principali: spiccano l' **albicocca essiccata, miele, caramello, note caramelizzate**



Sensazioni gustative:

- **Amaro:** elevata e **acidità:** bassa
- **Astringenza:** bassa
- **Struttura e persistenza:** scarsa struttura con bassa persistenza rispetto agli altri



ISE 580 (Starmerella kuoi)



Aspetto visivo: tonalità **giallo ambrato** con **riflessi giallo dorati** di alta intensità



Aromi principali: spiccano aromi **fenolici, la medicina, iodato, affumicato**



Sensazioni gustative:

- **Amaro:** piu elevato rispetto agli altri e **acidità:** bassi
- **Astringenza:** bassa
- **Struttura e persistenza:** media struttura con buona persistenza



Conclusioni



Stamerella kuoi

580

aroma **resinoso, balsamico e leggermente affumicato**, dovuto all'elevata presenza di **terpeni** come **β -myrcene, limonene** e **sesquiterpeni** come **α -humulene (81 $\mu\text{g/L}$)**.

La **bassa concentrazione di composti fermentativi** (esteri e alcoli superiori) riduce le note fruttate e floreali, generando un profilo più **vegetale e terroso**, percepito in parte come **sgradevole o sbilanciato**.

Kloeckera lindneri

1336

pur non presentando la massima intensità olfattiva, offre la **maggior complessità aromatica**, grazie alla presenza di **esteri etilici** (ethyl butanoate, hexanoate e octanoate) che apportano **aromi fruttati dolci** e rappresenta uno dei ceppi più equilibrati e aromatici del gruppo.



23

Conclusioni



1

L'impiego di lieviti non-*Saccharomyces* si è **dimostrato efficace nel modulare il profilo aromatico delle birre low-alcohol**, conferendo maggiore complessità e varietà sensoriale.

2

In particolare, la diversa produzione di esteri, terpeni e alcoli ha evidenziato come ciascun ceppo contribuisca con note distinte — da quelle fruttate e floreali a quelle resinose — **offrendo un approccio biologico innovativo** per la diversificazione e il miglioramento qualitativo del prodotto.



24



Maurizio Petrozziello



Andriani Asproudi



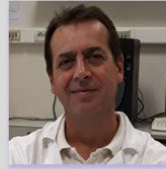
Federica Bonello



Vasiliki Ragkousi



Antonella Costantini



Christos Tsolakis



Katya Carbone



THANK YOU
FOR YOUR
ATTENTION

Vasiliki Ragkousi

PRESENTAZIONE REALIZZATA ALL'INTERNO DEL PROGETTO
"LOB.IT" FINANZIATO DAL MINISTERO DELL'AGRICOLTURA,
DELLA SOVRANITÀ ALIMENTARE E DELLE FORESTE D.G. N.
667550 DEL 30.12.2022



BIRRE SENZA GLUTINE E A BASSO CONTENUTO ALCOLICO: UN'ANALISI SULLE RICERCHE ONLINE IN ITALIA

P. Chinnici¹, F. Licciardo²

¹ Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali, Università Degli Studi di Palermo

² CREA, Centro di Ricerca Politiche e Bioeconomia

Stato dell'arte

Il mercato birrario italiano è attualmente caratterizzato da una significativa fase di cambiamento nelle preferenze e abitudini di consumo. La presenza di oltre mille tra birrifici, microbirrifici e *brewpub* contribuisce in modo rilevante alla diversificazione dell'offerta, favorendo l'introduzione di nuovi stili produttivi e di prodotti di nicchia. In tale contesto, le birre a basso o nullo contenuto alcolico (NABLAB) rappresentano il 2,1% dei consumi totali, registrando una crescita del 13,4% rispetto al 2023, sostenuta da un progressivo cambiamento culturale orientato verso modelli di consumo più responsabili e da un crescente interesse per prodotti percepiti come salutistici. Parallelamente, il consolidarsi di abitudini alimentari più attente al benessere, unitamente alle esigenze mediche legate alla celiachia e alla sensibilità al glutine, hanno determinato per i prodotti senza glutine tassi di crescita compresi tra il 15% e il 40% annuo, riflettendo un interesse crescente anche nei confronti delle birre appartenenti a questa categoria (AssoBirra, 2024; De Pascale et al., 2023; Maior et al., 2024).

Questo studio analizza l'evoluzione dell'interesse dei consumatori italiani verso queste categorie, verificando se le dinamiche reali di mercato trovino riscontro nelle ricerche online. Attraverso un approccio combinato che integra Google Trends e SEOZoom, l'indagine propone un *framework* metodologico innovativo per interpretare le intenzioni di ricerca e supportare le strategie di pianificazione e vendita nel settore.

Metodologia

La metodologia adottata è stata articolata in tre fasi distinte e complementari, finalizzate alla raccolta, analisi e interpretazione dei dati relativi all'interesse dei consumatori verso le birre senza glutine (GFB) e le birre a basso o nullo contenuto alcolico (NABLAB).

Analisi Google Trends

La prima fase ha previsto l'utilizzo di Google Trends per studiare i comportamenti di ricerca online lungo un arco temporale di ventuno anni (2004-2025), potendo comprenderne la dinamica dell'interesse nel tempo (Mavragani et al., 2018). Attraverso un ciclo iterativo di interrogazioni volto ad analizzare e comparare i termini di ricerca, sono state identificate le *keyword* maggiormente rilevanti e rappresentative per le ricerche online delle due categorie di prodotto oggetto di studio. Le *keyword* selezionate sono state "birra senza glutine" e "birra a basso/nullo contenuto alcolico", risultate essere quelle caratterizzate dalla maggiore frequenza

relativa, dalla più elevata coerenza semantica e da una struttura temporale adeguata alle successive fasi di modellizzazione.

Analisi delle serie temporali

La seconda fase dell'indagine ha previsto l'applicazione di un'analisi delle serie storiche basata sui volumi di ricerca ottenuti tramite Google Trends. Nello specifico, è stato adottato un modello di decomposizione moltiplicativa, particolarmente indicato nei casi in cui le serie mostrino un andamento crescente nel tempo e una ciclicità riconducibile alla stagionalità delle ricerche. Tale approccio ha consentito di isolare le componenti di *trend*, stagionalità e variabilità irregolare dei dati analizzati. Il modello applicato si è dimostrato adeguato all'analisi di entrambe le *keyword* selezionate. Inoltre, un'analisi previsionale a cinque anni è stata condotta al fine di stimare il potenziale interesse futuro (Hrytsenko et al., 2024).

Analisi SEOZoom

Infine, l'approccio quantitativo è stato integrato da un'indagine qualitativa tramite il software SEOZoom, tool di *marketing* specifico per il web analytics e SEO monitoring italiano. L'obiettivo di questa fase è stato quello di approfondire la struttura della domanda degli utenti, valutandone la competitività digitale e identificando i principali *driver* cognitivi che orientano le ricerche (Al-Haraizah et al., 2025).

Risultati

Birre Low- e No-Alcohol (NABLAB)

I dati mostrano un settore estremamente dinamico, dominato da una stagionalità marcata: durante i mesi estivi, l'interesse cresce oltre il 50% rispetto alla media annuale. Le proiezioni fino al 2030 confermano che non si tratta di una moda passeggera, ma di un consolidamento strutturale legato a stili di vita più sani. Dal punto di vista qualitativo, l'utente medio non cerca il prodotto solo per l'acquisto, ma ha un forte bisogno informativo. Le ricerche si concentrano su salute, gravidanza, calorie e normative. Di conseguenza, su Google vengono maggiormente visitati i siti che offrono contenuti dettagliati, i quali riescono a superare in visibilità anche domini con un'autorità generale superiore, ma provvisti di contenuto semantico meno specifico.

Birre senza glutine (GFB)

Anche per le birre senza glutine il trend è in costante ascesa, sostenuto sia da necessità mediche (celiachia) che da scelte salutiste, con picchi stagionali estivi analoghi a quelli delle NABLAB. Tuttavia, cambia radicalmente l'intenzione di ricerca: qui la competizione digitale è altissima (oltre 8 milioni di pagine) e l'utente è molto più pratico e tecnico. Le *query* sono prevalentemente transazionali, volte cioè a trovare punti vendita o marchi specifici, oppure tecniche, focalizzate su ingredienti, processi produttivi e certificazioni. Le mappe semantiche suggeriscono una forte presenza di interrogativi riguardanti ingredienti e lieviti utilizzati, procedure produttive atte a garantire l'assenza di contaminazioni, certificazioni e normative di riferimento. Anche in questo

caso, la precisione semantica è la chiave del successo: i siti specializzati che rispondono a questi dubbi tecnici ottengono i posizionamenti migliori.

Conclusioni

Lo studio conferma la validità del *framework* metodologico integrato, che combina l'analisi quantitativa dei volumi di ricerca con l'indagine semantica qualitativa, quale strumento predittivo per i mercati emergenti nel settore birrario. I risultati evidenziano come l'interesse verso le categorie NABLAB e GFB non sia episodico, bensì caratterizzato da una crescita strutturale destinata a consolidarsi nel medio-lungo periodo. Tali evidenze quantitative trovano conferma nell'analisi qualitativa delle ricerche online, che ha permesso di comprendere in modo più approfondito le motivazioni, i dubbi e le percezioni dei consumatori. Per le birre NABLAB, emerge una domanda informativa particolarmente articolata, orientata a temi quali la salute, le calorie, la gravidanza e la normativa; per le birre gluten-free, prevalgono invece interrogativi legati agli ingredienti, alla produzione, alla sicurezza alimentare e alle certificazioni.

Un risultato trasversale di particolare rilevanza è la centralità della pertinenza semantica nella definizione della visibilità online: numerosi siti specializzati, spesso con livelli di autorevolezza relativamente modesti, riescono a ottenere ottimi posizionamenti nella SERP grazie alla qualità e alla precisione dei contenuti. Ciò porta a ritenere che, nei mercati emergenti legati alle categorie di birra in fase di consolidazione, la competizione digitale sia guidata meno dalla notorietà del brand e più dalla capacità di rispondere in modo puntuale alle esigenze informative dei consumatori.

Nel complesso, la ricerca dimostra come l'analisi dei dati digitali possa costituire uno strumento utile per monitorare e anticipare le tendenze del mercato, fornendo indicazioni operative per produttori, distributori e microbirrifici. L'approccio è replicabile in altri segmenti del settore agroalimentare e più in generale nel beverage, rivelandosi un contributo potenzialmente significativo per lo sviluppo di strategie di *marketing data-driven* e per l'osservazione continua delle preferenze emergenti dei consumatori (Chinnici et al., 2025).

Bibliografia

Al-Haraizah, A., Abdelfattah, F. A., Rehman, S. U., Ismaeel, B., Mufleh, M., & Omeish, F. Y. (2025). The impact of search engine optimization and website engagement towards customer buying behaviour. *Global Knowledge, Memory and Communication*. <https://doi.org/10.1108/GKMC-06-2024-0347>

AssoBirra. Annual Report 2024. 2025. Available online: <https://www.assobirra.it/annual-report-assobirra/> (accessed on 20 July 2025).

Chinnici, P., Carbone, K., & Licciardo, F. (2025). Digital Trends in the Italian Beer Market: A Time-Series and Search Engine Optimisation Analysis of Gluten-Free and Low/No-Alcohol Beers. *Foods*, 14(21), 3789. <https://doi.org/10.3390/foods14213789>

De Pascale, A., Lanfranchi, M., Zanchini, R., Giannetto, C., D'Amico, M., & Di Vita, G. (2023). Craft beer preferences among digitarians in Italy. *International Journal of Wine Business Research*, 36(2), 207–229. <https://doi.org/10.1108/IJWBR-04-2023-0022>

Hrytsenko, L., Krawczyk, D., Derkach, L., & Kolomiiets, S. (2024). The Role of Smart City in Achieving Sustainable Development: Google Trends Analysis and Exponential Time Series Smoothing Models. *Business Ethics and Leadership*, 8(1), 190–202. [https://doi.org/10.61093/bel.8\(1\).190-202.2024](https://doi.org/10.61093/bel.8(1).190-202.2024)

Maior, L., Sola, I., Lacerda, L., Demiate, I., Alberti, A., & Nogueira, A. (2024). Current Facts about Gluten-Free Beverages (pp. 98–113). <https://doi.org/10.1201/9781003402800-4>

Mavragani, A., Ochoa, G., & Tsagarakis, K. P. (2018). Assessing the Methods, Tools, and Statistical Approaches in Google Trends Research: Systematic Review. *J Med Internet Res*, 20(11), e270. <https://doi.org/10.2196/jmir.9366>

GLUTEN-FREE AND LOW-ALCOHOL BEERS: AN ANALYSIS OF ONLINE SEARCHES IN ITALY

P. Chinnici¹, F. Licciardo²

¹Department of Agricultural, Food and Forest Sciences, University of Palermo

²CREA, Research Centre for Agricultural Policies and Bioeconomy

State of the art

The Italian beer market is currently undergoing a significant transformation in consumer preferences and consumption habits. The presence of more than one thousand breweries, microbreweries, and brewpubs has substantially contributed to product diversification, fostering the introduction of new production styles and niche products. Within this context, low- and no-alcohol beers (NABLAB) account for 2.1% of total consumption, registering a growth rate of 13.4% compared to 2023. This trend is driven by a gradual cultural shift towards more responsible consumption patterns and by increasing interest in products perceived as healthier. At the same time, the consolidation of health-conscious dietary habits, together with medical needs related to coeliac disease and gluten sensitivity, has led to annual growth rates ranging from 15% to 40% for gluten-free products, reflecting a rising interest in gluten-free beers as well (AssoBirra, 2024; De Pascale et al., 2023; Maior et al., 2024).

This study analyses the evolution of Italian consumers' interest in these categories, assessing whether real market dynamics are reflected in online search behaviour. By adopting an integrated approach that combines Google Trends and SEOZoom, the research proposes an innovative methodological framework to interpret search intentions and support planning and sales strategies in the beer sector.

Methodology

The adopted methodology was structured into three distinct and complementary phases aimed at collecting, analysing, and interpreting data related to consumer interest in gluten-free beers (GFB) and low- and no-alcohol beers (NABLAB).

Google Trends Analysis

The first phase involved the use of Google Trends to analyse online search behaviour over a twenty-one-year period (2004–2025), enabling an assessment of interest dynamics over time (Mavrangani et al., 2018). Through an iterative query process designed to analyse and compare search terms, the most relevant and representative keywords for the two product categories were identified. The selected keywords were “gluten-free beer” and “low/no-alcohol beer”, as they demonstrated the highest relative frequency, strong semantic coherence, and an appropriate temporal structure for subsequent modelling phases.

Time Series Analysis

The second phase consisted of time series analysis based on search volumes obtained from Google Trends. Specifically, a multiplicative decomposition model was applied, particularly suitable for series showing a long-term upward trend combined with seasonal cyclical patterns. This approach allowed the isolation of trend, seasonality, and irregular components within the analysed data. The applied model proved to be appropriate for both selected keywords. In addition, a five-year forecast analysis was conducted to estimate potential future interest (Hrytsenko et al., 2024).

SEOZoom Analysis

Finally, the quantitative approach was complemented by a qualitative investigation conducted using SEOZoom software, an Italian web analytics and SEO monitoring tool. The aim of this phase was to explore the structure of user demand, assess digital competitiveness, and identify the main cognitive drivers shaping search behaviour (Al-Haraizah et al., 2025).

Results

Low- and No-Alcohol Beers (NABLAB)

The data reveal an extremely dynamic sector characterised by strong seasonality: during the summer months, interest increases by more than 50% compared to the annual average. Projections up to 2030 confirm that this trend is not a passing fad, but rather a structural consolidation linked to healthier lifestyles.

From a qualitative perspective, the average user does not search solely for purchasing purposes but shows a strong informational need. Searches are mainly focused on health, pregnancy, calorie content, and regulations. Consequently, websites offering detailed and specialised content tend to achieve higher visibility on Google, often outperforming domains with greater general authority but less specific semantic relevance.

Gluten-Free Beers (GFB)

Interest in gluten-free beers also shows a steadily increasing trend, driven both by medical needs (coeliac disease) and by health-oriented consumption choices, with summer seasonal peaks similar to those observed for NABLAB products. However, search intentions differ substantially. Digital competition in this segment is extremely high (over 8 million indexed pages), and users display a more practical and technical approach.

Queries are predominantly transactional, aimed at finding retailers or specific brands, or technical, focusing on ingredients, production processes, and certifications. Semantic maps highlight a strong presence of questions related to ingredients and yeasts used, production procedures designed to prevent contamination, and relevant certifications and regulations.

Once again, semantic precision proves to be a key success factor: specialised websites that effectively address these technical concerns achieve the best search engine rankings.

Conclusions

The study confirms the validity of the integrated methodological framework combining quantitative analysis of search volumes with qualitative semantic investigation as a predictive tool for emerging markets within the beer sector. The results demonstrate that interest in NABLAB and GFB categories is not episodic, but rather characterised by structural growth likely to consolidate in the medium to long term. These quantitative findings are reinforced by qualitative analysis, which provides deeper insights into consumer motivations, concerns, and perceptions. For NABLAB beers, demand is strongly information-oriented, focusing on health, calorie content, pregnancy, and regulations; for gluten-free beers, queries mainly concern ingredients, production processes, food safety, and certifications.

A cross-cutting and particularly relevant result is the central role of semantic relevance in determining online visibility. Numerous specialised websites, often with relatively modest domain authority, achieve strong search engine rankings thanks to the quality and precision of their content. This suggests that, in emerging and consolidating beer market segments, digital competition is driven less by brand notoriety and more by the ability to respond accurately to consumers' informational needs. Overall, the research demonstrates how digital data analysis can serve as a valuable tool for monitoring and anticipating market trends, providing actionable insights for producers, distributors, and microbreweries. The proposed approach is replicable across other segments of the agri-food sector and, more broadly, within the beverage industry, offering a potentially significant contribution to the development of data-driven marketing strategies and the continuous observation of emerging consumer preferences (Chinnici et al., 2025).

References

- Al-Haraizah, A., Abdelfattah, F. A., Rehman, S. U., Ismaeel, B., Mufleh, M., & Omeish, F. Y. (2025). The impact of search engine optimization and website engagement towards customer buying behaviour. *Global Knowledge, Memory and Communication*. <https://doi.org/10.1108/GKMC-06-2024-0347>
- AssoBirra. Annual Report 2024. 2025. Available online: <https://www.assobirra.it/annual-report-assobirra/> (accessed on 20 July 2025).
- Chinnici, P., Carbone, K., & Licciardo, F. (2025). Digital Trends in the Italian Beer Market: A Time-Series and Search Engine Optimisation Analysis of Gluten-Free and Low/No-Alcohol Beers. *Foods*, 14(21), 3789. <https://doi.org/10.3390/foods14213789>
- De Pascale, A., Lanfranchi, M., Zanchini, R., Giannetto, C., D'Amico, M., & Di Vita, G. (2023). Craft beer preferences among digitarians in Italy. *International Journal of Wine Business Research*, 36(2), 207–229. <https://doi.org/10.1108/IJWBR-04-2023-0022>
- Hrytsenko, L., Krawczyk, D., Derkach, L., & Kolomiiets, S. (2024). The Role of Smart City in Achieving Sustainable Development: Google Trends Analysis and Exponential Time Series Smoothing Models. *Business Ethics and Leadership*, 8(1), 190–202. [https://doi.org/10.61093/bel.8\(1\).190-202.2024](https://doi.org/10.61093/bel.8(1).190-202.2024)
- Maior, L., Sola, I., Lacerda, L., Demiate, I., Alberti, A., & Nogueira, A. (2024). *Current Facts about Gluten-Free Beverages* (pp. 98–113). <https://doi.org/10.1201/9781003402800-4>
- Mavragani, A., Ochoa, G., & Tsagarakis, K. P. (2018). Assessing the Methods, Tools, and Statistical Approaches in Google Trends Research: Systematic Review. *J Med Internet Res*, 20(11), e270. <https://doi.org/10.2196/jmir.9366>



Sinergie per una filiera brassicola innovativa

Convegno LOB.IT e UniParma - Parma, 6 novembre 2025

Birre senza glutine e a basso contenuto alcolico: un'analisi sulle ricerche online in Italia

Linea di ricerca 4 - Statistica e strumenti di policy

Pietro Chinnici*, Francesco Licciardo^o

* Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali, Università Degli Studi di Palermo, 90123 Palermo, Italia
^o CREA, Centro di Ricerca per le Colture Olivicole, Frutticole e Agrumicole, Via di Fioranello 52, 00134 Roma, Italia



1. DOMANDA DI RICERCA
2. NUMERI DEL COMPARTO
3. METODOLOGIA
4. RISULTATI
5. CONCLUSIONE

Indice



1. DOMANDA DI RICERCA



1

In relazione ai cambiamenti del mercato, è possibile confermare l'evoluzione dei consumi di birra analcolica/a basso contenuto alcolico e senza glutine attraverso l'attività di ricerca online dei consumatori?

2

In che modo l'integrazione dell'analisi delle serie temporali e dell'analisi SEO può aiutare a comprendere il comportamento dei consumatori e identificare potenziali strategie di marketing?

Sinergie per una filiera brassicola innovativa - Parma, 6 novembre 2025



3

2. NUMERI DEL COMPARTO



Il mercato italiano della birra al 2024 (Assobirra, 2025)

- **Produzione:** 17,2M HL
- **Consumo:** 21,5 M HL (36,4 L pro capite)
- **Esportazione:** 3,3M HL | **Importazione:** 7,6M HL
- **Birrifici:** 11 industriali | 832 microbirrifici | 175 brewpubs



Birre Low- and Zero-alcohol
2,11% dei consumi totali 2024
(+ 13,4% rispetto all'anno precedente)



Birre Gluten-free
(tasso di incremento annuo stimato + 15% - 40%)

Sinergie per una filiera brassicola innovativa - Parma, 6 novembre 2025



4

3. METODOLOGIA - 1° STEP

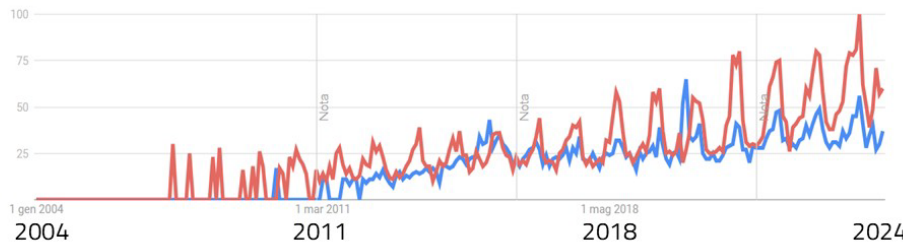


Identificazione delle parole chiave basata sugli interessi degli utenti sul web

Strumento adottato: **Google Trends**

Parole chiave identificate → Birre Low- and Zero-alcohol Birra senza glutine

Andamento delle ricerche online degli utenti per le keyword identificate secondo i dati Google Trends



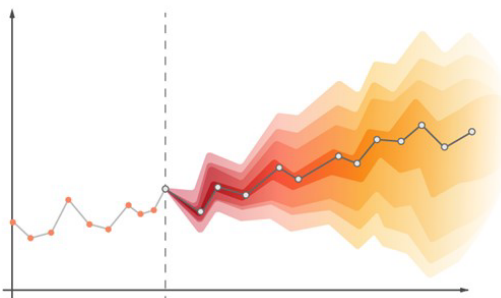
- Trend crescente
- Stagionalità

3. METODOLOGIA - 2° STEP



Per le parole chiave identificate è stata effettuata una **analisi delle serie storiche** al fine di poter approfondire i dati temporali

Considerando la tipologia di dati è stato adottato un modello di **decomposizione moltiplicativo**



1. Analisi della stagionalità

2. Predizione futura a 5 anni

3. METODOLOGIA - 3° STEP



Utilizzando lo strumento di marketing **SEOzoom** è stato possibile:

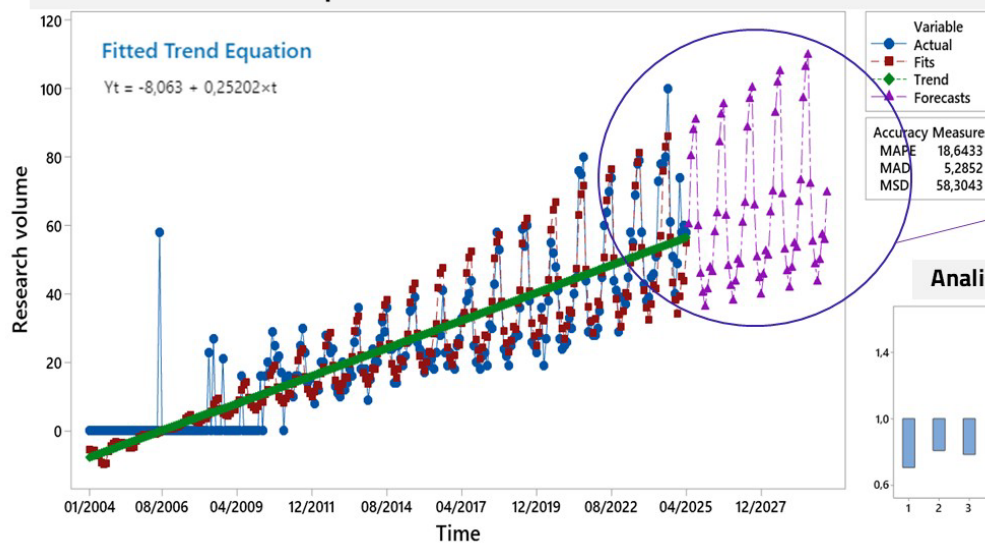
- Esaminare la SERP¹ e le tendenze
- Confermare la stagionalità delle ricerche
- Considerare l'intento di ricerca degli utenti
- Analizzare il traffico online e la Zoom Authority
- Elaborare delle mappe semantiche (query, preposizioni e azioni)

¹ **SERP** è l'acronimo di Search Engine Results Page e indica la pagina dei risultati di un motore di ricerca. Si tratta della pagina che appare dopo aver effettuato una ricerca su Google o su qualsiasi altro motore di ricerca.

4. RISULTATI - NABLAB (1 di 4)



Serie storica per i dati di ricerca online relativi alle NABLAB



Il modello prevede un trend di crescita costante nei prossimi 5 anni, con una stagionalità marcata

Analisi della stagionalità



4. RISULTATI - NABLAB (2 di 4)

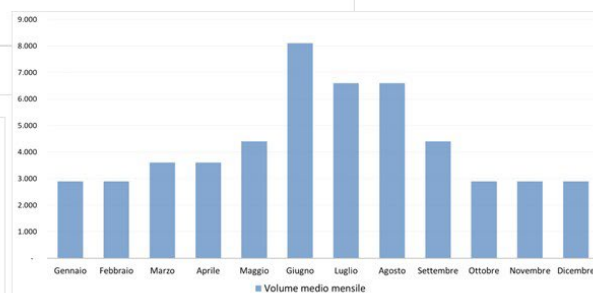
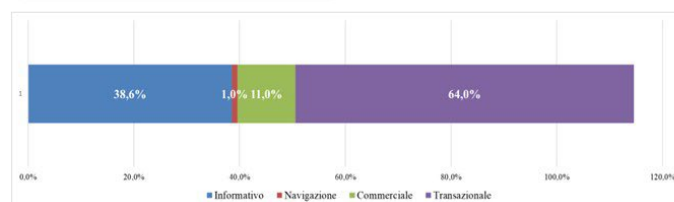
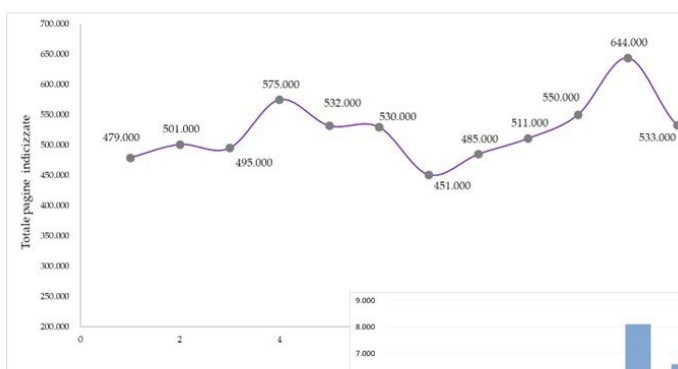
DATI SEOZOOM

➔ **Volume di ricerca**
4.40 k (2,900 – 8,100)

➔ **Pagine indicizzate**
486 k

➔ **Intento della ricerca**
Transazionale (64%)

➔ **Stagionalità**
Confermata



Sinergie per una filiera brassicola innovativa - Parma, 6 novembre 2025



9

4. RISULTATI - NABLAB (3 di 4)

Traffico online e Zoom Authority per le NABLAB

N.	URL	Traffico online (%)	ZA
1	www.zeroalcol.com	40.64%	41
2	www.drinkshoponline.com	15.56%	54
3	myalcolzero.it	9.24%	37
4	shop.baladin.it	5.84%	41
5	www.amazon.it	5.58%	94
6	www.birramoretti.com	4.18%	34
7	www.birredamanicomio.com	3.96%	52
8	www.birrificiodelducato.it	2.37%	41
9	www.qualitybeeracademy.it	2.02%	41
10	www.carrefour.it	1.96%	67

Il punteggio ZA, una metrica proprietaria di SEOZoom, quantifica l'autorità e la competitività di un sito web

Valori ZA più elevati indicano una maggiore visibilità online e una maggiore affidabilità percepita

L'indicatore è espresso come un valore scalare da 0 a 100, dove i punteggi più alti riflettono una maggiore credibilità e autorità SEO secondo la valutazione della piattaforma

I risultati mostrano che per prodotti di nicchia come le NABLAB, siti web con una minore visibilità e autorità risultano nettamente più visitati rispetto ai colossi del settore ben rinomati

Sinergie per una filiera brassicola innovativa - Parma, 6 novembre 2025



10

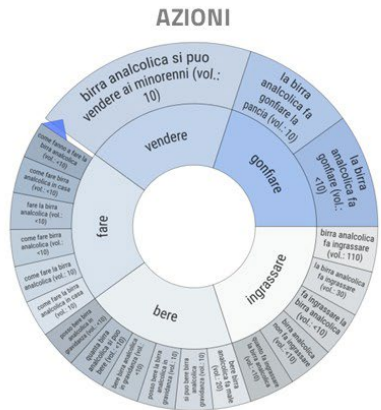
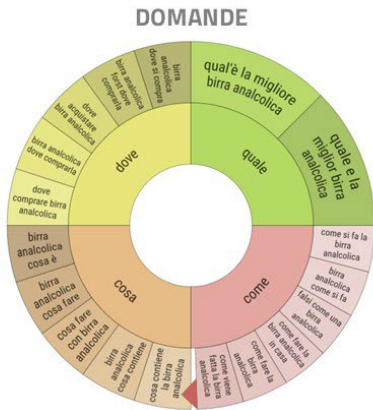
4. RISULTATI - NABLAB (4 di 4)



Mapa delle domande: c'è interesse a saperne di più sulle caratteristiche principali di questa categoria di birra emergente; i consumatori continuano a cercare **luoghi dove è possibile acquistarla**

Mapa delle preposizioni: rivela una forte attenzione agli **effetti della birra analcolica e a basso contenuto alcolico sulla salute umana**, in particolare per le **donne incinte e i bambini**

Mapa delle azioni: le ricerche sul web si concentrano principalmente sui **potenziali effetti sulla salute** della birra analcolica, con particolare interesse alla possibilità di **venderla ai minori**



Sinergie per una filiera brassicola innovativa - Parma, 6 novembre 2025

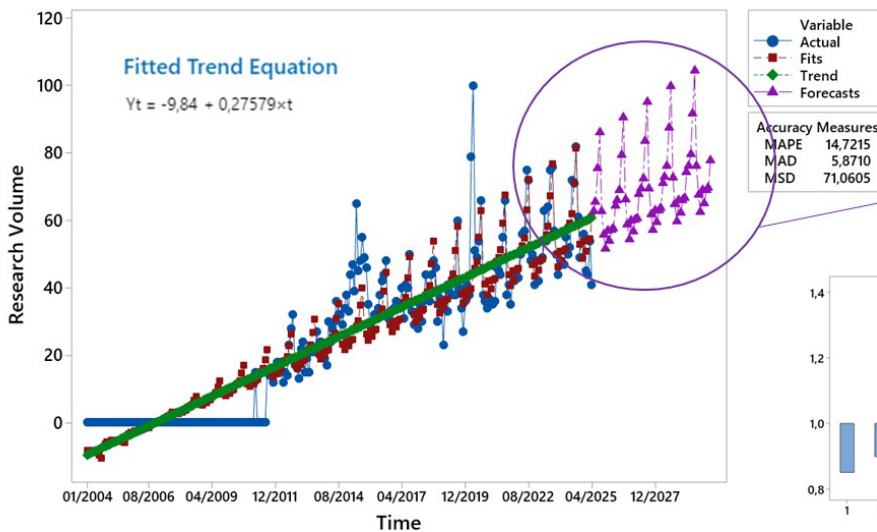


11

4. RISULTATI - Birre senza glutine (1 di 4)

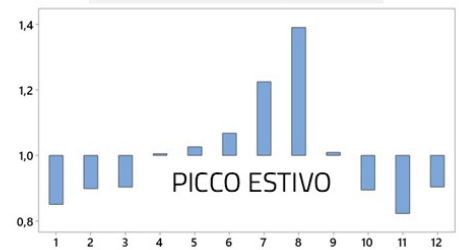


Serie storica dei dati di ricerca online relativi alle birre senza glutine



Il modello prevede un trend di crescita costante nei prossimi 5 anni, con una stagionalità marcata

Analisi della stagionalità



Sinergie per una filiera brassicola innovativa - Parma, 6 novembre 2025



12

4. RISULTATI - Birre senza glutine (2 di 4)



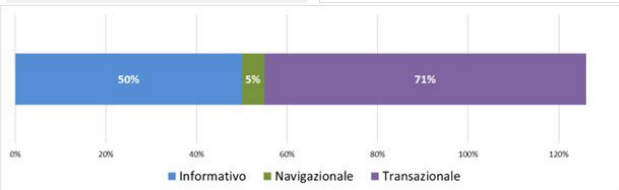
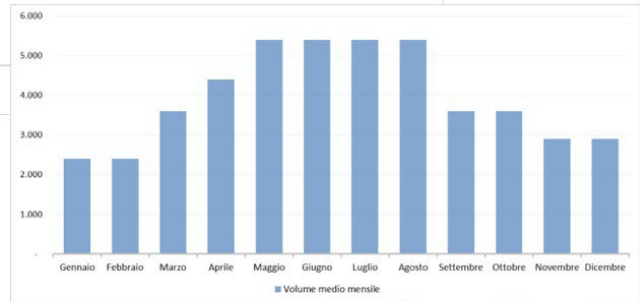
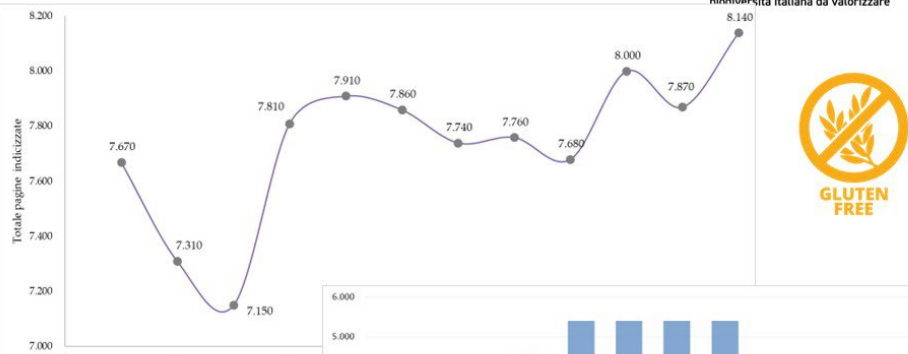
DATI SEOZOOM

➔ **Volume di ricerca**
3.60 k (2,400 – 5,400)

➔ **Pagine indicizzate**
8.22 M

➔ **Intento della ricerca**
Transazionale (71%)

➔ **Stagionalità**
Confermata



Sinergie per una filiera brassicola innovativa - Parma, 6 novembre 2025



13

4. RISULTATI - Birre senza glutine (3 di 4)



Traffico online e Zoom Authority per le birre senza glutine

	URL	Traffic Share (%)	ZA * Scores
1	https://www.birredamanicomio.com/birre/senza-glutine/	26.17	52
2	https://www.bernabei.it/birre-gluten-free	16.54	60
3	https://www.drinkami.shop/stile/gluten-free/	16.51	48
4	https://www.1001.it/birra-senza-glutine	9.26	49
5	https://shop.baladin.it/products/nazionale-gluten-free	8.36	40
6	https://www.amazon.it/birra-glutine/s?k=birra+senza+glutine	4.20	94
7	https://www.cantinadellabirra.it/shop/degustazione-birre-senza-glutine.html	3.19	56
8	https://www.cantinadellabirra.it/shop/blog/stile/birre-senza-glutine.html	3.18	56
9	https://www.celiachia.it/faq/7-birra-e-bevande-a-base-di-orzo-o-frumento-dichiarate-senza-glutine-sono-sicure-per-i-celiaci/	2.25	54
10	https://www.amazon.it/birre-glutine/s?k=birre+senza+glutine	1.97	94

Anche per le birre senza glutine i risultati mostrano che siti web con una minore visibilità e autorità risultano nettamente più visitati rispetto ai colossi del settore ben rinomati

Sinergie per una filiera brassicola innovativa - Parma, 6 novembre 2025



14

4. RISULTATI - Birre senza glutine (4 di 4)



Mapa delle domande: evidenzia una forte richiesta di informazioni di marketing, in particolare per quanto riguarda i **punti vendita di birra senza glutine**, in linea con l'intenzione transazionale delle ricerche

Mapa delle preposizioni: c'è un notevole interesse per il **lievito utilizzato** e per diversi tipi di birra da acquistare

Mapa delle azioni: l'attenzione principale è rivolta alle **informazioni tecniche relative alla produzione e all'acquisto**, con limitato interesse per gli argomenti legati alla salute



Sinergie per una filiera brassicola innovativa - Parma, 6 novembre 2025



35

5. CONCLUSIONI



I dati dimostrano chiaramente che **il mercato italiano della birra evolve verso nuovi modelli di consumo** e mostra un crescente interesse per tipologie innovative

L'approccio combinato (analisi serie storiche + SEO) si è rivelato un metodo robusto per comprendere il comportamento dei consumatori: mette in luce una **forte stagionalità nelle ricerche e stima una netta crescita dell'interesse nei prossimi 5 anni**

La possibilità di avere dati «in-time» diventa quindi funzionale per catturare la domanda emergente. **L'accuratezza semantica delle pagine web può fare la differenza anche contro i colossi**, con campagne mirate nei mesi estivi e contenuti ad-hoc che soddisfino le richieste dei consumatori (sia transazionali che sul fronte della salubrità)

Sinergie per una filiera brassicola innovativa - Parma, 6 novembre 2025



Chinnici P., Licciardo F.,
Cariello M., Carbone M.
(2025), - alcol, + consumi:
una nuova equazione per il
mondo della birra

01



Chinnici P., Carbone K.,
Licciardo F. (2025), **Digital
Trends in the
Italian Beer Market [...]**

04

02

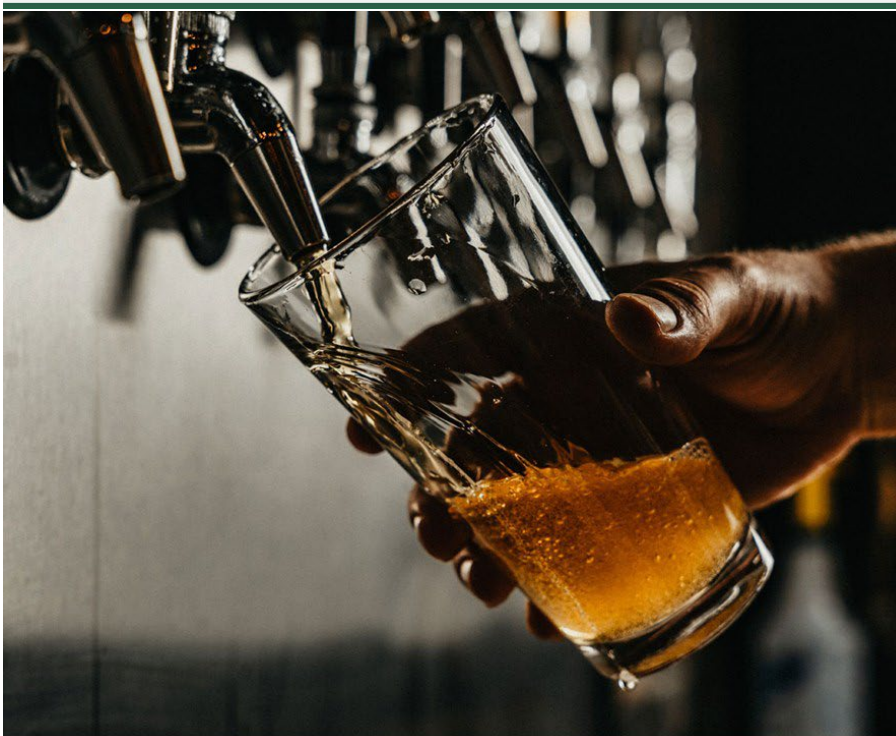
Licciardo F., Chinnici P.,
Cariello M., Carbone M.
(2025), **SEO per microbirrifici:
dalla nicchia alla visibilità
strategica online**



03

Licciardo F., Chinnici P.,
Carbone K. (2025), **Luppolo,
piccoli numeri ma grandi
ambizioni**

Sinergie per una filiera brassicola innovativa - Parma, 6 novembre 2025



Grazie

<https://lobit.crea.gov.it>



PRESENTAZIONE REALIZZATA ALL'INTERNO DEL PROGETTO
"LOB.IT" FINANZIATO DAL MINISTERO DELL'AGRICOLTURA,
DELLA SOVRANITÀ ALIMENTARE E DELLE FORESTE D.G. N.
667550 DEL 30.12.2022



LE AZIENDE ITALIANE PRODUTTRICI DI LUPPOLO: TIPOLOGIE E PERFORMANCE SECONDO LA RICA

D. Macaluso

CREA, Centro di Ricerca Politiche e Bioeconomia

Stato dell'arte

Il crescente interesse verso le produzioni brassicole di qualità, alimentato dallo sviluppo della birra artigianale e dall'attenzione alla tracciabilità delle materie prime, sta restituendo centralità alla coltivazione del luppolo in Italia. Nonostante la crescita negli ultimi anni del numero di aziende e della superficie coltivata, il comparto presenta ancora una notevole eterogeneità strutturale e dimensioni produttive contenute, oltre alla frammentarietà dei dati disponibili. In questo quadro, un'analisi economica approfondita diventa indispensabile per valutarne il potenziale, individuare le principali criticità gestionali e orientare interventi mirati allo sviluppo della filiera. L'obiettivo del lavoro presentato è delineare un quadro empirico delle aziende italiane produttrici di luppolo, identificandone le tipologie prevalenti sulla base di indicatori strutturali ed economici e valutare la sostenibilità economica della coltivazione attraverso un confronto delle performance e della stabilità dei margini. L'indagine di natura esplorativa offre uno dei primi contributi sistematici fondati su microdati RICA e integra elementi quantitativi utili per orientare le policy settoriali e le strategie degli operatori.

Dati e metodologia

L'indagine utilizza i microdati della Rete di Informazione Contabile Agricola (RICA) relativi agli esercizi 2021-2023. Il dataset iniziale comprende 36 osservazioni riferite a 14 aziende produttrici di luppolo, alle quali si aggiunge un caso studio esterno rilevato con la stessa metodologia; complessivamente, la copertura stimata è pari a circa il 19% della SAU nazionale investita a luppolo. La fase preliminare ha riguardato la verifica della qualità dei dati e l'individuazione di valori anomali tramite un approccio combinato basato sull'intervallo interquartile (IQR) e sul Medcouple con Modified Z-Score. Tale procedura ha portato all'esclusione di quattro osservazioni, consentendo di operare con un dataset più omogeneo composto da 32 osservazioni riferite a 13 aziende.

Per cogliere in modo sintetico le relazioni tra le variabili strutturali ed economiche è stata applicata una *Principal Component Analysis* (PCA), che ha permesso di ridurre la dimensionalità del dataset e di individuare due assi interpretativi principali: il primo associato alle performance economiche e alla produttività; il secondo legato al grado di specializzazione nella coltura e alla stabilità dei margini nel triennio. Successivamente è stato utilizzato un algoritmo di *clustering fuzzy* (Fuzzy C-Means), particolarmente idoneo per piccoli campioni e contesti agricoli nei quali i confini tra modelli aziendali risultano sfumati e non rigidamente distinti. L'approccio *fuzzy*

consente di attribuire a ciascuna azienda un grado di appartenenza ai *cluster*, restituendo una classificazione più coerente con la varietà di strategie produttive e gestionali presenti nel settore.

Risultati

L'analisi ha portato all'identificazione di tre tipologie di aziende produttrici di luppolo. Le aziende diversificate ma solide presentano i margini medi più elevati, una struttura produttiva equilibrata e una dipendenza moderata dal luppolo all'interno della produzione lorda vendibile. Pur non essendo esclusivamente orientate alla coltura, riescono a integrare il luppolo in un modello diversificato che consente di ottenere buoni risultati economici, seppur con una certa variabilità. Le aziende specializzate ed efficienti mostrano invece un'elevata coerenza tecnica e gestionale, una scala produttiva più definita e una stabilità dei margini sensibilmente superiore nel triennio considerato. Si tratta del profilo più solido dal punto di vista della continuità economica, favorito da investimenti più mirati e da una maggiore focalizzazione sulla coltura. Le aziende fragili e sotto-performanti combinano, al contrario, margini molto contenuti con una forte variabilità interannuale. In molti casi si tratta di realtà con impianti giovani, superfici molto ridotte o modelli produttivi ancora in fase sperimentale. Ciò limita la capacità di stabilizzare i risultati e amplifica la sensibilità ai costi variabili che risultano elevati rispetto al valore prodotto.

I risultati confermano che la redditività del luppolo può essere elevata ma che è fortemente dipendente dalla capacità di consolidare una base tecnica adeguata, gestire in modo efficiente i cicli produttivi e accedere a infrastrutture che contribuiscano a ridurre i costi operativi, come l'essiccazione e la prima lavorazione. L'eterogeneità dei modelli rilevati conferma la natura emergente del settore, nel quale convivono realtà professionali ormai strutturate e piccole iniziative sperimentali che richiedono un accompagnamento tecnico più intenso.

Implicazioni operative e di policy

Sul piano operativo, i risultati richiamano la necessità di rafforzare le competenze tecniche e gestionali dei produttori, soprattutto nelle realtà più deboli. Una gestione agronomica coerente, una pianificazione attenta delle operazioni colturali, il controllo della qualità e una maggiore efficienza nei costi costituiscono elementi decisivi per la tenuta economica delle aziende. Allo stesso tempo, diventa fondamentale promuovere forme di collaborazione, sia tra imprese sia lungo la filiera, che permettano di condividere infrastrutture, coordinare in maniera più efficiente le consegne e accrescere il potere contrattuale dei produttori.

Limiti e prospettive di ricerca

L'analisi si basa su un campione numericamente limitato e non rappresentativo, che riflette tuttavia buona parte della superficie nazionale e consente una prima lettura empirica delle dinamiche del comparto. La brevità della serie temporale e l'assenza di alcune variabili tecniche riducono la possibilità di valutare appieno gli effetti degli investimenti nel medio periodo. Nonostante tali limiti, lo studio rappresenta un primo passo verso la definizione di un quadro conoscitivo più robusto. Tra le prospettive future rientrano l'ampliamento del campione, l'integrazione con informazioni agronomiche e qualitative, l'analisi delle reti di conoscenza e dei contratti di filiera e il confronto con contesti europei più maturi, utili come benchmark per

strategie di crescita e consolidamento. L'obiettivo finale è contribuire alla costruzione di una base informativa solida che supporti la definizione di politiche mirate e favorisca uno sviluppo sostenibile e competitivo della filiera del luppolo in Italia.

ITALIAN HOP FARM: TYPOLOGIES AND PERFORMANCE ACCORDING TO FADN DATA

D. Macaluso

CREA, Research Centre for Agricultural Policies and Bioeconomy

State of the art

Growing interest in high-quality beer production, fueled by the expansion of craft beer and increased attention to raw material traceability, has once again drawn attention to hop cultivation in Italy. However, despite recent growth in both the number of farms and the area under cultivation, the sector continues to exhibit structural heterogeneity, small production scale, and only partial data coverage. In this context, a careful economic analysis is needed to gauge the sector's potential, understand the main managerial constraints and support the design of targeted development measures. The aim of this study is to offer an empirical overview of Italian hop-growing farms, identify the prevailing farm types based on structural and economic indicators and assess the economic sustainability of hop cultivation by comparing farm performance and margin stability. Although exploratory in nature, the study represents one of the first systematic contributions grounded in FADN microdata and provides quantitative insights useful for policy design and for strategic decisions by sector stakeholders.

Data and methodology

The analysis draws on FADN microdata for the years 2021–2023. The initial dataset includes 36 observations referring to 14 hop-growing farms, supplemented by an external case study surveyed using the same methodology. Overall, this accounts for about 19% of the national hop area. A preliminary assessment of data quality was carried out using a combined procedure that drew on the interquartile range and on the Medcouple with Modified Z-Scores to identify anomalous values. Four observations were excluded, resulting in a more homogeneous dataset of 32 observations relating to 13 farms.

To synthesize the relationships between the structural and economic variables, a Principal Component Analysis (PCA) was performed. This allowed us to reduce the dimensionality of the dataset and identify two main dimensions: one linked to economic performance and productivity, and another associated with specialization and margin stability over the three-year period. A fuzzy clustering algorithm (Fuzzy C-Means) was then applied. This method is particularly suited to small samples and to agricultural contexts where the boundaries between farm groups often overlap rather than being clearly separated. The fuzzy approach assigns degrees of membership to each cluster, producing a classification that better reflects the diverse production and management strategies found in the sector.

Results

The analysis identifies three types of hop-growing farms. Diversified yet robust farms show the highest average margins, a balanced production structure and a moderate reliance on hops within total output. Although not exclusively focused on the crop, they are able to integrate it into a diversified production model that delivers good economic results, albeit with a certain degree of variability. Specialized and efficient farms, on the other hand, display strong technical and managerial coherence, a more clearly defined production scale and markedly greater margin stability over the three-year period. This group shows the highest continuity in economic performance, supported by more focused investments and a stronger orientation towards the crop.

Fragile and under-performing farms, by contrast, combine very low margins with pronounced interannual variability. These are often farms with young plantations, very limited hop areas or production models that are still in an experimental phase. This limits their ability to stabilize results and increases their exposure to high variable costs relative to the value produced.

Overall, the findings confirm that hop cultivation can be highly profitable although strongly dependent on the ability to consolidate an adequate technical base, efficiently manage production cycles, and access facilities that help reduce operating costs, such as drying and primary processing. The heterogeneity of the patterns observed reflects the emerging nature of the sector which combines established professional organizations with small, experimental initiatives that require more intensive technical support.

Operational and policy implications

From an operational perspective, the results highlight the need to strengthen the technical and managerial skills of producers, especially in the most fragile farms. Consistent agronomic management, careful planning of cultivation activities, quality monitoring and greater cost efficiency are all essential elements for economic viability. At the same time, it becomes crucial to promote collaboration both among farms and along the supply chain, enabling the sharing of infrastructure, better coordination of deliveries and an increase in farmers' bargaining power.

Limits and future research

The analysis is based on a small, non-representative sample which nonetheless accounts for a significant share of national hop acreage and offers an initial empirical reading of the sector's dynamics. The short period covered by the analysis and the absence of some technical variables limit the possibility of fully assessing the medium-term effects of investments. Despite these constraints, the study provides a starting point for improving the evidence base. Future work should rely on a larger sample, integrate agronomic and qualitative data, analyze knowledge networks and arrangements along the supply chain and compare Italian farms with more mature European contexts that may offer useful benchmarks for growth and consolidation. The broader objective is to develop an information framework that can inform targeted policies and support the sustainable and competitive development of the Italian hop sector.

lob.it
biodiversità italiana da valorizzare

Le aziende italiane produttrici di luppolo: tipologie e performance secondo la RICA

Linea di ricerca 4 - Statistica e strumenti di policy

Parma, 06/11/2025

Dario Macaluso
CREA - Politiche e bioeconomia

LOB.IT e UniParma: sinergie per una filiera brassicola innovativa

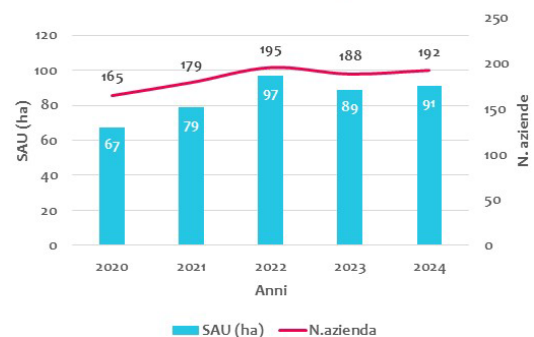
MINISTERO DELL'AGRICOLTURA, DELLE RISORSE E DEL TERAPISTICO
crea
UNIVERSITÀ DI PARMA

1

Il contesto del settore

Un settore in espansione ma ancora frammentato

- Crescita trainata dalla birra artigianale
- Filiera frammentata, scala ridotta, carenza di dati sistematici e comparabili
- Necessità di un quadro empirico per analisi economiche e politiche di sviluppo



Numero di aziende agricole con luppolo e relativa SAU in Italia
Fonte: nostra elaborazione su dati AGEA

Le domande di ricerca

Il punto di partenza dello studio



- ✓ Quali tipologie di aziende produttrici di luppolo emergono in Italia?
- ✓ Quali strategie economiche e gestionali le caratterizzano?
- ✓ Il luppolo rappresenta un'opportunità economica sostenibile?



3

La fonte informativa: la RICA

- ✓ Dati RICA 2021-2023
- ✓ Analisi microeconomica della redditività e della stabilità dei margini aziendali
- ✓ 14 aziende + 1 caso studio esterno rilevato con la stessa metodologia
- ✓ Copertura: circa 19% della SAU nazionale a luppolo

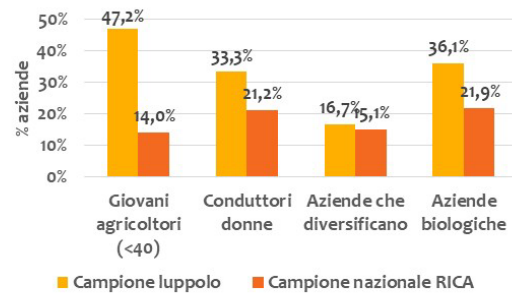
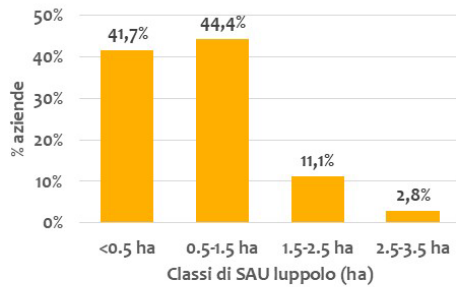


4

Profilo strutturale del campione



- SAU media: 19 ha
- Aziende biologiche: 36%
- Conduuttori < 40 anni: 47%
- Quota del luppolo sulla PLV: 23%



5

Approccio analitico: obiettivo e logica



- Obiettivo: identificare tipologie omogenee di aziende a partire da variabili economiche e strutturali
- Metodi multivariati per cogliere relazioni complesse
- PCA → riduce la complessità del dataset in poche dimensioni interpretabili
- Clustering fuzzy → riconosce gruppi con confini sfumati, coerenti con la realtà agricola



6

Pulizia dei dati

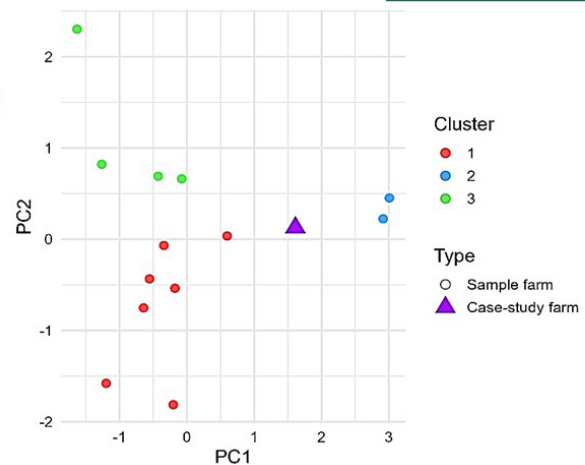


7

Risultati della PCA



- ✓ PC1: performance e produttività
- ✓ PC2: specializzazione e stabilità dei margini
- ✓ Varianza spiegata: $\approx 60\% \rightarrow \approx 74\%$ (senza GM_cv)
- ✓ Sintesi delle principali differenze strutturali ed economiche tra le aziende analizzate



8

Tipologie aziendali individuate





Cluster 1
Diversificate ma solide

Aziende miste con redditività media più elevata e stabilità moderata dei risultati. Il luppolo rappresenta una componente integrata ma non esclusiva.


Cluster 2
Specializzate ed efficienti

Aziende focalizzate sulla coltura del luppolo, con margini stabili e gestione tecnico-economica accurata. È il modello più performante e strutturato.


Cluster 3
Fragili e sotto-performanti




Piccole aziende o impianti giovani, con margini bassi e costi elevati. Necessitano di supporto tecnico e organizzativo per consolidarsi.



9

Alcuni indicatori: valori medi



Cluster	ML (€/ha)	CV (€/ha)	SL (%)
 1 Diversificate ma solide	16.342	3.179	10,0%
 2 Specializzate ed efficienti	13.918	2.964	60,0%
 3 Fragili e sotto-performanti	1.367	7.898	10,0%



ML = Margine lordo; CV = Costi variabili; SL = Coefficiente di specializzazione (quota di PLV da luppolo)



10

Implicazioni operative e di policy



Azioni mirate per sostenere la redditività e la stabilità del settore del luppolo in Italia



Implicazioni operative

livello aziendale e di filiera

- Migliorare le competenze tecniche e gestionali dei produttori
- Favorire la cooperazione e la condivisione di infrastrutture (essiccazione, macchinari)
- Rafforzare il coordinamento di filiera (agricoltori ↔ birrifici)
- Promuovere la formazione e lo scambio di buone pratiche tra aziende sperimentali e produttori



Implicazioni di policy

livello nazionale/regionale

- Misure differenziate per le aziende:
 - diversificate → innovazione e cooperazione
 - specializzate → strumenti di gestione del rischio
 - fragili → formazione e supporto tecnico
- Inserire il luppolo tra le filiere emergenti nei PSR e nella PAC
- Favorire contratti di filiera e aggregazioni produttive per aumentare efficienza e potere contrattuale
- Rafforzare ricerca, innovazione (varietà, tecniche agronomiche, qualità) e monitoraggio economico delle politiche agricole

Il consolidamento del settore richiede un sostegno coordinato, capace di integrare competenze tecniche, strumenti di filiera e politiche mirate ai diversi modelli aziendali



11

Limiti e prospettive future



Verso un consolidamento conoscitivo e operativo del settore del luppolo in Italia



Limiti dell'analisi

- Campione ridotto e non rappresentativo, utile per un'analisi esplorativa ma non inferenziale
- Periodo breve (2021–2023) che non consente di cogliere pienamente gli effetti di politiche e investimenti recenti
- Mancanza di variabili tecniche e qualitative (varietà, tipologia di prodotto, certificazioni, canali commerciali)
- Risultati sensibili alla presenza di casi atipici, data la natura limitata del campione e la struttura fuzzy del modello

💡 Questi limiti non riducono la validità dei risultati ma delimitano l'ambito d'interpretazione



Prospettive future

- Ampliare il campione e prolungare le serie temporali per analisi più robuste e generalizzabili
- Condurre studi longitudinali, per seguire nel tempo l'evoluzione strutturale ed economica delle aziende
- Integrare dati agronomici e qualitativi
- Analizzare le reti di conoscenza e i contratti di filiera per comprendere i fattori che favoriscono stabilità e successo
- Avviare confronti con aree europee più mature, utili come benchmark per strategie di crescita e consolidamento

💡 L'obiettivo è costruire una base informativa solida per orientare misure mirate e sostenibili



12

Conclusioni



- Il luppolo è una concreta opportunità di diversificazione, se supportata da competenze e organizzazione
- Coesistono modelli diversi: aziende specializzate efficienti e aziende diversificate con ruolo complementare del luppolo
- Le aziende specializzate mostrano margini mediamente elevati e particolarmente stabili, grazie a scala e coerenza gestionale
- Le aziende diversificate raggiungono i margini medi più alti, con stabilità moderata
- Le aziende fragili combinano margini contenuti e alta variabilità, segnalando limiti strutturali e tecnici
- L'analisi fornisce una base empirica utile per orientare strategie e politiche mirate in un settore in fase di consolidamento





**“Luppolo, Orzo, Birra:
biodiversità Italiana da valorizzare”**

**Website: <https://lobit.crea.gov.it>
e-mail: katya.carbone@crea.gov.it**



ISBN 9788833854953