

A cura di:



**Tomas Roman**<sup>1</sup>



**Adelaide Gallo**<sup>1</sup>



**Andrea Leonardelli**<sup>2</sup>



**Nicola Cappello**<sup>1</sup>



**Rémi Schneider**<sup>3</sup>

**Michele Bogianchini**<sup>3</sup>



**Roberto Larcher**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro di Trasferimento Tecnologico, Fondazione Edmund Mach

<sup>2</sup> C3A - Università degli Studi di Trento

<sup>3</sup> Oenobrand SAS

\* Autore: tomas.roman@fmach.it

# L'UTILIZZO DI PROTEASI NEL MOSTO

## PER LA STABILIZZAZIONE PROTEICA DEI VINI

Lo studio ha voluto valutare gli effetti del trattamento del mosto con proteasi in abbinamento e in assenza di shock termico indagando la stabilità proteica dei vini e il loro fabbisogno di bentonite.

**L**instabilità proteica dei vini bianchi e rosati rappresenta da sempre un problema fortemente sentito in ambito enologico; a causarlo, sono per lo più proteine dell'uva prodotte principalmente dalle interazioni pianta-patogeno (*pathogenesis related proteins* o *PR proteins*) le quali, in seguito alla perdita della loro conformazione nativa, possono formare aggregati insolubili e causare la perdita di limpidezza del vino nelle fasi di commercializzazione.

Tra le soluzioni proposte a livello industriale, l'impiego della bentonite è oggi quella sicuramente più diffusa vista l'efficacia, il costo del trattamento e la facilità di utilizzo. È tuttavia ben noto come questo chiarificante possa incidere anche negativamente sulle caratteristiche sensoriali del vino causando, ad esempio, l'impoverimento degli attributi aromatici o la diminuzione della percezione del volume in bocca. L'impiego di tecniche additive - quali i cosiddetti colloidii protettori - se da una parte costituisce una possibile alternativa permettendo di preservare, almeno in una certa misura, alcune delle caratteristiche del

vino, non permette però di controllare uno dei fattori che più incidono sulla instabilità proteica: il tempo. L'utilizzo di queste tecniche al fine di inibire i processi di flocculazione non può in ogni caso prescindere dagli obiettivi di commercializzazione e di *shelf-life* del prodotto.

Recentemente è stato approvato da OIV l'utilizzo di alcuni enzimi proteolitici (aspergillopepsina I) abbinato ad un trattamento termico rapido (60-75°C). La sua applicazione al mosto (OIV-OENO 541 A-2021) dovrebbe permettere di agire specificamente sulle dell'uva. Questo approccio consentirebbe di limitare le interferenze sfavorevoli rispetto alle mannoproteine prodotte dal lievito, che, come sappiamo, rappresentano invece un vantaggio tecnico in termini sensoriali, qualitativi e di stabilità del prodotto. Il trattamento termico ha una duplice funzione: da una parte, permette la perdita della struttura terziaria delle proteine, facilitando l'azione delle proteasi, che avviene principalmente durante la fase di riscaldamento del mosto. Dall'altra, le temperature raggiunte al termine del processo permettono la degrada-

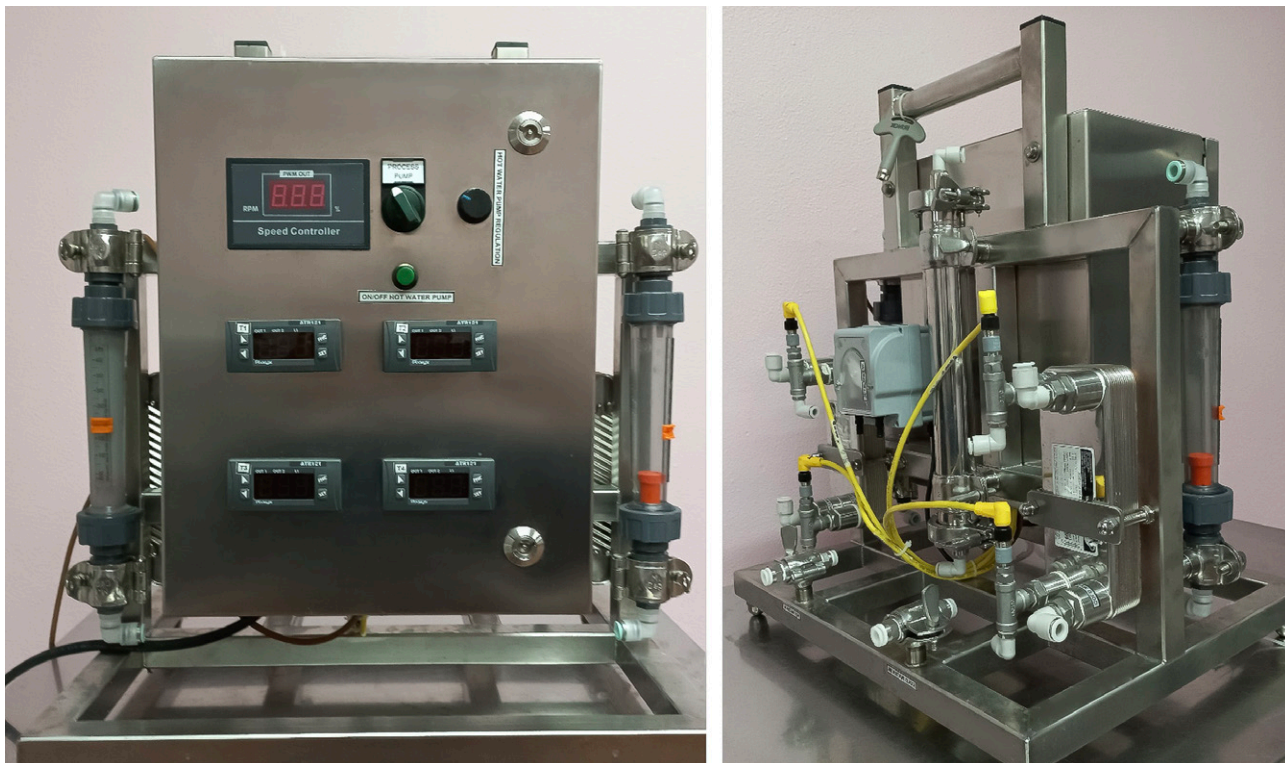


Fig. 1 - Conte microbiche della popolazione di lieviti totali (LT), lieviti non-*Saccharomyces* (NSC) e *L. thermotolerans*, svolte mediante l'impiego di terreni differenziali e riconoscimento morfologico sulle quattro tesi sperimentali condotte

zione delle stesse proteasi, bloccando l'ulteriore azione che rischierebbe di portare all'impoverimento gustativo del vino.

In considerazione della recente approvazione da parte del legislatore comunitario del regolamento 2022/68, che modifica il regolamento delegato (UE) 2019/934, che autorizza l'uso di tali preparati in ambito enologico in mosto e vino, si sono voluti approfondire sperimentalmente in scala semi-industriale alcuni aspetti inerenti all'impiego di proteasi e del riscaldamento del mosto finalizzati alla gestione della instabilità proteica dei vini.

## Il piano sperimentale

Il mosto torbido di 4 varietà (Traminer aromatico, Goldtraminer, Rebo e Sauvignon Blanc), ottenuto dopo pressatura del pigiadiraspato, è stato omogeneamente suddiviso in nove aliquote, corrispondenti a tre repliche di processo per ciascuno dei tre protocolli di lavorazione del mosto: vinificazione in bianco tradizionale (C), C con aggiunta di proteasi al mosto (0,1 mL/L, Rapidase Proteostab, Oenobrand; P) e con aggiunta di proteasi seguita da riscaldamento a 70°C (per la durata di 1 min) e succes-

sivo raffreddamento (entro ~1 min fino a ~18-20°C; P+H). Il trattamento termico è stato realizzato con un prototipo progettato per simulare il processo industriale di cantina (Figura 1) in termini di tempo di riscaldamento, trattamento e raffreddamento. Dopo decantazione statica a freddo (16 h; 4°C) e a parità di torbidità fra i mosti della stessa varietà (~150-200 NTU), i mosti, addizionati con lisati di lievito (Natuferm Bright, Oenobrand 25 g/hL) sono stati inoculati con il lievito Anchor VIN13 dopo reidratazione (20 g/hL). (Fig. 1)

L'instabilità proteica dei vini è stata valutata applicando sia un test a caldo

Varietà	Brix (°)	Zuccheri riduttori (g/l)	pH	Acidità totale (g/l)	Acido tartarico (g/l)	Acido malico (g/l)	Potassio (g/L)	APA (mg/l)
Traminer	22.15	227	3.34	5.1	4.55	3.41	1.5	138
Goldtraminer	23.43	234	3.65	6.5	5.84	4.15	2.43	144
Rebo	21.23	217	3.32	6.8	3.6	5.23	1.62	49
Sauvignon Blanc	20.01	200	3.05	8.7	6.19	4.85	1.2	149

Tab. 1 - Parametri chimici di base dei mosti

(riscaldamento a 80°C per 30 min e successivo raffreddamento sino a temperatura ambiente con lettura della torbidità dopo 45 min, 6 h e 24 h), che un test a freddo con tannino condensato di buccia (Tan Skin, Enartis; 0.5 g/L da soluzione al 10% in etanolo).

La determinazione del fabbisogno di bentonite necessario per il raggiungimento della stabilità proteica è stata realizzata mediante l'utilizzo di dosi crescenti di bentonite (Majorbenton, AEB;  $\Delta = 5$  g/hL), fino all'ottenimento di un differenziale di torbidità ( $\Delta$ NTU) inferiore a 2 NTU con il test a caldo.

## Composizione dei mosti

Le varietà utilizzate sono state scelte nella logica di creare una variabilità compositiva in alcuni parametri noti per la loro capacità di influenzare la stabilità proteica dei vini e, conseguentemente, utili ad una valutazione più ampia del trattamento con proteasi. Tra questi si possono elencare il

contenuto fenolico, il pH, alcuni acidi dell'uva, il grado alcolico sviluppato o il contenuto di proteine. La composizione dei mosti riportata nella tabella 1 permette al lettore di constatare la ragionevole variabilità ricercata per alcuni di questi parametri. Inoltre, la partita di Goldtraminer utilizzata è stata individuata in base alle sue condizioni sanitarie compromesse (Fig. 2), aggiungendo una ulteriore fonte di instabilità proteica ai vini.

## Composizione dei vini

La maggior parte dei parametri di controllo qualitativo del vino non sono risultati sostanzialmente influenzati dai trattamenti, con solo alcune eccezioni. La massima variazione del pH fra i trattamenti non supera le 0,05 unità, statisticamente maggiore nei vini H+P in Traminer aromatico e in C per Rebo. Queste variazioni di pH potrebbero essere ricondotte ad una diversa precipita-



Fig. 2 - Partita di Goldtraminer utilizzata per lo studio alla vendemmia

zione tartarica durante le fasi di produzione poiché, in termini di acidità titolabile, di acido malico e di acido lattico, per nessuna varietà si sono osservate differenze tra i trattamenti. La concentrazione di acido tartarico è risultata invece superiore in tutte le vinificazioni che coniugavano il trattamento termico e l'utilizzo di enzima proteasico, con livelli di significatività che variavano tra le diverse varietà. I valori di potassio, le cui differenze sono risultate statisticamente signifi-

Varietà	Brix			Brix			Brix			Brix		
	C	P	HP	C	P	HP	C	P	HP	C	P	HP
Etanolo (% vol)	13.73	13.74	13.77	13.85	13.87	13.89	12.88 a	12.82 ab	12.76 b	12.27	12.28	12.22
pH	3.45 b	3.47 a	3.48 a	3.64	3.64	3.66	3.44 a	3.39 b	3.40 ab	2.93	2.94	2.94
Acidità titolabile	5.7	5.7	5.6	6.2	6.2	6.1	6.7	6.7	6.8	9.3	9.3	9.4
Acidità volatile	0.18 a	0.16 b	0.12 c	0.14	0.16	0.13	0.18	0.17	0.18	0.16 ab	0.17 a	0.07 b
Zuccheri riduttori	<0.5	<0.5	<0.5	2.50 a	1.47 ab	<0.05 b	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Acido tartarico	2.7 b	2.77 ab	2.83 a	1.86 b	1.86 b	2.12 a	2.28 c	2.46 b	2.63 a	4.80 b	4.91 ab	5.01 a
Acido malico	2.35	2.35	2.4	3.22	3.17	3.31	3.51	3.51	3.46	3.26	3.26	3.22
Acido lattico	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Glicerina	7.7	7.9	7.7	9.4	9.4	9.4	7.3	7.2	7.3	6.3 b	6.3 b	6.7 a
Potassio	1.04 b	1.08 ab	1.11 a	1.39	1.37	1.44	1.11	1.16	1.2	0.75	0.74	0.83



Tab. 2 - Valori medi (n=3) dei principali parametri qualitativi dei vini a fine fermentazione alcolica in funzione della varietà e del trattamento applicato sul mosto. C: Controllo; P; mostro trattato con proteasi; H+P: Mostro trattato con proteasi e sottoposto a shock termico. Lettere diverse indicano valori staticamente differenziati (Anova ad una via, Test HST di Tukey;  $p < 0.05$ )

cative solo per il Traminer aromatico, seguivano una tendenza simile a quella riscontrata per l'acido tartarico. Interessanti i risultati ottenuti per l'acidità volatile: i diversi vini potevano ritenersi nel complesso adeguati alla produzione di vini bianchi, con valori che non superavano mai i 0.2 g/L. In particolare, il trattamento completo (H+P) ha permesso di ottenere vini con valori significativamente inferiori rispetto ai controlli. Plausibilmente, ciò è da ricondurre al controllo, almeno parziale, esercitato sulla microflora indigena presente nei mosti

dal riscaldamento a elevate temperature. In funzione della composizione, la microflora indigena, sensibile alle alte temperature (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2007), può essere infatti responsabile dell'innalzamento dell'acidità volatile nei vini, soprattutto qualora lo stato sanitario risulti compromesso (Francis & Newton, 2005).

### La valutazione della stabilità dei vini

Come ben noto agli enologi, la stabilità proteica dei vini è un fenomeno com-

plesso, multifattoriale e a volte poco prevedibile. Diversi sono i metodi a disposizione delle cantine per la valutazione della potenziale instabilità dei vini, ma molti presentano aspetti di criticità interpretativa. Tra i più temuti vi è certamente il rischio di sovradosaggio della bentonite, con i conseguenti effetti deleteri sulla qualità organolettica dei prodotti. Nel nostro studio, l'instabilità del vino è stata valutata utilizzando due approcci in qualche misura complementari: il test a caldo e il test a freddo con aggiunta di tannino. La misura della torbidità è stata misurata dopo

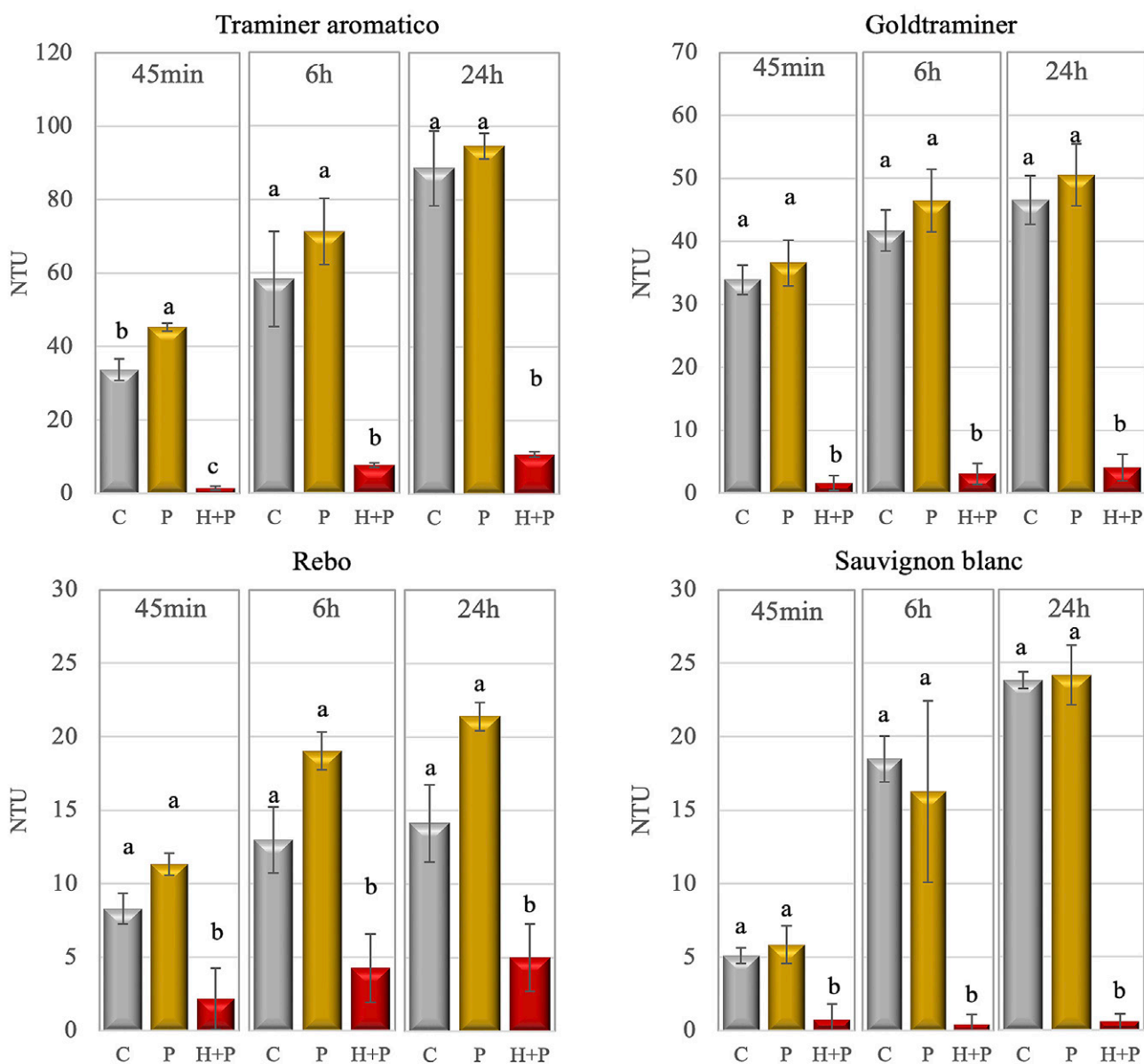


Fig. 3 - Differenziale di torbidità ( $\Delta$ NTU) formato dopo 45min, 6h e 24h a temperatura ambiente dopo riscaldamento dei vini a 80°C per 30 min.. C: Controllo; P; mostro trattato con proteasi; H+P: Mostro trattato con proteasi e sottoposto a shock termico. Lettere diverse indicano valori staticamente differenziati (Anova ad una via, Test HST di Tukey;  $p < 0.05$ )



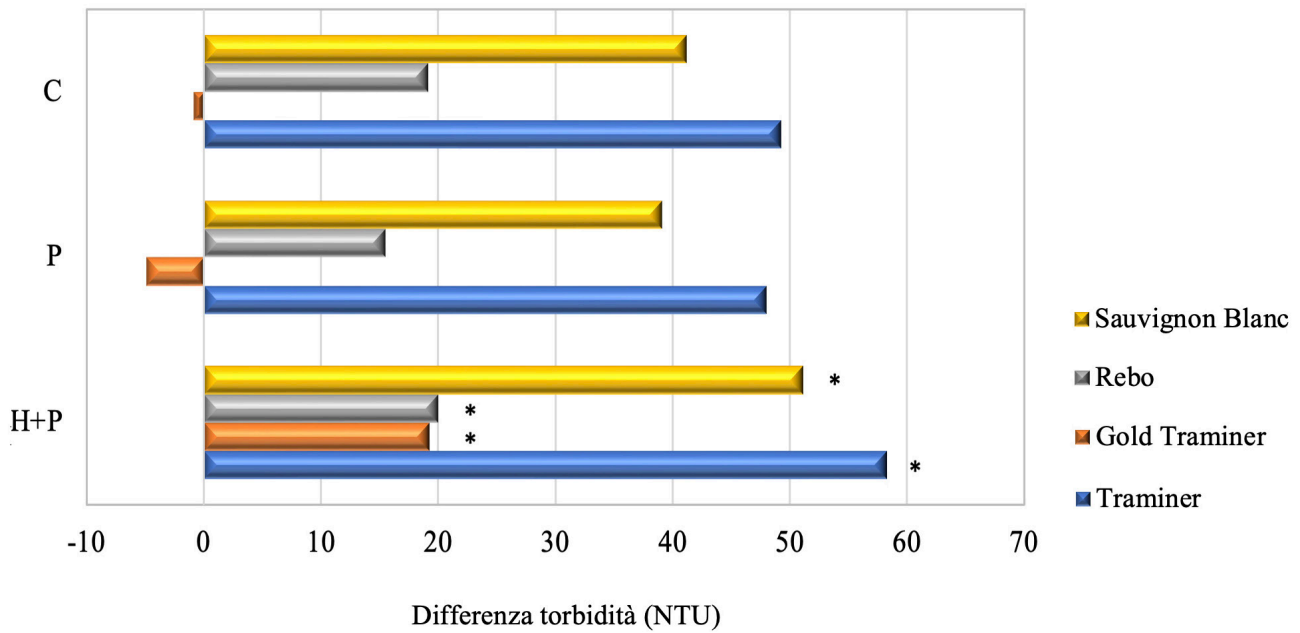


Fig. 4 - Differenza di torbidità media (n=3) fra il valore del test a caldo e il test a freddo con tannino in funzione della varietà e del trattamento. C: Controllo; P; mostro trattato con proteasi; H+P: Mostro trattato con proteasi e sottoposto a shock termico. \* indica vini ritenuti stabili con il test a caldo

45 min, 6 h e 24 h di raffreddamento a temperatura ambiente in modo da valutare l'evoluzione del torbido nel tempo (Fig. 3).

Complessivamente, i vini di controllo di Goldtraminer e Traminer aromatico hanno mostrato incrementi della torbidità ( $\Delta$ NTU) più alti rispetto a quelli di Sauvignon blanc e Rebo. Questi risultati appaiono coerenti con la maggiore ricchezza proteica riconosciuta a livello varietale ai vini delle prime due cultivar, cosa che ne giustificerebbe la maggior instabilità (McRae *et al.*, 2018; Tian *et al.*, 2015). Per queste due varietà si è infatti osservato un maggior incremento della torbidità anche nel tempo, a prescindere del trattamento, come probabile conseguenza dei processi spontanei di aggregazione proteica. Peraltro, le condizioni sanitarie compromesse di Goldtraminer (Fig. 2) avrebbero potuto incrementare ulteriormente i rischi di instabilità (Girbau *et al.*, 2004; Marchal *et al.*, 1998).

Supponendo stabile un vino qualora la differenza di torbidità misurata dopo 45 minuti dal riscaldamento non superi i 2 NTU (Pocock & Waters, 2006), si è osservato come il trattamento completo (H+P) abbia permesso di raggiungere la stabilità del prodotto già a fine fermentazione alcolica in quasi tutti i vini, ad eccezione di una delle repliche

di Rebo e un'altra in Sauvignon blanc. La stabilità proteica raggiunta tiene necessariamente conto dello shock termico applicato, in grado di denaturare gran parte delle proteine instabili dell'uva, principalmente chitinasi, in virtù della loro maggior sensibilità termica (Falconer *et al.*, 2010). Le proteasi sembrano espletare la loro azione stabilizzante grazie alla maggiore affinità con le TLP, evitando, dopo lo shock termico, la richiusura della loro struttura e una nuova solubilizzazione (Marangon *et al.*, 2012).

Le altre due tesi -C e P- presentano valori di  $\Delta$ NTU sempre superiori a 2, valore soglia per vini instabili. È bene tuttavia sottolineare come l'evidenza della raggiunta stabilizzazione mediante il trattamento H+P, pur in linea con quanto riportato da Comuzzo *et al.* (2020), non possa essere estesa a tutte le situazioni che si possono realizzare in cantina, e che una verifica puntuale delle partite prima dell'imbottigliamento sia comunque opportuna. L'osservazione conferma per tutte le tesi un incremento nel tempo della torbidità a temperatura ambiente, ad eccezione dei vini H+P di Sauvignon blanc, per i quali i valori si mantengono invece stabili, suggerendo con questo *plateau* una rimozione apparentemente completa dei fattori di instabilità. Per una

corretta interpretazione dei risultati, è opportuno inoltre rimarcare come la temperatura raggiunta nell'applicazione del test sui vini possa comportare una precipitazione anche di proteine generalmente ritenute stabili (Esteruelas *et al.*, 2009; Falconer *et al.*, 2010). Confrontando le tesi trattate con le sole proteasi (P) rispetto ai controlli, si osserva come le vinificazioni condotte in presenza dell'enzima diano valori di torbidità tendenzialmente simili o leggermente superiori, con valori addirittura differenziabili statisticamente dopo 45 minuti dal trattamento termico nel caso del Traminer aromatico. Questo risultato è coerente con quanto già osservato da Marangon e collaboratori (2012), i quali hanno rilevato la presenza di aspergillopepsine solo in campioni non riscaldati. Gli autori hanno inoltre evidenziato come il trattamento termico, a differenza della sola fermentazione alcolica, possa influenzare la stabilità delle proteasi. La resistenza delle proteasi alla fermentazione potrebbe giustificare una maggior frazione proteica residua e di conseguenza, un aumento dei valori di  $\Delta$ NTU.

L'instabilità è stata verificata anche con il test a freddo con tannino (TFT), basato sulla capacità di queste sostanze fenoliche di creare interazioni con le proteine. In generale, tenendo

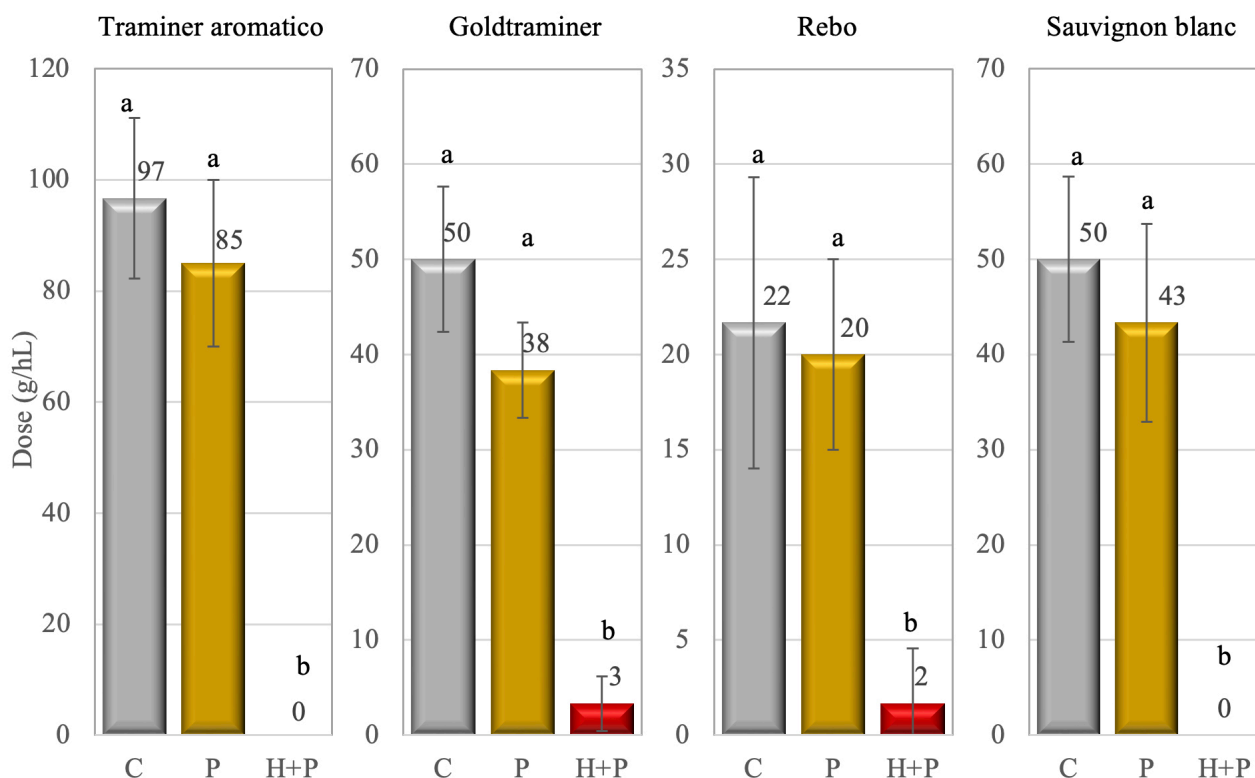


Fig. 5 - Fabbisogno di bentonite medio (n=3) necessario per il raggiungimento della stabilità proteica dei vini. C: Controllo; P; mostro trattato con proteasi; H+P: Mostro trattato con proteasi e sottoposto a shock termico. Lettere diverse indicano valori staticamente differenziati (Anova ad una via, Test HST di Tukey; p<0.05)

conto delle diverse situazioni di studio, il TFT ha fornito valori di  $\Delta$ NTU superiori rispetto a quanto ottenuto col test a caldo, mediamente ~30 NTU. La risposta è risultata tuttavia variabile in funzione della varietà e del protocollo applicato. In figura 4 sono messi a confronto i differenziali di torbidità ottenuti con il test al tannino rispetto a quello a caldo: tanto più i valori si discostano dallo 0, tanto maggiore è la differenza fra i 2 approcci. L'approccio TFT, per la sua tendenza a enfatizzare lo sviluppo di torbidità, potrebbe indurre un sovradosaggio nell'utilizzo di bentonite, in particolare nel caso di campioni già prossimi a condizioni di stabilità. Questo è il caso delle tesi H+P indicate nel grafico con (\*) per le quali i vini sono risultati stabili al test a caldo. Come già riportato nelle pagine di questo stesso giornale (Celotti *et al.*, 2015), per l'interpretazione dei risultati ottenuti con i diversi test si rende necessaria la definizione dei valori limiti di stabilità-instabilità in funzione anche

delle specifiche di ogni vino, tenendo conto anche dei possibili interferenti.

### Determinazione del fabbisogno di bentonite

Il fabbisogno medio di bentonite necessario al raggiungimento della stabilità proteica dei vini è riportato in figura 5. Circa il trattamento H+P, non è stato necessario effettuare alcuna aggiunta ai vini delle varietà Traminer e Sauvignon Blanc, per i quali il test a caldo aveva indicato il raggiungimento della completa stabilità già a fine fermentazione alcolica. Nel caso dei vini Rebo e Goldtraminer, due repliche su tre erano risultate anch'esse stabili dopo il trattamento completo (H+P), richiedendo una dose media minima, individuata in 2 e 3 g/hL rispettivamente, comunque mediamente inferiore di ~ 91% rispetto al controllo. Sebbene le differenze tra i controlli e le vinificazioni con il solo enzima

(P) non mostrino differenze statisticamente significative, per tutte le quattro varietà il fabbisogno di bentonite nelle tesi trattate con proteasi è risultato tendenzialmente inferiore, mediamente da ~ 9 a ~ 24 %. Quest'osservazione appare sicuramente interessante poiché i valori di  $\Delta$ NTU del trattamento a caldo erano tendenzialmente superiori nei vini P rispetto al controllo, facendo supporre un maggior grado di instabilità di questi vini. Ciò sembra rafforzare l'ipotesi della resistenza delle proteasi alla fermentazione alcolica e della loro conseguente influenza sulla formazione di torbido dovuta all'aggregazione con le proteine instabili presenti nel mosto, più che come fattore diretto di instabilità. Tuttavia, il trattamento con proteasi avrebbe potuto modificare il profilo delle proteine/peptidi presenti nel mosto/vino, come già riportato da Marangon *et al.* (2012), peraltro influenzando le dinamiche di flocculazione e/o l'affinità alla bentonite del pool pro-

teico risultante (Pocock *et al.*, 2003) o del suo punto isoelettrico (Sauvage *et al.*, 2010).

Sono inoltre possibili alcune interessanti osservazioni circa la stabilità osservata nei vini in studio. Innanzitutto, il minor fabbisogno di bentonite nella produzione di vini rosé da uve Rebo, come probabile conseguenza delle interazioni tra le proteine e le sostanze fenoliche presenti nei suoi mosti (Ferreira *et al.*, 2001; Van Sluyter *et al.*, 2015). In secondo luogo, l'assenza di una stretta correlazione fra i valori di  $\Delta$ NTU misurati nel test a caldo e il reale fabbisogno di bentonite. Nei vini di controllo, ad esempio, a fronte di valori di questo parametro simili in Traminer aromatico e Goldtraminer, il fabbisogno medio è risultato circa la metà in quest'ultimo. Considerazioni simili possono essere tratte confrontando Rebo e Sauvignon Blanc. Al contrario, Sauvignon Blanc e Goldtraminer hanno mostrato un fabbisogno di bentonite simile pur a fronte di valori di  $\Delta$ NTU ~ 7 volte superiori in Goldtraminer, confermando ulteriormente come la definizione della dose opportuna di bentonite non possa essere purtroppo desunta dall'applicazione del test di stabilità a caldo del vino.

## Conclusioni

Il lavoro ha permesso di evidenziare come il trattamento del mosto con proteasi seguito da un adeguato shock termico possa permettere di migliorare la stabilità proteica dei vini a fine fermentazione alcolica. Nei vini delle quattro varietà prese in considerazione, il trattamento ha permesso di ridurre sostanzialmente il fabbisogno di bentonite, dai 20 ai 100 g/hL. L'utilizzo della sola proteasi in assenza del riscaldamento non ha invece mostrato effetti statisticamente significativi sull'aumento di torbidità dopo il test a caldo e neppure sul fabbisogno di bentonite, potendo comunque osservare una generale tendenza a  $\Delta$ NTU maggiori e minore fabbisogno di bentonite. Dall'altra, il test a freddo con tannino non sembra invece poter fornire una valutazione adeguata della potenziale instabilità dei vini, senza esporre al rischio di

sovradosaggio della bentonite.

Sono peraltro ancora in corso le valutazioni sensoriali sui vini e la definizione dei loro profili compositivi che, a completamento della sperimentazione, potranno sicuramente apportare ulteriori elementi di conoscenza utili a supportare le decisioni dei tecnici di cantina.

## Bibliografia

- Celotti, E., Salvian, J., & Ferraretto, P. (2015). Test di stabilità proteica a confronto. *L'Enologo*, (10), 79-86.
- Comuzzo, P., Voce, S., Fabris, J., Cavallaro, A., Zanella, G., Karpusas, M., & Kallithraka, S. (2020). Effect of the combined application of heat treatment and proteases on protein stability and volatile composition of Greek white wines. *Oeno One*, 54(1), 175-188.
- Esteruelas, M., Poinssaut, P., Sieczkowski, N., Manteau, S., Fort, M. F., Canals, J. M., & Zamora, F. (2009). Comparison of methods for estimating protein stability in white wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60(3), 302-311.
- Falconer, R. J., Marangon, M., Van Sluyter, S. C., Neilson, K. A., Chan, C., & Waters, E. J. (2010). Thermal stability of thaumatin-like protein, chitinase, and invertase isolated from sauvignon blanc and semillon juice and their role in haze formation in wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(2), 975-980.
- Ferreira, R. B., Piçarra-Pereira, M. A., Monteiro, S., Loureiro, V. B., & Teixeira, A. R. (2001). The wine proteins. *Trends in Food Science and Technology*, 12(7), 230-239.
- Francis, I. L., & Newton, J. L. (2005). Determining wine aroma from compositional data. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11(2), 114-126.
- Girbau, T., Stummer, B. E., Pocock, K. F., Baldock, G. A., Scott, E. S., & Waters, E. J. (2004). The effect of *Uncinula necator* (powdery mildew) and *Botrytis cinerea* infection of grapes on the levels of haze-forming pa-

thogenesis-related proteins in grape juice and wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 10(2), 125-133.

- Marangon, M., Van Sluyter, S. C., Robinson, E. M. C., Muhlack, R. A., Holt, H. E., Haynes, P. A., Godden, P. W., Smith, P. A., & Waters, E. J. (2012). Degradation of white wine haze proteins by Aspergillopepsin I and II during juice flash pasteurization. *Food Chemistry*, 135(3), 1157-1165.
- Marchal, R., Berthier, L., Legendre, L., Marchal-Delahaut, L., Jeandet, P., & Maujean, A. (1998). Effects of *Botrytis cinerea* Infection on the Must Protein Electrophoretic Characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(12), 4945-4949.
- McRae, J. M., Schulkin, A., Dambergs, R. G., & Smith, P. A. (2018). Effect of white wine composition on protein haze potential. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 24(4), 498-503.
- Pocock, K. F., Høj, P. B., Adams, K. S., Kwiatkowski, M. J., & Waters, E. J. (2003). Combined heat and proteolytic enzyme treatment of white wines reduces haze forming protein content. 56-63.
- Pocock, K. F., & Waters, E. J. (2006). Protein haze in bottled white wines: How well do stability tests and bentonite fining trials predict haze formation during storage and transport? *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 12(3), 212-220.
- Sauvage, F. X., Bach, B., Moutounet, M., & Vernhet, A. (2010). Proteins in white wines: Thermo-sensitivity and differential adsorption by bentonite. *Food Chemistry*, 118(1), 26-34.
- Tian, B., Harrison, R., Morton, J., & Deb-Choudhury, S. (2015). Proteomic analysis of Sauvignon Blanc grape skin, pulp and seed and relative quantification of pathogenesis-related proteins. *PLoS ONE*, 10(6), 1-15.
- Van Sluyter, S. C., McRae, J. M., Falconer, R. J., Smith, P. A., Bacic, A., Waters, E. J., & Marangon, M. (2015). Wine protein haze: Mechanisms of formation and advances in prevention. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(16), 4020-4030. ■