

# **Approcci microbiologici per la riduzione del grado alcolico e l'incremento dell'acidità del vino**

**Maurizio Ciani**

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA DELLA VITA E  
DELL ' AMBIENTE**

**DISVA- Università Politecnica delle Marche- Ancona**



## **Effetti dei cambiamenti climatici**

**Aumento medio della temperatura (bolle di calore)  
differente distribuzione delle precipitazioni  
nell'anno**



**hanno modificato le fasi fenologiche classiche:**

**-anticipo della ripresa vegetativa e  
maturazione delle uve**

**influenzando la dinamica degli elementi  
nutritivi nella pianta e gli aspetti qualitativi,  
organolettici e sensoriali del vino**



# Effetto dei cambiamenti climatici

---

stanno determinando profonde modificazioni della composizione delle uve quali:

- eccessiva concentrazione zuccherina delle uve;
- riduzione degli acidi organici delle uve;
- innalzamento del pH;
- modificazione del tenore e tipologia di sostanze azotate nei mosti;
- modificazione del potenziale aromatico;

# Perché il grado alcolico dei vini si è andato innalzando in questi ultimi anni?

Incremento contenuto alcolico vino



Effetto cambiamenti climati



Aspetti salutistici

Aspetti economici (tax)

Aspetti qualitativi



Miglioramento della Quali



Necessità di ridurre il grado alcolico nei vini

# **-Miglioramento della qualità dei vini**

**I premi vengono vinti da vini molto strutturati**

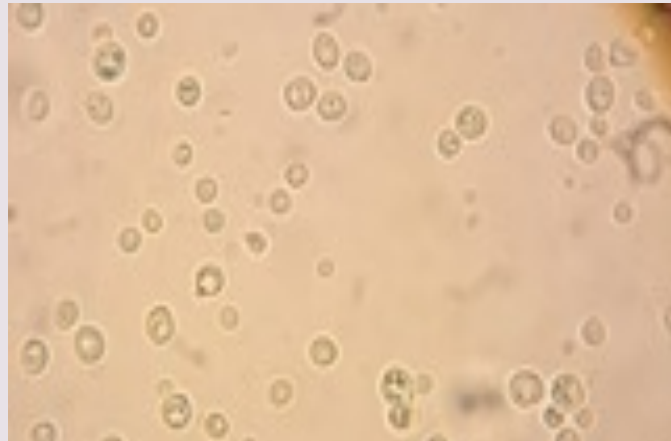
- **varietà a bassa resa**
- **modificazione delle tecniche agronomiche**
- **(alta densità di piantagione, sistemi di allevamento)**

**riduzione delle rese per ettaro**



# Riduzione del grado alcolico dei vini

Tecniche per  
ridurre il  
contenuto  
alcolico nel vino





## **Microbiological approaches for decreasing ethanol concentrations:**

- genetically modified (GM) yeasts
- adaptative evolution-based strategy
- **the use of non-*Saccharomyces* wine yeasts in combination with *Saccharomyces cerevisiae***

# INOCULI MISTI

*Saccharomyces/non-Saccharomyces*

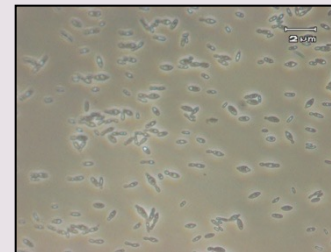
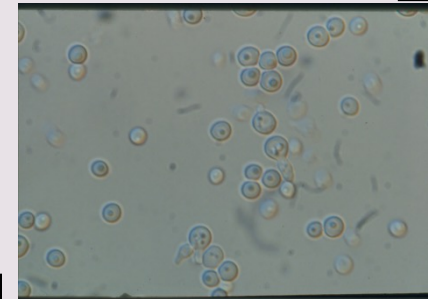
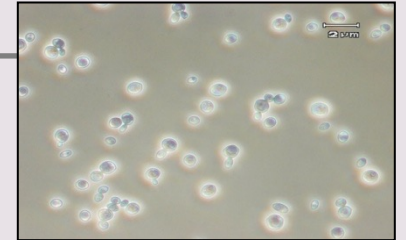
Specie più investigate:

*Torulaspota delbrueckii*

*Lachancea thermotolerans*

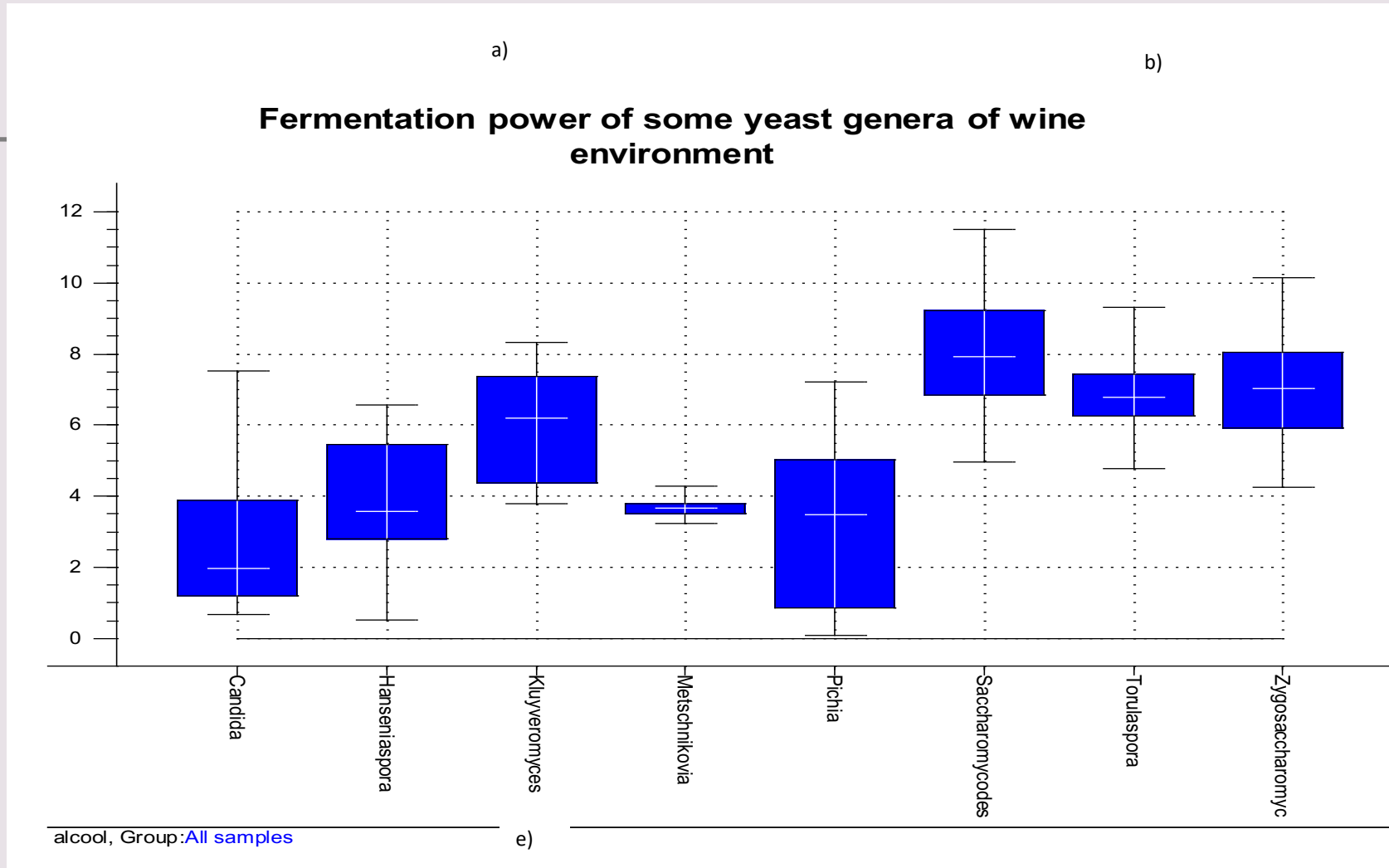
*Starmerella bombicola/bacillaris*

*Hanseniaspora uvarum/vinae*

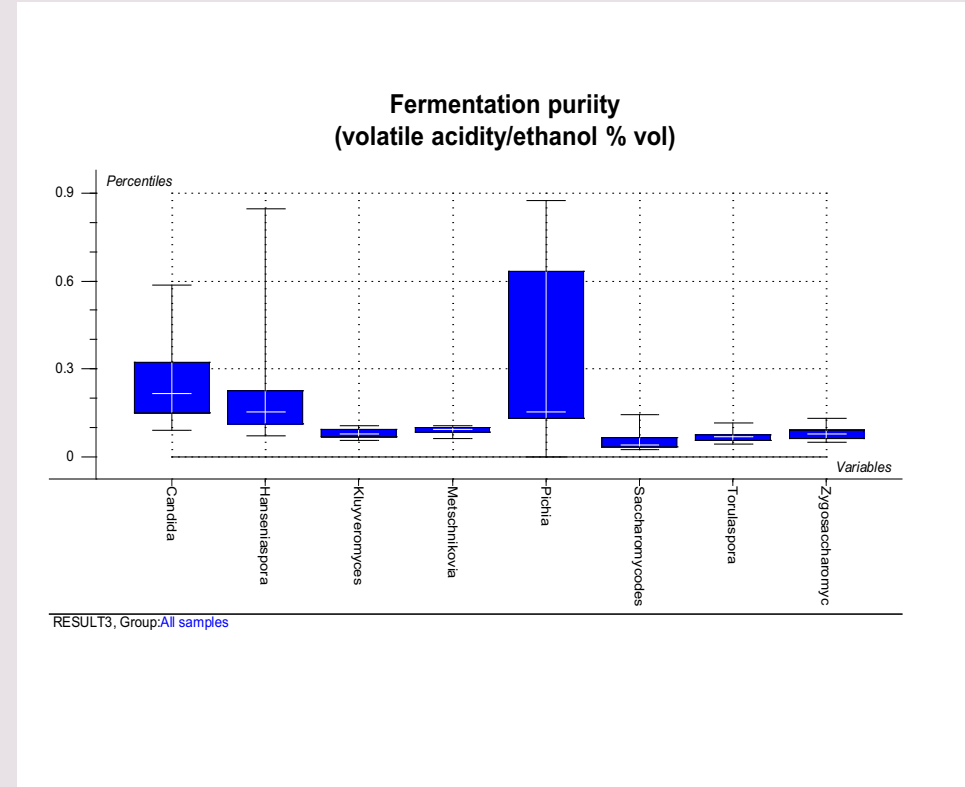
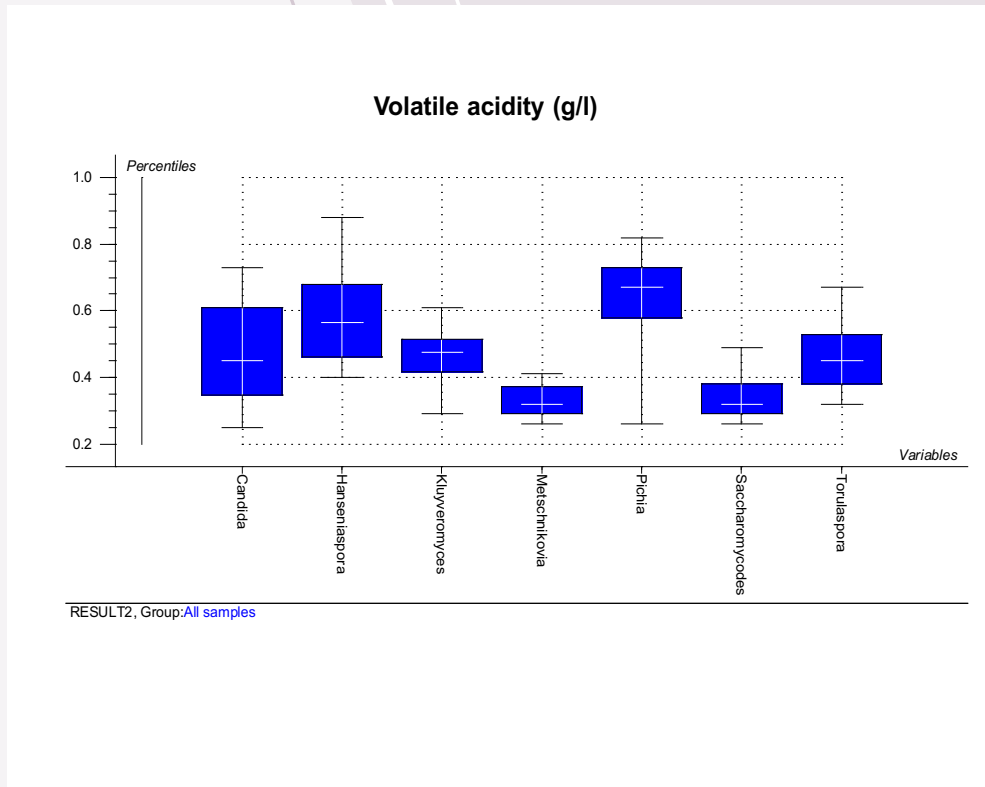


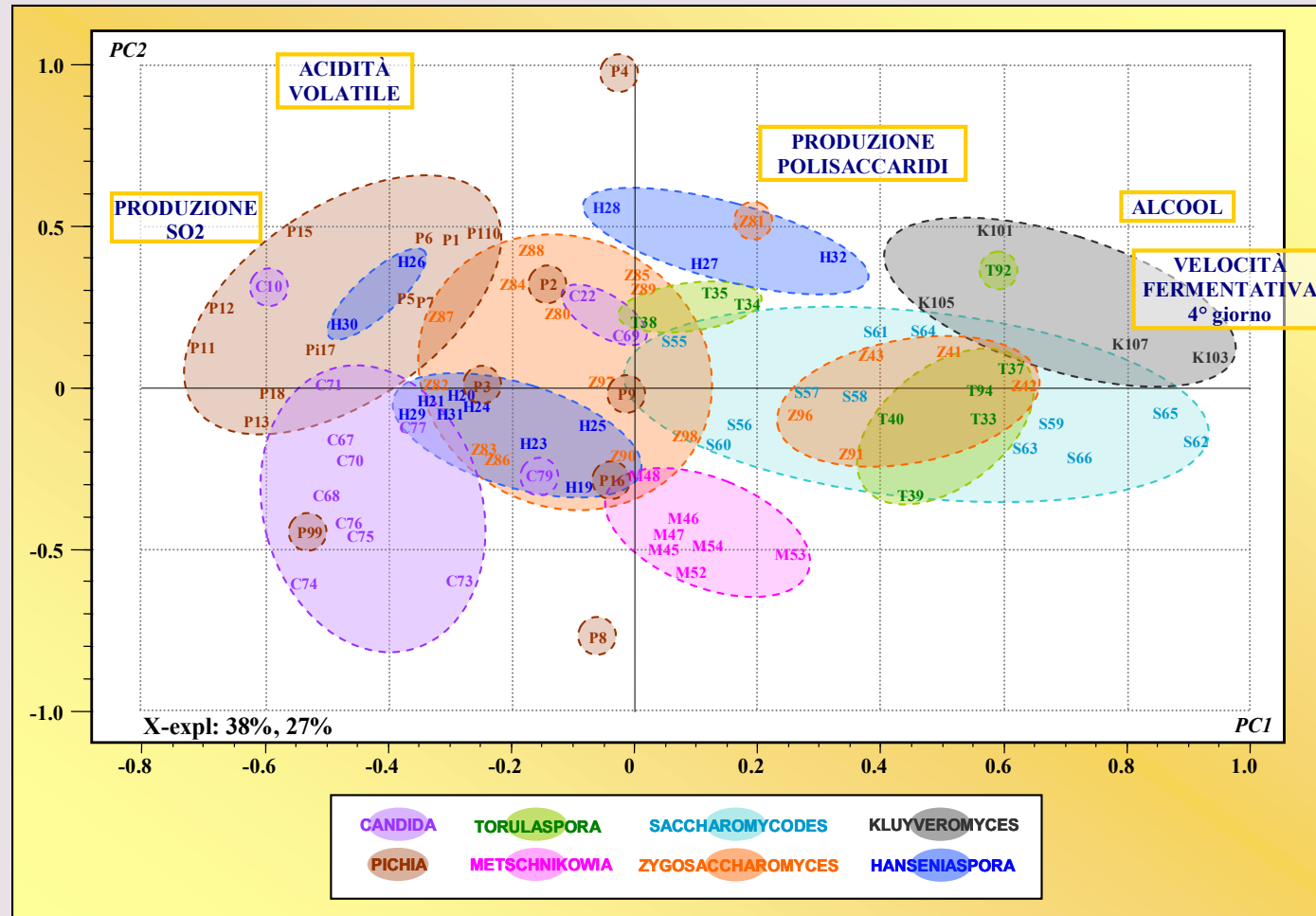


# Diversity of non-*Saccharomyces* wine yeasts: some examples



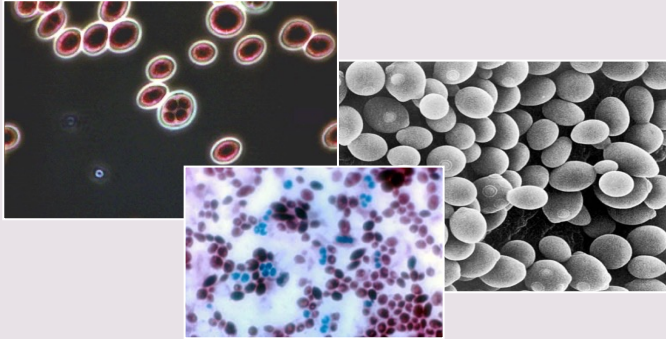
# Diversity of non-*Saccharomyces* wine yeasts





Principal component analysis (PCA) of wines obtained inoculated with pure cultures of some non-*Saccharomyces* wine yeasts

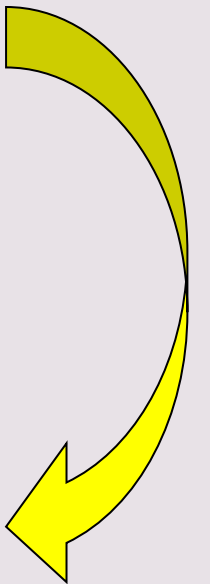
## Riduzione del grado alcolico



I lieviti *Non-Saccharomyces*  
in fermentazioni miste con  
*S. cerevisiae*

scopo

1. Raffrontare le "performance" con le colture pure di *S. cerevisiae*
2. -produzione di uno o più caratteri specifici
3. - dare più complessità al vino (incremento qualitativo dei composti volatili di interesse)
4. **-Ridurre il tenore alcolico del vino**



## Riduzione del grado alcolico

ETH A tale scopo due aspetti dovrebbero essere  
investigati nei lieviti non-*Saccharomyces*



Minore rendimento in etanolo ( $Y_{eth}$ )

(Deviazione della fermentazione alcolico; prodotti secondari)

Regolazione dell'attività respiro-fermentativa

(maggiore attitudine a respirare, Crabtree positivi)

# Riduzione del grado alcolico

Cellule immobilizzate (alta densità)

## Fermentazioni miste

### *S. cerevisiae*-*Starmerella bombicola*

(ex *Candida stellata*)

**Incremento:**

- **Velocità di fermentazione**
- **Contenuto di glicerolo sino a 140%**

APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY, Jan. 1996, p. 128-132  
0099-2240/96/504.00+0  
Copyright © 1996, American Society for Microbiology

Vol. 62, No. 1

Enhanced Glycerol Content in Wines Made with Immobilized *Candida stellata* Cells

MAURIZIO CIANI\* AND LUISA FERRARO

Sezione Microbiologia Applicata, Dipartimento di Biologia Vegetale, Università di Perugia, Perugia, Italy

Received 25 July 1995/Accepted 27 October 1995

Journal of Applied Microbiology 1998, 85, 247-254

Combined use of immobilized *Candida stellata* cells and *Saccharomyces cerevisiae* to improve the quality of wines

M. Ciani and L. Ferraro

Dipartimento di Biologia Vegetale sez. Microbiologia Applicata, Università di Perugia, Perugia, Italy

**Positive interazioni tra i due lieviti per il consumo degli zuccheri, la produzione di glicerolo, acido succinico, etc.,.**

*S. bombicola* 1,6%v/v *M. pulcherima* 1,4%v/v



## Sequential Fermentation with Selected Immobilized Non-*Saccharomyces* Yeast for Reduction of Ethanol Content in Wine

Laura Canonico, Francesca Comitini, Lucia Oro and Maurizio Ciani \*



*M. pulcherima* 1,38%v/v

Article

## *Metschnikowia pulcherrima* Selected Strain for Ethanol Reduction in Wine: Influence of Cell Immobilization and Aeration Condition

Laura Canonico, Francesca Comitini and Maurizio Ciani \*

*M. pulcherima* 1,6%v/v *T. delbrueckii* 0,9 %v/v *Z. bailii* 1%v/v

Food Microbiology 84 (2019) 10324

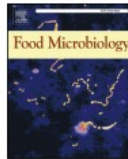


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Food Microbiology

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/fm](http://www.elsevier.com/locate/fm)



Volatile profile of reduced alcohol wines fermented with selected non-*Saccharomyces* yeasts under different aeration conditions

Laura Canonico<sup>a</sup>, Mark Solomon<sup>b</sup>, Francesca Comitini<sup>a</sup>, Maurizio Ciani<sup>a</sup>, Cristian Varela<sup>b,c,\*</sup>



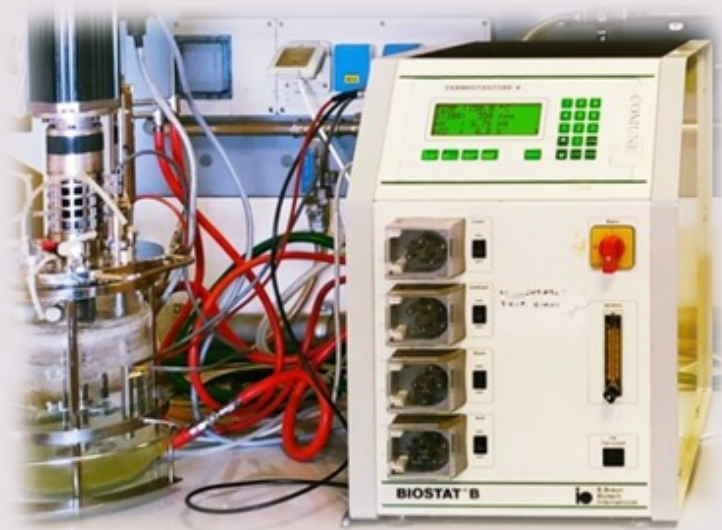
*S. bombicola* 1,46 %v/v

Article

## *Starmerella bombicola* and *Saccharomyces cerevisiae* in Wine Sequential Fermentation in Aeration Condition: Evaluation of Ethanol Reduction and Analytical Profile

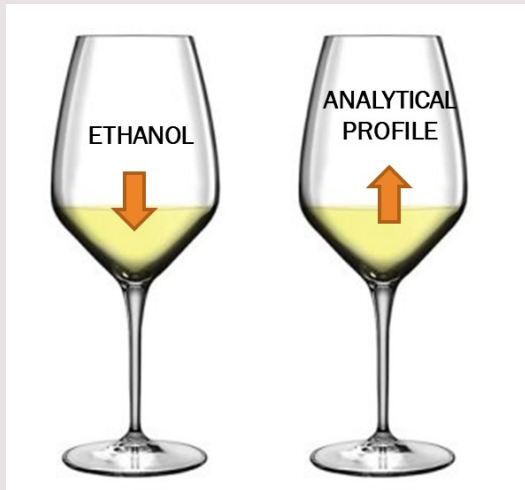
Laura Canonico, Edoardo Galli, Alice Agarbati, Francesca Comitini and Maurizio Ciani \*<sup>ORCID</sup>





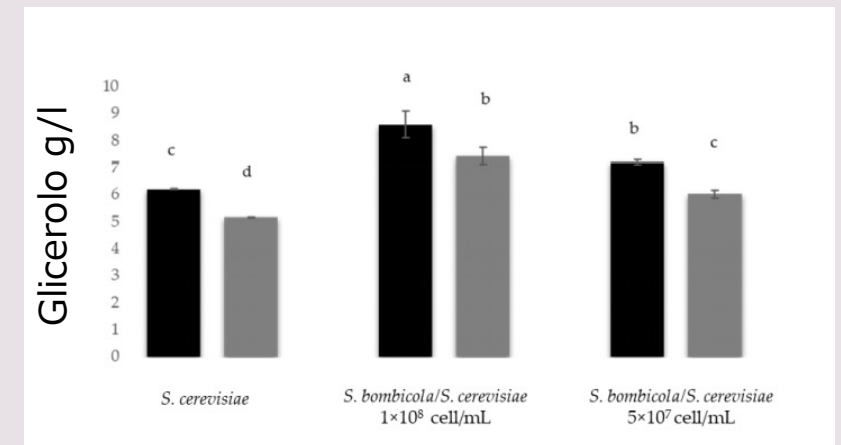
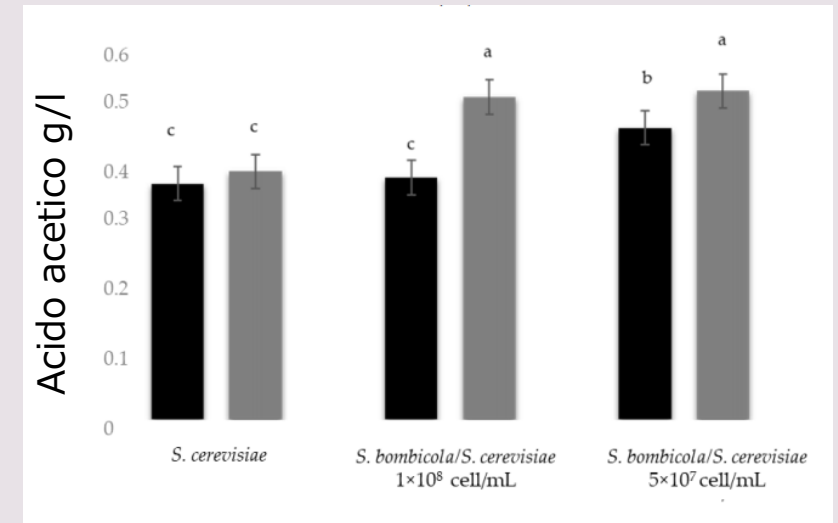
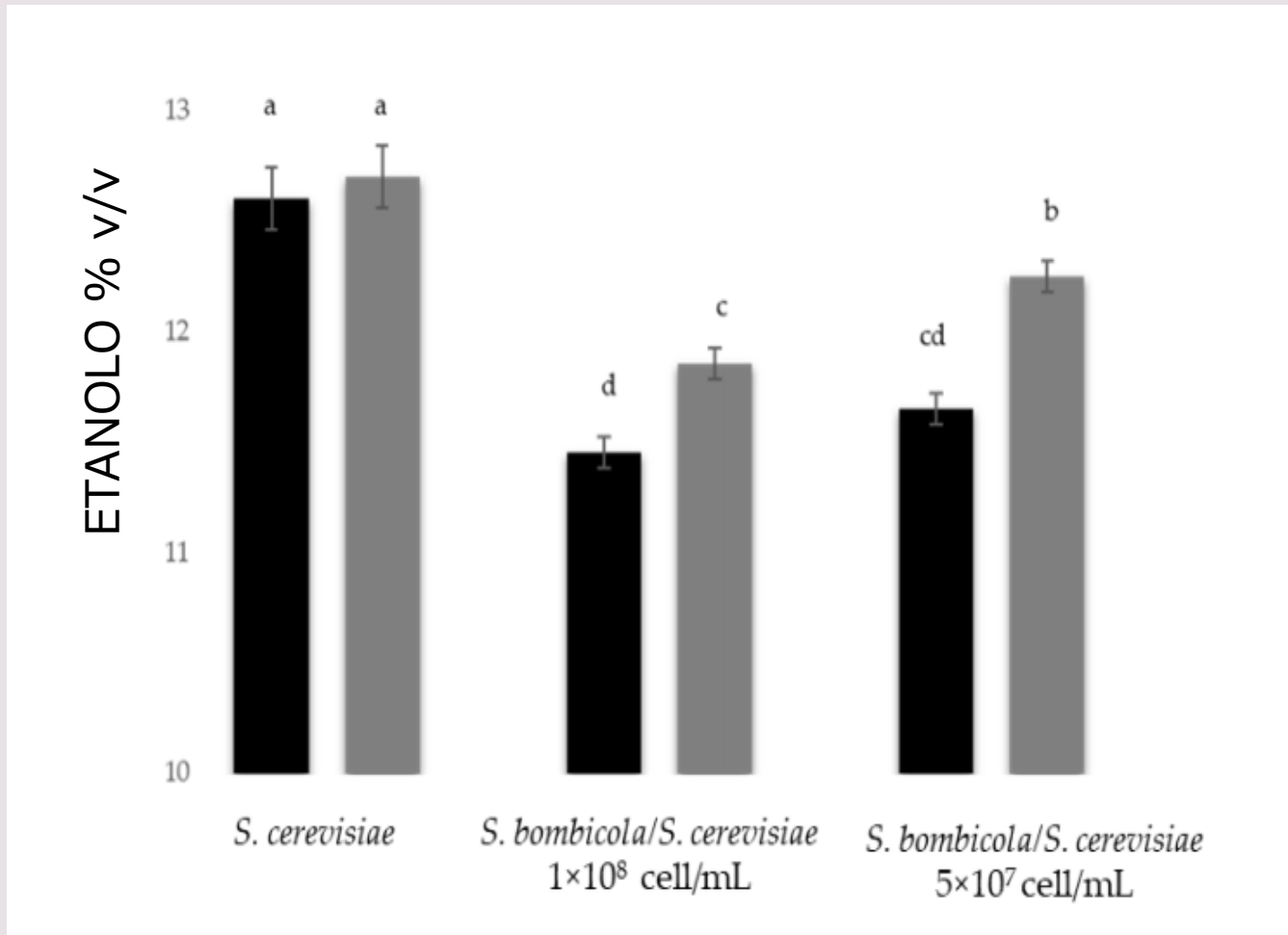
## ***Starmerella bombicola* e *S. cerevisiae* in fermentazioni sequenziali in condizioni di aerazione**

Screening preliminare: diverse concentrazioni di inoculo *S. bombicola* su mosto sintetico

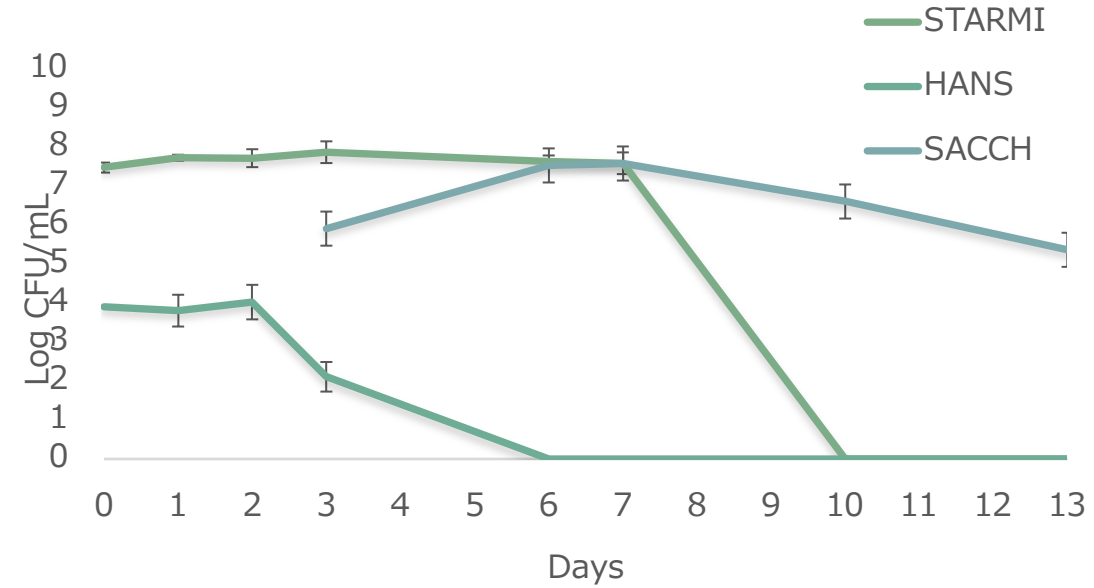
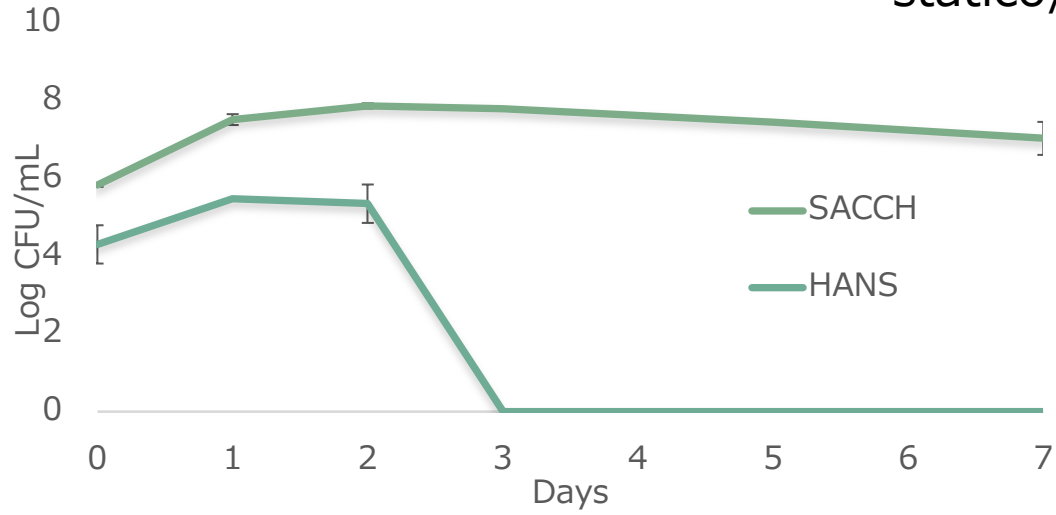


Prove di fermentazione su mosto d'uva Verdicchio valutando l'effetto della aerazione (20 mL / L / min durante le prime 72 h) sulla riduzione del contenuto di etanolo e sul profilo analitico e componente aromatica dei vini

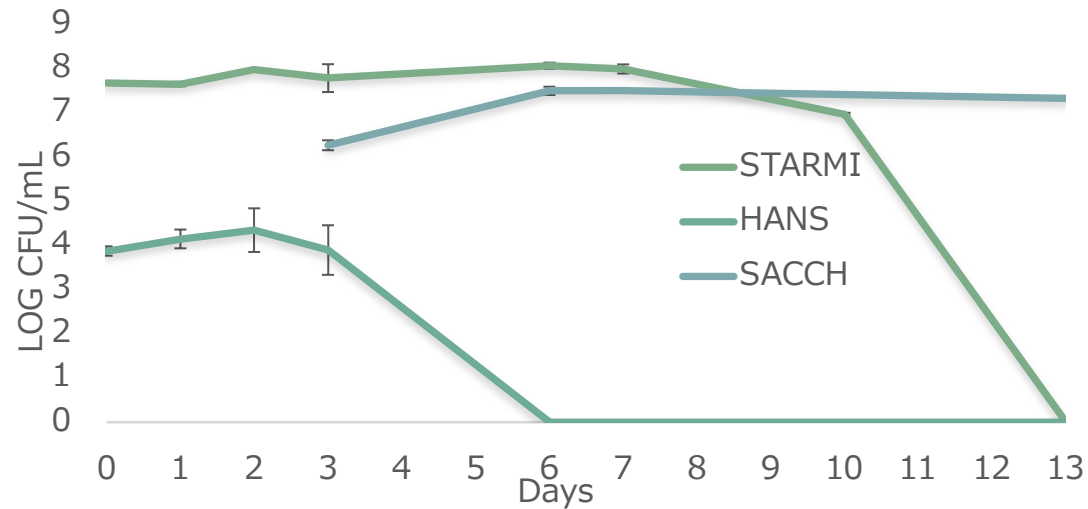
# RISULTATI microfermentazioni *Starmmerella bombicola* diverse concentrazioni in statico/agitato



### Prova Pilota statico/areato

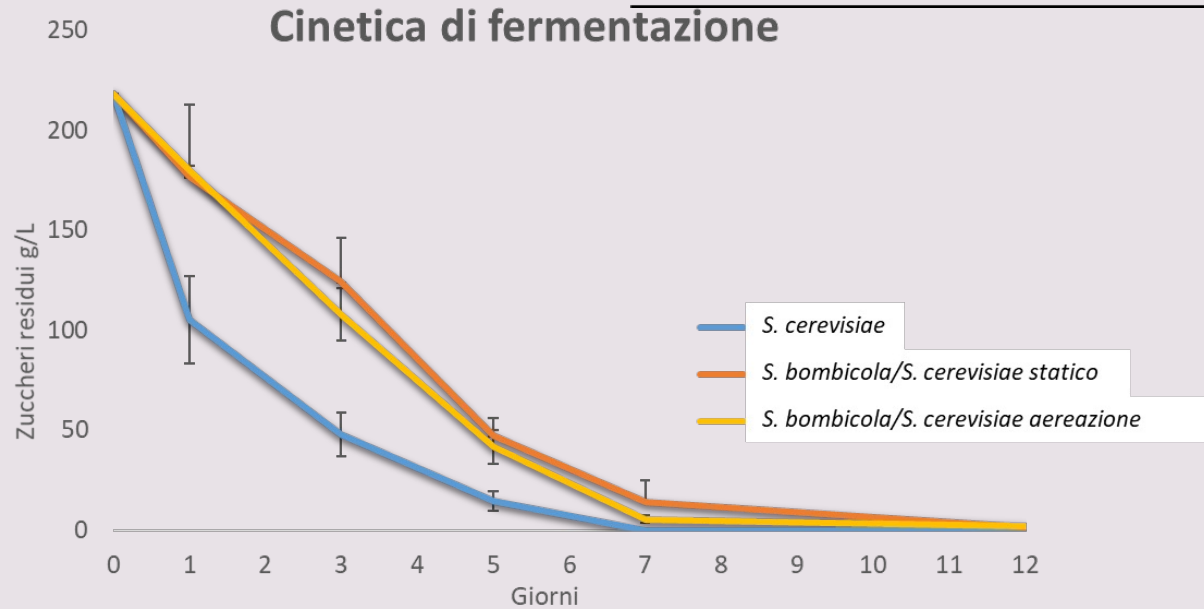


*S. cerevisiae*



Prova Pilota  
statico/areato

	Zuccheri consumati (g/l)	Etanolo (% v/v)	Rendimento in etanolo (g/g) %	Glicerolo (g/l)	Acidità volatile (acido acetico g/l)	Acido succinico (g/l)
<i>S. cerevisiae</i>	218±0.00 <sup>a</sup>	12.12±0.11 <sup>a</sup>	44.03±0.46 <sup>a</sup>	3.08±0.27 <sup>c</sup>	0.35±0.01 <sup>a</sup>	0.25±0.21 <sup>b</sup>
<i>S. bombicola</i> / <i>S. cerevisiae</i> statico	216.44±0.47 <sup>ab</sup>	11.91±0.11 <sup>b</sup>	43.45±1.13 <sup>a</sup>	7.30±0.12 <sup>b</sup>	0.29±0.02 <sup>b</sup>	0.61±0.14 <sup>b</sup>
<i>S. bombicola</i> / <i>S. cerevisiae</i> 20 ml/l/min	215.03±0.99 <sup>b</sup>	10.66±0.08 <sup>c</sup>	38.99±0.73 <sup>b</sup>	10.50±0.12 <sup>a</sup>	0.29±0.00 <sup>b</sup>	2.69±0.10 <sup>a</sup>



<b>Prove fermentative</b>			
<b>Esteri</b>	<i>S. bombicola</i> / <i>S. cerevisiae</i> 20 ml/l/min	<i>S. bombicola</i> / <i>S. cerevisiae</i> statico	<i>S. cerevisiae</i> coltura pura
Etil butirrato	1.08±0.35 <sup>a</sup> 26.17±2.51 <sup>b</sup>	0.40±0.39 <sup>b</sup> 21.58±1.04 <sup>c</sup>	0.41±0.02 <sup>ab</sup> 30.58±1.27 <sup>a</sup>
Etil acetato			
Etil esanoato	0.04±0.011 <sup>a</sup>	0.03±0.019 <sup>a</sup>	0.06±0.004 <sup>a</sup>
Isoamilacetato	0.91±0.34 <sup>b</sup>	2.71±1.18 <sup>a</sup>	2.017±0.05 <sup>ab</sup>
<b>Alcoli</b>			
n-propanolo	69.63±0.06 <sup>a</sup>	33.74±0.31 <sup>b</sup>	34.00±2.04 <sup>b</sup>
Isobutanolo	35.34±1.21 <sup>a</sup>	19.43±2.04 <sup>b</sup>	14.33±0.16 <sup>c</sup>
Alcol amilico	3.82±0.28 <sup>a</sup>	1.30±0.24 <sup>b</sup>	4.89±1.77 <sup>a</sup>
Alcol isoamilico	45.47±1.36 <sup>b</sup>	29.31±0.42 <sup>c</sup>	64.50±2.63 <sup>a</sup>
β-Phenil etanolo	24.8±0.28 <sup>b</sup>	35.8±0.07 <sup>a</sup>	30.1±0.018 <sup>ab</sup>
<b>Composti carbonilici</b>			
Acetaldeide	30.12±2.22 <sup>a</sup>	9.26±0.53 <sup>b</sup>	10.59±0.19 <sup>b</sup>

# Riduzione del grado alcolico

## RIASSUMENDO

**Una riduzione del contenuto alcolico dei vini può essere ottenuto mediante l'uso di colture controllate miste *Saccharomyces cerevisiae* e non-*Saccharomyces* di interesse vinario**

**riduzione che potrebbe essere pari a 1 o 2 gradi alcolici senza stravolgimenti dei vini migliorando la produzione di uno o più caratteri specifici (es. produzione di glicerolo) e/o incrementando la complessità del vino (attività liasica etc.)**

### PROSPETTIVE

- **Studio delle condizioni fermentative più idonee per ridurre il contenuto alcolico nei vini**
- **Studio delle interazioni tra i lieviti inoculati in coltura mista**
- **(identificare gli effetti sinergici e migliorare le performance fermentative)**

# Incremento acidità fissa

riduzione degli acidi organici delle uve (innalzamento del pH)

Problematiche:

- difficoltà nel controllo del processo fermentativo (lieviti selvaggi e batteri acetici e lattici)
- scarsa attività antimicrobica della  $SO_2$  a pH alti ( $\geq 3.6$ )
- difficoltà nel controllo dei microbi alterativi (*Brettanomyces*)
- Influenza sulle caratteristiche analitiche e sensoriali



# Incremento acidità fissa

## QUALE E' IL POSSIBILE APPROCCIO BIOTECNOLOGICO?

*Lachancea thermotolerans*

- Incremento acidità totale, glicerolo
- Riduzione acidità volatile, produzione di etanolo)



## Microfermentazioni con *L. thermotolerans* e *S. cerevisiae*: influenza delle modalità di inoculo sul profilo analitico dei vini

	Modalità di inoculo				
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>L. thermotolerans</i>	Co-inoculo	Sequenziale 24 h	Sequenziale 48 h
Etanolo (%; v/v)	13.04 ±0.29 <sup>b</sup>	10.46 ±0.35 <sup>a</sup>	12.09 ±0.44 <sup>ab</sup>	11.28 ±0.16 <sup>ab</sup>	11.56 ±0.11 <sup>ab</sup>
Zuccheri residui (g l <sup>-1</sup> )	5.93 ±0.18 <sup>a</sup>	54.73 ±6.38 <sup>c</sup>	4.51 ±0.92 <sup>a</sup>	27.87 ±8.61 <sup>b</sup>	18.70 ±1.47 <sup>ab</sup>
pH	3.53 ±0.07 <sup>b</sup>	3.40 ±0.03 <sup>a</sup>	3.46 ±0.05 <sup>a</sup>	3.47 ±0.02 <sup>a</sup>	3.33 ±0.03 <sup>a</sup>
Acidità totale (g l <sup>-1</sup> )	7.26 ±0.35 <sup>a</sup>	9.53 ±0.23 <sup>b</sup>	9.20 ±0.36 <sup>b</sup>	9.26 ±0.21 <sup>b</sup>	9.33 ±0.40 <sup>b</sup>
Acidità volatile (g l <sup>-1</sup> )	0.44 ±0.05 <sup>c</sup>	0.26 ±0.04 <sup>ab</sup>	0.34 ±0.05 <sup>b</sup>	0.19 ±0.04 <sup>a</sup>	0.25 ±0.02 <sup>ab</sup>
D,L-acido lattico (g l <sup>-1</sup> )	0.16 ±0.05 <sup>a</sup>	3.42 ±0.93 <sup>c</sup>	0.81 ±0.13 <sup>ab</sup>	0.76 ±0.22 <sup>ab</sup>	1.55 ±0.23 <sup>b</sup>
Glicerolo (g l <sup>-1</sup> )	7.04 ±0.48 <sup>a</sup>	7.16 ±0.25 <sup>a</sup>	7.19 ±0.05 <sup>a</sup>	7.73 ±0.41 <sup>b</sup>	7.40 ±0.34 <sup>ab</sup>
ΔPolisaccaridi(mg l <sup>-1</sup> )	100.3 ±4.3 <sup>a</sup>	136.6 ±3.5 <sup>ab</sup>	139.2 ±6.1 <sup>ab</sup>	163.3 ±6.8 <sup>b</sup>	131.1 ±10.1 <sup>ab</sup>

media ± deviazione standard di tre i repliche indipendenti

Values con differenti lettere<sup>(a, b, c)</sup> per ogni colonna sono significativamente differenti; Duncan test (P ≤0.05).

# Impiego di *Lachancea thermotolerans*

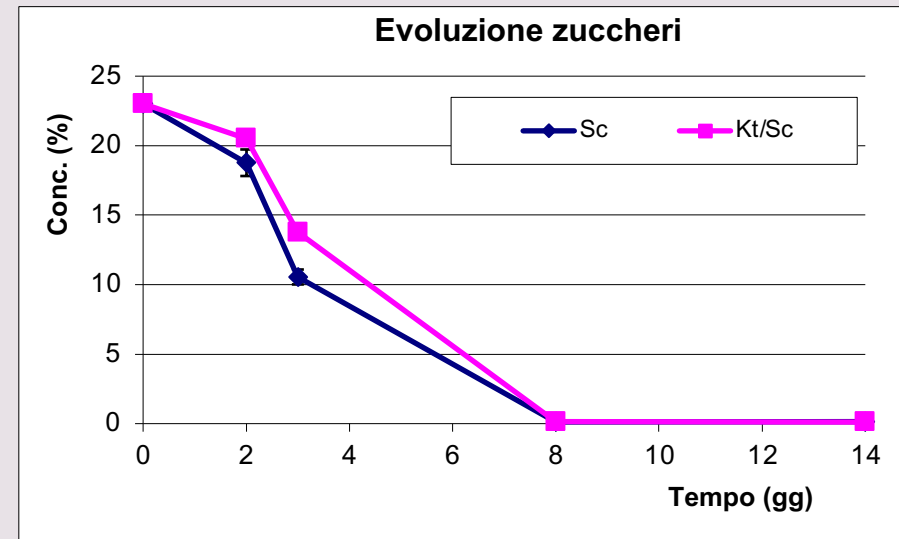
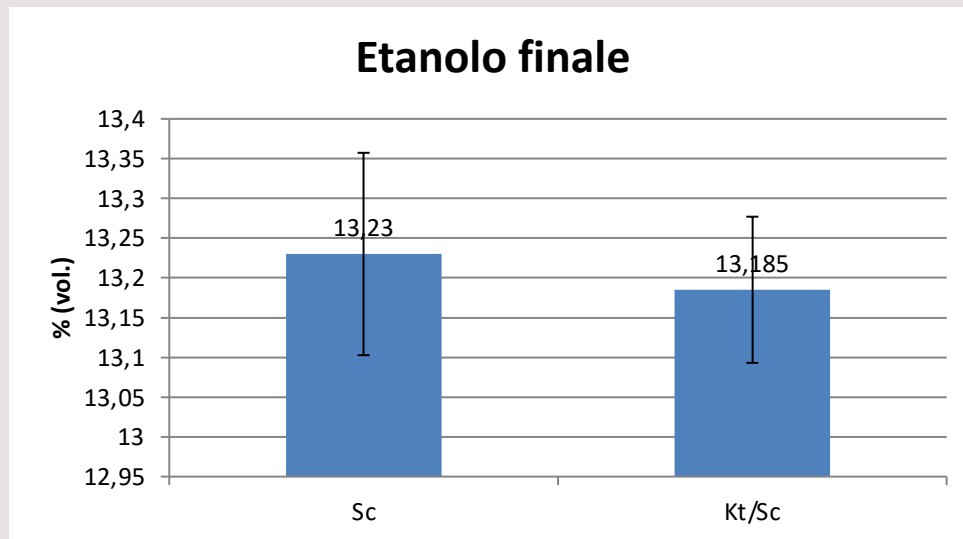
## Prove in 50 L in duplicato

Mosto uve Montepulciano, APA 250 mg N./L, Temp. 20° iniziale e poi 25°C

**A**-inoculo *S. cerevisiae* 10<sup>6</sup> cell/ml

**B** -inoculo scalare: *L. thermotolerans* 10<sup>7</sup> cell/ml ;

48 h dopo inoculo *S. cerevisiae* 10<sup>6</sup> cell/ml



impiego di *Lachancea (Kluyveromyces) thermotolerans*

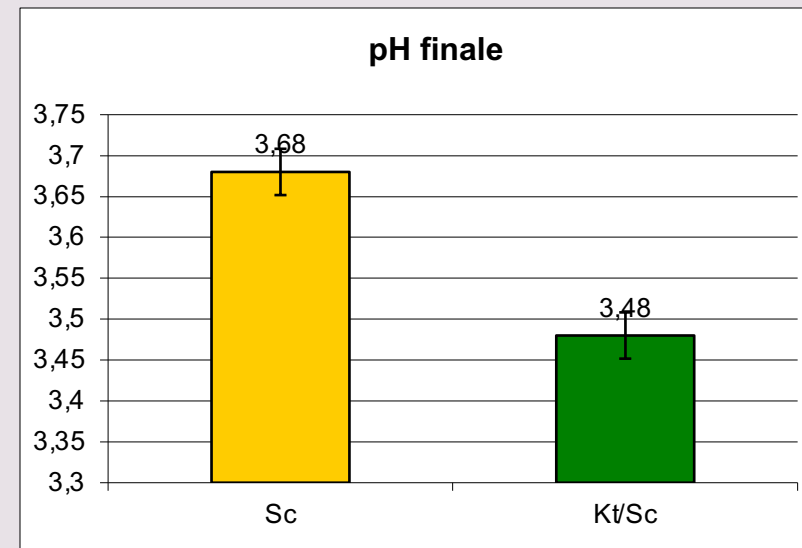
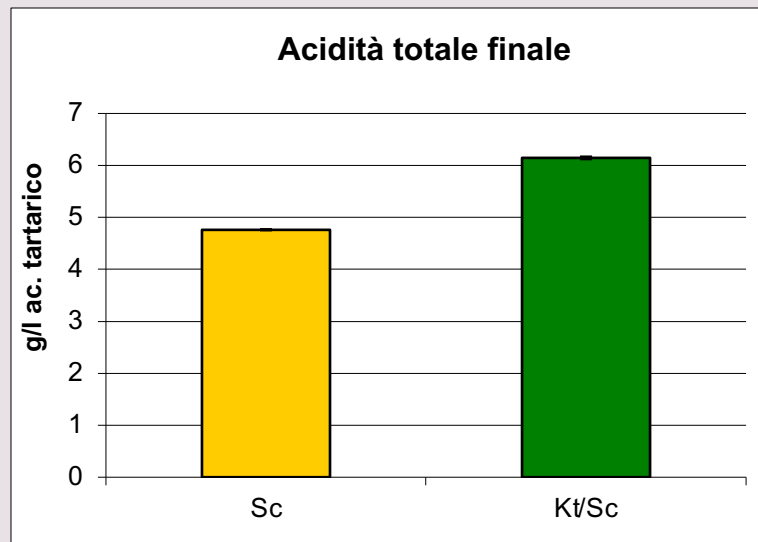
## Prove in 50 L in duplicato

Mosto uve Montepulciano, APA 250 mg N./L, Temp. 20° iniziale e poi 25°C

**A**-inoculo *S. cerevisiae* 10<sup>6</sup> cell/ml

**B**-inoculo scalare: *L. thermotolerans* 10<sup>7</sup> cell/ml ;

48 h dopo inoculo *S. cerevisiae* 10<sup>6</sup> cell/ml



# Incremento dell'acidità totale e riduzione del pH impiego di *Lachancea (Kluyveromyces) thermotolerans*

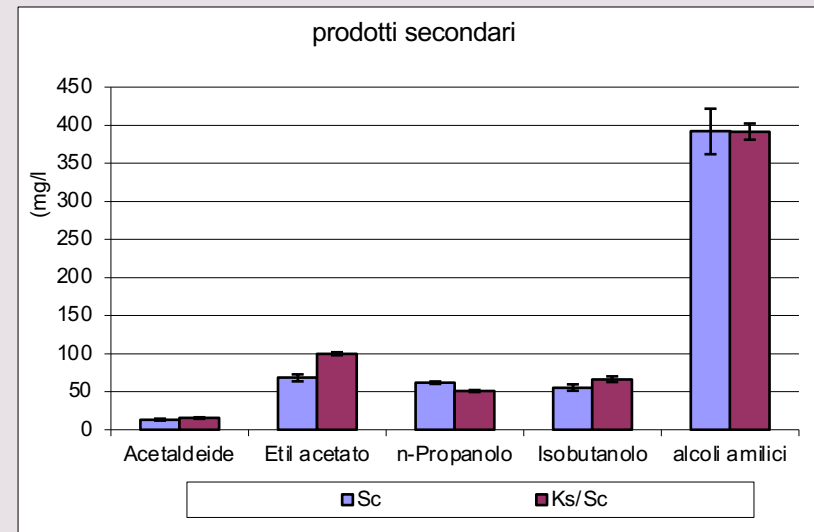
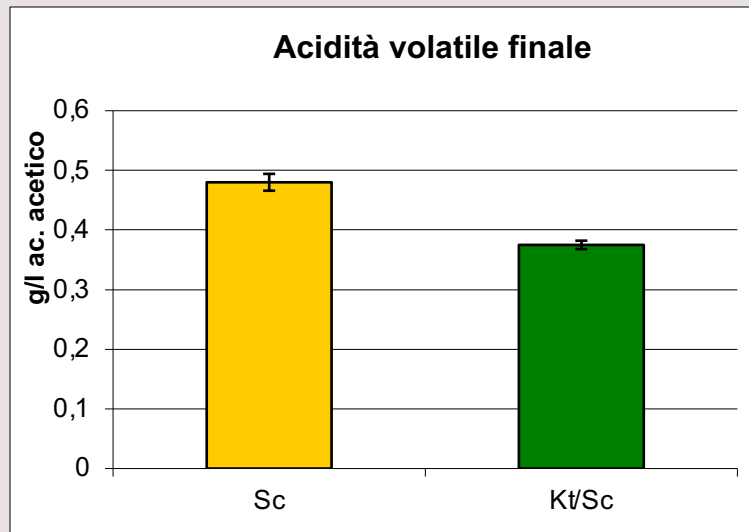
## Prove in 50 L in duplicato

Mosto uve Montepulciano, APA 250 mg N./L, Temp. 20° iniziale e poi 25°C

**A**-inoculo *S. cerevisiae* 10<sup>6</sup> cell/ml

**B**-inoculo scalare: *L. thermotolerans* 10<sup>7</sup> cell/ml ;

48 h dopo inoculo *S. cerevisiae* 10<sup>6</sup> cell/ml



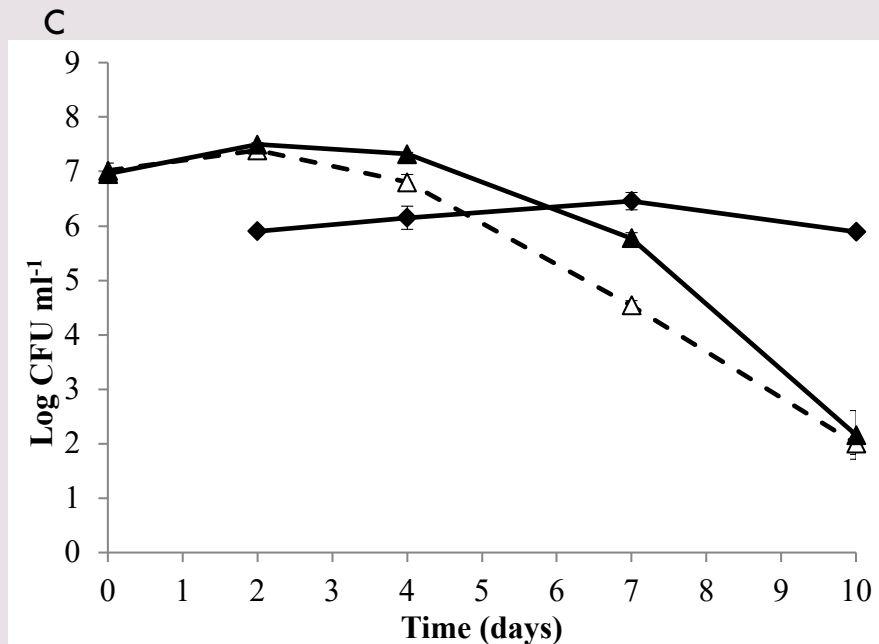
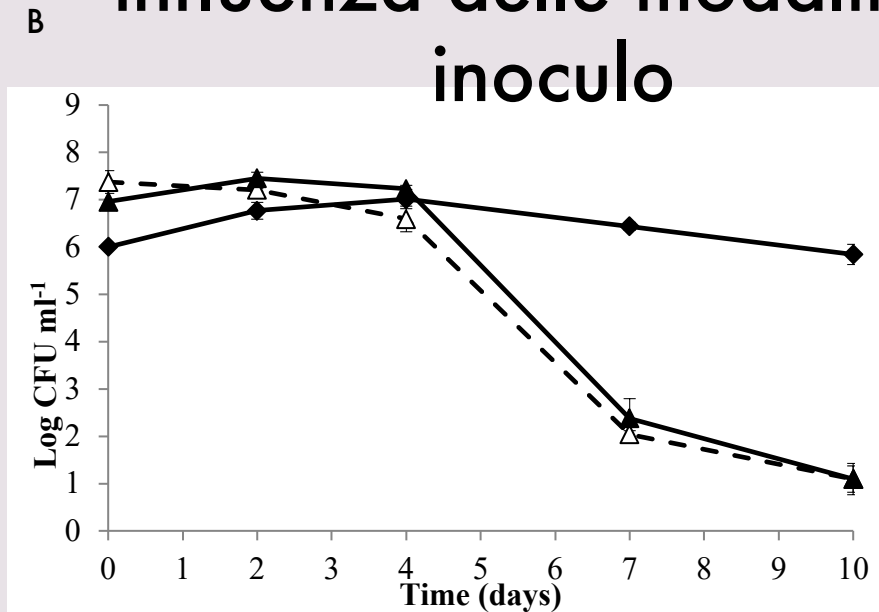
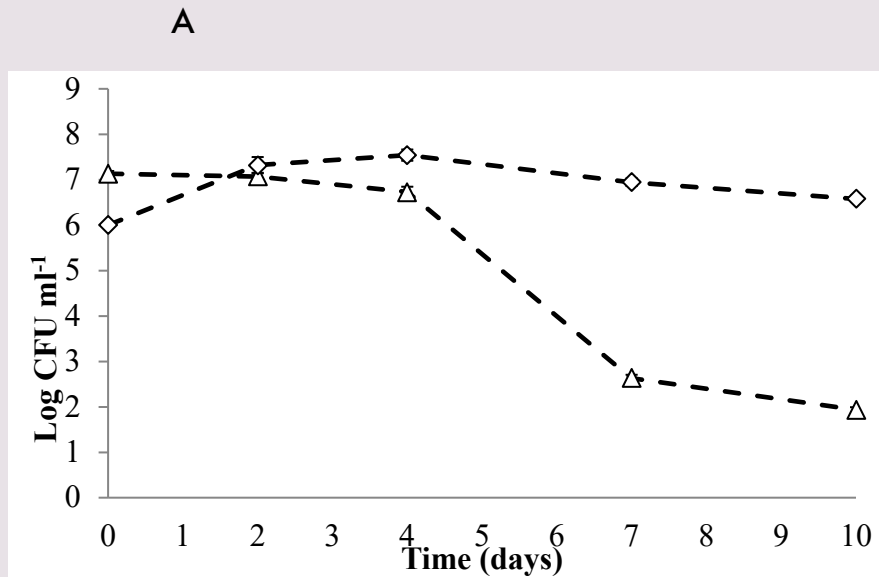
# *Lachancea thermotolerans* influenza sull'acidità totale e sulla qualità dei vini nell'era del cambiamento climatico

---

Sequential fermentations involving any of the studied strains of *L. thermotolerans* with *S. cerevisiae* showed an **increased volatile profile** compared to the *S. cerevisiae* single fermentation, highlighting the **synergic effect** between the studied species.

# Fermentazioni industriali (10 ql)

## *L. thermotolerans*/*S. cerevisiae*: influenza delle modalità di inoculo



**Evoluzione dei lieviti (log CFU ml<sup>-1</sup>)  
durante la fermentazione industriale.**

(A) CONTROLLO;

(B) Co-inoculo

(C) fermentazione sequenziale .

*S. cerevisiae* controllo (-◇-), *S. cerevisiae* (-◆-)

e *L. thermotolerans* (-▲-) in fermentazioni miste

Indigeni non-Saccharomyces (-△-).



Fermentazioni industriali  
*L. thermotolerans/S. cerevisiae*:

	<b>Modalità di inoculo</b>		
	<b>Controllo</b>	<b>Co-inoculo</b>	<b>Inoculo sequenziale (48h)</b>
Etanolo (%; v/v)	12.45 ±0.14 <sup>b</sup>	12.29 ±0.18 <sup>b</sup>	11.77 ±0.20 <sup>a</sup>
pH	3.37 ±0.01 <sup>b</sup>	3.29 ±0.05 <sup>ab</sup>	3.21 ±0.03 <sup>a</sup>
Acidità totale (g l <sup>-1</sup> )	7.03 ±0.23 <sup>a</sup>	9.33 ±0.11 <sup>ab</sup>	12.45 ±0.18 <sup>b</sup>
Acidità volatile (g l <sup>-1</sup> )	0.30 ±0.02 <sup>a</sup>	0.32 ±0.02 <sup>a</sup>	0.48 ±0.02 <sup>b</sup>
Acido lattico (g l <sup>-1</sup> )	0.20 ±0.01 <sup>a</sup>	<b>2.35 ±0.77<sup>ab</sup></b>	<b>6.38 ±0.22<sup>b</sup></b>
Acido malico (g l <sup>-1</sup> )	2.10 ±0.10 <sup>a</sup>	2.02 ±0.16 <sup>a</sup>	1.96 ±0.12 <sup>a</sup>
Glicerolo (g l <sup>-1</sup> )	9.02 ±0.14 <sup>a</sup>	9.68 ±0.10 <sup>a</sup>	<b>11.22 ±0.28<sup>b</sup></b>
Δ polisaccaridi (mg l <sup>-1</sup> )	378.8 ±9.0 <sup>a</sup>	358.6 ±14.4 <sup>a</sup>	377.0 ±24.6 <sup>a</sup>

## Inoculation modality

	<b>Control</b>	<b>culture Co-culture</b>	<b>Sequential culture</b>
Ethanol (%; v/v)	12.45 ± 0.14b	12.29 ± 0.18b	11.77 ± 0.20°
pH \	3.37 ± 0.01b	3.29 ± 0.05ab	<b>3.21 ± 0.03°</b>
Total acidity (g l <sup>-1</sup> )	7.03 ± 0.23a	9.33 ± 0.11ab	<b>12.45 ± 0.18b</b>
Volatile acidity (g l <sup>-1</sup> )	0.30 ± 0.02a	0.32 ± 0.02°	0.48 ± 0.02b
d,l-lactic acid (g l <sup>-1</sup> )	0.20 ± 0.01a	2.35 ± 0.77ab	<b>6.38 ± 0.22b</b>
Malic acid (g l <sup>-1</sup> )	2.10 ± 0.10a	2.02 ± 0.16a	1.96 ± 0.12a
Glycerol (g l <sup>-1</sup> )	9.02 ± 0.14a	9.68 ± 0.10a	<b>11.22 ± 0.28b</b>

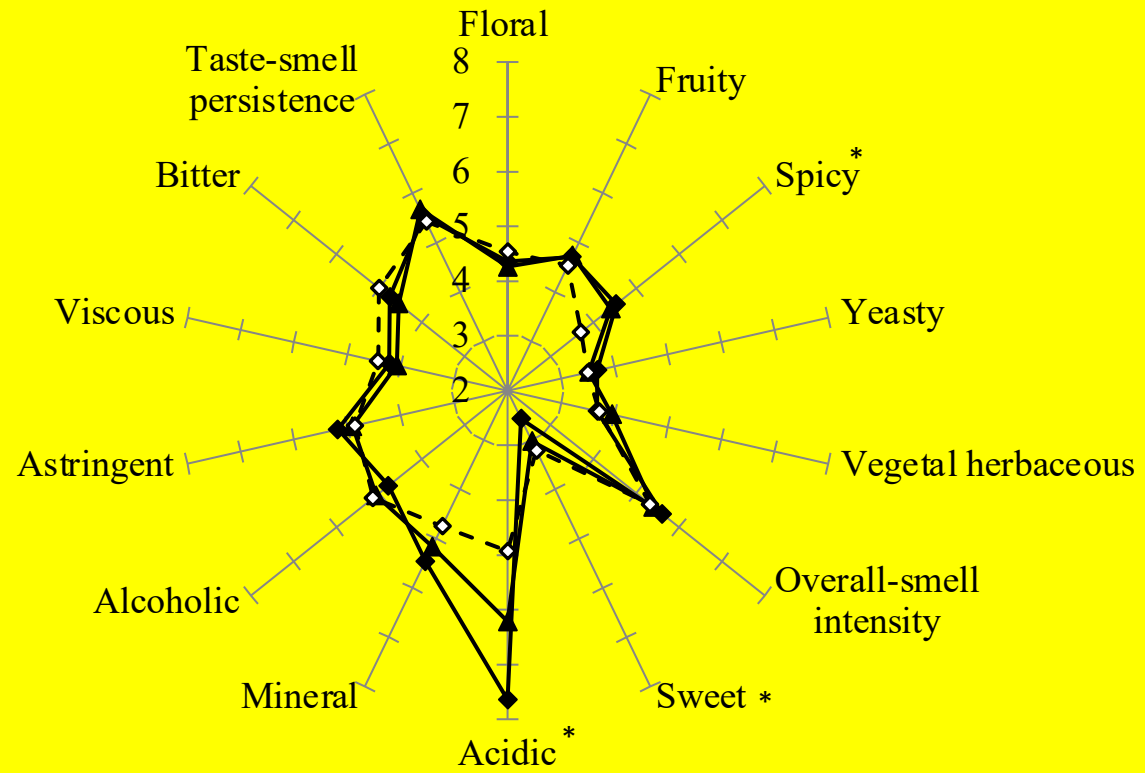
**Fermentazioni industriali**  
*L. thermotolerans/S. cerevisiae:*

<b>COMPOSTI VOLATILI(mg l<sup>-1</sup>):</b>			
	Controllo	coinoculo	sequenziale
Acetaldeide	46.18 ±6.14 <sup>a</sup>	45.15 ±12.92 <sup>a</sup>	47.04 ±19.01 <sup>a</sup>
1-Propanolo	71.78 ±6.06 <sup>b</sup>	68.74 ±4.09 <sup>b</sup>	57.02 ±7.94 <sup>a</sup>
2-Metil-1-propanolo	55.01 ±3.36 <sup>a</sup>	54.32 ±2.50 <sup>a</sup>	63.52 ±2.78 <sup>b</sup>
2-Metil-1-butanolo	32.78 ±1.20 <sup>a</sup>	34.10 ±2.51 <sup>a</sup>	30.73 ±3.07 <sup>a</sup>
3-Metil-1-butanolo	135.40 ±4.04 <sup>a</sup>	146.41 ±8.91 <sup>a</sup>	140.26 ±6.52 <sup>a</sup>
Esanolo	0.47 ±0.01 <sup>a</sup>	0.48 ±0.02 <sup>a</sup>	0.39 ±0.01 <sup>a</sup>
2-fenil etanolo	21.62 ±0.07 <sup>a</sup>	28.07 ±1.77 <sup>ab</sup>	35.39 ±0.64 <sup>b</sup>
Etil acetato	105.10 ±14.84 <sup>a</sup>	94.33 ±5.79 <sup>a</sup>	105.99 ±5.97 <sup>a</sup>
Isoamil acetato	0.10 ±0.01 <sup>a</sup>	0.30 ±0.02 <sup>ab</sup>	0.62 ±0.04 <sup>b</sup>
Fenil etil acetato	0.04 ±0.01 <sup>a</sup>	0.02 ±0.01 <sup>a</sup>	0.03 ±0.00 <sup>a</sup>
Etil lattato	1.06 ±0.15 <sup>a</sup>	13.01 ±1.43 <sup>ab</sup>	40.49 ±5.52 <sup>b</sup>
Etil esanoato	0.06 ±0.01 <sup>a</sup>	n.d.	0.30 ±0.02 <sup>b</sup>
Etil ottanoato	0.26 ±0.06 <sup>b</sup>	0.22 ±0.03 <sup>ab</sup>	0.11 ±0.00 <sup>a</sup>

	<b>Control culture</b>	<b>Co-culture</b>	<b>Sequential culture</b>
2-Phenylethanol	21.62 ± 0.07 <sub>a</sub>	28.07 ± 1.77 <sub>ab</sub>	<b>35.39 ± 0.64<sub>b</sub></b>
Ethyl acetate	105.10 ± 14.84 <sub>a</sub>	94.33 ± 5.79 <sub>a</sub>	105.99 ± 5.97 <sup>o</sup>
Isoamyl acetate	0.10 ± 0.01 <sub>a</sub>	0.30 ± 0.02 <sub>ab</sub>	<b>0.62 ± 0.04<sub>b</sub></b>
Phenylethyl acetate	0.04 ± 0.01 <sub>a</sub>	0.02 ± 0.01 <sub>a</sub>	0.03 ± 0.00 <sub>a</sub>
Ethyl lactate	1.06 ± 0.15 <sub>a</sub>	13.01 ± 1.43 <sub>ab</sub>	<b>40.49 ± 5.52<sub>b</sub></b>
Ethyl hexanoate	0.06 ± 0.01 <sub>a</sub>	n.d.	0.30 ± 0.02 <sub>b</sub>
Ethyl octanoate	0.26 ± 0.06 <sub>b</sub>	0.22 ± 0.03 <sub>ab</sub>	0.11 ± 0.00 <sub>a</sub>
Ethyl butyrate	0.08 ± 0.02 <sub>a</sub>	0.24 ± 0.02 <sub>ab</sub>	<b>0.64 ± 0.14<sub>b</sub></b>

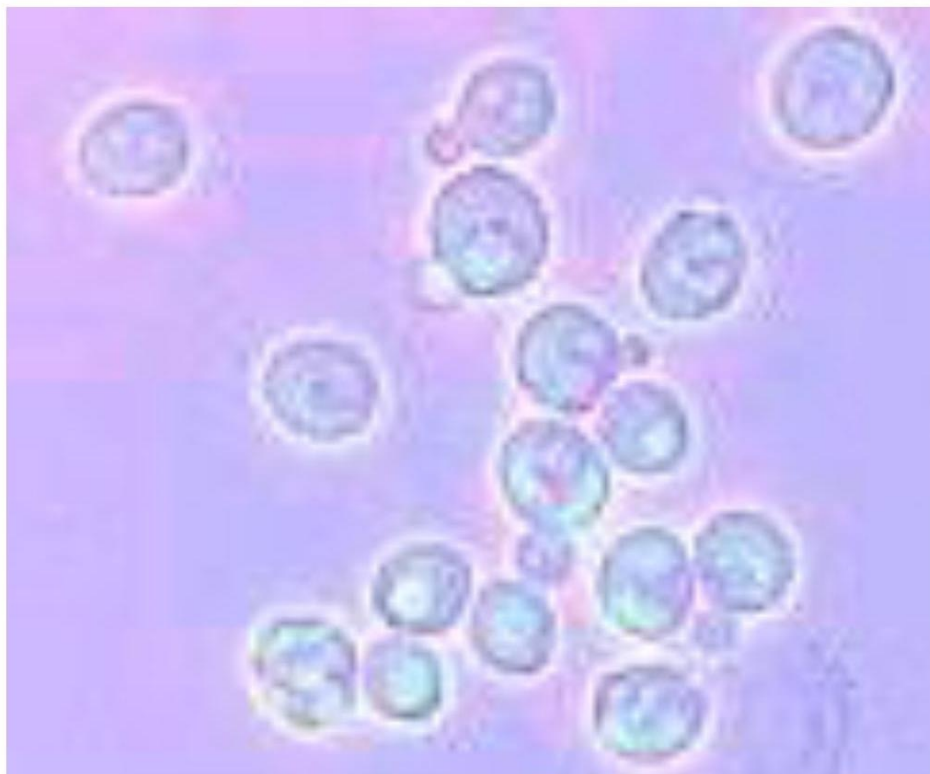
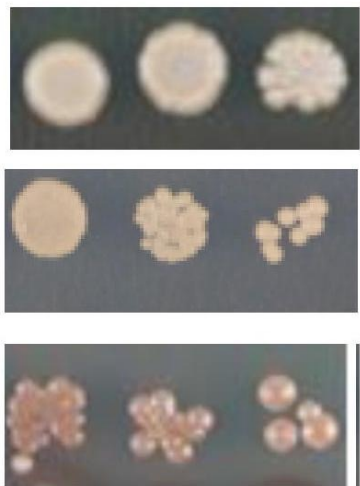
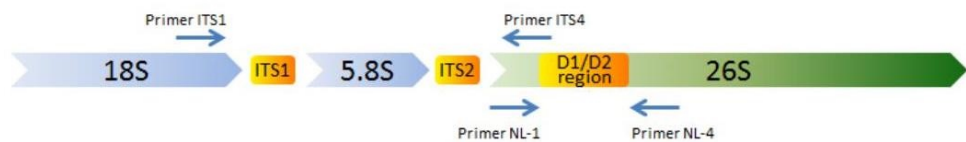
# Fermentazioni industriali

*L. thermotolerans/S. cerevisiae:*

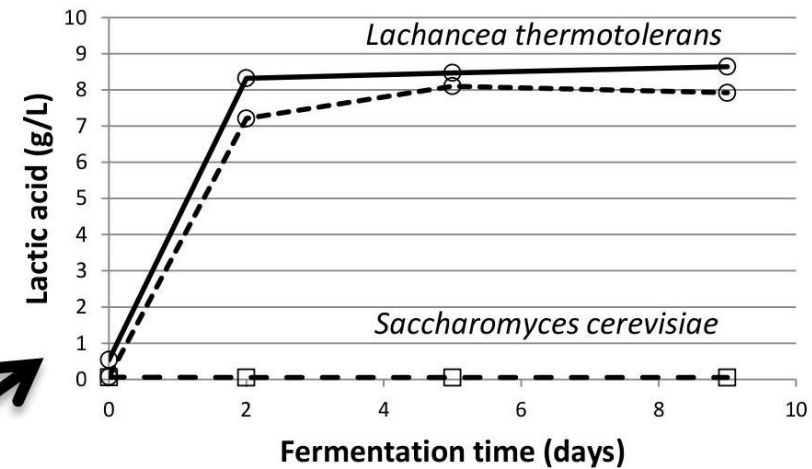


# *L. thermotolerans*

## Identification



## Acidification



Color properties



Flavor compounds

2-phenylethanol  
Nerol  
terpinen-4-ol  
4MSP  
3SH  
Glycerol

**Table 1.**

Basic oenological parameters of fermentations from Tempranillo red grapes.

Results are mean  $\pm$  SD of three replicates. Different letters indicate statistical significance between groups. *S. cerevisiae* AG006 control (AG006) and sequential fermentations with *S. cerevisiae* (AG006) and *L. thermotolerans* Excellence X'Fresh (EXC); Levulia Alcomeno (LEV); EnartisFerm Qkappa (QKAPPA); L1 (L1) or L3 (L3).

	AG006	EXC	LEV	QKAPPA	L1	L3
<b>Ethanol (% v/v)</b>	14.74 $\pm$ 0.08c	14.46 $\pm$ 0.06b	14.52 $\pm$ 0.07b	14.69 $\pm$ 0.07c	14.21 $\pm$ 0.08a	14.17 $\pm$ 0.09a
<b>Glucose + Fructose (g/L)</b>	1.24 $\pm$ 0.21a	2.62 $\pm$ 0.42b	2.25 $\pm$ 0.34b	1.31 $\pm$ 0.20a	4.73 $\pm$ 0.62c	3.69 $\pm$ 0.44c
<b>Glycerol (g/L)</b>	9.25 $\pm$ 0.32b	8.48 $\pm$ 0.33a	8.76 $\pm$ 0.24ab	8.87 $\pm$ 0.36ab	8.96 $\pm$ 0.47ab	8.82 $\pm$ 0.46ab
<b>pH</b>	3.77 $\pm$ 0.02d	3.65 $\pm$ 0.03b	3.69 $\pm$ 0.03bc	3.72 $\pm$ 0.02c	3.62 $\pm$ 0.02b	3.56 $\pm$ 0.02a
<b>Lactic acid (g/L)</b>	0.11 $\pm$ 0.03a	2.70 $\pm$ 0.18d	1.92 $\pm$ 0.26c	0.80 $\pm$ 0.11b	2.30 $\pm$ 0.64cd	3.19 $\pm$ 0.21e
<b>Malic acid (g/L)</b>	1.41 $\pm$ 0.12 b	1.16 $\pm$ 0.11a	1.26 $\pm$ 0.05ab	1.37 $\pm$ 0.11b	1.11 $\pm$ 0.10a	1.39 $\pm$ 0.15b
<b>Acetic acid (g/L)</b>	0.36 $\pm$ 0.05a	0.44 $\pm$ 0.06b	0.53 $\pm$ 0.07bc	0.46 $\pm$ 0.05b	0.45 $\pm$ 0.03b	0.56 $\pm$ 0.04c
<b>Succinic acid (g/L)</b>	1.47 $\pm$ 0.06b	1.26 $\pm$ 0.13a	1.41 $\pm$ 0.13ab	1.32 $\pm$ 0.04a	1.41 $\pm$ 0.17ab	1.22 $\pm$ 0.11a

# conclusioni

1. **eccessiva concentrazione zuccherina delle uve (con conseguente innalzamento grado del alcolico;**

## **Possibili rimedi biotecnologici**

- nuovi ceppi di *S. cerevisiae* selezionati per adattamento selettivo**
- uso di fermentazioni multistarter con lieviti non-*Saccharomyces***

2. **riduzione degli acidi organici delle uve (innalzamento del pH)**

## **Possibili rimedi biotecnologici**

- uso di fermentazioni multistarter con lieviti non-*Saccharomyces* che possiedono azione acidificante (*Lachancea. thermotolerans*)**