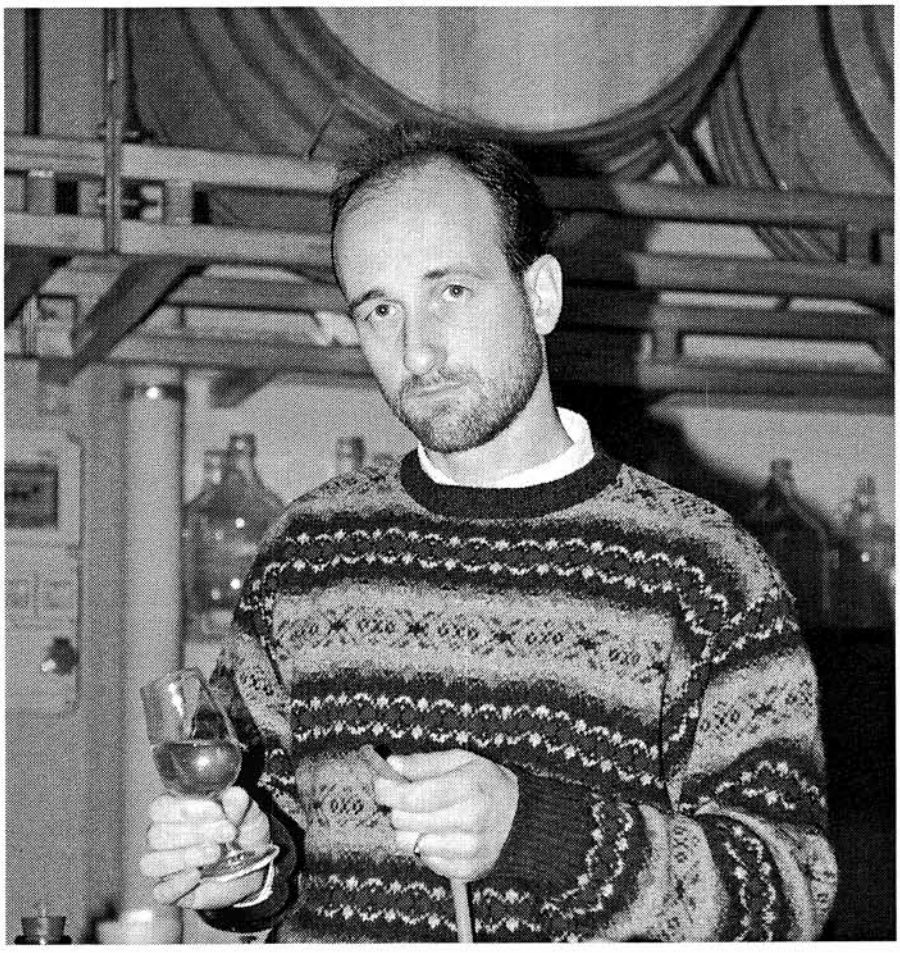
DOCUMENTO TECNICO



Armin Kobler

Sezione enologia, Centro di Sperimentazione Agraria e Forestale Laimburg, Pfatten/Vadena (Bolzano)

L'IMPORTANZA DELL'AZOTO ASSIMILABILE NEL CORSO DELLA FERMENTAZIONE ALCOLICA

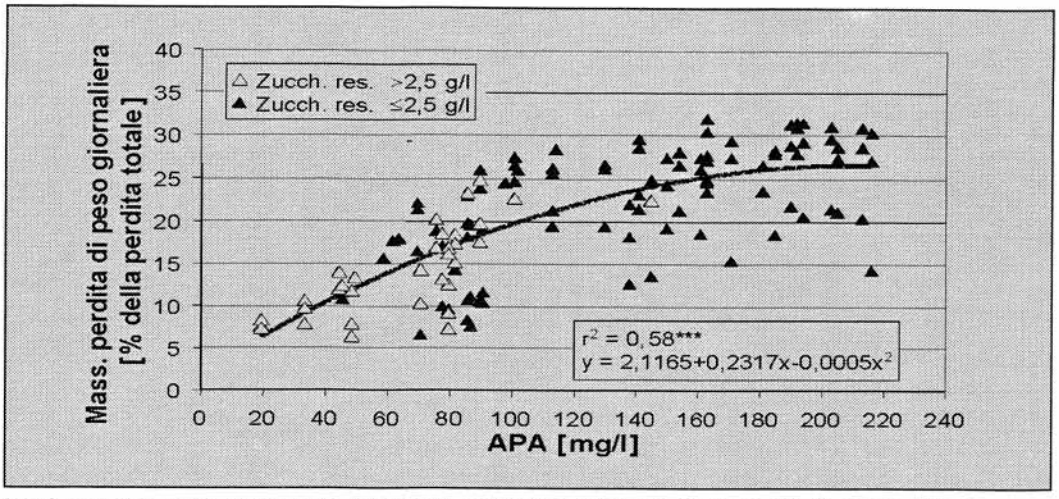
La quantità di azoto prontamente assimilabile nel mosto condiziona fortemente la fermentazione. L'aggiunta di sali ammoniacali, la scelta del lievito opportuno e l'aumento della temperatura di fermentazione possono ovviare alla sua carenza fino ad un certo punto. Netti miglioramenti della velocità di fermentazione derivano da concimazioni azotate.

Introduzione

Sviluppi microbici indesiderati possono avere origine dalla flora spontanea del vigneto (D'Ambrosio et al. 1998) e, favoriti da determinate condizioni di trasporto, stoccaggio e trasformazione (Aurich et al. 1998) possono influenzare fortemente la qualità del vino. Un rapido inizio della fermentazione per mezzo del lievito scelto dall'enologo, una sostenuta degradazione degli zuccheri come pure il completamento della fermentazione entro tempi ragionevoli sono pertanto premesse importanti per poter efficacemente contrastare gli effetti suddetti durante la fermentazione.

Da alcuni anni si manifestano in diverse zone viticole delle fermentazioni troppo lunghe o addirittura incomplete (Bely et al. 1990, De Iure 1995, Henick-Kling et al. 1996, Löhnertz e Rauhut 1997a, 1997b, Ingledew e Kunkee 1985). Da tempo è nota l'importanza della giusta nutrizione dei lieviti per la degradazione degli zuccheri. Specialmente il ruolo dell'azoto nel metabolismo degli zuccheri è stato studiato in numerosi lavori riguardanti la fermentazione (Bisson 1991). Delle sostanze azotate del mosto vengono utilizzate tutti gli aminoacidi ad esclusione della prolina, che viene assimilata solamente in situazioni particolari (Drawert e Rapp 1964, Ough e Stashak 1974, Versini et al. 1995), i peptidi a basso peso molecolare (Conterno e Delfini 1994) e l'am-

Fig. 1
Correlazione tra l'azoto prontamente assimilabile e la velocità massima di fermentazione



Vinificazioni di mosti dell'annata 1997 delle varietà Pinot bianco, Chardonnay, Sauvignon bianco, Pinot grigio, Schiava e Cabernet Sauvignon con l'ausilio di sei lieviti del commercio (n=130).

monio (Thorne 1949). Le proteine ed i peptidi ad alto peso molecolare invece non entrano nel metabolismo dell'azoto, in quanto il corredo di enzimi proteolitici dei lieviti non è sufficientemente attivo nel mosto (Feuillat 1980).

Per quantificare l'azoto legato agli aminoacidi (free alpha-amino nitrogen, FAN) dall'industria della birra è stato sviluppato il metodo fotometrico della ninidrina (Lie 1973). L'azoto ammoniacale è analizzabile per via enzimatica (Boehringer 1987) e mediante un elettrodo specifico (McWilliam e Ough 1974). L'azoto prontamente assimilabile si può quantificare anche tramite il numero di formolo (De Iure 1995), ma la tossicità dei reagenti esclude questo procedimento per analisi di routine (Corradin 1997).

Agenbach (1977) nei suoi spesso citati lavori ha riscontrato una stretta correlazione tra i valori di azoto prontamente assimilabile nel mosto, la biomassa di lieviti e la velocità di fermentazione. In base a queste ricerche sono necessari 130 mg di azoto aminoacidico per litro per assicurare una soddisfacente fermentazione di un mosto contenente da 200 a 230 g di zucchero per litro alla temperatura di 25°C.

Sulla base di questi lavori fondamentali, la determinazione dell'azoto prontamente assimilabile ha trovato varie applicazioni:

- per chiarire i rapporti tra l'azoto dell'uva ed i problemi fermentativi, nonché per valutare l'influenza delle tecniche enologiche sulla composizione azotata dei mosti (Aerny 1996, Ayesterán et al. 1995, Bely et al.1990, Henick-Kling et al. 1996, Ingledew e Kunkee 1985, Lorenzini 1996, Sablayrolles et al. 1996, Salmon 1989);
- per caratterizzare diversi ceppi di lieviti in base al loro fabbisogno di aminoacidi e di ammonio (Jiranek et al. 1991, 1995);
- per chiarire l'influenza delle tecniche viticole sulla fermentescibilità dei mosti e sulle caratteristiche sensoriali dei vini (Bertamini e Malossini 1998, Goldspink e Frayne 1993, Maigre et al. 1995, Prior 1997, Ough et al. 1968, Spayd et al. 1995).

Scopo del lavoro

Lo scopo del seguente lavoro è chiarire in che misura il metodo alla ninidrina modificato da Corradin (1997) è in grado di caratterizzare il comportamento fermentativo di mosti e pigiati della provincia di Bolzano. In un secondo momento si vuole definire quali sono i valori soglia di azoto prontamente assimilabile, al di sotto dei quali saranno prevedibili le difficoltà in fermentazione, e quali procedimenti enologici a breve termine e quali tecniche viticole a lungo termine possono risolvere il problema delle fermentazioni troppo lunghe o incomplete.

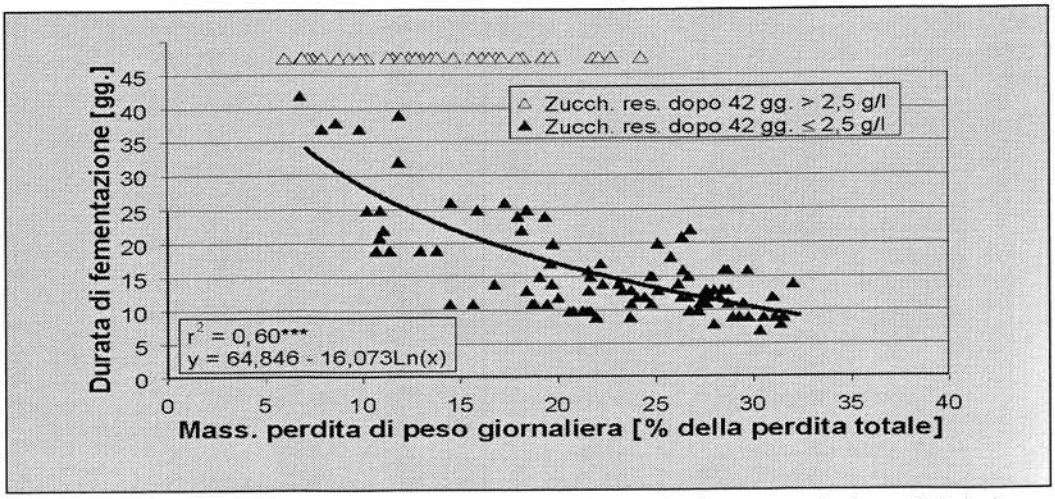
Materiali e metodi

Sono stati vinificati campioni costituiti da acini e grappoli di diverse varietà d'uva, bianche e rosse, coltivate in Alto Adige.

Le partite del 1997 provenivano da vigneti nettamente differenti per quanto riguarda lo stato nutrizionale della vite come pure da appezzamenti sperimentali nei quali si eseguivano prove di concimazione e di gestione del suolo (Raifer e Kobler 1998). In questo modo è stata garantita una composizione molto varia dei mosti impiegati in prova.

Le microvinificazioni del 1996 costituiscono dei risultati parziali di una ricerca avente lo scopo di studiare

Fig. 2
Correlazione tra la velocità massima di fermentazione e la durata di fermentazione



La curva di regressione si basa sulle combinazioni mosto/lievito che hanno esaurito la totalità degli zuccheri. Vinificazioni di mosti dell'annata 1997 delle varietà Pinot bianco, Chardonnay, Sauvignon bianco, Pinot grigio, Schiava e Cabernet Sauvignon con l'ausilio di sei lieviti del commercio (n= 97 senza zuccheri residui, n= 33 con zuccheri residui).

l'influenza delle tecniche prefermentative sulle caratteristiche fermentative e sulla qualità del vino (Kobler 1998).

Per descrivere la cinetica fermentativa sono state fatte prove di fermentazione con lieviti selezionati. Nel caso della vinificazione in bianco i mosti sono stati ottenuti con pressatura pneumatica, una solfitazione di 30 mg/L ed un illimpidimento statico compreso tra le 18 e le 24 ore; la fermentazione è stata condotta in bottiglie da 0,5 L. L'inoculo è stato eseguito con il dosaggio consigliato dal rispettivo produttore di lievito e le fermentazioni, salvo diversamente indicato, si intendono svolte in un incubatore a 24°C. La perdita di peso netta, determinata giornalmente, fornisce l'indice di attività fermentativa. Il completamento della fermentazione è stato determinato graficamente ed è stato supportato dall'analisi degli zuccheri riduttori. La fermentazione del pigiato è stata condotta in contenitori a collo largo della stessa dimensione, mantenendo il rapporto mosto/vinacce a valori riscontrabili nella realtà enologica. Al termine della fermentazione, la parte in sostanze solide è stata essiccata, pesata e addizionata al valore di tara della bottiglia.

Il grado zuccherino è stato determinato mediante rifrattometro (Tanner e Brunner 1979) e gli zuccheri riduttori mediante un titolatore semiautomatico (Stefani e Tonon 1993). La misura dell'azoto prontamente assimilabile è stato eseguita secondo il metodo spettrofotometrico EBC (Lie 1973) modificato da Corradin (1997).

Per il calcolo e la rappresentazione delle curve di fermentazione sono stati utilizzati i programmi Microsoft Excel© 97 e Microsoft® PowerPoint 97. Per l'elaborazione statistica dei dati è stato utilizzato il programma SPSS© 6.0.

Risultati e discussione

Il contenuto in azoto prontamente assimilabile.

Come risulta dalla Fig. 1, il contenuto in azoto prontamente assimilabile influenza la trasformazione degli zuccheri durante la fermentazione tumultuosa: infatti, contenuti di azoto prontamente assimilabile superiori ai 160 mg/L assicurano perdite massime di peso giornaliere pari ad un quarto della perdita totale, mentre contenuti in azoto prontamente assimilabile inferiori a 80 mg/L consentono solo un calo massimo del 15%.

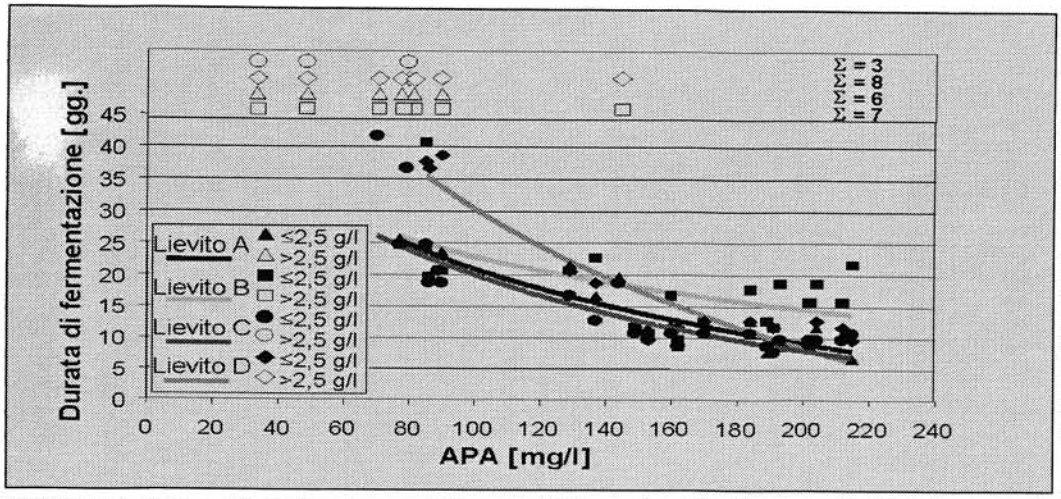
Agenbach (1977) come pure Bely et al. (1990) hanno calcolato andamenti simili. Soprattutto quest'ultimo ha notato una risposta netta dell'andamento fermentativo all'aumentare della concentrazione in azoto assimilabile.

La dispersione dei dati relativamente ampia in questa curva e in quelle successive è riconducibile almeno in parte all'utilizzo di diverse combinazioni varietà d'uva/lievito.

La massima perdita di peso giornaliera era correlata negativamente con la durata della fermentazione (Fig. 2) nei casi in cui le fermentazioni si concludevano entro 42 giorni. Un quarto delle vinificazioni (triangoli bianchi su sfondo grigio) anche dopo questo tempo, normalmente più che sufficiente, presentavano ancora un contenuto in zuccheri riduttori superiore a 2,5 g/L. Anche i mosti con un comportamento fermentativo iniziale non preoccupante (calo giornaliero massimo di peso dal 15 al 25% del calo totale) non andavano a secco.

Secondo Bely et al. (1990) invece un'intensità fermentativa iniziale bassa è un in-

Fig. 3
Correlazione tra l'azoto prontamente assimilabile e la durata della fermentazione



Vinificazioni di 26 mosti di Chardonnay dell'annata 1997 con l'ausilio di quattro lieviti del commercio. Le curve si basano sulle fermentazioni complete.
*Lievito A: r^2=0,83*** y=100,14-17,12Ln(x); Lievito B: r^2=0,33** y=78,57-12,01Ln(x); Lievito C: r^2=0,79*** $y=49,14e^{-0,0085x}$; Lievito D: r^2=0,88*** y=146,47-31,67Ln(x).*

dice di incompleta fermentazione.

Il ruolo del lievito

La Fig. 3 mostra il comportamento fermentativo di quattro lieviti selezionati commerciali in mosti di Chardonnay con particolare attenzione verso l'azoto prontamente assimilabile. I ceppi A e C reagiscono in modo simile ad un aumento dell'azoto prontamente assimilabile. Mentre il ceppo A non ha completato la fermentazione di sei mosti con un azoto prontamente assimilabile inferiore a 100 mg/L, il ceppo C è risultato essere meno sensibile non avendo completato la fermentazione in soli tre casi. La durata delle fermentazioni del ceppo B non risultava essere influenzabile dal contenuto in azoto prontamente assimilabile. La trasformazione degli zuccheri anche in mosti ben forniti è durata a lungo, anche dopo 42 giorni sette fermentazioni presentavano un contenuto in zuccheri riduttori superiore a 2,5 g/L. Una elevata sensibilità rispetto alla carenza di nutrienti è stata mostrata dal ceppo di lievito D, in quanto non ha completato la fermentazione di otto mosti, e anche in casi di medio contenuto in azoto prontamente assimilabile, presentava durate di fermentazione relativamente lunghe. Nel caso di contenuti di azoto prontamente assimilabile compresi tra 100 e 140 mg/L, la durata della fermentazione dei ceppi A e C era pari a 20 giorni. Sotto i 100 mg/L sono state osservate ripetutamente fermentazioni troppo lunghe o incomplete.

Jiranek et al. (1991 e 1995) hanno documentato notevoli differenze nel fabbisogno di azoto da parte dei singoli ceppi di lievito. In particolare, in situazione di carenza si è manifestato un differente metabolismo dell'azoto. Per Agenbach (1977) il limite inferiore per una buona fermentazione è di 130 mg/L di azoto prontamente assimilabile; Bely et al. (1990) considerano il limite di 140 mg/L. Lorenzini (1996) indica un numero di formolo pari a 10 (ciò corrisponde a circa 140 mg di azoto prontamente assimilabile /L) sotto al quale sono probabili fermentazioni lunghe.

La vinificazione in bianco e in rosso

La Fig. 4 mostra il differente significato dell'azoto prontamente assimilabile per vinificazioni in bianco o in rosso. Quando le uve delle varietà rosse sono state vinificate in bianco, in un terzo dei casi le fermentazioni non andavano a secco. Le stesse uve vinificate invece in rosso hanno fermentato in modo rapido e completo anche nei casi di bassissimo contenuto in azoto prontamente assimilabile.

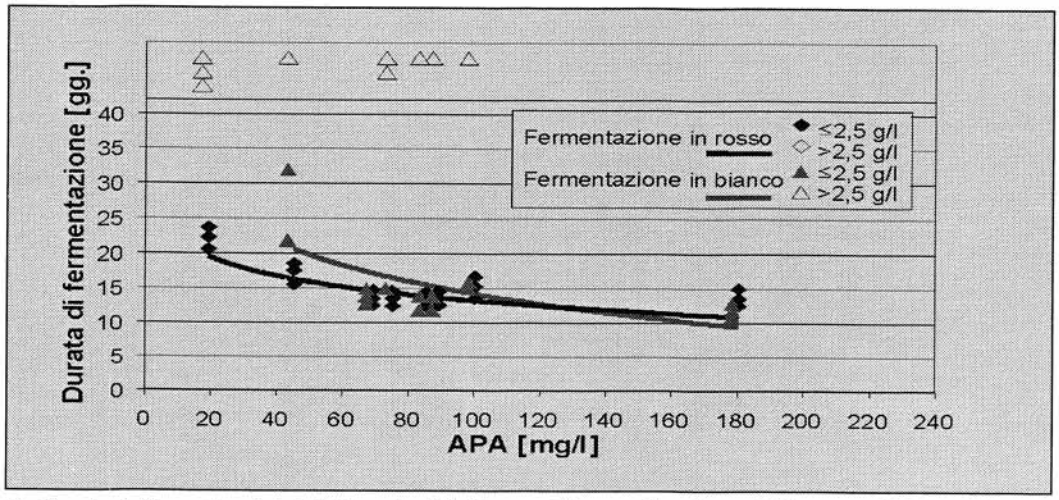
La presenza di tutti i torbidi (Ayesterán et al. 1995, Feuillat 1996, Groat e Ough 1978, Wucherpfennig e Bretthauer 1970) come pure un'estrazione non quantificabile di nutrienti dalle bucce, ricche in composti azotati (Peynaud e Maurié 1953), mostrano di migliorare nettamente le condizioni di moltiplicazione dei lieviti.

Tecniche colturali

Nelle Figg. 5 e 6 è rappresentato un estratto da ricerche viticole ancora in corso. L'effetto delle tecniche colturali su colture perenni come la vite non è valutabile in modo definitivo dopo un solo anno, pertanto i risultati sono solo limitatamente generalizzabili.

Le curve di fermentazione per le singole unità sperimentali della Fig. 5 mostrano chiaramente la dipendenza della durata di fermentazione dal contenuto in azoto prontamente assimilabile. Infatti i mosti con un contenuto inferiore a 80 mg/L fermentavano lentamente o non andavano a secco mentre quelli con un contenuto superiore a 100 mg/L mostravano una trasformazione degli zuccheri normale. Le grandi differenze all'interno delle tesi fanno supporre delle nette differenze nei terreni dei vigneti sperimentali, per quanto riguarda l'apporto in azoto. Nonostante ciò, le varianti "30 kg di N/ha come concime minerale sul filare" come pure "3 trattamenti fogliari con urea dopo l'invaiatura" mostrano l'influenza di tali tecniche sull'andamento della fermentazione.

Fig. 4
Correlazione tra l'azoto prontamente assimilabile e la durata della fermentazione



Vinificazioni di mosti e pigiati della varietà Schiava e Cabernet Sauvignon dell'annata 1997 con l'ausilio di tre lieviti del commercio. Le curve si basano sulle fermentazioni complete.
*Fermentazione in rosso: r^2=0,72*** n=24 y=30,377-3,8692Ln(x); Fermentazione in bianco: r^2=0,44** n=15 y=51,268-8,0408Ln(x)*

Anche nel caso della fermentazione in rosso (Fig. 6) la concimazione ha avuto effetto. L'apporto di N ha abbreviato la fermentazione in presenza di vinacce di quattro giorni, nel caso dei mosti l'aumento dell'azoto prontamente assimilabile dovuto alla concimazione ha accorciato la fermentazione di sette giorni.

Secondo Spayd (1995) per evitare problemi in fermentazione, il minimo apporto annuale di concime azotato nel Riesling è pari a 112 kg/ha. Questa quantità ha determinato nel mosto un contenuto in azoto prontamente assimilabile di 150 mg/L. Maigre et al. (1995) indicano un accorciamento della fermentazione dal 12 al 43% (rispettivamente da 8 a 7 giorni e da 28 a 16 giorni) nel caso di una concimazione con 100 kg/ha. Nei lavori di Prior (1997) i mosti delle varianti "testimone" e "30 kg di N al germogliamento" mostrarono nette difficoltà fermentative. Contenuti in azoto prontamente assimilabile da 70 a 100 mg/L hanno determinato mediamente dei residui zuccherini nell'ordine di 5 g/L, con 70 a 40 mg/L le fermentazioni si arrestavano mediamente a 17 g/L.

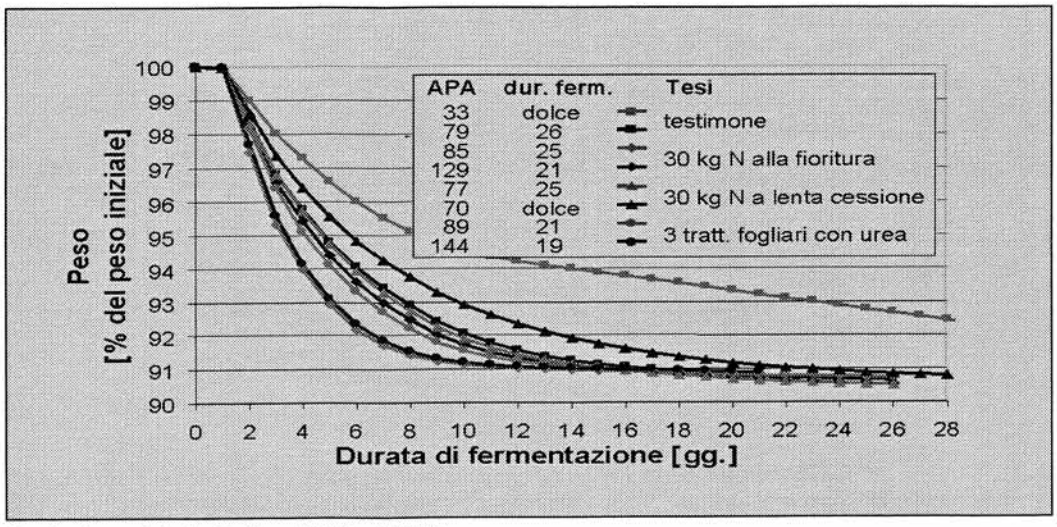
I sali ammoniacali e la temperatura

L'effetto della temperatura e dell'aggiunta di sali ammoniacali (30 g/hl, 50% fosfato diammonico, 50% solfato d'ammonio) sono rappresentati nella Fig. 7. A 21°C i sali nutrizionali esplicano un'attività maggiore che non a 24°C e le deviazioni tra le varietà e le ripetizioni, espresse dall'errore standard, sono minori alla temperatura più alta. Il fatto di aggiungere i sali ammoniacali all'inizio, al 25% o al 50% della degradazione degli zuccheri, non ha avuto nessun effetto sulla durata della fermentazione.

In tutte le varianti con i sali di ammonio l'aumento della temperatura ha mostrato mediamente un accorciamento della durata di fermentazione di circa il 30%. La temperatura e le aggiunte di ammonio hanno avuto un effetto analogo, infatti la durata della fermentazione nella variante "24°C senza sali di ammonio" è solo trascurabilmente minore di quella delle varianti "21°C sali di ammonio" rispettivamente a 25% e a 50% della trasformazione degli zuccheri.

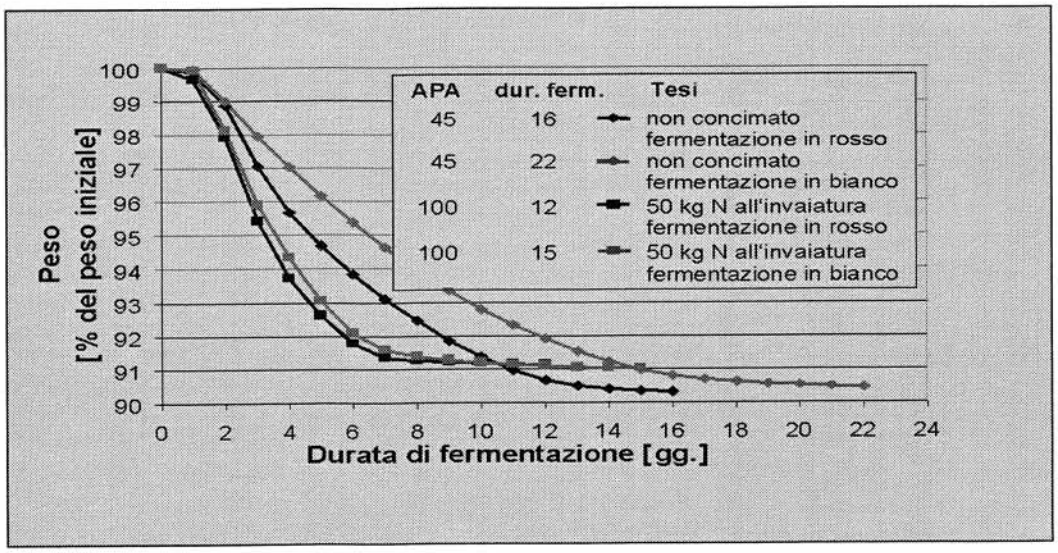
In una prova combinata lievito/sali di ammonio, Lemperle (1993) ha osservato a 20°C un'accelerazione della fermentazione in media di sette giorni se alla vinificazione venivano aggiunti 30 g/hl di sali d'ammonio. Tuttavia non tutti i ceppi di lieviti hanno reagito allo stesso modo al miglioramento nutrizionale. In Lorenzini (1996) l'aggiunta di 20 g/hl di fosfato diammonico ha comportato a 16°C un accorciamento della fermentazione se il mosto era carente in N (numero di formolo 5,4). In mosto meno carente (numero di formolo 8,7) al contrario tale aggiunta aveva solo l'effetto di accelerare la fase tumultuosa della fermentazione. Il momento dell'aggiunta del sale di ammonio, ovvero al momento dell'inoculo oppure a un terzo della trasformazione degli zuccheri, non ha influenzato la durata della fermentazione. Henick-Kling et al. (1996) hanno potuto efficacemente impedire problemi di fermentazione mediante le aggiunte di 100 g/hl di DAP, come consentito negli Usa. Mosti ricavati dalla parcella testimone di una prova di concimazione australiana (167 mg/L di azoto prontamente assimilabile, 118 mg/L di ammonio) condotti da Goldspink e Frayne (1993) non hanno tratto alcun giovamento da una aggiunta di fosfato diammonico. Le aggiunte di rispettivamente 20 e 40 g/hl hanno avuto un effetto sull'intensità di fermentazione, la durata della fermentazione tuttavia non ha subito praticamente nessuna modifica (da 600 a 570 ore). I mosti della variante concimata "100 g di azoto/vite al germogliamento" e "100 g di azoto/vite all'allegagione" con 290 mg/L di azoto prontamente assimilabile e 192 mg/L di ammonio hanno reagito in misura ancora minore (da 260 a 250 ore). Bely et al. (1990) nei loro lavori hanno osservato accorciamenti di fermentazione conseguenti ad aggiunte di DAP nell'ordine di anche il 30% nel caso di mosti carenti in N. I mosti

Fig. 5
Curve di fermentazione di mosti della varietà Chardonnay 1997 aventi differenti concentrazioni di azoto prontamente assimilabile, lievito A



Risultati parziali da Raifer e Kobler (1998).

Fig. 6
Curve di fermentazione di pigiati e mosti della varietà Schiava 1997 aventi differenti concentrazioni in azoto prontamente assimilabile, lievito C



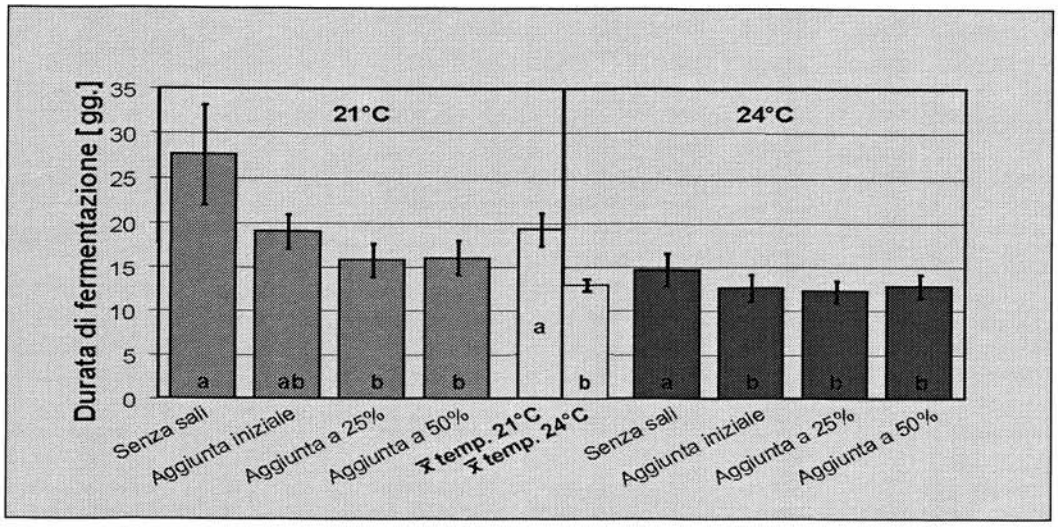
Risultati parziali da Raifer e Kobler (1998).

più ricchi in N (>200 mg azoto prontamente assimilabile/L) dopo l'aggiunta di N hanno fermentato solo in modo impercettibilmente più veloce. L'aggiunta di 30 g/hl di sali d'ammonio fatta all'inizio della fermentazione o al 40% di zucchero trasformato non ha avuto alcuna influenza sul completamento della fermentazione. Secondo gli autori, l'aggiunta nel primo terzo della fermentazione ha lo svantaggio di una maggiore intensità di fermentazione, la quale riscalda inutilmente il serbatoio di fermentazione.

Conclusioni

I contenuti in azoto prontamente assimilabile, analizzati secondo il metodo alla ninidrina modificato da Corradin (1997), consentono una previsione sufficientemente precisa dell'andamento fermentativo dei mosti e pigiati. Tra la concentrazione di azoto prontamente assimilabile e la durata delle fermentazioni sussiste in genere una correlazione logaritmica negativa. Le differenti sensibilità mostrate dai ceppi di lieviti nei confronti della carenza di azoto ripetutamente osservate, suggeriscono di considerarle ancora di più quale criterio per selezioni future. Le tecniche viticole, in particolare la concimazione, migliorano la fermentescibilità di mosti e pigiati. Il loro impiego ai soli fini enologici va tuttavia accuratamente valutato in quanto hanno effetti inquinanti (Schaller 1991), ritar-

Fig. 7
Media e deviazione standard di diverse combinazioni di additivo di fermentazione/temperatura dell'annata 1996



Medie aventi in comune una lettera non si differenziano statisticamente. (Tuckey HSD P>5%). n=80: 5 mosti (Pinot bianco, FAN 106 mg/L; Chardonnay, FAN 135 mg/L; Traminer aromatico, FAN 200 mg/L; Riesling, FAN 96 mg/L; Chenin blanc, FAN 160 mg/L;) x 2 temperature di fermentazione x 4 varianti di additivi x 2 ripetizioni).

dano la maturazione (Christensen et al. 1994) e aumentano la sensibilità alle malattie fungine e ai parassiti animali (Bavaresco e Eibach 1987, Perret et al. 1994). Le aggiunte di sali di ammonio hanno un effetto positivo sul completamento della fermentazione, e precisamente l'effetto è tanto maggiore, quanto più carente è il mosto in azoto prontamente assimilabile. La possibilità che l'aggiunta di sali d'ammonio possa compensare completamente una carenza di azoto nell'uva, richiede ulteriori indagini soprattutto di tipo sensoriale. È noto da tempo che il lievito, se metabolizza soprattutto ammonio, produce in misura minore gli alcoli superiori, che sono importanti dal punto di vista sensoriale (Drawert et al. 1967, Rapp e Versini 1991).

■

Riassunto

Mosti e pigiati di più varietà di uva coltivate in Alto Adige sono stati fermentati con diversi preparati di lievito selezionato in commercio, allo scopo di studiare la relazione esistente tra azoto prontamente assimilabile e comportamento fermentativo. I diversi risultati ottenuti mediante prove viticole ed enologiche mostrano la correlazione tra i problemi in fermentazione e la carenza di azoto prontamente assimilabile. Viene valutato e discusso il ruolo del lievito impiegato, delle tecniche colturali aventi lo scopo di migliorare lo stato nutrizionale del mosto e dell'aggiunta di sali d'ammonio in fermentazione.

Summary

Musts and crushed grapes of various varieties cultivated in South Tyrol were fermented with different commercially available selected yeasts, with the aim of investigating the relationship between readily available nitrogen and the course of fermentation. The results obtained from viticultural and oenological trials indicate a correlation between problems during fermentation and lack of readily available nitrogen. The present work investigates and discusses the role of the utilised yeast, viticultural techniques aiming at improving the nutrient status of the must, and the addition of ammonium salts during fermentation.

Bibliografia

Aerny J. (1996). "Composés azotés des moûts et des vins". Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic., 28, 161-165.

Agenbach W.A. (1977). "A study of must nitrogen content in relation to incomplete fermentations, yeast production and fermentation activity". Procedings South Afr. Soc. Enol. Vitic., Cape Town, 66-87.

Aurich M., Trenti B., Degasperi S. (1998). "Mikrobiologische Gesichtspunkte beim Traubentransport, im Keller und bei der Gärung". Atti V. simposio internazionale, "Innovations in Wine Technology – Microorganisms and winemaking", Stoccarda, 31-37.

Ayestarán B.M., Ancín M.C., García A.M., González A., Garrido J.J. (1995). "Influence of prefermentation clarification on nitrogenous contents of musts and wines". J. Agric. Food Chem., 43, (2) 476-482.

Bavaresco L., Eibach R. (1987). "Investigations on the influence of N fertilizer on resistance to powdery mildew (Oidium tuckeri) downy mildew (Plasmopara viticola) and on phytoalexin synthesis in different grapevine". Vitis, 26, 192-200.

Bely M., Sablayrolles J.-M., Barre P. (1990) . "Automatic Detection of Assimilable Nitrogen Deficiences during Alcoholic Fermentation in Oenological Conditions". J. Ferm. Bioeng., 70, 246-252.

Bertamini M., Malossini U. (1998). "Effetto delle pratiche colturali sulla composizione azotata dell'uva per la produzione di vini base spumante". In corso di stampa.

Bisson L.F. (1991). "Influence of Nitrogen on Yeast and Fermentation of Grapes ". Proceedings International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine, Seattle, 78-89.

Boehringer Mannheim (1987). "Methoden der biochemischen Analytik und Lebensmittelanalytik". Pubblicazione della Boehringer

Mannheim GmbH, Mannheim.

Christensen L.P., Bianchi M.L., Peacock W.L., Hirschfelt D.J. (1994). "Effect of Nitrogen Fertilizer Timing and Rate on Inorganic Nitrogen Status, Fruit Composition, and Yield of Grapevines". Am. J. Enol. Vitic., 45, 337-387.

Conterno L., Delfini C. (1994). "Peptidase activity and the ability of wine yeasts to utilize grape must proteins as sole nitrogen source". J. Wine Research, 5, 113-126.

Corradin L. (1997). "Ottimizzazione e confronto di metodi per la determinazione, in mosto d'uva, dell'azoto assimilabile in fermentazione". Tesi di laurea, Università di Padova.

D'Ambrosio L., Trenti B., Degasperi S. (1998). "Mikrobiologische Gesichtspunkte beim Traubentransport, im Keller und bei der Gärung". Atti V. simposio internazionale, "Innovations in Wine Technology – Microorganisms and winemaking", Stoccarda, 24-30.

De Iure C. (1995). "Determinazione dell'APA nei mosti italiani". Vignevini, 22, (4) 52-56.

Drawert F., Rapp A. (1964). "Über Inhaltsstoffe von Mosten und Weinen - IV Modellgärversuche zur Untersuchung der Fuselölbildung und gaschromatographische Analyse von Fuselölalkoholen". Vitis, 4, 262-268.

Drawert F., Rapp A., Ullemeyer H. (1967). "Radio-gaschromatographische Untersuchung der Stoffwechselleistung von Hefen (Saccharomyces und Schizosaccharomyces) in der Bildung von Aromastoffen". Vitis, 6, 177-197.

Feuillat M. (1996). "Influence de la clarification des moûts sur la fermentescibilité des vins blancs". Rev. Fr. Oenol., 36, (159) 35-38.

Feuillat M., Brillant G., Rochard J. (1980). "Mise en evidence d'une production de protéases exocellulaires par les levures au cours de la fermentation alcolique du moût de raisin". Conn. Vigne Vin, 14, 37-52.

Goldspink B.H., Frayne R.F. (1993). "What - no nitrogen?". Austral. Grapegrower Winemaker, 92-97.

Groat M., Ough C.S. (1978). "Effects of soluble solids added to clarified musts on fermentation rate, wine composition and wine quality". Am. J. Enol. Vitic., 29, 112-119.

Henick-Kling T., Edinger W.D., Larson-Kovach I.M. (1996). "Survey of Available Nitrogen for Yeast Growth in New York Grape Musts". Weinwiss., 51, 169-174.

Ingledew W.M., Kunkee R.E. (1985). "Factors influencing sluggish fermentations of grape juice". Am. J. Enol. Vitic., 36, 65-76.

Jiranek V., Langridge P., Henschke P.A. (1991). "Yeast nitrogen demand: Selection criterion for wine yeast for fermenting low nitrogen must". Proceedings International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine, Seattle, 266-269.

Jiranek V., Langrigde P., Henschke P.A. (1995). "Amino Acid and Ammonium Utilization by Saccharomyces cerevisiae Wine Yeasts From a Chemically Defined Medium". Am. J. Enol. Vitic., 46, 75-83.

Kobler A. (1998). "Der Einfluß prefermentativer Techniken auf die Weinqualität." Sperimentazione in corso.

Lemperle F. (1994). "Hefenährsalze - wozu?". Dt. Weinbau, (19) 23-26.

Lie S. (1973). "The EBC-Ninhydrin Method for Determination of Free Alpha Amino Nitrogen". J. Inst. Brew., 79, 37-41.

Löhnertz O., Rauhut D. (1997a). "Bedeutung der Stickstoffversorgung für die Hefeernährung und die Weinqualität". Badische Winzer 22, (6) 36-41.

Löhnertz O., Rauhut D. (1997b). "Bedeutung der Stickstoffversorgung für die Hefeernährung und die Weinqualität". Badische Winzer 22, (7) 20-22.

Lorenzini F. (1996). "Teneur en azote et fermentescibilité des moûts de Chasselas". Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic., 28, 169-174.

Maigre D., Aerny J., Murisier F. (1995). "Entretien des sols viticoles et qualité des vins de Chasselas: influence de l'enherbement permanent et de la fumure azotée". Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic., 27, 237-251.

McWilliam D.J., Ough C.S. (1974). "Measurement of ammonia in musts and wines using a selective electrode". Am. J. Enol. Vitic., 25, 67-72.

Ough C.S., Stashak R.M. (1974). "Further studies on proline concentration in grapes and wines". Am. J. Enol. Vitic., 25, 7-12.

Ough C.S., Lider L.A., Cook J.A. (1968). "Rootstock-scion interactions concerning wine making. I. Juice composition changes and effects on fermentation rate with St. George and 99-R rootstocks at two nitrogen fertilizer levels". Am. J. Enol. Vitic., 19, 213-227.

Perret P., Koblet W., Weissenbach P., Schwager H. (1994). "Der Einfluß des zeitlichen Stickstoffangebots auf Ertrag und Qualität sowie Botrytis- und Stiellähmebefall der Weinrebe". Mitt. Klosterneuburg, 44, 127-135.

Peynaud E., Maurié A. (1953). "Sur l'evolution de l'azote dans les différentes parties du raisin au cours de la maturation". Ann. Technol. Agric., 2, 15- 25. Citato da : Boulton R.B., Singleton V.L., Bisson L.F., Kunkee R.E. (1996). "Principles and Practices of Winemaking". Chapman & Hall, New York.

Prior B. (1997). "Einfluß der Stickstoffversorgung auf die löslichen Aminosäuren in den Organen von Vitis vinifera L. (cv. Riesling) und auf die Qualität des Mostes und des Weines". Tesi di dottorato, Università Gießen.

Raifer B., Kobler A. (1998). "Der Einfluß von verschiedene N-Düngerformen auf das Gärverhalten von Mosten und die Weinqualität". Sperimentazione in corso.

Rapp A., Versini G. (1991). "Influence of nitrogen compounds in grapes on aroma compounds of wine". Proceedings International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine, Seattle, 156-164.

Sablayrolles J.-M., Salmon J.-M., Barre P. (1996). "Carences nutritionelles des moûts. Efficacité des ajouts combinés d'oxigène et d'azote ammoniacal". Rev. Fr. Oenol., 36, (159) 25-32.

Salmon J.M. (1989). "Effect of Sugar Transport Inactivation in Saccharomyces cerevisiae on Sluggish and Stuck Enological Fermentations". Appl. Environ. Microbiol., 55, 953-958.

Schaller K. (1991). "Ground Water Pollution by Nitrate in Viticultural Areas". Procedings of the International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine, Seattle, 12-22.

Spayd S.E., Nagel C.W., Edwards C.G. (1995). "Yeast Growth in Riesling Juice as Affected by Nitrogen Fertilization". Am. J. Enol. Vitic., 46, 49-55.

Stefani R., Tonon D. (1993). "La determinazione degli zuccheri nei mosti e nei vini con titolatore automatico". Vignevini, 20, (5) 39-43.

Tanner H., Brunner HR. (1979). "Getränke Analytik". Verlag Heller Chemie- und Verwaltungsgesellschaft mbH, Schwäbisch Hall.

Thorne R.S.W. (1949). "Nitrogen Metabolism of Yeast. A Consideration of the Mode of Assimilation of Amino Acids ". J. Inst. Brewing, 55, 201-222.

Versini G., Lunelli M., Seppi A., Dalla Serra A., Volonterio G. (1995). "Aspetti connessi alla produzione di vini base-spumante da Chardonnay e Pinot nero". Enotecnico, 31, (4) 49-65.

Wucherpfennig K., Bretthauer G. (1970). "Über die Bildung von flüchtigen Aromastoffen in Traubenwein in Abhängigkeit von der Mostvorbehandlung sowie von der verwendeten Heferasse". Mitt. Klosterneuburg, 20, 36-46.