

INOCULO DI STARTER MISTI SACCHAROMYCES CEREVISIAE/NON-SACCHAROMYCES PER IL MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ DEI VINI

Paola DOMIZIO^{1*}, Cristina ROMANI^{1,2}, Francesca COMITINI³, Mirko GOBBI³, Livio LENCIONI¹, Ilaria MANNAZZU⁴, Maurizio CIANI³

¹Dipartimento di Biotecnologie Agrarie, Università degli Studi di Firenze, Via Donizetti 6, 50144 Firenze, Italy

²Consorzio Toscana, Piazza Strozzi, 1, 50123 Firenze, Italy

³Dipartimento SAIFET, Microbiologia Alimentare, Industriale e Ambientale, Università Politecnica delle Marche, via Brecce Bianche, 60131 Ancona, Italy

⁴Dipartimento di Scienze Ambientali Agrarie e Biotecnologie Agro-Alimentari, Università degli Studi di Sassari, Viale Italia 39, 07100 Sassari, Italy

*Autore per la corrispondenza: domizio@unifi.it

Lavoro presentato alla 7^a edizione di Enoforum, Arezzo, 3-5 maggio 2011

La tecnologia utilizzata nel settore enologico ha subito negli ultimi decenni notevoli cambiamenti; si è passati da una naturale trasformazione del mosto d'uva in vino, con il minimo intervento umano, ad un processo tecnologicamente avanzato. Le conoscenze della fisica, della chimica e della biologia sono state così utilizzate per lo sviluppo di nuove tecnologie sulle quali i produttori hanno investito al fine di ottenere vini in grado di soddisfare le esigenze di consumatori volti a sempre nuove esperienze sensoriali. L'inoculo dei lieviti *Saccharomyces* come starter in purezza per l'avvio e la conduzione della fermentazione alcolica, per esempio, ha consentito una migliore gestione del processo fermentativo e l'ottenimento di prodotti con caratteristiche organolettiche maggiormente riproducibili e costanti nel tempo. L'impiego degli starter, sotto forma di lieviti secchi attivi (LSA), è quindi diventato una pratica diffusa in molte realtà aziendali.

Purtroppo, nonostante la grande biodiversità dei lieviti vinari, spesso accade che per logiche di mercato la scelta dei lieviti da inoculare sia ridotta a pochi ceppi. Pur non essendo il lievito l'unico elemento in grado di definire le caratteristiche organolettiche di un vino, l'utilizzo di un numero ridotto di lieviti nelle diverse realtà produttive può contribuire ad una certa omologazione dei prodotti ottenuti e ad una conseguente globalizzazione del gusto. Per questo motivo negli ultimi anni i produttori, pur riconoscendo i vantaggi che derivano dall'uso degli starter di vinificazione, considerano un limite l'eccessiva uniformità che ne può conseguire. E' infatti vero che l'inoculo di starter di *Saccharomyces* stravolge e "semplifica" il quadro microbiologico iniziale del mosto. Tali lieviti, dominando il processo fermentativo, inibiscono/riducono lo sviluppo dei lieviti non-*Saccharomyces* che sono presenti nella fase iniziale della fermentazione alcolica (Fleet and Heard, 1993) e che, con le loro specifiche attività enzimatiche, potrebbero invece contribuire alla complessità aromatica del prodotto finale (Fernandez et al., 2000; Strauss et al., 2001).

Per contro, la fermentazione spontanea dei mosti, processo di per sé poco controllabile e con una successione indefinita di varie specie di lieviti (Egli et al., 1998), oltre a soddisfare i consumatori più attenti alla tipicità e alla genuinità dei prodotti può consentire l'ottenimento, in alcuni casi, di vini eccellenti, con caratteristiche organolettiche peculiari, ma in altri casi può portare a clamorosi insuccessi. Per questo, con l'intento di ottenere vini con una maggiore complessità organolettica, tipica delle fermentazioni spontanee e controllare, al contempo, lo sviluppo qualitativo-quantitativo della microflora spontanea, con il presente lavoro si è proceduto alla selezione di lieviti non-*Saccharomyces* e al loro utilizzo, come starter di vinificazione, in associazione con *Saccharomyces*.

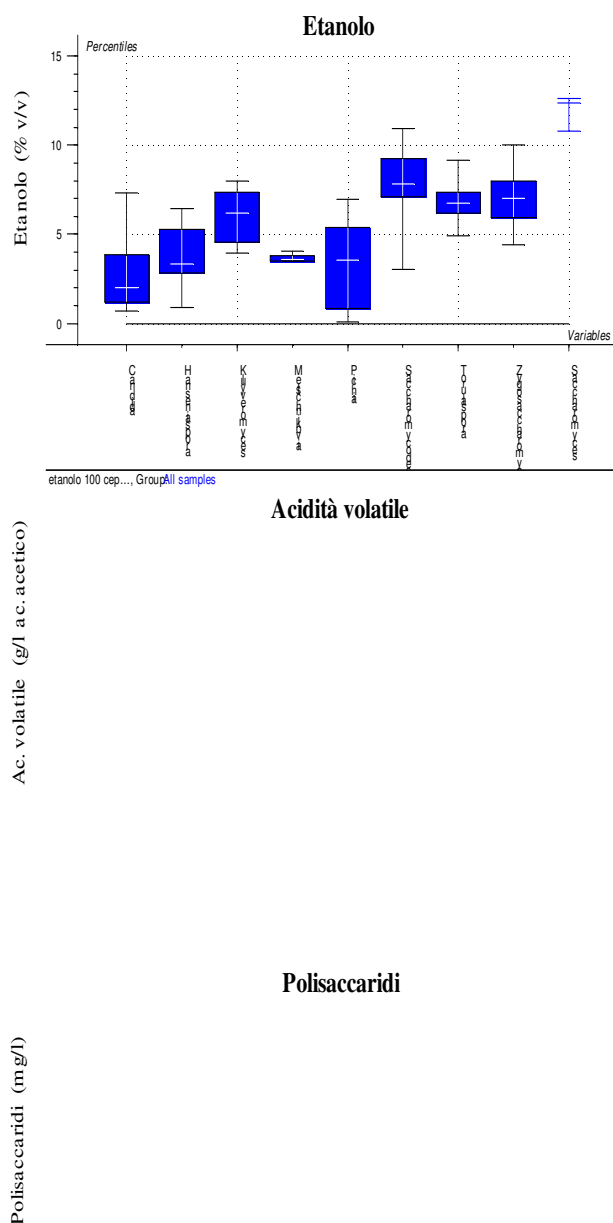
A tal fine, un centinaio di lieviti non-*Saccharomyces*, appartenenti a dieci differenti generi (Tab. 1), sono stati reperiti, classificati e analizzati per alcuni caratteri fermentativi. L'indagine, oltre a confermare quanto riportato in letteratura riguardo ad alcune caratteristiche tipiche dei generi utilizzati, ha anche consentito di evidenziare un'ampia variabilità intra- ed inter-specifica e di individuare diversi ceppi di lievito con interessanti caratteristiche enologiche. In particolare, si è osservato che lieviti notoriamente caratterizzati da basso potere alcoligeno, come gli apiculati e quelli appartenenti al genere *Pichia*, mostravano produzioni di etanolo del 6,5 e 7% rispettivamente (Fig. 1). La produzione di acidità volatile era tendenzialmente diffusa a livelli più elevati nei fermentati ottenuti dai ceppi appartenenti al genere *Pichia* e più bassa in quelli dei lieviti

appartenenti ai generi *Metschnikowia* e *Saccharomyces*. Tra i lieviti apiculati si è osservata, inoltre, una notevole variabilità nella produzione di acidità volatile che, contrariamente a quanto riportato in letteratura, è risultata comunque < 0,8 g/l (ac. acetico) (Fig. 1). Ancor più interessante è risultato, infine, il contenuto di polisaccaridi, quasi sempre presente nei fermentati di tutti i lieviti non-*Saccharomyces* saggiati ad un livello superiore a quello riscontrato nei ceppi di controllo di *Saccharomyces* (Fig. 1).

Tabella 1: lieviti oggetto di studio

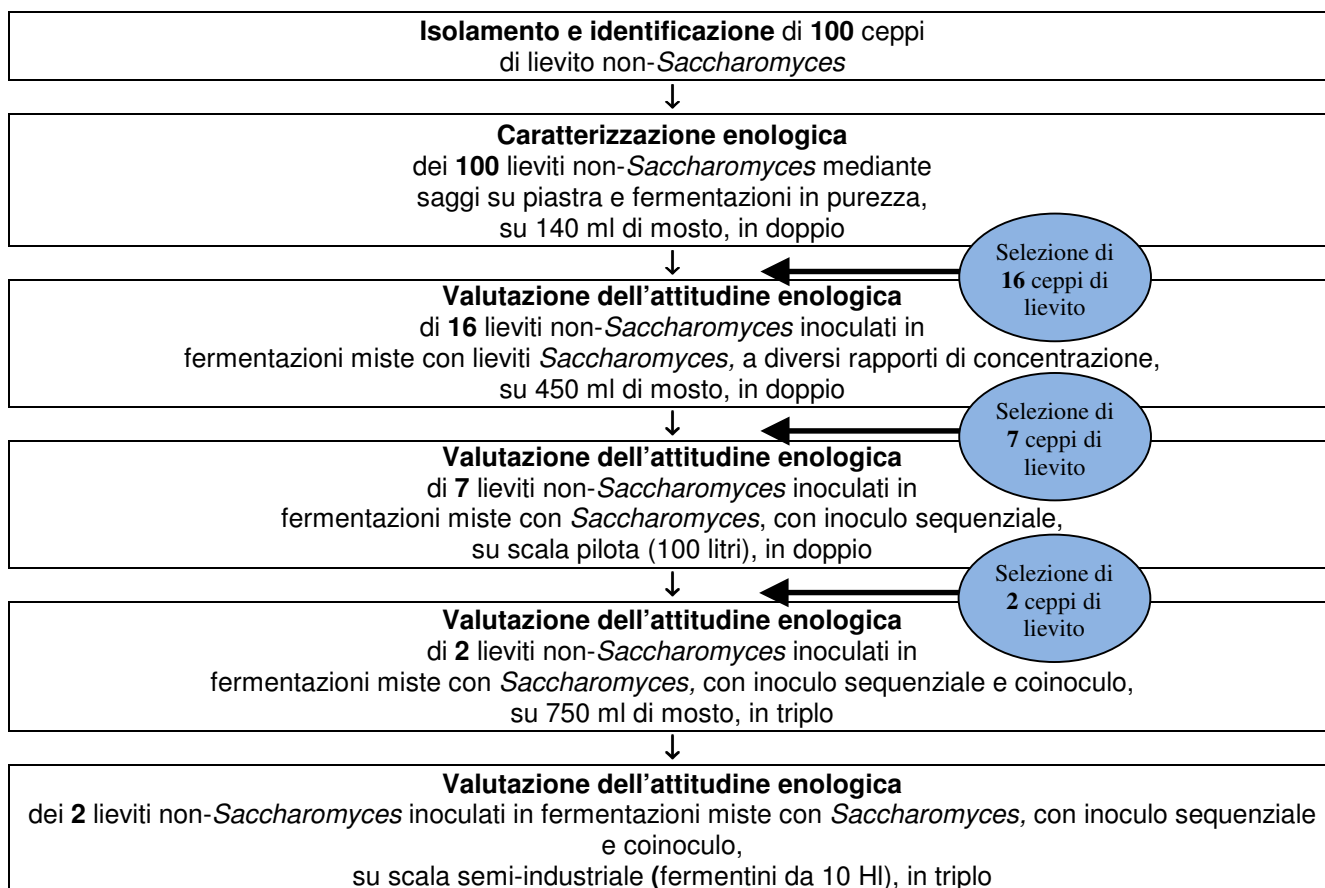
Genere	Specie	Codice ceppo
<i>Candida</i>	<i>apicola</i>	Ca 70; Ca 71; Ca
	<i>beecheii</i>	Ca 67
	<i>bombicola</i>	Ca 73
	<i>canterellii</i>	Ca 76
	<i>diversa</i>	Ca 10
	<i>montana</i>	Ca 68
	<i>tropicalis</i>	Ca 69
	<i>vinaria</i>	Ca 74; Ca 75; Ca
	<i>zemplanina</i>	Ca 22
<i>Hanseniaspora</i>	<i>osmophila</i>	Ha 25; Ha 27; Ha
	<i>uvarum</i>	Ha 19; Ha 20; Ha 21; Ha 23;
	<i>valbyensis</i>	Ha 26; Ha 28
	<i>vineae</i>	Ha 24
<i>Kluyveromyces</i>	<i>thermotolerans</i>	Kl 93; Kl 101; Kl 103; Kl 105; Kl 107
<i>Issatchenkia</i>	<i>terricola</i>	Is 14
<i>Metschnikowia</i>	<i>pulcherrima</i>	Me 45; Me 46; Me 47; Me 48;
<i>Pichia</i>	<i>anomala</i>	Pi 9; Pi 110
	<i>fermentans</i>	Pi 1; Pi 2; Pi 3; Pi 4; Pi 5; Pi 6
	<i>fluxuum</i>	Pi 11; Pi 13
	<i>kluyveri</i>	Pi 16
	<i>quilliermondii</i>	Pi 7
	<i>membranifaciens</i>	Pi 8; Pi 12; Pi 15; Pi 17; Pi 18;
<i>Saccharomyces</i>	<i>cerevisiae</i>	Sc 44; Sc 49; Sc 102; Ec1118
<i>Saccharomyces</i>	<i>ludwigii</i>	Sd 55; Sd 56; Sd 57; Sd 58; Sd 59; Sd 60; Sd 61; Sd 62; Sd 63; Sd 64; Sd 65; Sd 66
<i>Schizosaccharomyces</i>	<i>pombe</i>	S 95
<i>Torulaspora</i>	<i>delbrueckii</i>	To 33; To 34; To 35; To 37; To 38;
<i>Zygosaccharomyces</i>	<i>bailii</i>	Zy 80; Zy 82; Zy 84; Zy 87; Zy 88; Zy 89
	<i>bisporus</i>	Zy 83; Zy 85; Zy 86; Zy 90; Zy 97; Zy 98
	<i>fermentati</i>	Zy 91
	<i>florentinus</i>	Zy 41; Zy 42; Zy 43; Zy 96
	<i>rouxii</i>	Zy 81

Figura 1: variazione di alcuni caratteri tra i lieviti appartenenti ai generi esaminati



I 100 ceppi di lievito sono stati quindi sottoposti a selezione (Fig. 2) per ricercare quelli potenzialmente impiegabili in vinificazione.

Figura 2: schema delle prove



Sono così stati scelti 16 lieviti non-*Saccharomyces*, appartenenti a otto differenti generi, con i quali sono state allestite, su scala di laboratorio, fermentazioni miste con *S. cerevisiae*, in diversi rapporti di inoculo *S. cerevisiae*/non-*Saccharomyces* (1:1; 1:100; 1:10.000).

Nel corso di tali prove è stata valutata l'influenza di tali lieviti sia sulle cinetiche di fermentazione sia sulle caratteristiche analitiche dei fermentati. Quando i lieviti *Saccharomyces* e non-*Saccharomyces* erano presenti in uguale rapporto di inoculo, la fermentazione si è svolta regolarmente, senza particolari differenze rispetto a quelle condotte con il solo ceppo di *Saccharomyces*. Cinetiche di fermentazione più lente sono state invece osservate ai rapporti di inoculo *S. cerevisiae* / non-*Saccharomyces* più bassi (1:100; 1:10.000).

In tutti i casi comunque sono state sempre raggiunte concentrazioni di etanolo simili a quelle ottenute con la coltura pura di *Saccharomyces*, tranne che nelle fermentazioni miste con *Saccharomyces ludwigii* (ceppo 64) ai rapporti di inoculo di 1:100 e 1:10.000 (Tab. 2). I valori di acidità volatile sono risultati invece quasi sempre inferiori nelle colture miste, tranne che nelle prove con *Pichia anomala* ai più bassi rapporti di inoculo (1:100; 1:10.000).

Interessanti, sono stati i livelli di polisaccaridi nei fermentati delle colture miste in tutti i rapporti di inoculo testati, livelli che erano in generale superiori a quelli ottenuti con la coltura pura di *S. cerevisiae* (Tab. 2).

Tabella 2: parametri chimici dei fermentati delle prove inoculate con colture *Saccharomyces*/non-*Saccharomyces* nei diversi rapporti di inoculo

Lieviti	Sacch: non-Sacch	Etanolo (% v/v)	Acidità totale (g/l ac. tartarico)	Acidità volatile (g/l ac. acetico)	Glicerolo (g/l)	Polisaccaridi (mg/l mannani)
<i>C. zemplinina</i> (22) + <i>S. cerevisiae</i>	1:1	13,83	6,88	0,42	6,25	123
	1:100	13,78	6,84	0,44	7,18	140
	1:10.000	13,64	6,88	0,51	7,95	181
<i>C. tropicalis</i> (69) + <i>S. cerevisiae</i>	1:1	13,77	6,52	0,37	6,68	131
	1:100	13,64	6,47	0,38	6,82	142
	1:10.000	13,73	6,47	0,35	6,77	158
<i>H. osmophila</i> (32) + <i>S. cerevisiae</i>	1:1	13,74	6,42	0,33	6,63	145
	1:100	13,83	6,64	0,32	6,79	170
	1:10.000	13,28	6,87	0,33	7,04	190
<i>H. osmophila</i> (25) + <i>S. cerevisiae</i>	1:1	13,86	6,70	0,46	6,34	96
	1:100	13,86	6,45	0,47	6,63	111
	1:10.000	13,88	6,57	0,45	6,06	101
<i>M. pulcherrima</i> (46) + <i>S. cerevisiae</i>	1:1	13,87	6,33	0,30	6,53	120
	1:100	13,79	6,50	0,34	6,98	126
	1:10.000	13,65	6,54	0,33	7,25	154
<i>K. thermotolerans</i> (103) + <i>S. cerevisiae</i>	1:1	13,83	6,75	0,33	7,08	120
	1:100	13,58	6,79	0,30	7,10	164
	1:10.000	13,25	7,28	0,30	7,21	178
<i>K. thermotolerans</i> (101) + <i>S. cerevisiae</i>	1:1	13,80	7,30	0,38	6,95	133
	1:100	13,80	9,00	0,40	7,29	139
	1:10.000	13,70	9,20	0,40	7,58	158
<i>P. fermentans</i> (4) + <i>S. cerevisiae</i>	1:1	13,96	6,59	0,42	6,10	125
	1:100	13,91	6,56	0,46	6,44	169
	1:10.000	13,96	6,15	0,47	6,28	216
<i>P. anomala</i> (9) + <i>S. cerevisiae</i>	1:1	13,80	6,58	0,33	6,99	119
	1:100	13,76	6,55	0,61	6,50	140
	1:10.000	13,43	7,11	0,63	6,35	203
<i>S. ludwigii</i> (62) + <i>S. cerevisiae</i>	1:1	13,66	6,90	0,47	6,94	212
	1:100	13,60	7,15	0,46	7,23	242
	1:10.000	13,58	6,31	0,47	7,55	263
<i>S. ludwigii</i> (64) + <i>S. cerevisiae</i>	1:1	13,70	6,64	0,31	7,68	201
	1:100	12,82	6,77	0,30	8,22	270
	1:10.000	11,88	6,83	0,32	8,78	334
<i>T. delbrueckii</i> (94) + <i>S. cerevisiae</i>	1:1	13,71	6,71	0,31	6,67	114
	1:100	14,24	6,45	0,31	6,51	156
	1:10.000	14,12	7,05	0,23	6,73	187
<i>T. delbrueckii</i> (92) + <i>S. cerevisiae</i>	1:1	13,90	7,12	0,38	5,88	157
	1:100	13,85	7,36	0,40	6,14	269
	1:10.000	13,76	7,34	0,41	6,29	308
<i>Z. bailii</i> (89) + <i>S. cerevisiae</i>	1:1	13,78	7,03	0,43	6,28	113
	1:100	13,75	7,15	0,44	6,79	143
	1:10.000	13,73	7,40	0,50	7,52	181
<i>Z. florentinus</i> (42) + <i>S. cerevisiae</i>	1:1	13,83	6,43	0,33	6,54	113
	1:100	13,76	6,57	0,27	6,50	168
	1:10.000	13,53	7,02	0,29	6,54	195
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (controllo)	1:1	13,86	6,82	0,41	6,40	92
	1:100	13,80	6,90	0,44	6,69	91
	1:10.000	13,75	6,83	0,47	6,84	74

I valori rappresentano la media delle repliche (deviazione standard < 10% del valore medio)

Sulla base dei risultati complessivi ottenuti e volendo ancora considerare almeno un ceppo per ogni genere esaminato, sono stati ulteriormente selezionati sette ceppi di lievito, con i quali sono state allestite, su scala pilota (100 litri di mosto Sangiovese), fermentazioni miste con lo starter di *S. cerevisiae*, inoculato successivamente al ceppo di non-*Saccharomyces*.

Anche in queste prove le fermentazioni si sono svolte regolarmente e, rispetto alle prove inoculate con solo *S. cerevisiae*, senza particolari rallentamenti né della cinetica di crescita di *S. cerevisiae* né della cinetica di fermentazione.

I sette lieviti non-*Saccharomyces* saggiati hanno mostrato interessanti caratteristiche enologiche (Tab. 3), consentendo l'ottenimento di fermentati con un livello di etanolo simile in tutte le prove con inoculo misto e, ancora una volta, con un più alto contenuto di polisaccaridi, in particolare nelle prove condotte con *Kluyveromyces*, *Torulaspota*, *Pichia* e *Candida*, rispetto alle fermentazioni condotte con il solo inoculo di *S. cerevisiae*.

Tabella 3: parametri chimici dei fermentati delle prove su scala pilota

Lieviti	Etanolo (% v/v)	Acidità totale (g/l ac. tartarico)	Acidità volatile (g/l ac. acetico)	Glicerolo (g/l)	Polisaccaridi (mg/l mannani)
<i>P. anomala</i> + <i>S. cerevisiae</i>	12,85	5,61	0,34	8,60	213
<i>C. zemplinina</i> + <i>S. cerevisiae</i>	12,85	5,80	0,37	11,41	200
<i>H. osmophila</i> + <i>S. cerevisiae</i>	12,88	5,50	0,53	7,90	100
<i>Z. florentinus</i> + <i>S. cerevisiae</i>	12,63	6,15	0,26	8,15	143
<i>M. pulcherrima</i> + <i>S. cerevisiae</i>	12,78	5,87	0,25	9,52	158
<i>T. delbrueckii</i> + <i>S. cerevisiae</i>	12,70	6,07	0,30	9,34	219
<i>K. thermotolerans</i> + <i>S. cerevisiae</i>	12,98	5,58	0,37	9,31	312
<i>S. cerevisiae</i> (controllo)	13,00	5,36	0,28	7,84	130

I valori rappresentano la media delle repliche (deviazione standard < 10% del valore medio).

Durante questa prima fase di caratterizzazione, le analisi dei fermentati ottenuti con gli inoculi misti *Saccharomyces*/non-*Saccharomyces* non hanno evidenziato la presenza di composti con possibile impatto negativo ad un livello tale da superare la soglia di percezione sensoriale (es: etil acetato per *Hanseniaspora*). Al contrario, per ciascuna associazione *S. cerevisiae*/non-*Saccharomyces* sono stati rilevati alcuni caratteri enologici interessanti.

In particolare, in coltura mista ed in funzione anche dei diversi rapporti di inoculo, sono state osservate per i diversi ceppi di lievito le seguenti peculiarità:

- riduzione della concentrazione di etanolo finale (*Saccharomyces*)
- riduzione dell'acidità volatile (*Torulaspota*)
- incremento di acidità totale (*Kluyveromyces*)
- incremento di polisaccaridi nei fermentati (vari generi)
- incremento di esteri e composti volatili, come isoamil acetato, 2-fenil etanolo e fenil etil acetato responsabili delle note floreali e fruttate nei fermentati (vari generi).

Sulla base di questi risultati e tenendo conto anche della differente competitività (intesa come presenza e persistenza nel corso del processo fermentativo) che i ceppi di lievito non-*Saccharomyces* hanno mostrato nelle diverse prove, sono stati scelti due ceppi, appartenenti alle specie *Kluyveromyces thermotolerans* (101) e *Zygosaccharomyces florentinus* (42), che sono stati utilizzati nelle successive prove di fermentazione in associazione con *S. cerevisiae* secondo diverse modalità di inoculo (coinoculo e inoculo sequenziale), prima su scala di laboratorio e poi su scala semi-industriale in fermentini da 10 Hl.

Nelle tabelle 4 e 5 sono riportate in sintesi le differenze relative ai principali caratteri fermentativi, evidenziate nelle diverse prove sia di laboratorio che di cantina, in comparazione con i rispettivi controlli (*S. cerevisiae*).

Tabella 4: riepilogo delle variazioni dei principali caratteri e prodotti fermentativi nelle prove in coinoculo o inoculo sequenziale non-*Saccharomyces*/*S. cerevisiae* rispetto al controllo costituito da una coltura pura di *S. cerevisiae*

Lieviti	Modalità inoculo	Cinetica di fermentazione	Etanolo (% v/v)	Acidità totale (g/l ac. tartarico)	Acidità volatile (g/l ac. acetico)	Glicerolo (g/l)	Polisaccaridi (mg/l mannani)
<i>K. thermotolerans</i> (101) + <i>S. cerevisiae</i>	coinoculo	-	-	++	-	+	+
	sequenziale 24 h	-	-	++	-	++	++
	sequenziale 48 h	-	-	++	-	+	+
<i>Z. florentinus</i> (42) + <i>S. cerevisiae</i>	coinoculo	≈	≈	≈	-	-	+
	sequenziale 24 h	-	≈	+	-	-	++
	sequenziale 48 h	-	≈	++	-	-	++

- ≈ simile al controllo
- inferiore al controllo
+ superiore al controllo

Tabella 5: riepilogo delle variazioni dei principali caratteri e prodotti fermentativi nelle prove su scala semi-industriale in coinoculo e inoculo sequenziale di non-*Saccharomyces*/*S. cerevisiae* rispetto al controllo inoculato con *S. cerevisiae*

Lieviti	Modalità inoculo	Cinetica di fermentazione	Etanolo (% v/v)	Acidità totale (g/l ac. tartarico)	Acidità volatile (g/l ac. acetico)	Glicerolo (g/l)	Polisaccaridi (mg/l mannani)
<i>K. thermotolerans</i> (101) + <i>S. cerevisiae</i>	Coinoculo	≈	≈	+	≈	≈	≈
	Sequenziale	≈	-	++	++	+	≈
<i>Z. florentinus</i> (42) + <i>S. cerevisiae</i>	Coinoculo	≈	≈	≈	≈	≈	≈
	Sequenziale	≈	≈	≈	+	+	≈

- ≈ simile al controllo
- inferiore al controllo
+ superiore al controllo

Le prove di fermentazione, su scala di laboratorio, allestite per valutare i diversi tempi di inoculo (coinoculo e sequenziale a 24 e 48h), hanno evidenziato che in coltura mista:

- il ceppo di *Z. florentinus* ha confermato la sua buona competitività, senza comunque interferire sullo sviluppo della coltura starter saccaromicetica; in tali prove ha inoltre confermato la riduzione dell'acidità volatile e dell'alcol isoamilico nei fermentati, rispetto alla fermentazione condotta con il ceppo di *S. cerevisiae* e, inoltre, incrementi del 2-fenil etanolo e del fenil etil acetato. È stato anche rilevato un minor consumo di azoto assimilabile, comportamento che potrebbe rilevarsi interessante in condizioni di carenza di azoto nel mosto, in particolare di aminoacidi assimilabili.
- il ceppo 101 di *K. thermotolerans* ha confermato un'alta competitività nei confronti del ceppo starter di *S. cerevisiae*, influenzandone negativamente lo sviluppo soprattutto nelle fermentazioni con inoculo sequenziale. Nelle fermentazioni miste il ceppo di *Kluyveromyces* ha prodotto rilevanti quantitativi di acido L-lattico. Anche in queste prove è stata confermata la sua capacità di incrementare il livello di polisaccaridi e glicerolo e di determinare bassi livelli di acidità volatile nei fermentati.

Nelle prove di vinificazione a livello semi-industriale, infine, sono state confermate le caratteristiche enologiche dei due ceppi di non-*Saccharomyces* rilevate nelle precedenti fermentazioni su scala di laboratorio, anche in presenza di una rilevante microflora spontanea. L'analisi sensoriale, che sarà effettuata nei prossimi mesi dopo fermentazione malolattica e stabilizzazione dei vini, fornirà ulteriori indicazioni sul possibile impiego di tali lieviti selezionati.

Conclusioni

Questo lavoro ha permesso, non solo di evidenziare l'ampia variabilità inter e intraspecifica esistente fra i lieviti non-*Saccharomyces*, ma anche di rivalutare il loro ruolo durante il processo fermentativo. Nel contempo, i risultati ottenuti incoraggiano a continuare il lavoro di selezione di lieviti non-*Saccharomyces*, al fine di individuare ulteriori ceppi con potenzialità applicative in campo produttivo, analogamente a quanto negli ultimi anni è stato fatto con i lieviti *Saccharomyces*.

La presente sperimentazione ha inoltre dimostrato come colture selezionate di lieviti non-*Saccharomyces* possono essere utilizzate come starter in associazione con *S. cerevisiae* per differenziare il profilo analitico e sensoriale dei vini, garantendo al contempo il controllo microbiologico delle fermentazioni (Comitini et al., 2011; Domizio et al., 2011).

Lo scale-up delle prove che ha riguardato due lieviti non-*Saccharomyces* appartenenti alle specie *K. thermotolerans* e *Z. florentinus*, ha fornito importanti informazioni per un loro possibile utilizzo in cantina.

Tuttavia, anche altri ceppi esaminati, meritano in futuro ulteriori approfondimenti, in quanto hanno mostrato interessanti caratteristiche:

- attività esterasica e beta-glucosidasi, da valutare su substrati contenenti precursori dei composti aromatici (alcuni ceppi di *Metschnikowia pulcherrima*)
- riduzione dell'acidità volatile e produzione di composti volatili (alcuni ceppi di *Torulaspora delbrueckii*)
- capacità di interagire positivamente con *S. cerevisiae* e di migliorare il profilo composizionale dei prodotti di fermentazione (alcuni ceppi appartenenti al genere *Pichia* e *Hanseniaspora*)

In definitiva, la presente sperimentazione ha rappresentato una tappa importante per la conoscenza delle interazioni tra lieviti *Saccharomyces* e non-*Saccharomyces* nel corso di fermentazioni vinarie, in vista della messa a punto di un processo di fermentazione con starter misti.

Ringraziamenti

Il presente studio è parte di un progetto di ricerca coordinato e finanziato dal Consorzio Toscana (<http://www.consorziotuscandia.it>), Firenze, Italia.



Bibliografia

Comitini F., Gobbi M., Domizio P., Romani C., Lencioni L., Mannazzu I., Ciani M. (2011) Selected non-*Saccharomyces* wine yeasts in controlled multistarter fermentations with *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Microbiol.* 28, 873-882.

Domizio P., Romani C., Lencioni L., Comitini F., Gobbi M., Mannazzu I., Ciani M. (2011) Outlining a future for non-*Saccharomyces* yeasts: selection of putative spoilage wine strains to be used in association with *Saccharomyces cerevisiae* for grape juice fermentation. *Int. J. Food Microbiol.* doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2011.03.020

Egli, C. M., Ediger, W. D., Mitrakul, C. M. and Henick-Kling, T. (1998). Dynamics of indigenous and inoculated yeast populations and their effects on the sensory character of Riesling and Chardonnay wines. *J. Appl. Microbiol.* 85, 779-789.

Fernandez, M., Ubeda, J. F., Briones, A. I. (2000). Typing of non-*Saccharomyces* yeasts with enzymatic activities of interest in wine-making. *Int. J. Food Microbiol.* 59, 29-36.

Fleet, G. H. and Heard, G. M. (1993). Yeasts-growth during fermentation. In *Wine Microbiology and Biotechnology*, ed G. H. Fleet, Harwood Academic Publishers, Chur, Switzerland., pp. 27-54.

Strauss, M.L.A., Jolly, N.P., Lambrechts, M.G., van Rensburg, P. (2001). Screening for the production of extracellular hydrolytic enzymes by non-*Saccharomyces* wine yeasts. *J. Appl. Microbiol.* 91, 182–190.

