

# Einfluss unterschiedlich hoher Gär Salzdosierungen auf Südtiroler Weißweine; Auswirkungen auf Sensorik und Aromastoffe

MARTIN UNTERFRAUNER<sup>1</sup>, ARMIN KOBLER<sup>2</sup> und DORIS RAUHUT<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Fachschule für Obst-, Wein- und Gartenbau Laimburg  
I-39040 Auer (BZ), Laimburg 6  
E-mail: UnterfraunerM@fachschule-laimburg.it

<sup>3</sup> Fachgebiet Mikrobiologie und Biochemie  
Forschungsanstalt Geisenheim  
D-65366 Geisenheim, Von-Lade-Straße 1

<sup>2</sup> Land- und Forstwirtschaftliches Versuchszentrum Laimburg  
I-39040 Auer (BZ), Laimburg 6

*Der für die Hefe während der Gärung im Most verfügbare Stickstoff (HVS) spielt nicht nur für den Ausgärerfolg eine besondere Rolle, sondern wird auch immer wieder im Zusammenhang mit der Ausprägung bestimmter Aromen im Wein genannt. Ein genügender Gehalt an HVS während der Gärung ergibt demnach frischere und fruchtigere Weine, während bei Unterversorgung häufiger Fehlparmen auftreten können. Im Jahr 2005 wurde die Wechselwirkung zwischen HVS und Aromausprägung der Weine anhand von zwei Südtiroler Mosten ('Chardonnay' und 'Kerner'), die mit zwei verschiedenen Trockenreinzuchthefer-Präparaten (Fermicru VR5 und UvafermBC) vergoren wurden, untersucht. Neben einer Kontrolle wurden zwei Gär Salzvarianten (Zusatz von Ammoniumsalz: 30g/hl bzw. 100g/hl) angesetzt. Die Gärversuche wurden in 28-Liter-Glasballons durchgeführt. Als Nährsalz kamen je zur Hälfte reines Diammoniumhydrogenphosphat und Ammoniumsulfat zum Einsatz. Da die mit dem Hefepräparat Fermicru VR5 beimpften Varianten nicht durchgärten, blieb die sensorische Beurteilung der betreffenden Weine aus, während die Aromaanalyse bei allen Varianten durchgeführt wurde. Die ermittelten Daten wurden schließlich varianzanalytisch ausgewertet. Bezüglich der Sensorik gab es bei 'Kerner' durch den Nährsalzzusatz keine Unterschiede, während bei 'Chardonnay' Aromaintensität, Typizität, Geruchsvielfalt und Reintönigkeit besser beurteilt wurden. Hinsichtlich der in der Gärung gebildeten Aromen konnte analytisch eine Abnahme an niedrig siedenden schwefelhaltigen Verbindungen lediglich bei der Sorte 'Kerner' für die Komponenten Schwefelwasserstoff, Thioessigsäuremethylester und Dimethylsulfid nachgewiesen werden. Die durch die Zugabe von Nährsalz gesteigerte Bildung einiger Ester bzw. die gleichzeitige Abnahme höherer Alkohole konnte hingegen bei beiden geprüften Sorten festgestellt werden.*

**Schlagwörter:** Gär Salz, HVS-Gehalt, Hefe, Sensorik, Aromen

*Influence of different doses of yeast nutrient salts on white wines from South Tyrol; Influence on sensory characteristics and aroma substances. Yeast assimilable nitrogen present in the must during fermentation plays not only a particular role for the fermentation performance, but is also always associated with the occurrence of certain aromas in wine. A sufficient amount of assimilable nitrogen results in fresher and more fruity wines, whereas off-flavours are often found when assimilable nitrogen is in short supply. In 2005, the interaction between assimilable nitrogen and the aromatic characteristics of wine was investigated using two South Tyrolean musts ('Chardonnay' and 'Kerner') fermented with two different selected dry yeast preparations (Fermicru VR5 and Uvaferm BC). In addition to an untreated control variant two variants with yeast nutrient salts (addition of ammonium salts: 30 g/hl and 100 g/hl, resp.) were tested. The fermentation experiments were carried out in 28 liter glass carboys. Diammonium hydrogenphosphate and ammonium sulfate were applied one half each as nutrient salts. Variants with Fermicru VR5 did not ferment through, so they could not be evaluated sensorily, but aroma analyses were performed with all variants. The data obtained were finally evaluated variance analytically. With respect to sensory characteristics the addition of nutrient salts had no effect with the variety 'Kerner', whereas in 'Chardonnay' flavour intensity, ty-*

*plicity, olfactory diversity and cleanliness of aroma were rated better. With respect to aromas formed during fermentation a decrease in low-boiling sulphur-containing compounds could be analytically detected only with the variety 'Kerner' for the components of hydrogen sulphide, thioacetic acid methyl ester and dimethyl sulphide. The increased formation of some esters and the simultaneous decrease of higher alcohols as a result of the addition of nutrient salts could be detected in both tested varieties.*

**Keywords:** yeast nutrient salt, assimilable nitrogen content, yeast, sensory characteristics, aromas

*L'influence de différents dosages de sel de fermentation sur les vins blancs du Tyrol du Sud ; les effets sur l'évaluation sensorielle et les substances aromatisantes. L'azote disponible pour la levure dans le moût au cours de la fermentation ne joue pas seulement un rôle particulier pour le succès de la fermentation, mais est régulièrement mentionné également dans le contexte de l'accentuation de certains arômes dans le vin. Il en ressort qu'une teneur suffisante en azote disponible au cours de la fermentation permet d'obtenir des vins plus frais et plus fruités, tandis que les mauvais arômes peuvent apparaître plus souvent en cas de manque d'azote. En 2005, l'interaction entre la levure disponible et l'accentuation des arômes dans les vins a été examinée en s'appuyant sur deux moûts du Tyrol du Sud ('Chardonnay' et 'Kerner'), qui avaient été fermentés à l'aide de deux préparations de levure sèche (Fermicru VR5 et UvafermBC). Outre un contrôle, on a préparé deux variantes de sel de fermentation (addition de sel d'ammonium : 30g/hl et 100g/hl). Les essais de fermentation ont été réalisés dans des ballons en verre de 28 litres. En tant que sel nutritif, on a utilisé pour moitié de l'hydrogénophosphate di-ammonium et du sulfate d'ammonium. Comme les variantes vaccinées de la préparation de levure Fermicru VR5 n'avaient pas entièrement fermenté, on n'a pas pu procéder à l'évaluation sensorielle des vins concernés, tandis que l'analyse aromatique a été effectuée pour toutes les variantes. Ensuite, les données obtenues ont été exploitées à l'aide de l'analyse de variance. Quant à l'évaluation sensorielle, 'Kerner' n'a présenté aucune différence due à l'addition du sel nutritif, tandis que 'Chardonnay' a obtenu une meilleure évaluation quant à l'intensité de l'arôme, la typicité, la diversité des odeurs et la pureté d'expression. En ce qui concerne les arômes formés au cours de la fermentation, l'analyse a permis de détecter, pour le cépage 'Kerner' uniquement, une baisse des composés sulfurés pour les composants sulfure de dihydrogène, acétate de thio méthyle et sulfure de diméthyle. En revanche, on n'a pu constater dans les deux cépages examinés aucune formation accrue de quelques esters et/ou aucune baisse simultanée de la teneur en polyalcools, dues à l'addition de sel nutritif.*

**Mots clés:** Sel de fermentation, teneur en azote disponible pour la levure, levure, évaluation sensorielle, arômes

Der Wein ist laut Gesetz das Erzeugnis, das ausschließlich durch vollständige oder teilweise alkoholische Gärung der frischen, auch eingemaischten Weintrauben oder des Traubenmostes gewonnen wird (EU, 2008). Für den Menschen ist er ein uraltes, faszinierendes Getränk, das, chemisch gesehen, zum größten Teil aus Wasser besteht. Was den Wein aber vom Wasser unterscheidet und wofür er geschätzt wird, sind seine weiteren Bestandteile, die entscheidend für die Geschmacks- und Geruchsausprägung verantwortlich sind. Mengenmäßig zwar gering vorhanden und dennoch von sehr großer Bedeutung sind seine Aromastoffe. Das Aromaspektrum eines Weines setzt sich aus hunderten von flüchtigen Verbindungen zusammen, die im Gehalt zwischen einigen ng/l bis zu einigen mg/l schwanken können. Sie können entweder von der Traube selber stammen oder im Verlauf der Weinbereitung freigesetzt oder gebildet werden (KÖHLER und GESSNER, 2006). Ob eine flüchtige Verbindung schließlich zum Geruchsbild eines Weines beiträgt oder nicht, hängt einerseits von ihrer Konzentration

und andererseits von ihrer Geruchs- oder Wahrnehmungsschwelle ab.

Außer den bereits bei der reifen Traube freien und damit wahrnehmbaren Aromen gibt es einige an Zucker oder andere Verbindungen (z.B. Aminosäuren) gebundene Aromastoffe, die erst nach deren Abspaltung sensorisch wirksam werden. So gibt es in der Beere Substanzen, die als geruchlose Vorstufen von flüchtigen Verbindungen vorliegen und erst im Laufe der Weinbereitung durch Umwandlung riechbar werden (SCHNEIDER, 2007).

Die Menge aller potenziellen Aromastoffe hängt einerseits von der Sorte selbst ab, andererseits spielen der Reife- und Gesundheitszustand der Trauben sowie die Bewirtschaftungsweise der Rebanlagen eine große Rolle. Wie viele Traubenaromen oder deren Vorstufen letztlich aber in den Most oder Wein gelangen, hängt stark von der Traubenverarbeitung bzw. der Kellertechnik (RIBÉREAU-GAYON et al., 2003), aber auch vom Ertrag der Rebanlage ab (SINTON et al., 1978).

Einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf das Ge-

ruchsbild eines Weines hat schließlich auch die Hefe, deren Hauptaufgabe es eigentlich ist, den Zucker des Mostes in Ethanol und Kohlendioxid umzuwandeln. Dennoch können auch andere Mostinhaltsstoffe während der Gärung verändert werden (ALZINGER und EDER, 2003; ATANASSOV und TRIPHONOVA, 2001), sodass die Hefe einen nicht zu vernachlässigenden Beitrag bei der Ausprägung des Weinaromas liefert. Je verschiedener die Zusammensetzung der Hefepopulation während der Gärung demnach ist, desto komplexer soll sich auch das Geruchsbild des späteren Weines zeigen. Im ungünstigsten Fall kann es jedoch auch zur Entwicklung von Fehltonen durch Hefen kommen (MANDL, 2005; SWIEGERS et al., 2005).

Da der Einfluss der Hefepopulation auf die Ausprägung des Weinaromas eindeutig belegt ist, hat der Önologe bei der Weinbereitung darauf zu achten, dass die Hefen optimale Umweltbedingungen vorfinden. Dazu zählen unter anderem eine genügende innere Oberfläche im Most und ein optimales Nährstoffangebot. Heute ist es üblich geworden, relativ stark vorzuklären, da dies einerseits ein reintonigeres Weinaroma verspricht; andererseits wird aber die innere Oberfläche minimiert und außerdem werden durch die starke Mostvorklärung vor allem wichtige Nährstoffe, wie Vitamine und Stickstoffverbindungen, aus dem Most entfernt (FUGELANG und MULLER, 1995), was eine Verarmung des Substrats bedeutet und Gärstörungen induzieren kann (TROGUS und WIEDEMANN, 2001).

Damit eine Gärung problemlos ablaufen kann, ist im Most ein verfügbarer Stickstoffanteil von 120 bis 140mg Stickstoff pro Liter nötig (JIRANEK et al., 1995). Dieser Anteil setzt sich aus Ammoniumstickstoff und alpha-Aminostickstoff zusammen und wird hefeverwertbarer Stickstoff (HVS) genannt. Für die Gärung und Aromausprägung ist demzufolge nicht der Gesamtstickstoffgehalt im Most, sondern der von der Hefe verwertbare Anteil (HVS) Bedeutung.

Nach HENSCHKE und JIRANEK (1995) kann eine ungenügende Nährstoffversorgung der Hefe vor allem bei einem Mangel an den Aminosäuren Valin und Threonin zur Ausbildung von Diacetyl führen, einem Stoff mit Geruch nach zerlassener Butter. Außerdem kann es zur Bildung von Schwefelwasserstoff kommen. Dieser ist ein wichtiges Zwischenprodukt bei der Biosynthese schwefelhaltiger Verbindungen, wie beispielsweise der Aminosäuren Cystein oder Methionin, welche für den Aufbau von Eiweiß, aber auch für den gesamten Metabolismus der Zelle sowie für Gärung und Vermehrung gebraucht werden. Da die Bildung schwefelhaltiger

Substanzen von hohen Konzentrationen der Endprodukte, insbesondere von Methionin, gehemmt wird, kann bei geringer Methioninkonzentration die Bildung von Sulfid in der Zelle so weit vorangetrieben werden, dass es zu einem Überschuss kommt. Dieser Überschuss diffundiert schließlich aus der Zelle und bildet Schwefelwasserstoff. Als Schwefelquelle dient im Wesentlichen das im Most natürlich vorkommende Sulfat, aber auch das zugesetzte Sulfit ( $\text{SO}_2$ ), und andererseits die von den verschiedenen Hefestämmen in unterschiedlicher Menge produzierten Schwefelverbindungen.

Aus den oben genannten Beispielen ist ersichtlich, dass der Stickstoff nicht nur im Weinberg, sondern vor allem in der Weinbereitung (RAIFER, 1999) eine große Rolle spielt. Er ist sowohl eine der wichtigsten Größen, wenn es um Hefevermehrung, Gärgeschwindigkeit und Ausgärverhalten, aber auch wenn es um die Ausprägung erwünschter und unerwünschter Aromakomponenten geht (BELL und HENSCHKE, 2005; LÖHNERTZ und RAUHUT, 1997).

Neben böckserartigen Fehleraromen werden auch andere Fehltonen im Wein, wie der untypische Alterungston (UTA), unter bestimmten Bedingungen mit einer Unterversorgung der Rebanlage an Stickstoff in Verbindung gebracht (AMANN et al., 2001; RAPP et al., 1998).

Auch für OUGH und BELL (1980) und BELL und HENSCHKE (2005) hat der Stickstoffgehalt in Trauben und Most einen sehr großen Einfluss auf das Gäraroma. So nennen sie einen direkten Zusammenhang zwischen dem Moststickstoffgehalt und der Freisetzung an Terpenen. Ebenso ist durch die Stickstoffanwendung im Weinberg das Wachstum stärker, die Laubwand dichter und damit der Gehalt an Pyrazinen höher. Durch einen höheren Stickstoffanteil im Most ist die Produktion von Estern stark erhöht, während jene an höheren Alkoholen niedriger ist. Ebenso ist die Bildung von Schwefelwasserstoff bei ausreichender Stickstoffversorgung des Mostes geringer (RAUHUT et al., 1998). Bezüglich der Bildung von Essigsäure kommt laut Bell und HENSCHKE (2005) dem Hefestamm die größere Bedeutung als der Menge an Stickstoff im Most zu, wenn diese auch einen deutlichen Einfluss hat (DUMONT, 1998).

Zur Ausbildung von unerwünschten Thiolen (z. B. Methanthiol oder Ethanthiol) kommt es nach BELL und HENSCHKE (2005) in ähnlicher Weise wie zur Ausbildung von Schwefelwasserstoff. Ihr Gehalt steigt bei geringer Stickstoffversorgung im Most an, kann aber durch Zugabe von Ammoniumsalzen vermindert werden. Bei ge-

nügender Stickstoffversorgung kommt es somit nicht zu einer Unterversorgung mit stickstoffhaltigen Vorstufen bei der Biosynthese der schwefelhaltigen Aminosäuren. Dadurch ist auch die Ausbildung anderer qualitätsmindernder flüchtiger Schwefelverbindungen geringer (RAUHUT, 1996).

Das Ziel der folgenden Arbeit war es, den Einfluss des Gehaltes an hefeverwertbarem Stickstoff im Most, der durch unterschiedliche Zugaben an Gärsubstanzen (Ammoniumsalze) gesteigert wurde, auf die Ausprägung verschiedener Weinaromen sensorisch und analytisch festzustellen.

## Material und Methoden

Versuchsaufbau und Materialien sind im ersten Teil der Arbeit (UNTERFRAUNER et al., 2008) beschrieben.

Für die Ermittlung der sensorischen Urteile wurden zur besseren Vergleichsmöglichkeit nur die trockenen (Restzucker < 2g/l) Versuchsweine des Jahrgangs 2005 angestellt (sämtliche mit Uvaferm BC vergorenen Varianten).

Sie wurden in zwei Kostserien am 14. Februar (Chardonnay-Weine) und am 1. März 2006 (Kerner-Weine) von einer geschulten Verkostungskommission, die sich aus externen Fachleuten, Kellermeistern und Mitarbeitern des Versuchszentrums zusammensetzte, im Verkostungsraum des Versuchszentrums Laimburg sensorisch beurteilt.

In der ersten Kost, am 14. Februar 2006, wurden den 19, in zwei Gruppen aufgeteilten Verkostern, alle trockenen Weine der Sorte 'Chardonnay' in zweifacher Wiederholung und zufälliger Reihung gereicht. Insgesamt waren dabei von jedem Verkoster 16 Proben zu beurteilen. Die trockenen Weine der Sorte 'Kerner' wurden am 1. März 2006 von derselben Kommission verkostet. Unterschiedlich zur vorangegangenen Verkostung wurden die Versuchsweine den Verkostern in dreifacher Wiederholung gereicht, sodass 18 Proben gestellt wurden. Die zu bewertenden Kriterien waren: Geruchsvielfalt, Aromaintensität, Reintönigkeit, Typizität, Säure, Fülle und Gesamtqualität (Tab. 1). Als Verkostungsschema dienten die unstrukturierten Skalen nach WEISS modifiziert durch KOBLE (1996). Die Bewertung erfolgte in Kosteinheiten zwischen 0 bis 10, wobei „0“ abhängig vom abgefragten Parameter für gering, mäßig oder schlecht stand, „10“ hingegen für viel, stark oder gut.

Zu Beginn der Kost wurde mittels zweier Weine aus der Verkostungsreihe und offener Diskussion die Pege-

Tab. 1: Abgefragte Parameter und verwendete Kostschemata

Parameter	Extreme		
	Skalenbeginn	Eckpunkt	Skalende
Geruchsvielfalt	sehr einfach		sehr komplex
Aromaintensität	ungenügend		sehr intensiv
Reintönigkeit	sehr unsauber		ganz reintönig
Typizität	unkenntlich		sehr typisch
Säure	zu wenig	optimal	zu viel
Fülle	ungenügend		sehr voll
Gesamteindruck	schlecht		ausgezeichnet

lung der Prüfer vorgenommen.

Jeder Koster wurde auf die Reproduzierbarkeit seiner sensorischen Urteile nach der Methode von KOBLE (1996) geprüft. Für die Endauswertung wurden nur die Urteile der berücksichtigten Verkoster herangezogen.

Die analytische Bestimmung der aromatischen Bestandteile aller Varianten wurde im Mai 2006 an der Forschungsanstalt Geisenheim durch die „Kaltronmethode“ (RAPP et al., 1994; modifiziert nach FISCHER und RAUHUT, 2005 unveröffentlicht) untersucht. Dabei werden zuerst 2g NaCl zugegeben. Als interne Standards dienen 2,6-Dimethyl-5-hepten-2-ol (DMH, zur Quantifizierung), 990 µg/l und Cumol (Kontroll-Standard), 96,1 µg/l.

Des Weiteren werden die Proben 8 Minuten bei 3000 Umdrehungen pro Minute zentrifugiert und über Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> getrocknet.

Die Bestimmung der niedrig siedenden schwefelhaltigen Komponenten wurde nach RAUHUT et al. (2005) durchgeführt.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte varianzanalytisch mit dem Programm SPSS 11. Das Signifikanzniveau wurde bei 95 % festgelegt ( $p < 0,05$ ). Signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten wurden durch unterschiedliche Buchstaben ausgedrückt. Zwischen Mittelwerten, welche zumindest einen Buchstaben gemeinsam haben, besteht kein signifikanter Unterschied.

## Ergebnisse und Diskussion

Für die Aromaanalyse wurden alle Varianten (Tab. 2), also auch die restsüß gebliebenen, berücksichtigt. Die statistische Auswertung erfolgte getrennt nach Sorten, wobei die Variante C F 0 ('Chardonnay' mit Hefepräparat Fermicru VR5 ohne Gärsubstanzen) mangels einer Wiederholung nicht verrechnet wurde.

Tab. 2: Legende

Sorte			
	1	Chardonnay	C
	2	Kerner	K
Hefe			
	1	Fermicru VR5	F
	2	Uvaferm BC	U
Salz			
	1	Kontrolle	0
	2	30 g/hl	30
	3	100 g/hl	100

Hinsichtlich der niedrig siedenden Schwefelverbindungen (Tab. 3) konnte bei den Varianten der Sorte 'Chardonnay' kein Schwefelwasserstoff festgestellt werden. Hingegen zeigte sich bei den vollständig vergorenen Varianten der Sorte 'Kerner' eine Verringerung der Konzentration an Schwefelwasserstoff zwischen der Kontrolle und der Variante mit 100g/hl Nährsalzzusatz. Die Variante mit 30g/hl Nährsalz war von der Kontrolle statistisch nicht zu unterscheiden. Die restsüß gebliebenen Fermicru-VR5-Varianten zeigten ebenfalls keinen Unterschied hinsichtlich Gärsalzzugabe.

Genauso wie beim Parameter Schwefelwasserstoff konnte bei den Varianten der Sorte 'Chardonnay' auch kein Methanthiol detektiert werden, während dieses bei den Weinen der Sorte 'Kerner' vorhanden, aber nicht unterscheidbar war.

Für den Parameter Dimethylsulfid konnte festgestellt werden, dass der Gehalt der trockenen Weine allgemein bei 'Chardonnay' höher war als bei 'Kerner', zwischen den Chardonnayvarianten waren aber keine Unterschiede feststellbar. Bei den trockenen Kerner-Weinen wich lediglich die Variante K U 100 mit einem tieferen Gehalt deutlich von den anderen ab. Alle trockenen Kerner-Weine waren jedoch von den restsüßen Varianten zu unterscheiden.

Uneinheitlich und ohne erkennbaren Trend zeigten sich auch die Ergebnisse der Untersuchungen bezüglich Thioessigsäuremethylester und Thioessigsäureethylester. Auffallend war die Tatsache, dass bei den Varianten mit 100g/hl Nährsalz, (z. B. CF100) kein Thioessigsäuremethylester und in den Varianten CF100, KF100 und KU100 auch kein Thioessigsäureethylester nachgewiesen werden konnte.

Während bei den Weinen der Sorte 'Chardonnay' durch eine gesteigerte Nährsalzgabe lediglich der Gehalt an Thioessigsäureethylester gering zunahm (gilt für die trockenen Weine) und weder Schwefelwasserstoff noch Methanthiol gefunden werden konnte, zeigte die Nährsalzgabe bei den Weinen der Sorte 'Kerner' eine Abnahme von Thioessigsäuremethylester, Dimethylsulfid

Tab. 3: Gehalte an niedrig siedenden Schwefelverbindungen

Parameter	Hefe-Salz-Kombination					
	Chardonnay			Kerner		
Schwefelwasserstoff (µg/l)	1.1	n.n.		1.1	6,0	c
	1.2	n.n.	a	1.2	5,8	c
	1.3	n.n.	a	1.3	5,9	c
	2.1	n.n.	a	2.1	4,8	bc
	2.2	n.n.	a	2.2	4,1	bc
	2.3	n.n.	a	2.3	1,2	a
Methanthiol (µg/l)	1.1	n.n.		1.1	3,2	a
	1.2	n.n.	a	1.2	3,1	a
	1.3	n.n.	a	1.3	3,4	a
	2.1	n.n.	a	2.1	3,0	a
	2.2	n.n.	a	2.2	3,2	a
	2.3	n.n.	a	2.3	2,7	a
Dimethylsulfid (µg/l)	1.1	4,5		1.1	4,5	c
	1.2	5,0	b	1.2	4,4	c
	1.3	4,3	a	1.3	4,3	c
	2.1	4,1	a	2.1	3,1	b
	2.2	4,2	a	2.2	3,1	b
	2.3	4,0	a	2.3	2,5	a
Thioessigsäuremethylester (µg/l)	1.1	18,0		1.1	25,0	c
	1.2	19,5	d	1.2	23,8	c
	1.3	n.n.	a	1.3	10,2	a
	2.1	8,5	b	2.1	19,5	b
	2.2	12,5	c	2.2	19,8	b
	2.3	9,0	b	2.3	8,7	a
Thioessigsäureethylester (µg/l)	1.1	2,0		1.1	3,9	c
	1.2	3,0	d	1.2	2,6	b
	1.3	n.n.	a	1.3	n.n.	a
	2.1	1,1	b	2.1	9,3	e
	2.2	2,1	c	2.2	8,6	d
	2.3	2,1	c	2.3	n.n.	a

n.n. = nicht nachweisbar (unter der Detektionsgrenze)

und Schwefelwasserstoff.

Auch LÖHNERTZ und RAUHUT (1997) beschrieben einen Zusammenhang zwischen dem Stickstoffgehalt im Most und der Bildung von flüchtigen schwefelhaltigen Verbindungen. Sie konnten nachweisen, dass die Produktion schwefelhaltiger Substanzen in gut versorgten Mosten signifikant geringer war als in unterversorgten. Auch TRIOLI und PARONETTO (2001) erkannten, dass die Bildung von Schwefelwasserstoff im Wein bei Stickstoffunterversorgung des Mostes höher war.

Untersuchungen einiger aromarelevanter Ester (Tab. 4) zeigten eine statistisch signifikante Erhöhung des Gehalts an Essigsäureethylester sowohl bei den trockenen wie auch den restsüßen Varianten mit 100g/hl Gärnsalz im Vergleich zu den anderen Versuchsweinen. Eine Steigerung des Gehalts an Estern wurde auch von BELL et al. (1979) und von BELL und HENSCHKE (2005) bei Mosten mit höherem Stickstoffangebot beobachtet. Nach SWIE-

Tab. 4: Aromarelevante Ester und höhere Alkohole

Parameter	Hefe-Salz-Kombination					
	Chardonnay			Kerner		
Essigsäure-ethylester (mg/l)	1.1	19,3		1.1	57,5	a
	1.2	19,9	a	1.2	65,6	a
	1.3	47,5	b	1.3	93,0	b
	2.1	26,3	a	2.1	60,1	a
	2.2	24,1	a	2.2	75,9	ab
	2.3	52,8	b	2.3	95,3	b
Propionsäure-ethylester (µg/l)	1.1	40,7		1.1	87,7	a
	1.2	52,8	a	1.2	100,2	a
	1.3	72,5	b	1.3	122,7	b
	2.1	85,7	c	2.1	153,6	c
	2.2	86,3	c	2.2	180,4	d
	2.3	128,1	d	2.3	218,8	e
Essigsäure-3-methylbutylester (µg/l)	1.1	830		1.1	1195	a
	1.2	1112	a	1.2	1603	ab
	1.3	1797	c	1.3	1937	b
	2.1	964	a	2.1	1994	b
	2.2	1597	b	2.2	2961	c
	2.3	3487	d	2.3	4017	d
Milchsäure-ethylester (mg/l)	1.1	55,5		1.1	9,9	ab
	1.2	8,7	b	1.2	13,2	ab
	1.3	9,6	b	1.3	15,1	b
	2.1	2,2	a	2.1	8,6	a
	2.2	3,5	a	2.2	13,6	ab
	2.3	9,2	b	2.3	29,6	c
Essigsäure-hexylester (µg/l)	1.1	35,5		1.1	45,8	a
	1.2	58,9	a	1.2	51,1	a
	1.3	107,6	b	1.3	64,8	a
	2.1	65,7	a	2.1	85,8	b
	2.2	97,0	b	2.2	98,3	b
	2.3	143,3	c	2.3	117,9	c
Buttersäure-ethylester (µg/l)	1.1	128,3		1.1	227,1	a
	1.2	179,0	cd	1.2	274,9	a
	1.3	193,7	d	1.3	219,1	a
	2.1	107,2	a	2.1	192,9	a
	2.2	134,3	b	2.2	231,7	a
	2.3	176,1	c	2.3	309,8	a
Capronsäure-ethylester (µg/l)	1.1	482		1.1	696	b
	1.2	628	c	1.2	702	b
	1.3	587	c	1.3	569	a
	2.1	395	a	2.1	509	a
	2.2	465	b	2.2	524	a
	2.3	456	b	2.3	564	a

  

Parameter	Hefe-Salz-Kombination					
	Chardonnay			Kerner		
Caprylsäure-ethylester (µg/l)	1.1	607		1.1	807	c
	1.2	765	b	1.2	774	bc
	1.3	635	bc	1.3	629	abc
	2.1	442	a	2.1	545	a
	2.2	578	ab	2.2	555	ab
	2.3	526	ab	2.3	590	abc
Essigsäure-2-phenylethylester (µg/l)	1.1	175		1.1	83	a
	1.2	159	b	1.2	79	a
	1.3	73	a	1.3	65	a
	2.1	186	b	2.1	174	b
	2.2	255	c	2.2	177	b
	2.3	147	b	2.3	134	b
2-Phenyl-ethanol (mg/l)	1.1	48,5		1.1	29,7	b
	1.2	31,6	b	1.2	19,3	a
	1.3	8,2	a	1.3	12,4	a
	2.1	46,7	c	2.1	38,1	c
	2.2	46,3	c	2.2	28,9	b
	2.3	15,6	a	2.3	13,5	a
2-Methylbutanol (mg/l)	1.1	28,6		1.1	27,1	b
	1.2	22,5	ab	1.2	21,6	a
	1.3	13,8	a	1.3	18,3	a
	2.1	28,4	b	2.1	33,7	c
	2.2	26,8	b	2.2	30,8	bc
	2.3	14,3	a	2.3	16,7	a
3-Methylbutanol (mg/l)	1.1	147		1.1	126	b
	1.2	100	ab	1.2	114	a
	1.3	78	a	1.3	109	a
	2.1	114	b	2.1	136	c
	2.2	116	b	2.2	128	bc
	2.3	86	a	2.3	119	a
i-Butanol (mg/l)	1.1	30,8		1.1	27,0	d
	1.2	23,5	c	1.2	24,7	cd
	1.3	21,0	bc	1.3	24,4	cd
	2.1	18,4	b	2.1	20,7	bc
	2.2	19,4	b	2.2	18,0	ab
	2.3	14,2	a	2.3	14,5	a
Linalool (µg/l)	1.1	2,6		1.1	148,9	a
	1.2	3,7	b	1.2	141,5	a
	1.3	1,9	a	1.3	144,5	a
	2.1	4,8	b	2.1	123,7	a
	2.2	4,2	b	2.2	128,3	a
	2.3	4,6	b	2.3	140,7	a

GERS et al. (2005) spielen Ester im Wein eine besondere Rolle, da sie die fruchtigen Komponenten mit zunehmender Stickstoffverfügbarkeit im Wein verstärkten. Bei den Parametern Propionsäureethylester und Essigsäure-3-methylbutylester zeigte sich in allen Fällen zwischen der Kontrolle und der 100g/hl Nährsalzgabe eine statistisch signifikante Erhöhung. Auch scheint es, dass der Gesamttergerhalt der beiden Stoffe von der Sorte beziehungsweise der Beschaffenheit des Mostes mit be-

einflusst wird, da alle Varianten der Sorte 'Kerner' höhere Werte als die Vergleichsvarianten der Sorte 'Chardonnay' aufwiesen. Die Parameter Milchsäureethylester und Essigsäurehexylester zeigten lediglich bei den trockenen Weinen beider Sorten einen Anstieg der Konzentration mit steigender Nährsalzgabe, während der Anstieg an Buttersäureethylester nur bei den trockenen Weinen der Sorte 'Chardonnay' erkennbar waren. Die Gehalte an Capron-, Capryl- und Caprinsäure (Da-

ten nicht angeführt) war in allen Fällen in den trockenen Weinen niedriger als in den restsüßen und innerhalb der trockenen Varianten mit Gärsalzzugabe nicht voneinander zu unterscheiden. Dies galt bis auf den Parameter Caprylsäure (nimmt bei 'Chardonnay' mit zunehmender Gärsalzgabe signifikant ab) auch für die restsüßen Weine beider Sorten. Die Gehalte an Ethylester der oben genannten Säuren verhielten sich unterschiedlich. Während es beim Caprinsäureethylester (Daten nicht angeführt) zwischen den Varianten keinen statistisch signifikanten Unterschied gab, war in den restsüßen Weinen der Gehalt an Capronsäureethylester signifikant höher als in trockenen Weinen. Auch beim Parameter Caprylsäureethylester war dieser Effekt zu erkennen.

Auf die Ausbildung von iso-Buttersäureethylester und Essigsäure-2-methylbutylester (Daten nicht angeführt) wurden keine Effekte der Gärsalzgabe festgestellt. Beim Parameter Essigsäure-2-phenylethylester zeigten die restsüßen Weine der Sorte 'Kerner' geringere Werte als jene der trockenen Varianten, ohne jedoch einen Gärsalzeinfluss erkennen zu lassen. Statistisch hingegen abgesichert war bei den Weinen der Sorte 'Chardonnay' die trockene Variante mit 30 g/hl Gärsalz als jene mit dem höchsten und die restsüße Variante mit 100 g/hl Gärsalz als jene mit dem geringsten Gehalt, sodass sich kein allgemeiner Trend ableiten ließ.

Sehr viel klarer zeigte sich die Entwicklung der höheren Alkohole (Tab. 4). Beispielsweise nahm der Gehalt an 2-Phenylethanol mit steigender Gärsalzgabe bei beiden Sorten sowohl bei den trockenen als auch bei den restsüßen Varianten immer ab.

Auch OUGH und BELL (1980) stellten fest, dass mit dem Anstieg der Stickstoffkonzentration im Most die Konzentration an höheren Alkoholen, vor allem Isobutanol und Isoamylalkohol im Wein abnahmen. Einzig die Menge an n-Propanol korrelierte bei ihrem Versuch positiv mit dem Moststickstoffgehalt. Zum selben Ergebnis kamen auch TRIOLI und PARONETTO (2001).

Höhere Alkohole (auch Fuselöle genannt) verursachten bei höheren Konzentrationen im Wein einen scharfen, stechenden Geruch und Geschmack, in optimaler Konzentration hingegen unterstützten sie die fruchtigen Noten (SWIEGERS et al., 2005). Durch eine optimale Stickstoffversorgung wurden jeweils Abnahmen im Gehalt an höheren Alkoholen festgestellt (BELL und HENSCHKE, 2005; SWIEGERS et al., 2005). Eine Verringerung an 2-Methylbutanol und 3-Methylbutanol konnte bei allen Kerner- und den trockenen Chardonnay-Weinen bestätigt werden, während dieser Effekt bei den restsüßen Chardonnay-Weinen statistisch nicht belegt werden konnte.

Ebenfalls nicht unterscheidbar waren sämtliche restsüßen Weine beim Parameter iso-Butanol, während alle trockenen Weine mit Gärsalzgabe (100 g/hl) statistisch signifikant niedrigere Konzentrationen an iso-Butanol aufwiesen.

Zwischen der neutralen Sorte 'Chardonnay' und der aromatischen Sorte 'Kerner' bestand zwar ein deutlicher Unterschied im Linaloolgehalt, aber innerhalb der Sorte konnten die Varianten nicht voneinander abgegrenzt werden, sodass davon ausgegangen werden kann, dass der Gehalt an Linalool im Wein nicht vom Gärsalzangebot abhängig war.

Anders als bei der Aromaanalyse wurden bei der sensorischen Prüfung der Weine durch die Kostkommission lediglich die vollständig vergorenen Varianten verkostet und beurteilt (Tab. 5). Bei der Verkostung der trockenen Chardonnay-Weine wurden von den 19 Verkostern nur 12, bei der Sorte 'Kerner' nur 15 Weine berücksichtigt.

Beim Parameter Geruchsvielfalt bewerteten die Verkoster die Chardonnay-Weine mit Gärsalzzusatz signifikant besser als die Kontrolle, ohne jedoch zwischen den Gärsalzvarianten Unterschiede zu finden, während sie bei den verschiedenen Kerner-Weinen überhaupt

Tab. 5: Sensorische Beurteilung

Parameter	Gärsalzdosierung (mit Uvaferm BC vergorene Varianten)					
	Chardonnay			Kerner		
Geruchsvielfalt (0 bis 10)	1	3,9	a	1	5,5	a
	2	5,5	b	2	5,3	a
	3	5,3	b	3	5,6	a
Aromaintensität (0 bis 10)	1	5,6	a	1	6,0	a
	2	6,0	a	2	6,1	a
	3	7,1	b	3	6,5	a
Reintönigkeit (0 bis 10)	1	3,9	a	1	5,8	a
	2	6,0	b	2	5,6	a
	3	5,4	b	3	6,2	a
Typizität (0 bis 10)	1	4,1	a	1	6,1	a
	2	5,8	b	2	6,1	a
	3	5,3	b	3	6,0	a
Säure (-10 bis +10)	1	0,1	a	1	0,5	a
	2	0,5	a	2	0,6	a
	3	0,7	a	3	1,1	a
Fülle (0 bis 10)	1	5,5	a	1	6,1	a
	2	5,4	a	2	5,9	a
	3	5,1	a	3	5,8	a
Gesamteindruck (0 bis 10)	1	3,7	a	1	5,8	a
	2	5,1	a	2	5,4	a
	3	4,8	a	3	5,4	a

keine gesicherten Abweichungen ermitteln konnten. Ähnlich fiel auch das Urteil bezüglich Aromaintensität aus. Lediglich die Variante 'Chardonnay' mit Zusatz von 100 g/hl Gär Salz war signifikant von den anderen Varianten unterscheidbar, während bei 'Kerner' der Effekt des Gär Salzes nicht erkennbar war.

In Bezug auf die Reintönigkeit der Weine zeigte sich wiederum dasselbe Bild wie für die Geruchsvielfalt. Während die Verkoster bei der Sorte 'Chardonnay' die Varianten mit Gär Salzzugabe besser beurteilten, ohne jedoch zwischen diesen einen gesicherten Unterschied herauszufinden, konnten sie bei der Sorte 'Kerner' keine Variante von der anderen eindeutig abgrenzen.

Wiederum ähnlich war das Ergebnis bezüglich der Typizität der Weine. Während die mit Gär Salz behandelten Varianten signifikant als typischer als die Kontrolle bewertet wurden ohne zwischen den Gär Salzvarianten deutliche Unterschiede zu finden, blieb der Effekt des Gär Salzes in den Kerner-Weinen komplett aus.

Die Auswertung der Daten ergab für den Parameter Fülle und für den Parameter Säureempfinden keine statistisch gesicherten Unterschiede zwischen den Varianten der beiden Sorten. Der zusammenfassende Parameter Gesamteindruck konnte von den Verkostern nicht signifikant mit der Gär Salzzugabe in Zusammenhang gebracht werden. In diesem Zusammenhang war allerdings interessant, dass bei den Weinen der Sorte 'Chardonnay' ein sehr hohes Maß für die Unterscheidbarkeit der Proben ( $F$ -Wert = 3,8) errechnet wurde, während dies bei 'Kerner' eher gering war ( $F$ -Wert = 1,4).

Der  $F$ -Wert ist ein gutes Maß für die Unterscheidbarkeit von Proben beziehungsweise die Tagesform eines Prüfers, da er sich aus dem Quotient der durchschnittlichen Abweichungsquadratsummen zwischen den verschiedenen Weinen (Fähigkeit des Kosters, zwischen den Proben zu unterscheiden und Auspunktungsbereitschaft) und der Fehlervarianz (Abweichung bei der Beurteilung der gleichen Weine) ergibt.

Im Falle der Chardonnay-Weine bedeutete der hohe  $F$ -Wert, dass die Verkoster reproduzierbar Unterschiede zwischen den Varianten erkannten, die Präferenz aber nicht einheitlich war. Bei den Varianten der Sorte 'Kerner' war der  $F$ -Wert geringer und damit auch der Unterschied zwischen den einzelnen Weinen.

Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass die Zugabe von Gär Salz beim gering mit hefeverfügbarem Stickstoff versorgten Chardonnay-Most (102mg/l HVS) für die einzelnen Parameter positive Auswirkungen auf die Sensorik ergab, während diese Effekte beim aromatischen, ausreichend versorgten Kerner-

Most (177mg/l HVS) keine Verbesserung brachten.

Die erzielten Ergebnisse waren mit jenen anderer Versuchsansteller zumindest teilweise vergleichbar. TROGUS und WIEDEMANN (2001) stellten ebenfalls fest, dass den Weinen bei besser versorgten Mosten öfters Attribute wie fruchtig, reintonig, cremig, stoffig und vielschichtig gegeben wurden als Weinen der jeweiligen Kontrollvarianten. Diese Erkenntnis deckte sich mit jener von SINTON et al. (1978), die einen sehr klar nachweisbaren Zusammenhang zwischen Stickstoff im Most und Aroma im Wein, unabhängig von Rebsorte und Weinstil, fanden.

HÜHN und GROSSMANN (1997) berichteten außerdem davon, dass die Bildung vieler Aromastoffe von den Eigenschaften des jeweiligen Hefestammes selbst und von der Gärtemperatur abhing. Ebenso berichteten sie von einer möglichen Aromaauswaschung durch starke Kohlendioxidabgabe schnell gärender Moste.

Durch die Tatsache, dass die Weine im Jungweinstadium verkostet und beurteilt wurden, kann über die Entwicklung eventueller UTA-Noten keine Aussage gemacht werden. Jedenfalls wirkte sich ein mehr an Stickstoff nach AMANN et al. (2001) positiv auf Frische und Fruchtigkeit der Weine aus und verminderte die Gefahr unerwünschter UTA-Noten beziehungsweise werden diese maskiert.

## Schlussfolgerung

Die Ergebnisse des durchgeführten Versuchs bestätigen, dass der HVS-Gehalt im Most neben dem Effekt der Hefe einen Einfluss auf die Aromatik der späteren Weine hatte. Ausreichend mit Stickstoff versorgte Moste wurden tendenziell besser bewertet als unterversorgte.

Bezüglich der niedrig siedenden Schwefelverbindungen konnte bei den Weinen der Sorte 'Chardonnay' kaum ein Unterschied zwischen den Varianten unterschiedlicher Gär Salzzugaben festgestellt werden. Hingegen bewirkte die Zugabe von Nährsalzen bei den Varianten der Sorte 'Kerner' eine Abnahme von Thioessigsäuremethylester, Dimethylsulfid und Schwefelwasserstoff. Außerdem konnte festgestellt werden, dass zwischen den Weinen ohne und jenen mit 100 g/hl Gär Salzzugabe signifikante Steigerungen hinsichtlich der Gehalte an Essigsäureethylester, Propionsäureethylester und Essigsäure-3-methylbutylester auftraten. Zudem konnte ein sortenspezifischer Unterschied festgestellt werden.

Diese Entwicklung konnte aber nicht bei allen untersuchten Estern festgestellt werden. Ein negativer Zusammenhang zwischen der Gär Salzzugabe und der Aus-

bildung höherer Alkohole konnte hingegen bei Phenylethanol, 2-Methylbutanol und 3-Methylbutanol gefunden werden.

Bei der sensorischen Prüfung der Weine der Sorte 'Chardonnay' (Moste mit geringem HVS-Gehalt) stellten sich deutliche Unterschiede zwischen den Gärvarsalvarianten heraus, die Präferenz war aber nicht einheitlich. Bei den Weinen der Sorte 'Kerner' (Moste mit ausreichendem HVS-Gehalt) waren die Unterschiede sehr gering. Wenn auch nicht bei allen untersuchten Parametern der eindeutige Einfluss der Stickstoffversorgung durch den Zusatz von Gärvarsalz deutlich erkennbar war, zeigte sich doch bei den restlichen, dass eine Gärvarsalgabe vor allem bei unterversorgten Mosten als eine Maßnahme zur Steigerung der Aromaqualität der späteren Weine angesehen werden kann.

## Literatur

- AMANN, R., SIGLER, J. und KREBS, H. 2001: Was ist hefeverfügbare Stickstoff im Most? Bad. Winzer (8): 31-33
- ALZINGER, L. und EDER, R. 2003: Einfluss verschiedener Hefepräparate auf die Säurezusammensetzung von Weinen der Sorte Grüner Veltliner. Mitt. Klosterneuburg 53: 52-60
- ATANASSOV, P. und TRIPHONOVA, P. 2001: Veränderung der Titrationsacidität und der Gehalte an organischen Säuren während der alkoholischen Gärung. Mitt. Klosterneuburg 51: 133-137
- BELL, A.A., OUGH, C.S. and KLIEWER, W.M. 1979: Effects on must and wine composition, rates of fermentation, and wine quality of nitrogen fertilization on *Vitis vinifera* var. Thompson Seedless grapevines. Amer. J. Enol. Vitic. 30: 124-129
- BELL, S. J. and HENSCHKE, P. A. (2005): Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. In: AWRI - Advances in wine science, p. 45-91. Glen Osmond: The Australian Wine Research Institute, 2005
- DUMONT, A. (1998): The contribution of *Saccharomyces cerevisiae* to the organoleptic profile of wines. 5. Int. Symp.: Innovationen in der Kellerwirtschaft Intervitis Interfructa, p. 84-94. - Stuttgart, 1998
- EU, 2008: Verordnung (EG) Nr. 479/2008 des Rates vom 29. April 2008 über die gemeinsame Marktorganisation für Wein.
- FUGELSANG, K.C. e MULLER, C.J. 1995: Dotazione azotata del mosto e pratiche di cantina. Vignevini (4): 42-44
- HENSCHKE, P.A. e JIRANEK, V. 1995: Azoto nel mosto e qualità del vino. Vignevini (4): 45-48
- HÜHN, T. und GROSSMANN, M. 1997: Die alkoholische Gärung: Stress für die Hefen. Der dt. Weinbau (18): 24-28
- JIRANEK, V., LANGRIDGE, P. and HENSCHKE, P. A. 1995: Amino acid and ammonium utilization by *Saccharomyces cerevisiae* wine yeasts from a chemically defined medium. Amer. J. Enol. Vitic. 46(1): 75-83
- KOBLER, A. 1996: La valutazione sensoriale dei vini ed il controllo degli assaggiatori mediante l'uso di schede di analisi sensoriali non strutturate. Riv. Vitic. Enol. 49(4): 3-18
- KÖHLER, H.J. und GESSNER, M. 2006: Rebsortentypische Aromastoffe und deren Forcierung beim Ausbau, Teil 1: Die hohe Schule des Kellermeisters. Dt. Weinmagazin (20): 12-17
- LÖHNERTZ, O. und RAUHUT, D. 1997: Bedeutung der Stickstoffversorgung für die Hefeernährung und die Weinqualität. Bad. Winzer (7): 20-22
- MANDL, K. 2005: Wichtige Helfer in der Weinproduktion. Der Winzer (8): 14-15
- OUGH, C.S. and BELL, A.A. 1980: Effects of nitrogen fertilization of grapevines on amino acid metabolism and higher alcohol formation during grape juice fermentation. Amer. J. Enol. Vitic. 31: 122-123
- RAIFER, B. 1999: Stickstoffversorgung und Weinqualität. Obstbau Weinbau (5): 155-157
- RAPP, A., VERSINI, G., ENGEL, L. und ULLEMEYER, H. (1998): Fremde und unerwünschte Aromastoffe des Weines: Die untypische Alterungsnote. 5. Int. Symp.: Innovationen in der Kellerwirtschaft Intervitis Interfructa, p. 270-289. - Stuttgart, 1998
- RAPP, A., YAVAS, I. und HASTRICH, H. 1994: Einfache und schnelle Anreicherung („Kaltronmethode“) von Aromastoffen des Weines und deren quantitative Bestimmung mittels Kapillargaschromatographie. Dt. Lebensm.-Rundsch. 90( 6): 171-174
- RAUHUT, D. (1996): Qualitätsmindernde schwefelhaltige Stoffe im Wein - Vorkommen, Bildung, Beseitigung. - Gießen: Diss. Justus-Liebig-Universität, 1996 (Geisenheimer Berichte; 24)
- RAUHUT, D., KÜRBEL, H., SCHNEIDER, K., LÖHNERTZ, O. und GROSSMANN, M. (1998): Einfluss der Nährstoffzusammensetzung im Most auf die Bildung von böckserverursachenden schwefelhaltigen Substanzen im Wein. 5. Int. Symp.: Innovationen in der Kellerwirtschaft Intervitis Interfructa, p. 270-289. - Stuttgart, 1998
- RAUHUT, D., BEISERT, M., BERRER, M., GAWRON-SCIBEK, M. and KÜRBEL, H. (2005): Pulse flame photometric detection: An innovative technique to analyse volatile sulfur compounds in wine and other beverages, p.363-368. In: Hofmann, T., Rothe, M. and Schieberle, P. (eds.): State-of-the-Art in Flavour Chemistry and Biology. - Garching: Dt. Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, 2005
- RIBÉREAU-GAYON, P., GLORIES, Y., MAUJEAN, A. e DUBOURDIEU, D. (2003): Trattato di enologia, Vol. II. 2. edizione. - Bologna: Edagricole, 2003
- SCHNEIDER, V. 2007: Kellerwirtschaftliche Hintergründe zur Sortencharakteristik: Das Aroma des Sauvignon blanc. Der Winzer (3): 10-11
- SINTON, T.H., OUGH, C.S., KISSLER, J.J. and KASIMATIS, A.N. 1978: Grape juice indicators for prediction of potential wine quality. I. Relationship between crop level, juice and wine composition, and wine sensory ratings and scores. Amer. J. Enol. Vitic. 29: 267-271
- SWIEGERS, J.H., BARTOWSKY, E.J., HENSCHKE, P.A. and PRETORIUS, I.S. 2005: Yeast and bacterial modulation of wine aroma and flavour. Austr. J. Grape Wine Res. 11: 139-173
- TROGUS, H. und WIEDEMANN, J. 2001: Einsatz von Hefenährstoffen zur Gärung. Bad. Winzer (9): 22-24
- UNTERFRAUNER, M., HÜTTER, M., KOBLER, A. und RAUHUT, D. 2008: Einfluss unterschiedlich hoher Gärvarsalzdosierungen auf Südtiroler Weißweine - Auswirkungen auf Gärleistung, Zellzahl und HVS-Gehalt. Mitt. Klosterneuburg 58: 82-91

Manuskript eingelangt am 18. Mai 2009