



OliOnostrum

Biodiversità e innovazione per un olio  
EVO di qualità della Valdambra

## QUALITÀ DELL'OLIO EXTRA VERGINE DI OLIVA E IL PROCESSO TECNOLOGICO DI ESTRAZIONE



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DAGRI**  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE  
E TECNOLOGIE AGRARIE,  
ALIMENTARI, AMBIENTALI E FORESTALI

Prof. Alessandro Parenti

Dr. Giulia Angeloni

Dr. Lorenzo Guerrini

Molteplici  
obiettivi orientati  
al miglioramento  
quali-quantitativo  
della produzione  
olivicola e a  
favorire lo  
sviluppo  
dell'olivicoltura  
del comune di  
Bucine di tutta la  
Val d'Ambra.



Comune  
di Bucine

Ottenere un olio di elevata qualità  
utilizzando tecniche innovative e  
sfruttando la biodiversità olivicola  
autoctona della Valdambra

## OBIETTIVI E PARTNERS

Definire le tecniche di produzione della  
filiera olivicola finalizzate  
all'elaborazione di un disciplinare di  
produzione del marchio Olionostrum

DAGRI

ANCI  
Toscana

Formare olivicoltori ed operatori  
specializzati in grado di assicurare la  
qualità, la sicurezza del prodotto e di  
controllare l'intera filiera produttiva



Mantenere e valorizzare il paesaggio  
olivicolo della Valdambra

Aziende  
Agricole



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

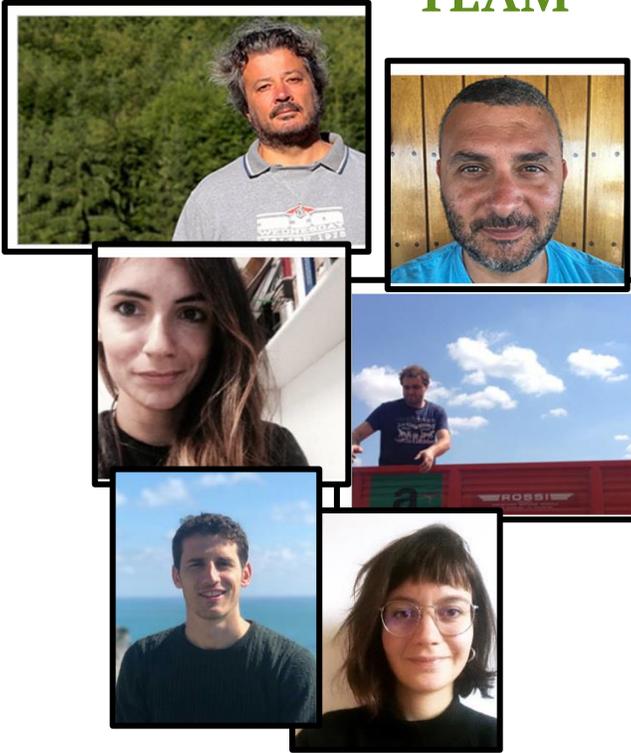
**DAGRI**  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE  
E TECNOLOGIE AGRARIE,  
ALIMENTARI, AMBIENTALI E FORESTALI

IN PARTICOLARE, UNO DEGLI OBIETTIVI DEL  
PROGETTO È DI REALIZZARE UN PROTOTIPO  
DI IMPIANTO DI ESTRAZIONE IN GRADO DI  
OTTENERE UN OLIO EVO DI ECCELLENTE  
QUALITÀ, ATTRAVERSO L'ADOZIONE DI  
SOLUZIONI IMPIANTISTICHE INNOVATIVE.

---

Un lavoro di 32 mesi per mettere a  
disposizione delle aziende un frantoio  
innovativo che unisca il miglioramento  
quali-quantitativo del prodotto alla  
valorizzazione del territorio, come risorsa di  
sviluppo locale.

## IL TEAM



Il coordinamento scientifico del progetto è affidato al prof. Alessandro Parenti, professore associato presso il DAGRI, responsabile di un gruppo di lavoro costituito da ricercatori, assegnisti di ricerca e dottorandi.

### LE TEMATICHE DI RICERCA

- le macchine e gli impianti per il comparto agricolo e forestale e per l'agroindustria, in relazione ai loro aspetti progettuali, costruttivi, funzionali, ambientali, energetici e di sicurezza ed ergonomia;
- le macchine e gli impianti per l'utilizzazione delle biomasse e per il recupero dei reflui agricoli e agro-industriali;
- l'impiantistica e il controllo dei processi agro-industriali e agro-alimentari;
- l'analisi energetica e ambientale dei biosistemi e i processi agroindustriali;
- le macchine e le tecniche per la gestione delle aree verdi;
- l'utilizzazione di fonti energetiche rinnovabili e del risparmio energetico;

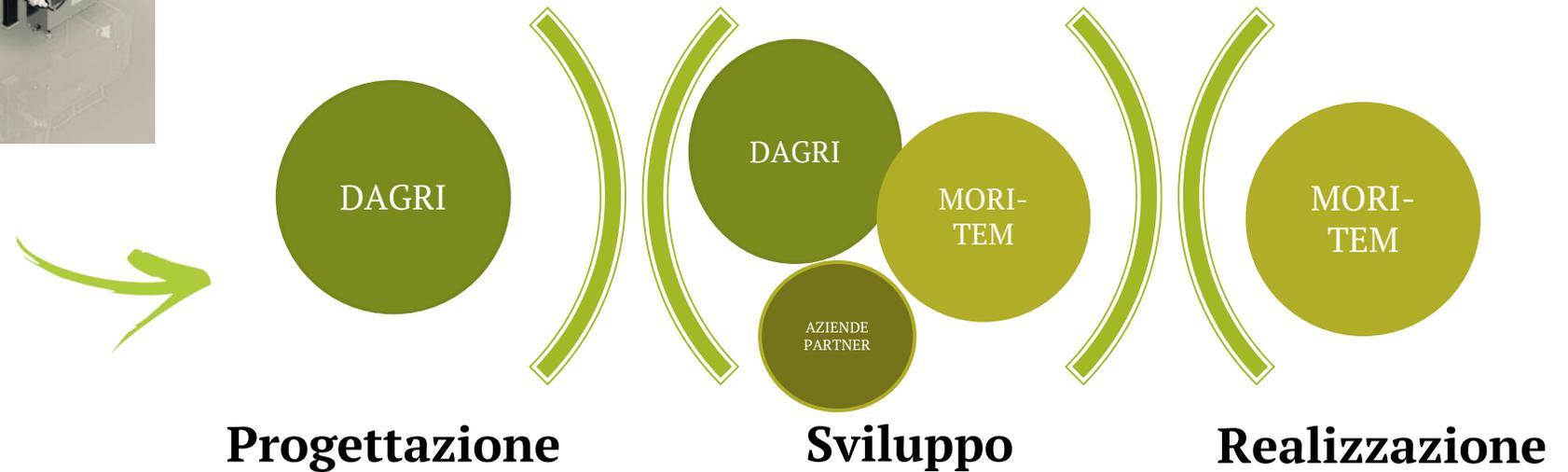
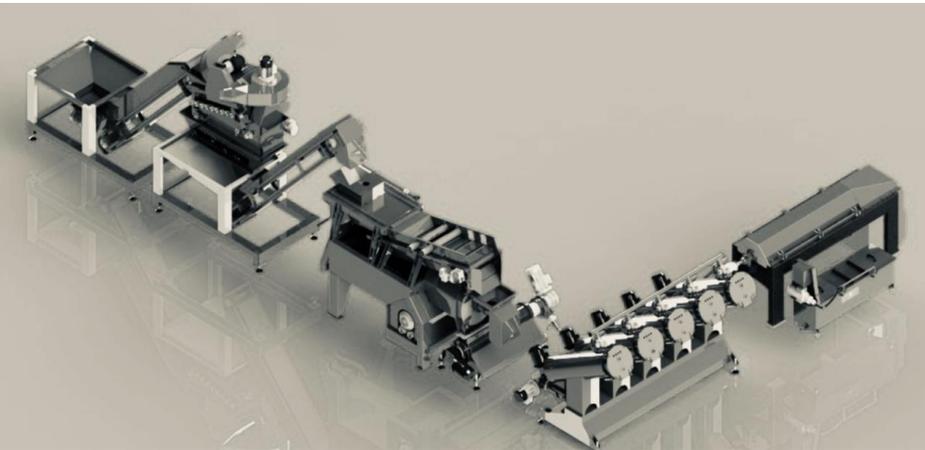


In particolare, il processo di produzione dell'olio d'oliva e la sua qualità sono da sempre campi di ricerca in cui il gruppo è attivo. Le competenze del team provengono da circa 25 anni di attività nel settore come comprovato dalla ampia bibliografia prodotta e presentata a livello internazionale, e dalla partecipazione a numerosi progetti regionali e nazionali.

# Frantoio Prototipo

Il frantoio prototipo è progettato dall'Università di Firenze - Dipartimento DAGRI e realizzato da una ditta specializzata del settore.

Il progetto si pone l'obiettivo di costruire un prototipo di impianto di estrazione in grado di ottenere un olio EVO di eccellente qualità, attraverso soluzioni impiantistiche innovative la cui tecnologia non si trova attualmente sul mercato.



# Progettazione

## DEFINIZIONE PROTOCOLLI OPERATIVI

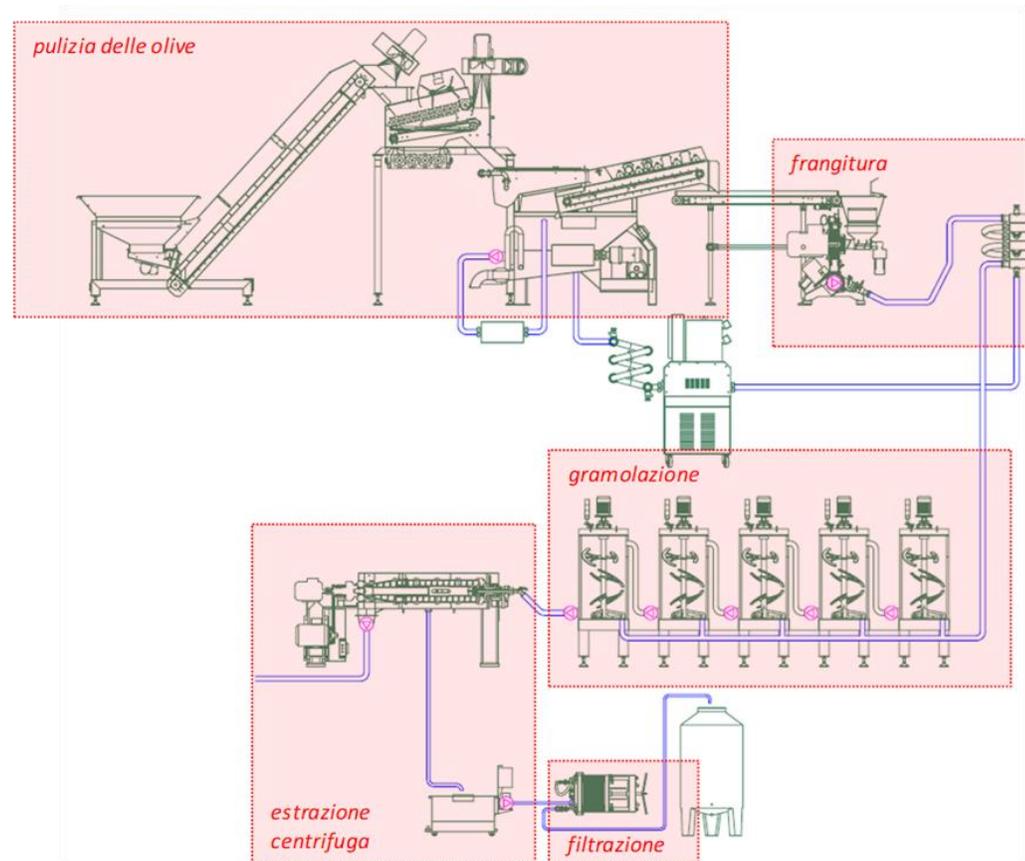
Una parte sostanziale delle attività prevede la definizione dei protocolli operativi, che sarà attuata attraverso un processo di verifiche, test e prove sull'impianto prototipale congiuntamente alla creazione di un profilo analitico-sensoriale per garantire il livello qualitativo minimo e la presenza di caratteristiche sensoriali peculiari.

**Il sistema è dunque pensato per garantire la massima espressione qualitativa e al contempo permettere la diversificazione del prodotto in funzione delle scelte e necessità degli utenti.**

L'aspetto caratterizzante dell'impianto prototipo è l'implementazione di soluzioni impiantistiche innovative che nell'insieme contribuiscano ad una definizione accurata del controllo di processo, indispensabile per la produzione di oli di alta qualità, le cui peculiarità potranno essere modulate attraverso le impostazioni del sistema.

Gli elementi prototipali dell'impianto di estrazione riguardano :

- pulizia delle olive (defogliazione e lavaggio)
- frangitura
- gramolazione
- estrazione centrifuga
- filtrazione.



# Caso studio 1: lo stoccaggio refrigerato delle olive

## Un punto di controllo critico per la qualità dell'extravergine

- Metabolismo drupe
- Danni meccanici
- Microflora naturale (lieviti, muffe, batteri)



- Riscaldamento/Fermentazioni
- Sviluppo MO
- Contatto olio, O<sub>2</sub>, enzimi, MO

- Parametri qualitativi classici FFA, PV, K<sub>232</sub>, K<sub>270</sub>, ΔK
- Difetti sensoriali  
(*riscaldamento, morchia, rancido*)
- Perdita di stabilità ossidativa
- Perdita di attributi positivi  
(*fruttato, amaro, piccante*)
- Perdita di proprietà nutrizionali

**Come gestire il periodo fra la raccolta e la frangitura?**

**Premessa: lo stoccaggio è inevitabile**

**Buone pratiche**

- Tempo
- Temperatura
- Atmosfera controllata (??????)



# Come gestire il periodo fra la raccolta e la frangitura?

## Cosa ci dice la letteratura

In letteratura si ritrovano diverse esperienze di stoccaggio refrigerato dei frutti. Talvolta combinati con modifiche della composizione atmosferica.

Questi studi indicano che una temperatura di stoccaggio fra 5 and 10 °C è ottimale per ritardare la degradazione dei frutti. Non ci sono riscontri di vantaggi chiari nel modificare l'atmosfera in cui i frutti sono conservati (i.e. diminuendo la percentuale di O<sub>2</sub> e/o aumentando CO<sub>2</sub>).

Questi studi hanno dei limiti: testano periodi di stoccaggio molto lunghi, con giorni/settimane di distanza fra una misura e l'altra.

Nella produzione di EVOO (soprattutto se di qualità) questi periodi non superano poche ore/pochi giorni.

Pochi valutano l'effetto della massa di olive (2) e quelli che lo fanno utilizzano masse enormi.

Tutti questi limiti ci hanno portato a condurre nuovamente uno studio rappresentativo della realtà produttiva legata agli oli di qualità.

## Obiettivi

- Trovare le condizioni operative che possano permettere di ridurre al minimo la perdita qualitative dovuta all'inevitabile stoccaggio.
- Capire l'effetto delle basse temperature
- Esaminare gli effetti dei volume stoccati
- Capire se esiste un'interazione fra temperature e volume

Le prove simulano un contesto operative reale dove il tempo fra la raccolta e la frangitura è ridotto ed I batch utilizzati sono abbastanza piccoli.

# Lo schema sperimentale



**X 3 repliche**

FREDDO  
6.5 °C

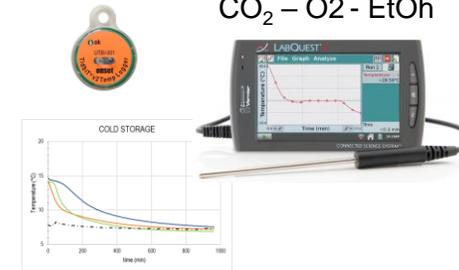


Tempo stoccaggio  
**16-18 h**

AMBIENTE  
13 ± 1 °C



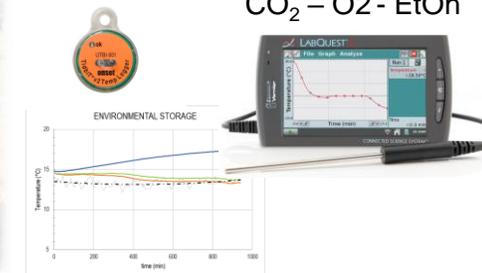
CO<sub>2</sub> – O<sub>2</sub> - EtOh



Estrazione olio  
(scala lab) & analisi  
chimiche

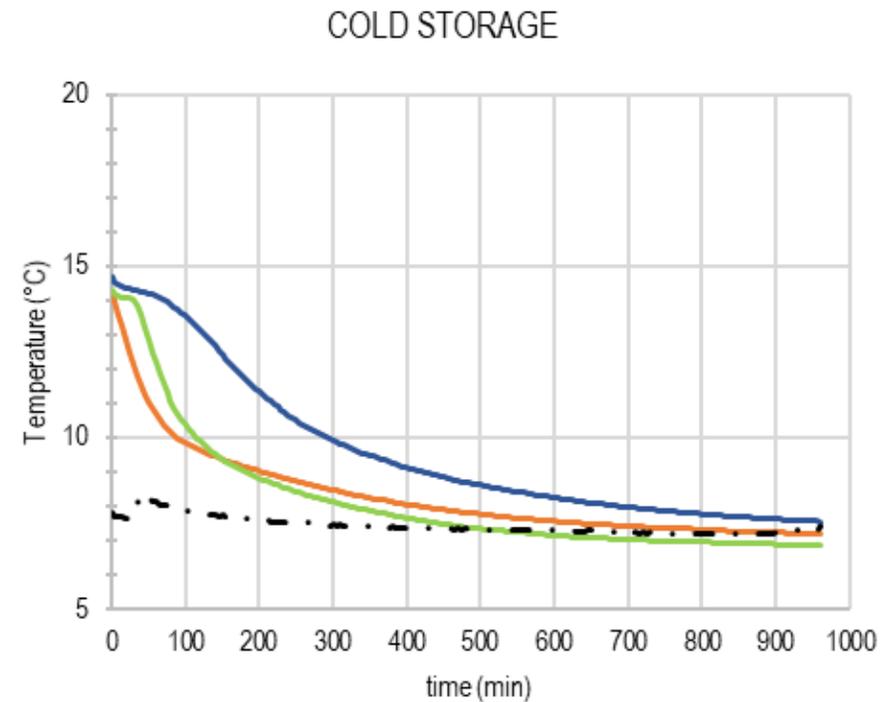
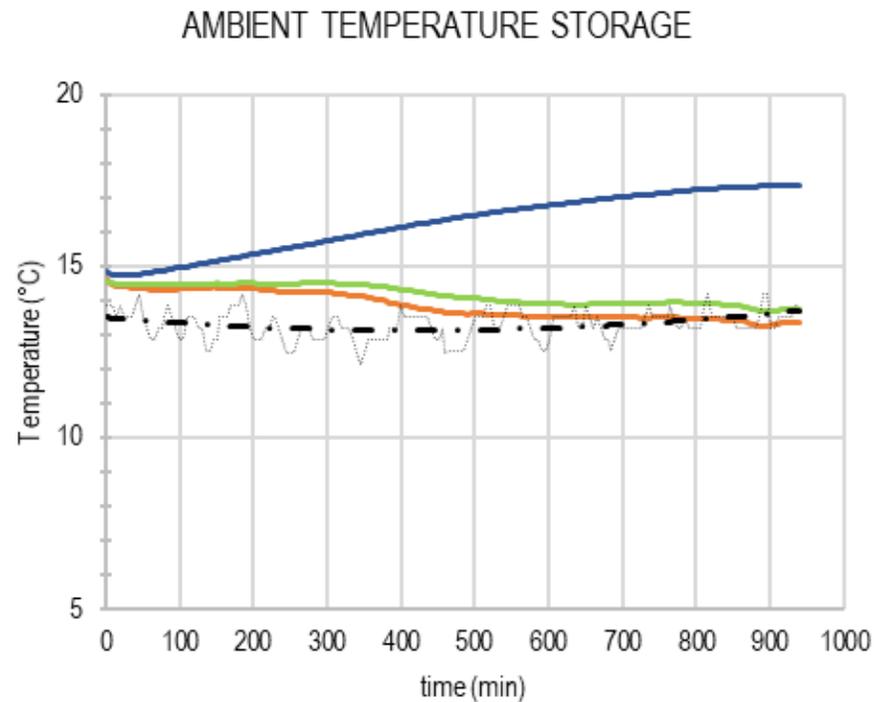
- FFA, PV, K<sub>232</sub>, K<sub>270</sub>, ΔK
- Profilo fenolico
- Composti organici volatili

CO<sub>2</sub> – O<sub>2</sub> - EtOh



# Risultati

Temperatura ambiente abbastanza stabile  $13.5 \pm 1$  °C, temperature dentro il contained 7 °C. Stiamo valutando l'effetto di una differenza di temperature di 5–6 °C per circa 16 h.



**BIN** - **HALF-FILLED BIN** - **BOX**

# Risultati

- Nessuna differenza nei fenoli totali;
- Maggiore concentrazione di 5 composti fenolici (3 secoiridoidi + acido ferulico + lignani) dovuta al freddo;
- Incremento del rapporto fra secoiridoidi ossidati e non ossidati a causa del freddo.

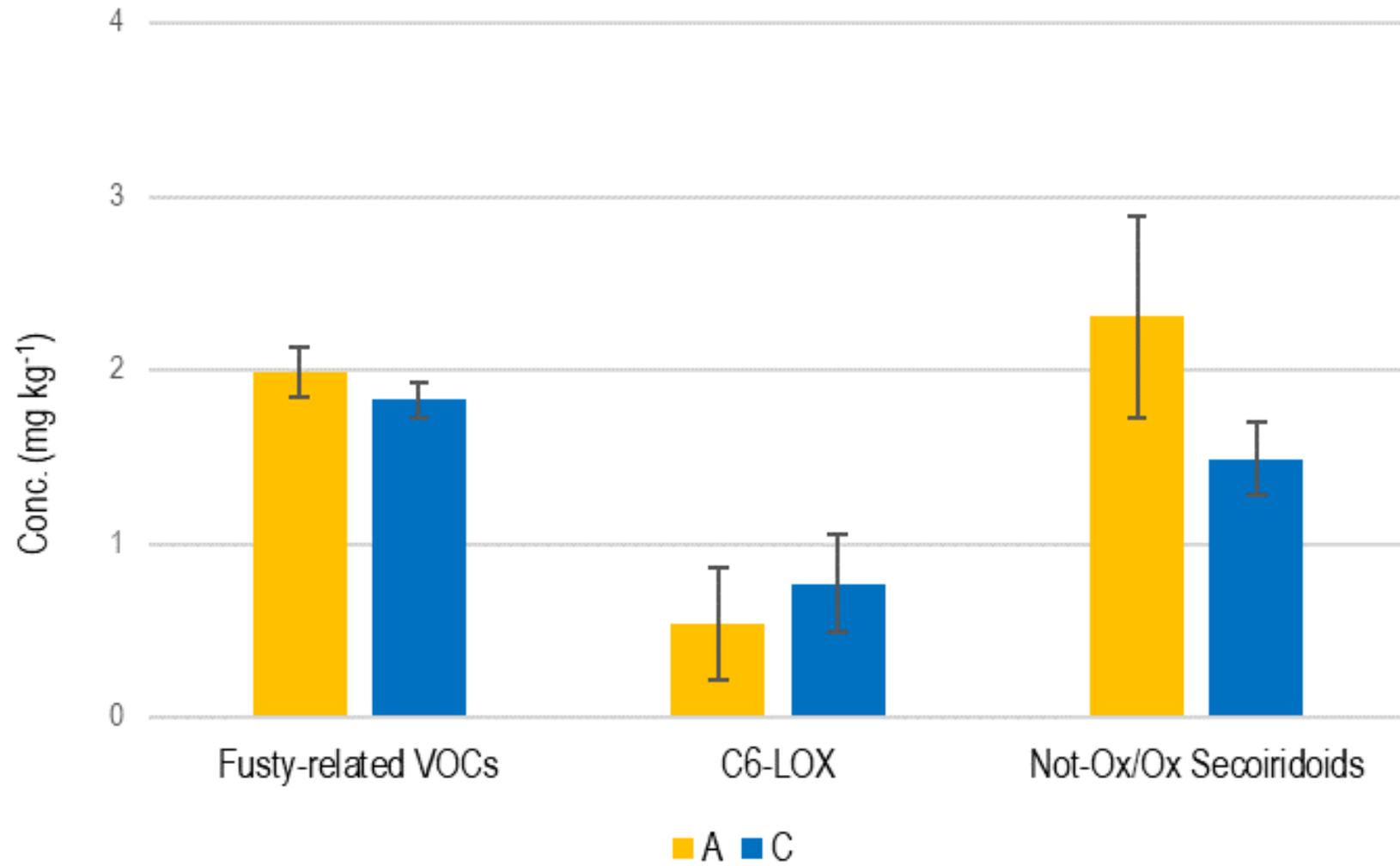
	Ambient			Cold			RSE
	Bin	Half bin	Box	Bin	Half bin	Box	
<b>Biophenols (mg kg<sup>-1</sup>)</b>							
<b>Para-coumaric acid</b>	1.32 x	0.89 y	0.84 y	1.13 x	0.83 y	0.95 y	0.27
<b>Ferulic acid</b>	2.12 i	1.73 i	1.45 i	5.10 h	2.07 i	1.71 i	0.87
<b>Decarboxymethyl oleuropein aglycone, oxidized dialdehyde form</b>	34.75 a	48.46 a	40.94 a	55.23 b	56.94 b	60.05 b	11.88
<b>Decarboxymethyl ligstroside aglycone, oxidized dialdehyde form</b>	31.53 h	45.54 il	36.28 hi	54.98 l	46.04 il	44.04 il	5.58
<b>Ligstroside aglycone, oxidized aldehyde and hydroxylic form</b>	8.26 i	11.02 i	8.26 i	22.75 h	11.44 i	10.80 i	3.94
<b>Total phenolic compounds</b>	365.66 n.s.	434.16 n.s.	347.83 n.s.	454.50 n.s.	366.88 n.s.	393.31 n.s.	69.66
<b>Tyrosol + Hydroxytyrosol</b>	3.95 n.s.	4.16 n.s.	3.73 n.s.	6.36 n.s.	4.07 n.s.	4.01 n.s.	1.54
<b>Phenolic acids</b>	12.87 h	14.31 hi	9.94 hi	18.79 i	12.23 hi	11.84 hi	3.01
<b>Lignans</b>	20.38 i	26.60 i	20.78 i	33.98 h	25.07 i	24.89 i	3.58
<b>Flavones</b>	11.18 n.s.	15.97 n.s.	12.69 n.s.	15.13 n.s.	13.45 n.s.	12.58 n.s.	4.46
<b>Secoiridoids</b>	317.28 n.s.	373.12 n.s.	300.69 n.s.	380.24 n.s.	312.06 n.s.	340.00 n.s.	61.33
<b>Oleuropein derivatives</b>	223.58 n.s.	260.75 n.s.	209.37 n.s.	249.90 n.s.	209.30 n.s.	240.17 n.s.	50.65
<b>Ligstroside derivatives</b>	97.65 a	116.53 a	95.05 a	136.70 b	106.84 b	103.84 b	13.67
<b>Not-Ox/Ox Ratio</b>	2.77 a	2.15 a	2.02 a	1.53 b	1.40 b	1.54 b	0.04

# Risultati

- A freddo maggiore concentrazione dei C6 derivanti dalla LOX
- A freddo minore concentrazione dei composti associati al riscaldamento

Volatile Organic Compounds (mg kg <sup>-1</sup> or µg kg <sup>-1</sup> )	Ambient			Cold			RSE
	Bin	Half-filled bin	Box	Bin	Half filled-bin	Box	
Methyl acetate (µg kg <sup>-1</sup> )	78 i	34 h	30 h	33 h	31 h	44 hi	14
Pentanal (mg kg <sup>-1</sup> )	0.86 h	0.90 hi	0.94 i	0.90 hi	0.89 hi	0.86 h	0.03
2-heptanone (mg kg <sup>-1</sup> )	1.58 a	1.58 a	1.58 a	1.57 b	1.57 b	1.58 b	0.01
1-butanol, 2-methyl + 3-methyl (mg kg <sup>-1</sup> )	0.40 a	0.33 a	0.35 a	0.21 b	0.27 b	0.19 b	0.09
Acetic acid, hexyl ester (mg kg <sup>-1</sup> )	0.06 a	0.10 a	0.09 a	0.15 b	0.15 b	0.15 b	0.04
E2-penten-1-ol (µg kg <sup>-1</sup> )	36.09 a	32.42 a	28.10 a	30.70 b	21.21 b	26.75 b	7.67
Z2-penten-1-ol (mg kg <sup>-1</sup> )	0.40 a	0.36 a	0.32 a	0.35 b	0.25 b	0.30 b	0.07
Z3-hexenyl-acetate (mg kg <sup>-1</sup> )	0.26 a, x	0.36 a, y	0.32 a, y	0.34 b, x	0.49 b, y	0.52 b, y	0.08
E2-hexenyl-acetate (µg kg <sup>-1</sup> )	0 a	1 a	0 a	3 b	4 b	4 b	3.16
1-hexanol (mg kg <sup>-1</sup> )	0.15 a	0.18 a	0.15 a	0.22 b	0.26 b	0.24 b	0.05
E3-hexen-1-ol (µg kg <sup>-1</sup> )	4 a	6 a	5 a	7 b	7 b	7 b	3.16
2,4-hexadienal (µg kg <sup>-1</sup> )	82 x	49 yz	48 yz	99 x	44 yz	79 yz	18.89
1-heptanol (µg kg <sup>-1</sup> )	2 a	4 a	2 a	7 b	7 b	5 b	5.06
Decanal (mg kg <sup>-1</sup> )	0.13 a	0.39 a	0.38 a	1.13 b	1.32 b	0.52 b	0.57
2-4-nonadienal (µg kg <sup>-1</sup> )	52 i	60 hj	55 j	64 hj	59 hj	50 i	6.99
Phenol (µg kg <sup>-1</sup> )	30 i	22 hj	20 j	22 hj	23 hj	25 i	2.36

# Risultati



# Conclusioni

Che cosa possiamo concludere?

Che cosa non abbiamo considerate?

Quali sono i limiti di questo esperimento?

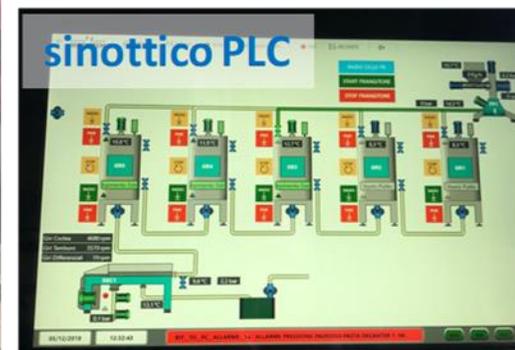
DAGRI

MORI-  
TEM

AZIENDE  
PARTNER

# Sviluppo e Realizzazione

## IL FRANTOIO PROTOTIPO



DAGRI

MORI-  
TEM

AZIENDE  
PARTNER

# Sviluppo e Realizzazione

## Elementi Innovativi



Implementazione di un dispositivo di frantumazione delle foglie



Dispositivi di purificazione dell'acqua di lavaggio con elementi filtranti e lampada UV



sistema di termostatazione dell'acqua di lavaggio, per regolarne la temperatura e sfruttarla come fluido di scambio termico con le olive.

# Defogliazione e Pulizia delle Olive



# Sistema di purificazione/sanificazione dell'acqua

il sistema di purificazione/sanificazione dell'acqua è stato progettato e le diverse parti sono state reperite sul mercato o realizzate ex novo per l'opportuno assemblaggio;

sinteticamente, sarà implementato un sistema in ricircolo (portata di circa 1000-1500L/h tramite pompa opportunamente dimensionata), dotato di bypass, su una batteria di elementi filtranti con quattro stadi successivi di filtrazione (quattro housing in pvc da 20 pollici, disposti in serie con tagli nominali decrescenti da 500-100-20-5µm).

Il gruppo di filtrazione appena descritto sarà poi completato, a valle, da un elemento di sterilizzazione consistente in una lampada UV da 55W di potenza ed in grado di lavorare fino a circa 1700 L/h (portata massima);



# Sistema di termostatazione dell'acqua

la termostatazione dell'acqua sarà ottenuta mediante uno scambiatore a immersione a piastre coadiuvato da uno scambiatore a piastre saldobrasate; questi due elementi sono comunque in fase di ulteriore valutazione e dimensionamento.



DAGRI

MORI-  
TEM

AZIENDE  
PARTNER

# Elementi Innovativi

## Frangitura

lavoro a potenza costante con la regolazione dell'alimentazione delle olive, in retroazione sulla base dell'assorbimento di corrente del motore elettrico;

velocità di rotazione degli organi frangenti variabile e modulabile

termostatazione della camera di frangitura, tramite scambiatore di calore integrato

scambiatore di calore con alloggiamenti per monitoraggio gas di testa sopra la pasta

dispositivo per il dosaggio controllato di ossigeno nella pasta

sensoristica per monitoraggio gas di testa sopra la pasta



alloggiamento sensori

scambiatore di calore



A dicembre 2019 erano presenti “l’incamiciatura” della camera di frangitura e un ulteriore scambiatore di calore sagomato ad U posto a valle degli organi frangenti.

Quest’ultimo elemento scambiatore mostrava già le predisposizioni per il futuro allacciamento della sensoristica (gas di testa sopra la pasta appena franta). Il sistema di gestione in retroazione della portata, era anch’esso presente ed integrato nel quadro di comando della macchina, così come il dispositivo di regolazione (VFD) della velocità di rotazione.

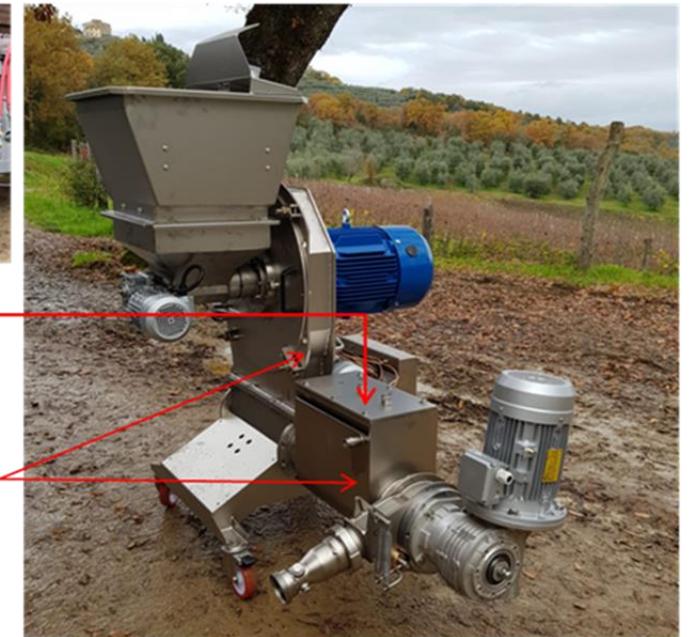
La macchina risultava quindi quasi completa degli elementi prototipali, **mancando unicamente l’alloggiamento per la candela porosa con il relativo sistema di dosaggio dell’ossigeno e la sensoristica per il monitoraggio dello spazio di testa.**

l’elemento di distribuzione dell’ossigeno è una candela porosa (sparger) in acciaio raccordato tra frangitore e tubazione di mandata della pasta alle gramole. Il dispositivo di dosaggio dell’ossigeno potrebbe prevedere:

- l’utilizzo di un compressore alimentare (oil-less) ed interfacciato ad un flussimetro per il dosaggio;
- l’utilizzo di una bombola di aria compressa alimentare, dotata di opportuno riduttore di pressione e flussimetro.



alloggiamento sensori



scambiatore di calore

## Caso studio 2: gli effetti della velocità del frangitore sugli oli prodotti

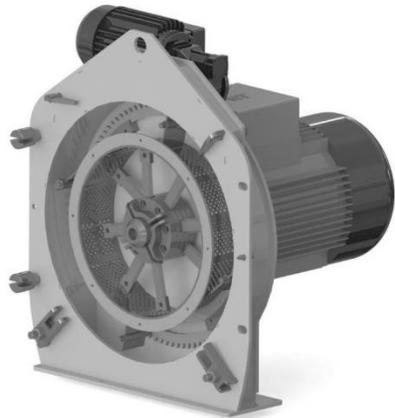
**Un'opportunità per modulare facilmente le caratteristiche degli oli**

Ipotesi iniziale:

Modificando la velocità del frangitore è possibile cambiare il profilo aromatico degli oli.

In particolare ad alte velocità si favorirebbero i fenoli (amaro/piccante) mentre a bassa velocità la formazione di profumi di fruttato.

## Lo schema sperimentale



### 3 diverse velocità

- 2200 rpm
- 2700 rpm
- 3200 rpm

**Diametro griglia 35 cm**

**Diametro fori 6.5 mm**

### Estrazione identica

**Gramole verticali da 300 kg ciascuna**  
**Decanter a 2 fasi alimentato a 700 kg/h**

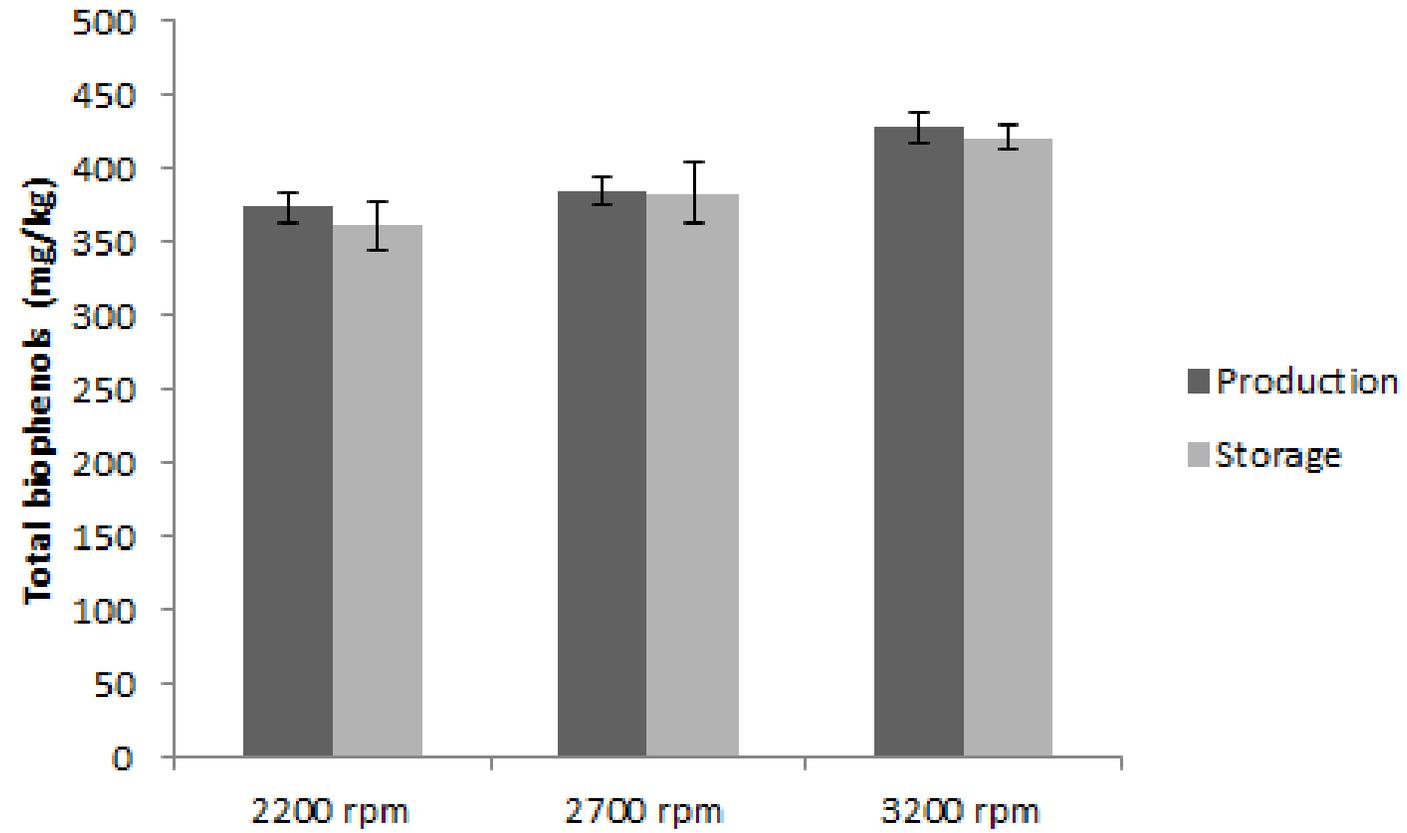
**Filtrazione in linea**

**X 3 repliche**

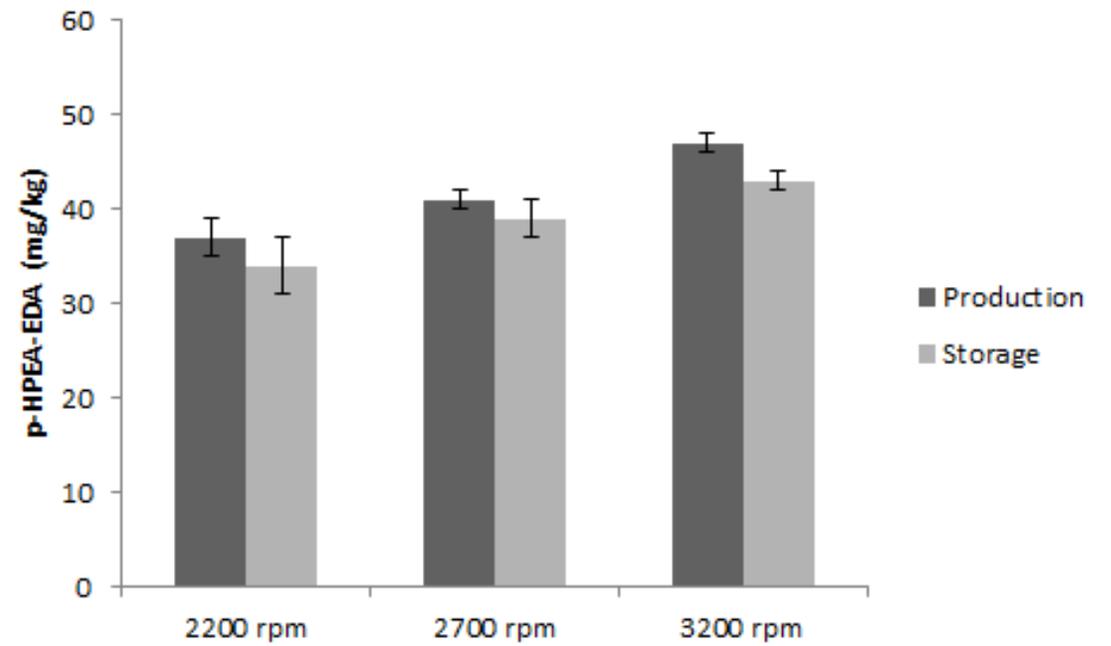
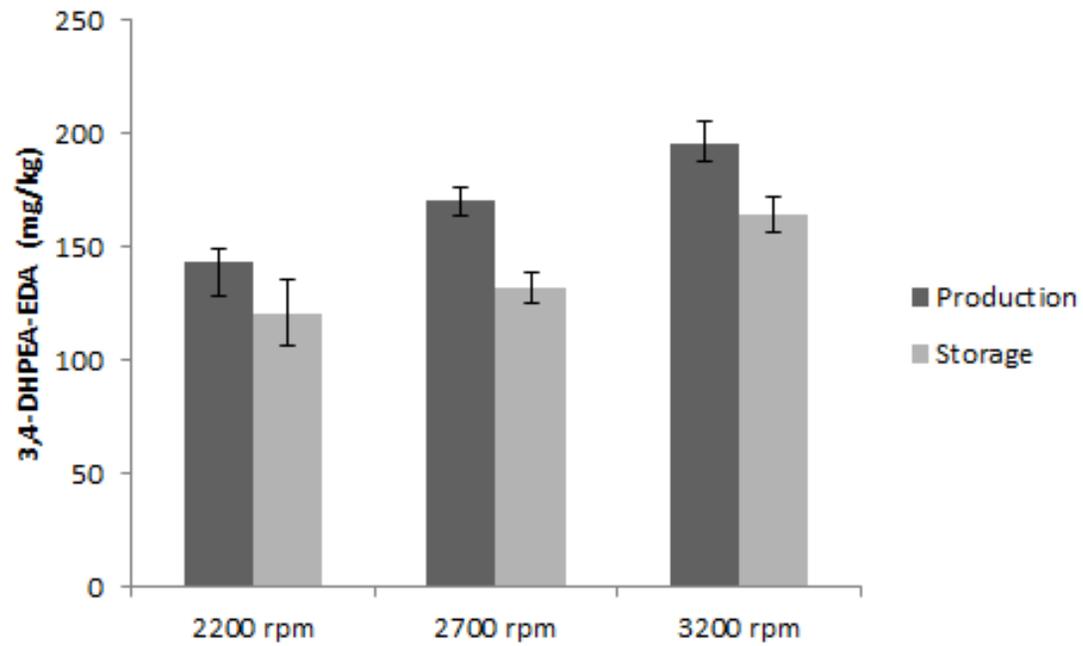
**Analisi immediata e dopo 8 mesi di stoccaggio  
al buio in bottiglie da 750 ml**

- **FFA, PV, UV indexes**
- **Profilo fenolico**
- **Composti volatili**
  - **Panel test**

# Risultati



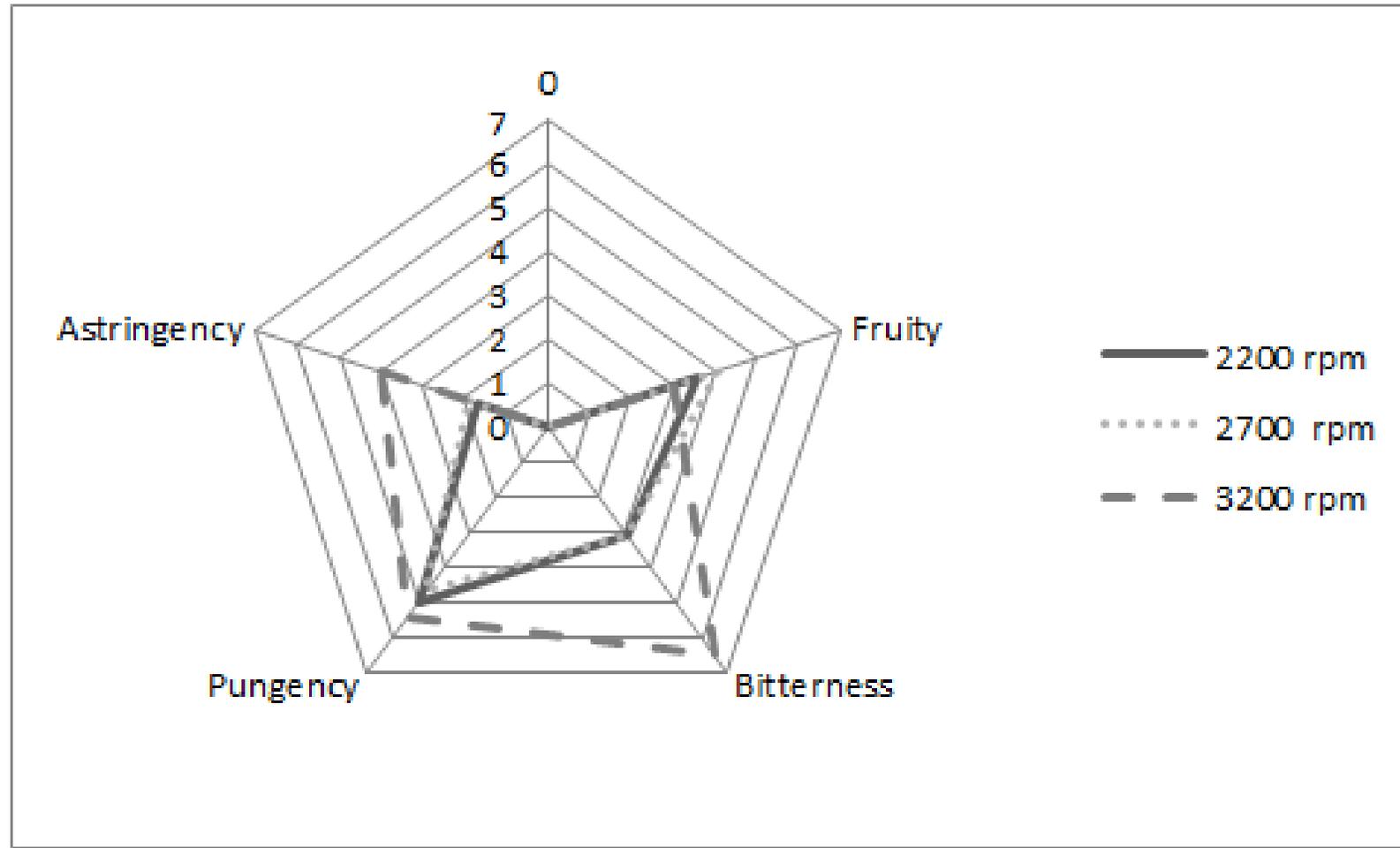
# Risultati



# Risultati

	Post-production			After 8 months' storage			<i>p</i> speed	<i>p</i> storage
	2200 rpm	2700 rpm	3200 rpm	2200 rpm	2700 rpm	3200 rpm		
Hexanal	0.00 (0.00) ax	0.00 (0.00) ax	0.00 (0.00) ax	0.00 (0.00) ax	0.00 (0.00) ax	0.00 (0.00) ax	ns	ns
Hexanol	0.55 (0.01) ax	0.55 (0.01) ax	0.55 (0.02) ax	0.56 (0.01) ay	0.57 (0.00) ay	0.57 (0.01) ay	ns	**
Hexil acetate	0.11 (0.00) ax	0.11 (0.00) ax	0.11 (0.00) bx	0.12 (0.00) ay	0.12 (0.00) ay	0.11 (0.00) by	***	**
C6 from LA	0.66 (0.01) ax	0.67 (0.01) ax	0.66 (0.02) ax	0.69 (0.01) ay	0.69 (0.00) ay	0.68 (0.01) ay	ns	**
Z-3-Hexenal	0.19 (0.01) ax	0.19 (0.01) ax	0.18 (0.01) bx	0.21 (0.00) ay	0.22 (0.01) ay	0.19 (0.02) by	*	***
E-2-Hexenal	17.80 (0.70) ax	17.76 (0.65) abx	16.50 (0.47) bx	18.06 (0.87) ax	17.22 (0.52) abx	16.88 (0.72) bx	*	ns
Z-3-Hexenil acetate	0.32 (0.01) ax	0.32 (0.01) ax	0.28 (0.00) bx	0.35 (0.02) ay	0.34 (0.01) ay	0.30 (0.01) by	***	**
E-2-Hexenil acetate	0.08 (0.00) ax	0.07 (0.00) ax	0.07 (0.00) ax	0.07 (0.00) ax	0.08 (0.00) ax	0.08 (0.00) ax	ns	ns
Z-3-Hexenol	0.43 (0.01) ax	0.49 (0.01) bx	0.48 (0.03) bx	0.48 (0.01) ay	0.55 (0.01) by	0.52 (0.03) by	**	***
E-2-Hexenol	0.81 (0.10) ax	0.77 (0.04) ax	0.80 (0.11) ax	0.82 (0.09) ax	0.80 (0.07) ax	0.82 (0.13) ax	ns	ns
C6 from LnA	19.63 (0.68) ax	19.59 (0.67) abx	18.32 (0.34) bx	20.01 (0.82) ax	19.21 (0.48) abx	18.77 (0.62) bx	*	ns
2-Pentanol	0.00 (0.00) ax	0.00 (0.00) ax	0.00 (0.00) ax	0.00 (0.00) ax	0.00 (0.00) ax	0.00 (0.00) ax	ns	ns
E-2-Pentenal	0.05 (0.00) ax	0.05 (0.00) ax	0.05 (0.00) ax	0.05 (0.00) ay	0.05 (0.00) ay	0.05 (0.00) ay	ns	***
Ethyl vinyl ketone	0.55 (0.04) ax	0.48 (0.02) ax	0.47 (0.03) ax	0.63 (0.08) ay	0.69 (0.04) ay	0.64 (0.06) ay	ns	***
1-Penten-3-ol	0.52 (0.02) ax	0.47 (0.01) ax	0.52 (0.06) ax	0.28 (0.02) ay	0.28 (0.01) ay	0.28 (0.01) ay	ns	***
Total C5	1.12 (0.07) ax	0.99 (0.03) ax	1.04 (0.09) ax	0.96 (0.10) ax	1.02 (0.05) ax	0.97 (0.07) ax	ns	ns
Total C5 + C6	21.43 (0.62) ax	22.06 (0.71) abx	20.02 (0.27) bx	21.66 (0.86) ax	20.92 (0.50) abx	20.42 (0.68) bx	*	ns
Nonanal	0.04 (0.03) ax	0.04 (0.04) ax	0.02 (0.03) ax	0.71 (0.17) ay	1.12 (0.07) ay	0.83 (0.16) ay	ns	***
2-Heptenal	0.03 (0.00) ax	0.01 (0.01) ax	0.02 (0.00) ax	0.11 (0.03) ay	0.19 (0.02) ay	0.16 (0.01) ay	ns	***
2,4-Heptadienal	0.01 (0.00) ax	0.01 (0.01) ax	0.01 (0.01) ax	0.04 (0.01) ay	0.06 (0.01) ay	0.05 (0.01) ay	ns	***
5-Hepten-2-methyl-6-one	0.02 (0.01) ax	0.00 (0.01) ax	0.01 (0.01) ax	0.04 (0.00) ay	0.06 (0.01) ay	0.05 (0.01) ay	ns	***

# Risultati



## Conclusioni

Abbiamo verificato una parte dell'ipotesi iniziale:

L'aumento della velocità di frangitura determina una maggiore estrazione fenolica, quindi maggiori sensazioni di amaro e di piccante all'assaggio.

Ci sono deboli indicazioni, alcuni composti fruttati dalle analisi chimiche, che a velocità inferiori si possono estrarre maggiori profumi, ma all'assaggio non sono state riscontrate differenze. Questa ipotesi non può dirsi verificata, servono ulteriori studi. Non può dirsi nemmeno scartata.

DAGRI

MORI-  
TEM

AZIENDE  
PARTNER

## Sviluppo e Realizzazione

# Gramolazione

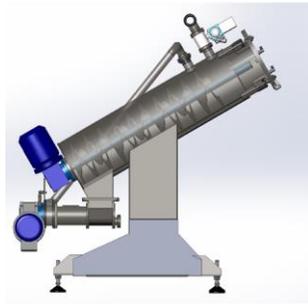
l'operazione che segue la frangitura ed ha lo scopo di rompere l'emulsione fra acqua e olio e far confluire le micelle d'olio in gocce più grandi che tendono a separarsi spontaneamente dall'acqua

## Elementi Innovativi

sistema di gramolazione  
in continuo su più  
elementi singoli e  
indipendenti di scambio  
termico/rimescolamento

velocità di  
rimescolamento  
variabile per ogni  
elemento

alloggiamenti e  
sensoristica per la  
caratterizzazione dello  
spazio di testa sopra la  
pasta in gramolazione





Nell'immagine risaltano chiaramente due linee di motori elettrici indipendenti, una posizionata più in alto rispetto all'altra, due motori per ognuno degli elementi tubolari di gramolazione (5 camere di gramolazione, 10 motori in tutto).

La linea superiore corrisponde ai motori deputati al rimescolamento della pasta tramite l'azionamento di un albero rotante (aspo) interno alla camera di gramolazione. Ogni motore è dotato di dispositivo VFD per la regolazione elettronica della velocità di rimescolamento.

Forma Delle Gramole e numero di gramole?



La seconda linea di motori è invece deputata alla movimentazione della pasta tra le gramole (riempimento e svuotamento) e verso il decanter centrifugo nel caso dell'ultima gramola (quella più prossima al decanter), grazie all'azionamento di altrettante pompe.

La pompa dedicata all'alimentazione del decanter è dotata di regolatore di velocità VFD per permettere una regolazione fine della portata di lavoro della centrifuga. Gli altri motori dispongono invece di variatore meccanico di velocità.



Nell'immagine è possibile vedere un particolare della chiusura superiore di uno dei 5 elementi di gramolazione. Si tratta di una portella circolare in acciaio inox dotata degli alloggiamenti per i sensori di livello della pasta e della temperatura.

Sono anche presenti le predisposizioni per la connessione con i sensori di concentrazione gassosa dello spazio di testa: **sensori di ossigeno, anidride carbonica, etanolo e sensore VOC-PID.**

Tutti gli elementi di gramolazione sono dotati di intercapedine per la circolazione di un fluido per il condizionamento termico (raffreddamento o riscaldamento).

Tutta la linea sarà dotata di elettrovalvole e sensoristica opportunamente interfacciate al quadro elettrico/elettronico di comando dell'impianto.

**In particolare sarà possibile gestire separatamente ogni elemento di gramolazione sia per il livello della velocità di rimescolamento, che per la temperatura di condizionamento (temperatura dell'acqua in ricircolo nell'intercapedine).**



I sensori sono stati selezionati per finalità e caratteristiche tecniche, così come è stato anche progettato il dispositivo per il loro alloggiamento e la relativa soluzione per l'interfacciamento agli elementi di gramolazione.

Sinteticamente, sono stati individuati dei sensori per i seguenti composti gassosi: **ossigeno, anidride carbonica, etanolo, composti organici volatili.**

I sensori saranno alloggiati in una cella di misura a tenuta stagna, esterna alle camere di gramolazione.

È stato previsto di utilizzare un unico gruppo di sensori comune a tutti gli elementi suscettibili di misurazione, dotando il dispositivo di alloggiamento di opportune valvole ed innesti rapidi, in modo tale da poter effettuare le misurazioni innestando e disinnestando il dispositivo di volta in volta in funzione dell'elemento dell'impianto che si desidera monitorare, ossia il frangitore (a livello dello scambiatore di calore opportunamente conformato) e l'uno o l'altro dei 5 elementi tubolari di gramolazione.

La cella di misura sarà dotata di una pompa di ricircolo per i gas dello spazio di testa e di interfaccia elettronica per la gestione dei sensori e la registrazione delle misure.

**PERCHE' ABBIAMO BISOGNO DI TUTTI  
QUESTI SENSORI/SONDE DI  
CONTROLLO**

---

**?**

La **gramolatura** consiste in un lento e continuo rimescolamento della pasta di olive all'interno di una macchina detta **gramola**. Si tratta di un passaggio importantissimo e delicato in quanto permette di rompere le emulsioni acqua-olio che si sono formate durante la frangitura e riunire le goccioline di olio mosto in gocce sempre più grandi che saranno più facili da unire nel successivo metodo di estrazione.

**La fase di gramolazione del processo di estrazione dell'olio extra vergine di oliva ha guadagnato una crescente attenzione negli ultimi anni;** è infatti considerata un passaggio fondamentale in grado di modificare significativamente l'efficienza dell'impianto e la qualità dell'olio extra vergine di oliva.

Le condizioni di gramolazione scelte e le caratteristiche costruttive della macchina utilizzata, sono in grado di influenzare una serie di fenomeni fisico-chimici e biochimici responsabili della resa di estrazione e del passaggio nell'olio di componenti minori che ne delineano la qualità nutrizionale e sensoriale.



**Fattori fisici e GRAMOLATURA : temperatura, tempi, disponibilità di Ossigeno**

# Caso studio sulla Temperatura di Gramolazione

- **La temperatura di lavorazione** incide sulla resa ed è strettamente relazionata alla stabilità dell'emulsione acqua-olio. **La gramolatura si può svolgere a temperature di poco superiori a quella ambientale (da 24°C a 27°C)**; in questo caso si parla di estrazione a freddo. Con emulsioni più stabili è necessario procedere ad un riscaldamento maggiore della pasta, con temperature superiori ai 27°C, ma comunque inferiore i a 30°C. Il limite di 30°C è considerato il punto critico: la resa dell'estrazione aumenta con la temperatura della gramolatura, ma raggiunto questo livello termico, la pasta affronta un decadimento qualitativo:
  1. **peggioramento del gusto**
  2. **perdita di sostanze volatili**
  3. **perdite in polifenoli, tocoferoli e vitamina A**

# Caso studio su Tempo/ Temperatura di Gramolazione

È stato creato un programma per computer per progettare e controllare la gramolazione della pasta di olive sotto esposizione all'aria, sulla base dei modelli cinetici empirici. Il programma è apparso applicabile a diversi ipotetici trattamenti di gramolazione sotto esposizione all'aria.

Sono state previste diverse condizioni tempo-temperatura ottimali in funzione dei diversi contenuti di olio di oliva e delle diverse soglie ottimali.

Una resa apparente in olio elevata, con una degradazione minima dei composti fenolici dell'olio potrebbe verificarsi **sia a bassa temperatura (cioè 22 ° C) con tempi compresi tra ca. 40–60 min che ad alta temperatura (cioè 35–37 ° C) con tempi compresi tra circa 30–50 min.**



An original computer program (*MalaxAction 1.0*) to design and control olive paste malaxation under exposure to air

B. Zanoni <sup>a,\*</sup>, C. Breschi <sup>a</sup>, V. Canuti <sup>a</sup>, L. Guerrini <sup>b</sup>, P. Masella <sup>b</sup>, M. Picchi <sup>a</sup>, A. Parenti <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Department of Agricultural, Food and Forestry Systems Management (GESAAF) – Food Science and Technology and Microbiology Section, Università degli Studi di Firenze, Via Donizetti 6, 50144 Florence, Italy

<sup>b</sup> Department of Agricultural, Food and Forestry Systems Management (GESAAF) – Agricultural, Forest and Biosystem Engineering Section, Università degli Studi di Firenze, Piazzale delle Cascine 15, 50144 Florence, Italy



# IMPIANTO DI BUCINE

Impianto dotato sia del gruppo frigo, sia della caldaia di riscaldamento.

Tempo di gramolazione di circa 25 minuti (5 minuti ad elemento) ed alimentando il decanter a una portata di circa 800 kg/h.

- TEMPERATURA OLIVE PRIMA DELLA FRANGITURA

9-12 °C



- TEMPERATURA DI SCAMBIO DEGLI ELEMENTI DI GRAMOLAZIONE
- 1°-3°-5° Elemento

30 °C



- TEMPERATURA DI SCAMBIO DEGLI ELEMENTI DI GRAMOLAZIONE
- 2°-4° Elemento

15 °C

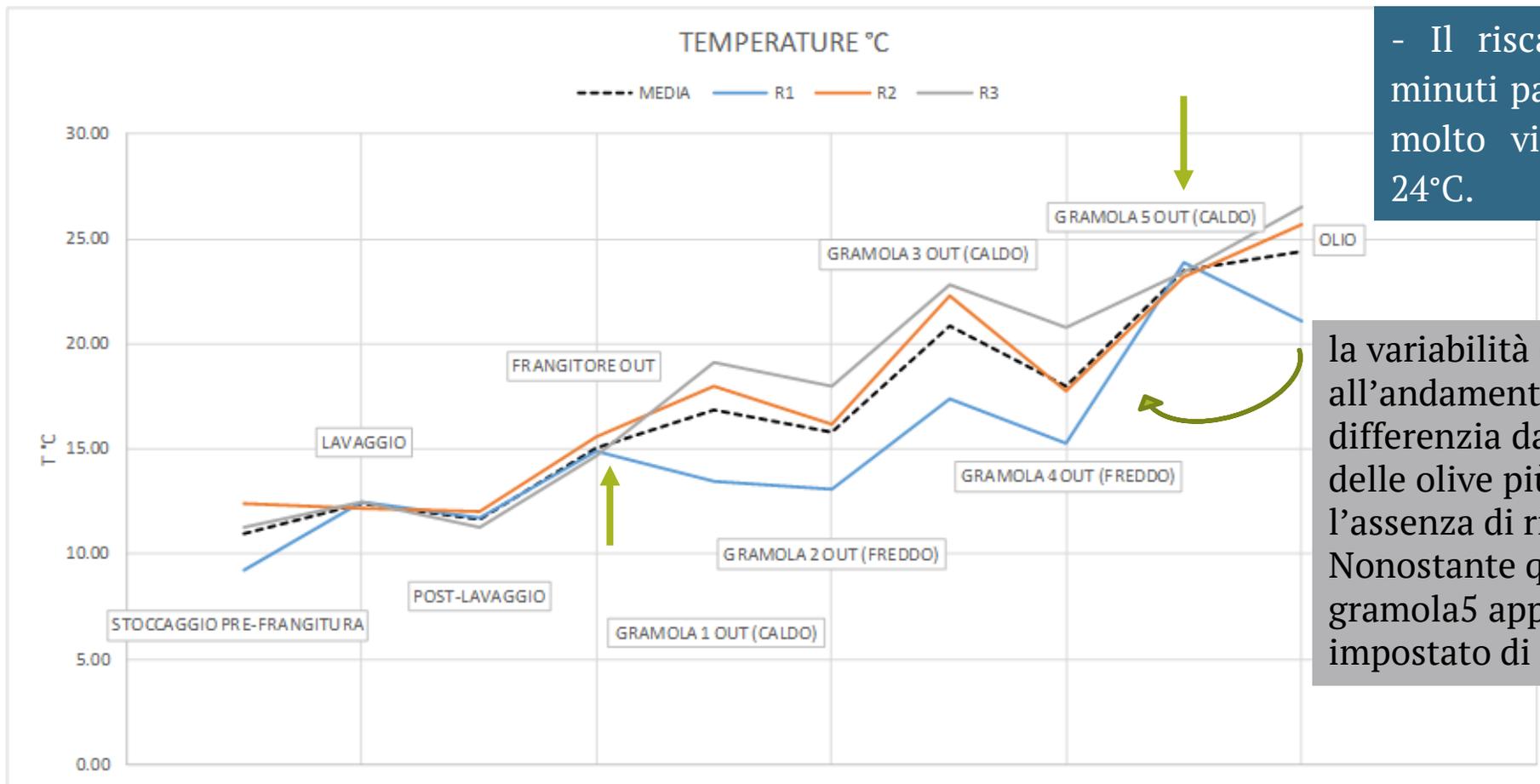


- TEMPERATURA TARGET DELLA PASTA IN ALIMENTAZIONE AL DECANTER

24°C



Il grafico riporta i valori di temperatura registrati durante le tre estrazioni, unitamente al valore medio calcolato (linea nera tratteggiata).



- Il riscaldamento della pasta in 25 minuti passa in media da 15 a 23.5°C; è molto vicino al valore desiderato di 24°C.

la variabilità osservata è legata all'andamento della prima estrazione che si differenzia dalle altre per una T (°C) iniziale delle olive più bassa (di 2 gradi) e per l'assenza di riscaldamento nella gramola1. Nonostante questo la pasta in uscita alla gramola5 approssima bene il valore impostato di 24°C.

Per quanto la prova non rifletta un caso di lavoro reale, dove il senso di variazione della temperatura sarà o in riscaldamento o in raffreddamento, essa ha verificato la possibilità di gestire indipendentemente le singole gramole che sono risultate in grado di modificare la temperatura della pasta.



# Aspetti positivi e problematicità



- nessuna macchina dell'impianto prototipo ha subito blocchi di lavoro o particolari problemi di funzionamento;
- il quadro di controllo è stato in grado di gestire l'automatismo della gramolazione in continuo, determinando in modo preciso i momenti di riempimento e svuotamento dei singoli elementi di gramolazione senza che si verificassero intasamenti o periodi di lavoro a vuoto;
- i valori stimati delle rese sono ricaduti in un intervallo di validità tecnica accettabile, variando da un minimo del 7% ad un massimo del 17% circa.

- il ritardo nell'allestimento dell'impianto da una parte e la ridotta disponibilità di olive dall'altra, non hanno permesso di svolgere prove di verifica funzionale e/o qualitativa nel numero e con il livello di approfondimento necessari.
- soltanto in 1 delle 5 prove di estrazione, svolta in data 10 dicembre 2019, erano disponibili i dispositivi di condizionamento termico delle pasta di olive (gruppo frigo e caldaia). Solo in questa prova è quindi stato possibile lavorare a temperatura controllata.

# Caso Studio : Monitoraggio dei gas dalla pasta di olive durante la gramolazione

L'aria presente al tempo zero contiene circa il 20% di ossigeno; **la concentrazione decresce rapidamente** per effetto dell'attività enzimatica tra cui quella della **lipossigenasi, che rompe le molecole di acido linoleico e linolenico** in molecole a 5 e 6 atomi di C che sono volatili (ad es. l'esanale) **e danno gli aromi di fruttato.**

**Al decrescere del tenore di ossigeno rallenta l'attività enzimatica ossidasica** (lipossigenasi e polifenolossidasi) e lipolitica delle lipasi, che aumentano l'acidità libera dell'olio.

In una serie di esperimenti, **è stata monitorata la concentrazione relativa di ossigeno e CO2 sopra la superficie delle paste nel camera di gramolazione.**

Eur Food Res Technol (2006) 222: 521–526  
DOI 10.1007/s00217-005-0003-4

ORIGINAL PAPER

A. Parenti · P. Spugnoli · P. Masella · L. Calamai

**Carbon dioxide emission from olive oil pastes during the transformation process: technological spin offs**

J Am Oil Chem Soc (2011) 88:871–875  
DOI 10.1007/s11746-010-1739-y

ORIGINAL PAPER

**Malaxation of Olive Paste Under Sealed Conditions**

Piernicola Masella · Alessandro Parenti ·  
Paolo Spugnoli · Luca Calamai

# MATERIALI E METODI

Trial	Cultivar	Material	Apparatus	Mixing	Olive weight (kg)	Head space (L)	Trial time (min)
A	Coratina	paste	sealed	on	4.19	1.33	110
B	Coratina	paste	sealed	on	4.17	1.35	78
C	Coratina	paste	sealed	on	3.89	1.61	65
D	Coratina	paste	sealed	on	4.19	1.33	190
E	Coratina	paste	open	on	3.75	–	195
F	Coratina	paste	open	on	4.10	–	120
G	Leccino	paste	sealed	on	2.99	2.42	140
H	Coratina	olives	sealed	off	2.47	2.90	160
I	Leccino	olives	sealed	off	2.42	2.94	195

Per valutare la naturale respirazione dell'oliva intera, l'emissione di CO<sub>2</sub> delle olive è stata monitorata per circa 200 minuti

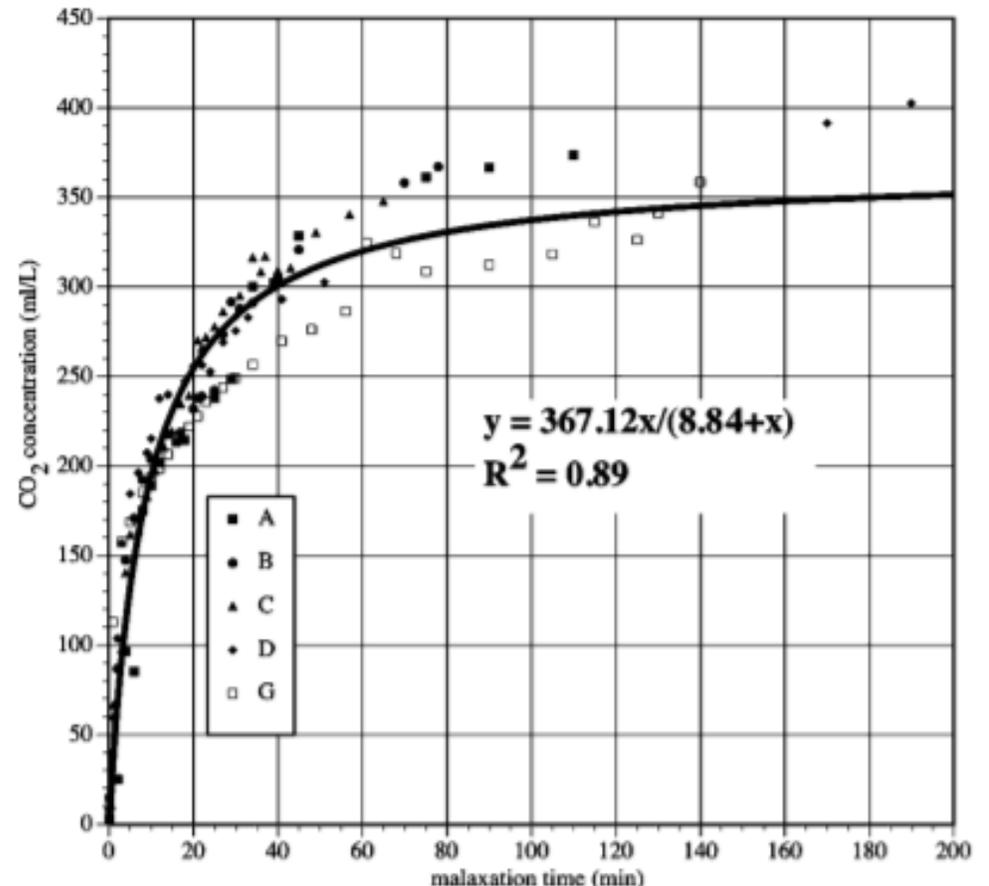
# RISULTATI

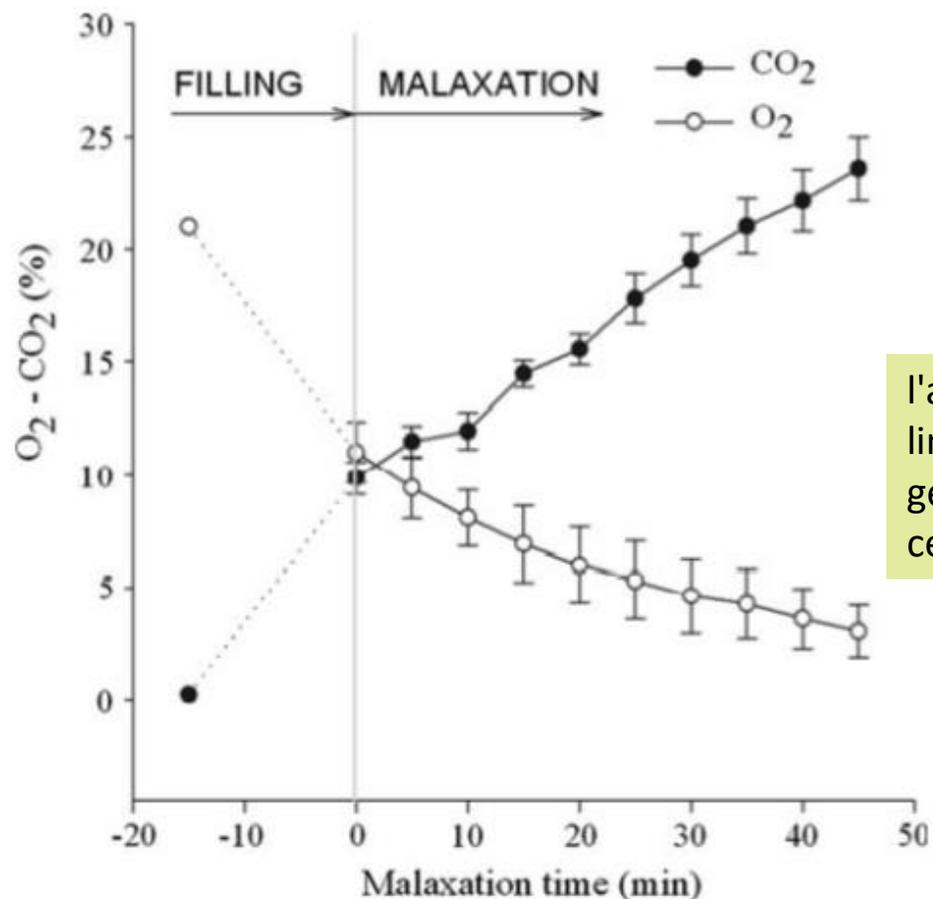
Un rapido aumento iniziale della concentrazione è stato osservato

Le paste di olive producono grandi quantità di CO<sub>2</sub> durante la gramolazione, soprattutto all'inizio.

Ciò è dovuto principalmente alla respirazione cellulare e in misura minore ai processi di fermentazione.

Quando la gramolazione è condotta in modo chiuso, essa porta alla rimozione dell'ossigeno e alla **produzione di CO<sub>2</sub> che inibisce l'ossidazione dei composti responsabili la qualità dell'olio d'oliva.**





**Fig. 1** CO<sub>2</sub> emission and O<sub>2</sub> depletion kinetics during malaxation under sealed conditions

Prima della gramolazione la concentrazione di CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> nella camera vuota corrispondono alla composizione atmosferica standard (0,2 e 21%, rispettivamente), durante il tempo di riempimento si verifica una grande emissione di CO<sub>2</sub> e simultaneamente l'esaurimento di O<sub>2</sub>. All'inizio di gramolazione avevano una concentrazione media simile di circa il 10%.

l'aumento della concentrazione di CO<sub>2</sub> e l'esaurimento di O<sub>2</sub> erano linearmente correlati ( $r = 0,85$ ), supportando l'ipotesi che il fenomeno generale delle emissioni di CO<sub>2</sub> è principalmente dovuto a la respirazione cellulare.

Questi studi hanno confermato il fenomeno dell'emissione di CO<sub>2</sub> accoppiato con l'esaurimento di O<sub>2</sub> durante la gramolazione in condizioni sigillate.

La ridotta concentrazione di O<sub>2</sub>, interferendo con l'attività di alcuni enzimi ossidativi, ha portato ad oli caratterizzati da una minore ossidazione e da una maggiore concentrazione di antiossidanti.

## Caso studio : Monitoraggio etanolo

Il problema è il contenuto di alcol etilico, frutto di fermentazioni, presente nell'olio.

L'alcol etilico è componente essenziale per innescare la reazione che porta alla formazione di esteri etilici.

Le olive, dunque, possono essere sane, in partenza, ma se subiscono una fermentazione in fase di stoccaggio delle stesse o durante la gramolazione, in ragione di temperature e caratteristiche impiantistiche, il risultato è la formazione di alcol etilico libero nell'olio che porta a un innalzamento del contenuto di esteri etilici nel tempo.

## Ethanol From Olive Paste During Malaxation, Exploratory Experiments

*Piernicola Masella,\* Lorenzo Guerrini, Giulia Angeloni, Bruno Zanoni,  
and Alessandro Parenti*

**Il presente lavoro mira a contribuire a questo argomento con uno studio sulla presenza di etanolo nello spazio di testa sopra la pasta di olive, durante la gramolatura in condizioni sigillate**

L'ossigeno nello spazio di testa della gramola è naturalmente consumato dalla pasta, e allo stesso tempo si crea un accumulo di CO<sub>2</sub> prodotta in condizioni sigillate.



Trends in Food Science & Technology 25 (2012) 13–23



### Review

### Malaxation: Influence on virgin olive oil quality. Past, present and future – An overview

**Maria Lisa Clodoveo\***

Department of Agro-Environmental and Territorial  
Sciences, Agriculture Faculty, University of Bari,  
Via Amendola 165/a, 70126 Bari, Italy  
(Tel.: +39 80 544 2514; fax: +39 80 544 2504;  
e-mail: clodoveo@agr.uniba.it)

plant tissues in order to liberate the oil drops contained in the mesocarp cells. Then malaxation prepares the paste for separation of the oil. Traditionally, the malaxing step consisting of a low (20–30 rpm) and continuous kneading of olive paste at a carefully monitored temperature. This phase is especially useful for achieving high and satisfactory yields of extraction. In fact this essential technological operation helps the small droplets of the oil formed during the milling to merge into large drops that can be easily separated through mechanical systems, and breaks up the oil/water emulsions formed during the crushing operation. The increase in oil drop size favours the increase in “free oil”. In addition, this operation disrupts a proportion of the oily cells remaining uncrushed during the first step (crushing) allowing the recovery of another oil fraction. However, malaxation of olive paste must be considered much more than a simple physical separation, because a complex bioprocess takes place that is very relevant to the quality and composition of the final product. During malaxation considerable changes in the oil's chemical com-

# MATERIALI E METODI

Una serie di prove è stata eseguita in una gramola ermeticamente sigillata su scala di laboratorio la quantità di etanolo nello spazio di testa sopra la pasta di olive è stata misurata in continuo.

## 2 livelli di condizioni di gramolazione testate:

- condizioni anossiche (cioè senza ossigeno nel spazio di testa della camera di gramolazione)
- condizioni ossigenate (condizioni ambientali di 20 kPa)

## 2 livelli di condizioni di pretrattamento delle olive:

- olive sanificate (trattate con potassio metabisolfito)
- olive non trattate (lavate in acqua distillata).

Sono state utilizzate la cultivar “Frantoio”, raccolta manualmente vicino a Firenze (Toscana, Italia) a fine ottobre 2017.

Immediatamente dopo la raccolta le drupe erano fisicamente intatte (non danneggiate) e in perfette condizioni igieniche.

La maturazione era media fase, confermata da un indice di maturazione di 3,6.

Le prove sono state eseguite su quattro giorni consecutivi, con una replica completa al giorno, per un totale di **16 prove**.

## **Condizioni di GRAMOLAZIONE : 900 s (15 minuti) a temperatura controllata di 25 °C.**

Nelle prove anossiche, indipendentemente di pretrattamento delle olive, lo spazio di testa della camera di gramolazione veniva continuamente lavata con azoto gassoso prima dell'inizio della miscelazione fino a quando i livelli di ossigeno non erano scesi a zero. Nelle prove ossigenate, la camera è stata sigillata dopo essere stata riempita di pasta.

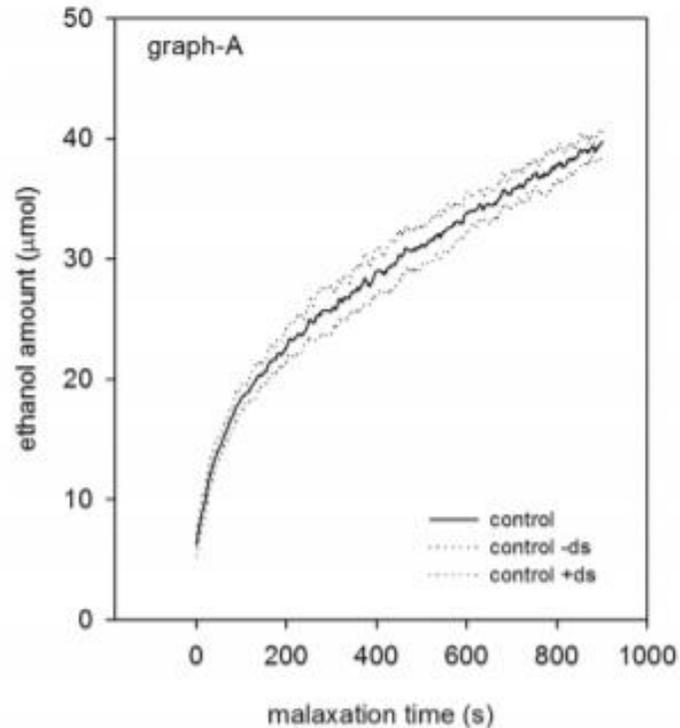
Dato che l'ossigeno viene consumato durante la gramolazione sigillata le prove sono state appositamente progettate per limitare, per quanto possibile, esaurimento dell'ossigeno.

**L'obiettivo era garantire la disponibilità di ossigeno per la pasta per enfatizzare la differenza con le prove anossiche.**

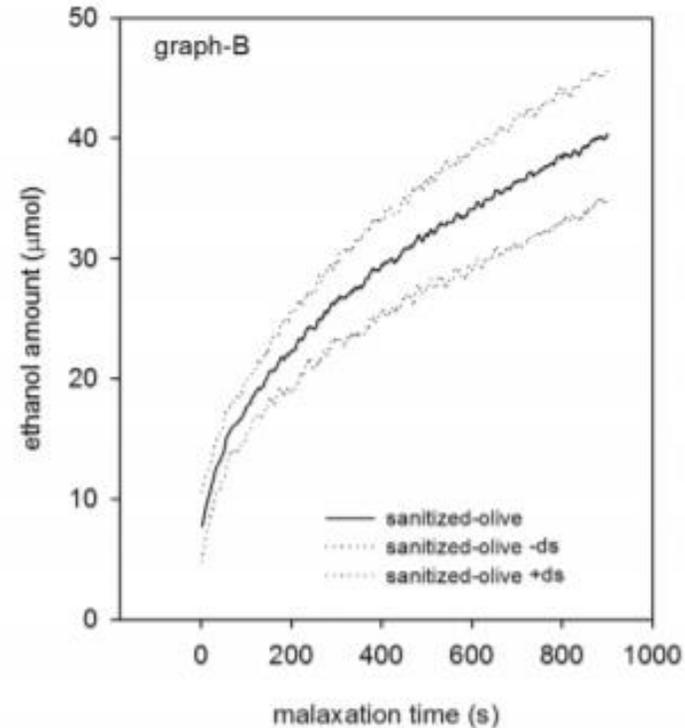
# RISULTATI

Concentrazione di Etanolo in funzione del tempo di impasto in condizioni convenzionali di gramolazione pari alle normali condizioni atmosferiche

Olive non trattate



Olive trattate

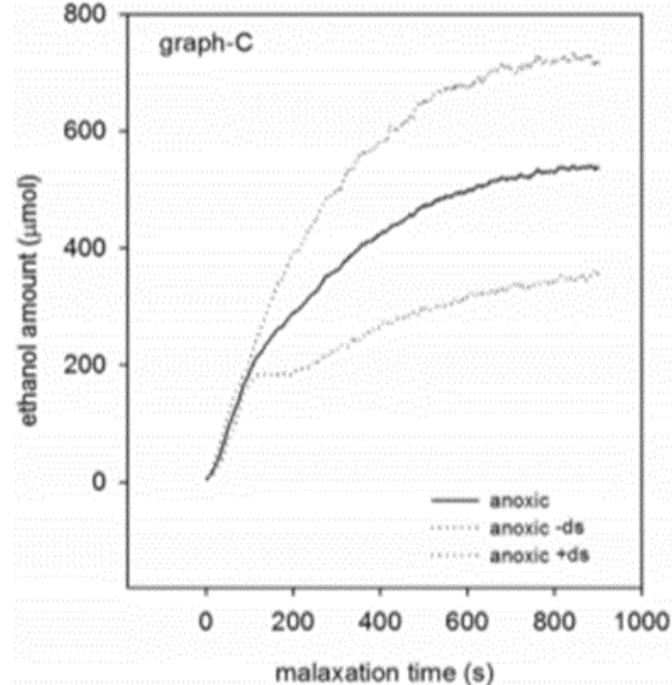


La cinetica dell'accumulo dell' etanolo nello spazio di testa sopra la pasta di olive da olive sanificate non differisce da quella delle olive non trattate, raggiungendo lo stesso valore medio di 50  $\mu\text{mol}$  alla fine della gramolazione

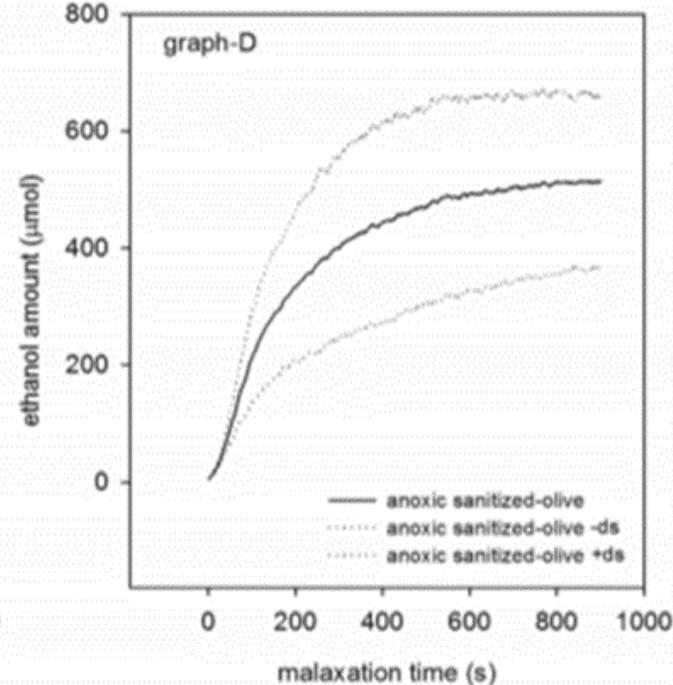
# RISULTATI

Concentrazione di Etanolo in funzione del tempo di impasto in condizioni i di gramolazione di Anossia

Olive non trattate



Olive trattate



Indipendentemente dal trattamento, **in condizioni anossiche** etanolo l'accumulo nello spazio di testa era all'incirca **dieci volte maggiore** rispetto alle condizioni ossigenate, raggiungendo un valore medio di circa 500  $\mu\text{mol}$  alla fine della gramolazione.

# CONCLUSIONI

**L'etanolo si accumula nello spazio di testa durante la GRAMOLAZIONE e la sua cinetica nel tempo sembra essere strettamente correlata all'assenza di ossigeno (cioè anossicità).**

Quindi, il fenomeno osservato è spiegato come il risultato di due reazioni parallele, il rilascio di etanolo già presente nel frutto ed etanolo neoformazione dovuta alla respirazione anaerobica delle cellule.

Questi risultati sembrano importanti per le potenziali applicazioni pratiche, compreso l'uso di cinetiche dell'etanolo per valutare la maturazione delle olive o come indice indiretto di anossicità che si verifica nella pasta.

# PROVE FUTURE

---

CAMPAGNA 2020-2021

# Idee per prove sperimentali/monitoraggio processo

## Test sul lavaggio olive:

- Valutazione qualitativa dell'acqua in ricircolo e non con campionamenti in momenti diversi della giornata di lavoro , Prove di valutazione della pulizia delle olive in ingresso al processo.
- Valutazione del salto termico delle olive con l'utilizzo delle piastre per il condizionamento.

# Idee per prove sperimentali/monitoraggio processo

## Test sul Frangitore:

- Vedere stabilità assorbimento elettrico nella stagione → prelievi di olive
- Test su scambiatore di calore: misurazione temperatura in entrata e valutazione della temperatura che riesco a raggiungere con lo scambiatore di calore integrato in relazione alla velocità del frangitore (campionamento pasta per valutazione dimensione particelle).
- Misurazione ossigeno disciolto sulla pasta e dosaggio ossigeno.

# Idee per prove sperimentali/monitoraggio processo

## Test sulle Gramole:

Testare

- 2 livelli di tempo: breve (solo un modulo utilizzato), lungo (tutti i moduli)
- 2 livelli di Temperatura (monitoraggio e controllo)
- 2 livelli di velocità dell'aspo

Misurare coefficiente scambio globale

In ogni condizione di prova sarà monitorata la temperatura per verificare l'efficacia dello scambio termico.



OliOnostrum

Un olio davvero extra

Grazie per  
l'attenzione



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DAGRI**  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE  
E TECNOLOGIE AGRARIE,  
ALIMENTARI, AMBIENTALI E FORESTALI