

Einfluss unterschiedlich hoher Gär Salzdosierungen auf Südtiroler Weißweine; Auswirkungen auf Gärleistung, Zellzahl und HVS-Gehalt

MARTIN UNTERFRAUNER¹, MARKUS HÜTTER², ARMIN KOBLER² und DORIS RAUHUT³

¹ Fachschule für Obst-, Wein- und Gartenbau Laimburg
I-39040 Auer

² Land- und Forstwirtschaftliches Versuchszentrum Laimburg
I-39040 Auer
E-Mail: armin.kobler@provinz.bz.it

³ Fachgebiet Mikrobiologie und Biochemie, Forschungsanstalt Geisenheim
D-65366 Geisenheim, Von-Lade-Straße 1

Nach wie vor sind fehlerhafte Gärungen in der Praxis keine Seltenheit. Zur Feststellung der Faktoren, welche die Gärung beeinflussen, wurde 2004 im Kleinstmaßstab (0,5 l-Flaschen) ein mehrfaktorieller Gärleistungsversuch mit vier Mosten, vier Trockenreinzuchthefen und vier Nährstoffpräparaten angelegt und varianzanalytisch ausgewertet. Auffallend war dabei, dass der Faktor Gär Salz nur für bestimmte Parameter von großer Bedeutung war. 2005 wurden nochmals zwei Moste ('Chardonnay' und 'Kerner') mit zwei verschiedenen Hefepräparaten beimpft und mit drei Gär Salzvarianten in 0,5-Liter- bzw. in 28-Liter-Glasballons vergoren. Als Nähr Salz kamen je zur Hälfte Diammoniumhydrogenphosphat und Ammoniumsulfat zum Einsatz. Während der Gärung wurden täglich die Gesamtzellzahl, der Gehalt an hefeverwertbarem Stickstoff und die Gewichtsabnahme ermittelt. Auffallend war, dass 2005 nur die Hefe Uvaferm BC alle Varianten vollständig und rasch vergären konnte, während die Hefe Fermicru VR5 dies nur für eine Variante schaffte. Außerdem zeigte sich, dass unabhängig von der Sorte jede Hefe nach 72 Stunden den verfügbaren Stickstoff aufgenommen hatte und die aufgenommene Menge umso größer war, je mehr ihr zur Verfügung stand. In der Zeit zwischen 24 und 72 Stunden nach der Beimpfung war der Zuwachs an Hefezellen am stärksten.

Schlagwörter: Gär Salz, Gär geschwindigkeit, Gär störungen, Zellzahl, hefeverfügbarer Stickstoff

Influence of different doses of yeast nutrient salts on white wines from South Tyrol; Influence on fermentation performance, cell count and contents of yeast assimilable nitrogen. Still fermentation problems are not unheard of in practice. In order to determine factors that influence fermentation a multi-factorial fermentation test including four grape musts, four selected dried yeasts and four yeast nutrient salts was carried out and analysed variance analytically at a very small scale (0.5 litre bottles) in 2004. Conspicuously, the criterion nutrient salt was only of importance for certain parameters. In 2005 two grape musts ('Chardonnay' and 'Kerner') were once more inoculated with different selected dried yeasts and were fermented with three variants of yeast nutrient salt in 0.5 litre bottles and 28 litre glass carboys, respectively. Diammonium hydrogenphosphate and ammonium sulfate were applied one half each as nutrient salt. During fermentation the total cell count, the amount of yeast assimilable nitrogen and the loss of weight were investigated daily. Strikingly, the yeast Uvaferm BC was able to ferment all variants totally and quickly, whereas the yeast Fermicru VR5 only achieved this with one variant in 2005. Furthermore it became evident that, irrespective of the type of yeast applied, every yeast had assimilated the available nitrogen after 72 hours and, moreover, that the assimilated amount grew with the total amount available. In the period between 24 and 72 hours after inoculation the increase in yeast cells was the highest.

Keywords: yeast nutrient salts, speed of fermentation speed, fermentation disorders, cell count, yeast assimilable nitrogen

L'influence de différents dosages de sel de fermentation sur les vins blancs du Tyrol du Sud. Effets sur la performance de fermentation, le nombre des cellules et la teneur en azote assimilable. Aujourd'hui encore, les fermentations incorrectes ne sont pas rares dans la pratique. Afin de déterminer les facteurs influençant la fermentation, un essai de performance de fermentation multifactoriel a été mené en 2004 à très petite échelle (bouteilles de 0,5 l) avec quatre moûts, quatre levures sèches sélectionnées et quatre préparations de substances nutritives, et cet essai a été exploité selon les méthodes de l'analyse de variance. Il a été frappant, dans ce contexte, de constater que le facteur sel de fermentation n'a présenté de grande importance que pour certains paramètres. En 2005, on a de nouveau vacciné deux moûts ('Chardonnay' et 'Kerner') de deux préparations de levure différentes et on les a fermentés avec trois variantes de sels de fermentation dans des ballons de verre de 0,5 litres et de 28 litres. En tant que sel nutritif, on a employé pour moitié de l'hydrogénophosphate de diammonium, pour moitié du sulfate d'ammonium. Au cours de la fermentation, on a déterminé chaque jour le nombre total des cellules, la teneur en azote assimilable par les levures et la diminution du poids. Il a été frappant de constater qu'en 2005, seule la levure Uvaferm BC a pu fermenter complètement et rapidement toutes les variantes, tandis que la levure Fermicru VR5 n'y est parvenue que pour une variante. En outre, il s'est avéré que chaque levure, indépendamment de la variété, avait absorbé l'azote disponible au bout de 72 heures, et que la quantité absorbée était d'autant plus grande, que la quantité disponible était importante. L'augmentation du nombre des cellules de levure a été la plus forte au cours de la période située entre 24 et 72 heures après la vaccination.

Mots clés : sel de fermentation, rapidité de la fermentation, perturbations de la fermentation, nombre de cellules, teneur en azote assimilable par les levures

War für die Menschen die Verwandlung von Traubensaft zu Wein lange Zeit wundersam und nicht erklärbar, so konnte Pasteur 1858 niedere Organismen als Auslöser des Gärungsprozesses identifizieren (WÜRDIG und WOLLER, 1989). Da die Qualität eines Weines wesentlich von der Gärung abhängt und dieser Prozess von den Hefen durchgeführt wird, kommt letzteren eine wesentliche Bedeutung in der Weinbereitung zu. Ob die Gärung problemfrei verläuft oder nicht, hängt unter anderem von den Gärbedingungen, wie Temperatur und Sauerstoffgehalt, ab. Ein weiterer limitierender Faktor ist im Angebot an Nährstoffen, insbesondere an Stickstoffverbindungen, zu sehen (BLATEYRON et al., 2001; LÖHNERTZ et al., 1998; BELL et al., 1979).

Obwohl in den letzten Jahren viele spezifisch arbeitende Reinzuchthefestämme selektioniert und eingesetzt wurden, sind Fermentationsprobleme in Form von Gärverzögerungen bzw. Gärstopps nach wie vor keine Seltenheit (BELY et al., 1990; DE IURE, 1995; HENICK-KLING et al., 1996; LÖHNERTZ und RAUHUT, 1997a und 1997b; SALMON, 1989; KUNKEE, 1991; HENSCHKE und JIRANEK, 1994; RAUHUT, 1994; MILTENBERGER et al., 2001).

Die Gründe dieser Fehlentwicklungen sind vielgestaltig. Sie liegen einerseits im weinbaulichen Bereich (z.B. Mangelnährung der Reben), andererseits in der Kellerwirtschaft (z.B. zu scharfe Mostvorklärung), in der Mikrobiologie (z.B. gärschwache Hefen oder fehlerhafte Reaktivierung von Trockenreinzuchthefen) oder in mehreren Bereichen gleichzeitig (RAUHUT et al., 1998; HÜHN und GROSSMANN, 1997; SCHNEIDER, 2003;

TROGUS und WIEDEMANN, 2001; FISCHER, 2001; MILTENBERGER et al., 2000; RAUHUT, 2004; RAIFER, 1999).

In jedem Fall spielt für die Produktion eines sehr guten Weines das Ausgangsmaterial, vor allem aber die für die Hefe verfügbare Stickstoffmenge eine entscheidende Rolle (LÖHNERTZ et al., 1998; BELL et al., 1979). Der im Traubenmost enthaltene Stickstoff kommt zum Teil im Eiweiß, zum Teil in den Abbauprodukten des Eiweißes (z.B. Peptide, Aminosäuren) oder in Form von Ammonium vor. Normalerweise steigt der Gesamtgehalt an Stickstoff während der Reife in der Beere kontinuierlich an. In seltenen Fällen kann er aber auch nach dem Erreichen eines Maximalwertes wieder leicht sinken. Interessanterweise nimmt in dieser Reifephase der Gehalt an Ammonium permanent ab, während jener an Aminosäuren steigt. Vor allem die sortenbedingt mehr oder weniger starke Zunahme der Aminosäure Prolin ist für die Weinbereitung von großer Bedeutung, da diese von der Hefe unter Gärungsbedingungen nicht verwertet werden kann (BELL and HENSCHKE, 2005).

Tatsache ist auch, dass vor allem der Anteil an Proteinen und Peptiden im Laufe der Reife zunimmt und die Zunahme in Beeren wärmerer Anbauggebiete stärker beobachtet werden kann, während der Ammoniumgehalt zeitgleich abnimmt (FUGELANG und MULLER, 1995).

Nach TRIOLI und PARONETTO (1992) wird am Beginn der Gärung bevorzugt Ammonium von der Hefe aufgenommen. ANDERSON (2002) hingegen berichtet sogar von einer Hemmung der Aminosäureaufnahme durch Ammonium.

Wenn nun das Ammonium nach rund 20 bis 30 Stunden Gärdauer verbraucht ist, werden einige Aminosäuren verstoffwechselt (TRIOLI und PARONETTO, 1992). Sollten schließlich die Aminosäuren als Stickstoffquelle ebenfalls ausfallen, besteht die Möglichkeit, einige kleinere Peptide zu nutzen, während Proteine nicht als Nahrungsquelle für Hefen fungieren (TRIOLI und PARONETTO, 1992). Da Hefen zu 45 bis 50 % ihrer Trockenmasse aus Proteinen bestehen, welche essenzielle Aufgaben in der Zelle ausführen, ist es verständlich, dass die Bausteine für den Aufbau ihrer Proteine im Medium, in welchem sie leben, vorhanden sein müssen. Um Proteine aufzubauen, bedient sich die Hefezelle eines enzymatischen Systems durch Transaminierung, z.B. Glutamat-Oxoglutarat-Aminotransferase, mit welchem sie die Aminogruppen einer Stickstoffverbindung auf eine zweite verlagern kann (TRIOLI und PARONETTO, 1992).

Leider ist dieser Mechanismus der Transaminierung unter Gärungsbedingungen nur für alpha-Aminosäuren möglich. Da jedoch die sekundäre Aminosäure Prolin keine alpha-Aminosäure ist, kann sie von der Hefe praktisch nicht genutzt werden (BELL und HENSCHKE, 2005).

Aus diesen eben genannten Gründen ist für die Hefeentwicklung und Gärung also nicht der Gesamtgehalt an Stickstoff, sondern der für die Hefe verwertbare Anteil von Bedeutung, während für die Weinstabilisierungsmaßnahmen, vor allem für die Eiweißstabilisierung, der Gesamtgehalt nicht außer Acht gelassen werden darf.

Für den hefeaufnehmbaren Anteil an Stickstoff gibt es in der Literatur verschiedene Bezeichnungen und Abkürzungen. Hierbei sind insbesondere die Begriffe YAN (yeast assimilable nitrogen), APA (azoto prontamente assimilabile) oder HVS (hefeverwertbarer/hefeverfügbarer Stickstoff) zu nennen. Einfach zusammengefasst ist dies der Anteil an Ammoniumstickstoff und der Anteil an alpha-Aminosäurenstickstoff (SABLAYROLLES, 1995), oder anders ausgedrückt, Ammonium und Aminosäuren minus Prolin und Hydroxyprolin. Nicht verwertbar sind außerdem Peptide mit etwas höherem Molekulargewicht, Proteine sowie biogene Amine (BELL und HENSCHKE, 2005).

Das Verhältnis zwischen verwertbarem und nichtverwertbarem Stickstoffanteil ist stark vom Verhältnis der in der Beere am häufigsten vorkommenden Aminosäuren Arginin und Prolin abhängig. Bei gleichem Gesamtgehalt an Aminosäurenstickstoff kann das Mengenverhältnis so verschieden sein, dass ein Most ausreichend,

ein anderer unzureichend mit HVS versorgt ist (AMANN et al., 2001).

Damit eine Gärung problemlos ablaufen kann, ist im Most ein verfügbarer Stickstoffanteil von 120 bis 140 mg Stickstoff pro Liter nötig (JIRANEK et al., 1995). SABLAROYLLES (1996) spricht hingegen von einem Mindestgehalt von 150 mg/l. Er stellt fest, dass der Gehalt im Most sehr unterschiedlich sein kann und zwischen weniger als 60 mg/l und über 400 mg/l schwanken kann. Da allerdings der Gehalt an HVS im Most in den meisten Fällen in der Praxis nicht bekannt ist (JIRANEK et al., 1995) und die Analysen langwierig und aufwändig oder aber nicht sehr aussagekräftig sind (AMANN et al., 2001) und noch dazu der Stickstoffbedarf der einzelnen Hefestämme meistens vollkommen unbekannt ist, kann schwer abgeschätzt werden, ob sich im Most genügend HVS befindet, um einen klaglosen Gärverlauf zu gewährleisten (JIRANEK et al., 1995).

Aus diesem Unwissen heraus kann es zu weiteren Schwierigkeiten kommen, und zwar dann, wenn einem ausreichend versorgten Most zu viel Stickstoff in Form von Gärtsalzen gegeben wird und dadurch ein Überschuss an Arginin im Wein verbleibt, aus dem sich Ethylcarbamate, ein krebserregender Stoff bilden kann (JIRANEK et al., 1995).

Um einer Fehlentwicklung unterversorgter Moste in der Gärung vorzubeugen, hat der Gesetzgeber einige Gärhilfsstoffe zugelassen. Zu ihnen zählen Thiamin (Vitamin B1) bis maximal 0,06 g/hl, Hefezellwände bis maximal 40 g/hl und seit August 2003 Ammonium in Form von Diammoniumhydrogenphosphat oder Ammoniumsulfat bis maximal 100 g/hl (RAUHUT, 2004).

Vor allem durch den Zusatz an Ammonium werden die Zellzahl und die Gärgeschwindigkeit erhöht, die Gärzeit verkürzt und ein Durchgären wahrscheinlicher (TRIOLI und PARONETTO, 1992; KOBLE, 1998; MILTENBERGER et al., 2001; LEMPERLE, 1994).

Auch der Zusatz von Hefezellwandpräparaten hat einen stimulierenden Einfluss auf die Wachstums- und Gärungsaktivität der Hefen (MINARIK et al., 1992).

Dennoch gibt es viele Untersuchungen, die belegen, dass auch Moste mit ausreichender Stickstoffversorgung Gärprobleme und sogar Gärstopps aufweisen können (SABLAYROLLES, 1996; TRIOLI und PARONETTO, 1992; RAUHUT, 2004).

Man kann also davon ausgehen, dass Gärprobleme die Summe einer Unterversorgung an Nährstoffen, aber auch chemischer und biologischer Faktoren sowie abhängig vom Hefestamm sind (BELL und HENSCHKE, 2005).

Tab. 1: Sorte, Jahrgang und Kennzahlen der verwendeten Moste (HVS = hefeverfügbare Stickstoff)

Sorte und Jahrgang	Versuchsjahr	Mostgewicht (°KMW)	pH-Wert	Gesamtsäure (g/l)	HVS (mg/l)
Ruländer (2000)	2004	19,5	3,69	4,8	121
Gewürztraminer (2002)	2004	21,3	4,06	3,3	198
Goldmuskateller (2003)	2004	18,0	3,85	4,3	131
Riesling (2003)	2004	18,1	3,28	6,3	118
Chardonnay (2005)	2005	19,2	3,41	7,5	102
Kerner (2005)	2005	21,2	3,38	6,3	177

Ziel unserer Untersuchungen war es, mehr Erkenntnisse über die Bedeutung bzw. den Einfluss der einzelnen Faktoren bei der Gärung zu gewinnen und um den Einfluss der von der EU zugelassenen Nährsalzhöchstgabe in Bezug auf Gärleistung, Zellzahl und Gehalt bzw. Verbrauch an hefeverwertbarem Stickstoff zu gewinnen.

Material und Methoden

Im Jahr 2004 wurden vier Moste (Tab. 1) mit jeweils vier Hefen (Tab. 2), deren Gärungseigenschaften erfahrungsgemäß sehr verschieden, sind beimpft und mit weiteren sechs unterschiedlichen Gärtsalzen bzw. Salzkonzentrationen angesetzt, sodass insgesamt 96 unterschiedliche Most/Hefe-Salzvarianten zur Verfügung standen. Diese wurden in 0,5 l-Flaschen gefüllt und bei $21\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$ im Wärmeschrank vergoren. Die Gärverläufe wurden über die tägliche Gewichtsabnahme ermittelt und in Prozent (%) der Anfangsgewichte ausgedrückt. Am Ende der Gärung wurden alle Proben auf ihre weinchemischen Inhaltsstoffe hin analysiert. Der

HVS-Gehalt wurde nach der von D'AMBROSIO (1996) und CORRADIN (1997) abgeänderten EBC-Ninhydrinmethode (LIE, 1973) bestimmt.

Im Jahr 2005 wurden weitere zwei Moste mit zwei Hefepräparaten (Fermicru VR5 als langsam gärende Hefe und Uvaferm BC als schnell gärende Hefe) und drei Gärtsalzdosierungen vorbereitet und in zweifacher Wiederholung sowohl in der 0,5 l-Flasche als auch im 28 l-Glasballon vergoren. Dadurch war es möglich, parallel zum Gärungsverlauf in den 0,5 l-Flaschen, die Zellzahlen und die HVS-Gehalte in den 28 l-Glasballons zu ermitteln. Zur Homogenisierung der Probe wurde der Most vor jeder Entnahme gerührt. Während die Ermittlung der Zellzahl unmittelbar nach der Entnahme und mittels Zählkammer nach Bürker erfolgte, wurden die Proben zur Bestimmung des HVS-Gehaltes sofort tief gefroren und zu einem späteren Zeitpunkt analysiert. Sämtliche Jungweine aus den 28 l-Glasballons wurden abschließend auf ihre weinchemischen Parameter hin untersucht. Für die Untersuchung des hefeverwertbaren Stickstoffs kam das Gerät Saturn 300, ein automatisch arbeitendes Photospektrometer, welches zuerst

Tab. 2: Auflistung der verwendeten Hefe- und Gärtsalzpräparate

	Produkt	Versuchsjahr	Produzent/Verteiler	Ort	Land	Dosis (g/hl)	Abkürzung
Hefe	Oenoferm Freddo	2004	Erbslöh	Geisenheim	Deutschland	15	
	Levuline C19	2004	OenoFrance	Bordeaux	Frankreich	20	
	Flavour 200	2004	Vason	Pedemonte	Italien	15	
	Uvaferm BC	2004	Esseco	Treccate	Italien	30	
	Fermicru VR5	2005	DSM-Oenologie	Lacchiarella	Italien	20	F
	Uvaferm BC	2005	Esseco	Treccate	Italien	30	U
Gärtsalz	Supervit (1)	2004	Esseco	Treccate	Italien	30	
	Supervit (2)	2004	Esseco	Treccate	Italien	100	
	Bioactive	2004	Laffort Enologie	Milano	Italien	60	
	Enoactiv 1-2	2004	Esseco	Treccate	Italien	20	
	Ergoferm Starter/Support	2004	DSM-Oenologie	Lacchiarella	Italien	15	
	Ammonio fosfato bibasico (1)	2005	Esseco	Treccate	Italien	15	
	Ammonio solfato (1)	2005	Carlo Erba	Rodano	Italien	15	
Ammonio fosfato bibasico (2)	2005	Esseco	Treccate	Italien	50		
Ammonio solfato (2)	2005	Carlo Erba	Rodano	Italien	50		

den alpha-Aminostickstoff und danach den Ammoniumstickstoff misst, zur Anwendung.

Dabei müssen für die Ermittlung des alpha-Aminostickstoffs zuerst die alpha-Aminogruppen der Probe mit o-Phthaldialdehyd (OPA) und N-acetyl-L-Cystein (NAC) reagieren, um Isoindole zu formen, die spektrophotometrisch bei 340 nm erfasst werden (DUKES und BUTZKE, 1996).

In einem separaten Schritt reagiert der in den Proben enthaltene Ammoniumstickstoff in Anwesenheit des Enzyms Glutamatdehydrogenase mit Oxoglutarat und NADH unter der Bildung von NAD und L-Glutamat. Die photometrische Messung der zu NAD oxidierten Menge an NADH zeigt den Gehalt an Ammoniumstickstoff der Probe an. Das Gerät addiert die ermittelten Werte des alpha-Amino- und des Ammoniumstickstoffs und gibt sie als HVS in mg/l wieder.

Die aus den Gärleistungsversuchen gewonnenen Ergebnisse wurden mehrfaktoriell varianzanalytisch verrechnet.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm SPSS 11, (SPSS Inc., Chicago, USA). Das Signifikanzniveau wurde bei 95 % festgelegt. Der Mittelwertvergleich erfolgte mit Hilfe des Tukey-B-Tests.

Ergebnisse

Der varianzanalytisch ausgewertete Versuch aus dem Jahr 2004 lieferte für die einzelnen Faktoren und Parameter zum Teil sehr deutliche Ergebnisse. Der Varianzschätzer (Abb. 1) errechnete bezüglich der Angärgeschwindigkeit, d.h. des Gewichtsverlusts 48 Stunden nach der Beimpfung, einen 84-prozentigen Einfluss der Hefe, während der Most und der statistische Fehler je 7 % ausmachten. Das Gär Salz wurde in dieser Zeitspanne mit dem geringsten Einfluss, das sind 2 %, gewertet. Bei der maximalen Gärgeschwindigkeit (stärkste beobachtete Gewichtsabnahme inner-

halb 24 Stunden) steht hingegen der Faktor Most mit 59 % vor jenem der Hefe (19 %) und dem Gär Salz (15 %).

Ein etwas ausgeglicheneres Bild ergab sich bei der Gärdauer. Hier verdeutlichte der Varianzschätzer, dass die Hefe mit 39 % immer noch der wichtigste Faktor ist, dass aber die Faktoren Most (24 %) und Gär Salz (25 %) vergleichbar hoch und die unerklärlichen Faktoren mit 12 % relativ deutlich sind.

Noch deutlicher war der Varianzschätzer für den Parameter Restzucker. Hier fällt der enorme Anteil von 56 % des Fehlers, also des durch die geprüften Faktoren nicht erklärlichen Einflusses, auf. Der Faktor Most beeinflusste die Menge reduzierender Zucker mit 25 %, der Faktor Hefe mit 17 % und der Faktor Gär Salz mit nur 2 %.

Bezüglich der gebildeten Essigsäure ergab der Varianzschätzer einen Einfluss von 65 % für den Faktor Most, während der Faktor Fehler 26 % und der Faktor Hefe 9 % ausmachten. Der Einfluss des Faktors Gär Salz blieb praktisch aus. Beim Parameter Alkoholausbeute, d.h. dem Quotienten zwischen dem Alkoholgehalt (%vol) und dem Mostgewicht (°KMW) zeigte der Varianzschätzer den Faktor Most mit 85 % als den stärksten. Es folgten Gär Salz mit 9 % und Fehler mit 5 %, während der Faktor Hefe mit 1 % einen sehr geringen Einfluss ausübte.

Deutlich zu erkennen war der Einfluss des Gär Salzes beim Parameter reduzierter Extrakt mit 54 %. Es folg-

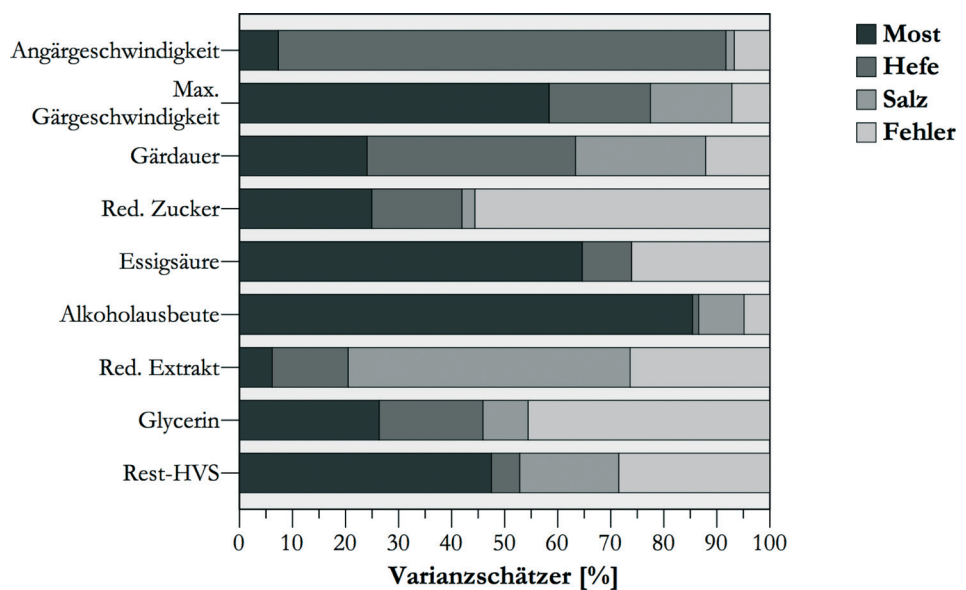


Abb. 1: Varianzkomponenten 2004

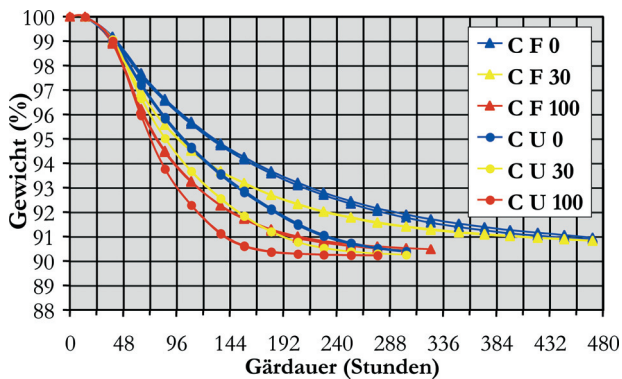


Abb. 2: Gärverlauf der Sorte 'Chardonnay'
C = 'Chardonnay', 0 = Gärtsalzkontrolle,
30 = Gärtsalz 30 g/hl, 100 = Gärtsalz 100 g/hl

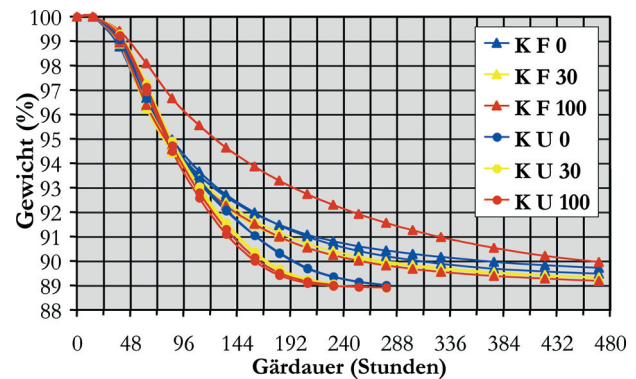


Abb. 3: Gärverlauf der Sorte 'Kerner'
K = 'Kerner', 0 = Gärtsalzkontrolle,
30 = Gärtsalz 30 g/hl, 100 = Gärtsalz 100 g/hl

ten 26 % an unerklärlichen Einflüssen, 14 % für den Faktor Hefe und 6 % für den Faktor Most. Weniger ausgeprägt zeigte sich der Faktor Gärtsalz beim Parameter Glycerin mit 9 %, während der Faktor Fehler mit 45 %, der Faktor Most mit 26 % und der Faktor Hefe mit 20 % höher bewertet wurden. Am deutlichsten war der Einfluss des Gärtsalzes jedoch beim Parameter HVS-Verbrauch, d.h. der Differenz zwischen Ausgangsgehalt und Restmenge an HVS im Wein. Der Varianzschätzer ergab für den HVS-Verbrauch den enormen Einfluss von 88 % für das Gärtsalz, während der Faktor Most 9 % und der Fehler 3 % ausmachten. Der Faktor Hefe hatte in diesem Zusammenhang praktisch keinen Einfluss.

Der bedeutende Einfluss des Hefepräparates auf den Gärverlauf wurde nicht nur im Versuch 2004, sondern auch in jenem des Jahres 2005 deutlich.

In den Abbildungen 2 und 3 ist zu erkennen, dass in jedem Fall die mit dem Hefepräparat Uvaferm BC beimpften Moste in der Gärung schneller waren als die mit dem Hefepräparat Fermicru VR5 beimpften Vergleichsvarianten. Es ist außerdem festzustellen, dass die jeweiligen Vergleichsvarianten mit steigender Gärtsalzgabe eine deutlich höhere Gärungsintensität zeigten. Es darf dennoch nicht übersehen werden, dass von den mit der Hefe Fermicru VR5 beimpften Mosten lediglich die Variante 'Chardonnay' mit 100 g/hl Nährsalzzusatz ausgärte, während alle anderen Varianten auch nach 40 Tagen ('Chardonnay' sogar nach 46 Tagen) Gärdauer restsüß blieben.

Bedingt durch das höhere Mostgewicht der Sorte 'Kerner' war die gesamte maximale Gewichtsabnahme mit 11,1 % ausgeprägter als jene der Sorte 'Chardonnay' mit gesamt maximal 9,8 %.

Die Gärdauer der mit dem Hefepräparat Uvaferm BC beimpften Moste betrug bei 'Chardonnay' (Kontrolle und 30 g/hl Gärtsalz) 13 Tage bzw. 12 Tage (100 g/hl Gärtsalz), bei den Kerner-Mosten ebenso 12 Tage für die Kontrolle und 11 Tage für die mit Gärtsalz verbesserten Varianten.

Bis auf die Variante 'Chardonnay' mit 100 g/hl Gärtsalz, die eine Gärdauer von 13 Tagen aufwies, blieben alle weiteren mit dem Hefepräparat Fermicru VR5 versetzten Moste restsüß.

Bezüglich der Angärgeschwindigkeit (Tab. 3) waren die Unterschiede bei 'Chardonnay' wenig ausgeprägt und ließen keinen deutlichen Trend erkennen. Dennoch kann festgehalten werden, dass die Kombination Fermicru VR5 ohne Gärtsalz signifikant langsamer angärte als die beiden anderen Fermicru VR5-Kombinationen mit Gärtsalzzusatz. Bei 'Kerner' waren die Unterschiede zu gering, um statistisch abgesichert zu werden. Ganz anders sah es, zumindest bei der Sorte 'Chardonnay', hinsichtlich der maximal erreichten Gärgeschwindigkeit aus. Alle Hefe/Gärtsalz-Kombinationen unterschieden sich voneinander, wobei deutlich der Gärtsalzeinfluss und in abgeschwächter Form auch der Hefeeinfluss deutlich wurde. Auch bei diesem Parameter erbrachte der Kerner-Most keine Unterschiede.

Interessanterweise gab es trotz unterschiedlicher Ausgangsgehalte an Stickstoff im Most keinen signifikanten Unterschied in der Stickstoffkonzentration im Wein weder bei 'Chardonnay' noch bei 'Kerner'. Auf Grund der Abweichungen zwischen den Wiederholungen konnten Tendenzen aufgezeigt, aber nicht statistisch untermauert werden.

Bei der Entwicklung der Zellzahl (Abb. 4 und 5) war auffallend, dass die stärkste Zunahme an Zellen in den

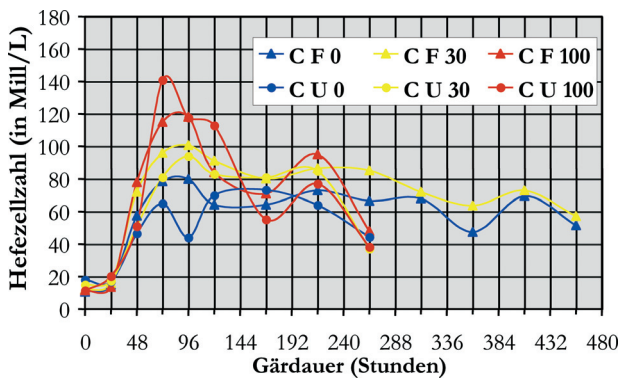


Abb. 4: Entwicklung der Hefezellzahlen bei 'Chardonnay'

ersten 72 Stunden der Gärung geschah. Während die höchste Nährsalzzugabe bei der Sorte 'Chardonnay' auch zu den höchsten Zellzahlen von 140 Mio. Zellen/ml führte, blieben die Variante mit 30 g/hl Gärnsalz in der Zahl niedriger und die Kontrolle am tiefsten. Interessant ist aber auch, dass bei fortschreitender Gärung in den Chardonnay-Mosten mit den höchsten Zellzahlen diese am schnellsten abnahmen, während sich die Zellzahlen in den Chardonnay-Mosten mit geringeren Maximalwerten langsamer reduzierten.

Bemerkenswert ist außerdem, dass sich der Verlauf der Entwicklung und die Menge der Zellzahlen zwischen den beiden Hefepräparaten bei den Chardonnay-Mosten bis zum neunten Tag glichen und erst in den letzten Gärtagen änderten. Während bei den durchgegangenen Varianten die Zellzahl rasch abnahm, blieb sie bei den restsüßen noch länger relativ hoch.

Tab. 3: Gärverlauf der verschiedenen Hefe/Gärnsalz-Kombinationen

	Hefe/Gärnsalz-Kombination	Chardonnay	Kerner
Anfangsgär-geschwindigkeit (%)	F 0	99,14 c	98,92 a
	F 30	99,04 abc	98,93 a
	F 100	98,92 a	99,17 a
	U 0	99,05 abc	99,12 a
	U 30	99,06 bc	99,28 a
	U 100	98,99 ab	99,23 a
max. Gär-geschwindigkeit (%)	F 0	1,41 a	2,41 a
	F 30	2,00 c	2,57 a
	F 100	2,57 e	2,01 a
	U 0	1,71 b	2,34 a
	U 30	2,26 d	2,42 a
	U 100	2,86 f	2,50 a
N-Restgeh. (mg/l)	U 0	20,5 a	12,5 a
	U 30	44,0 a	22,5 a
	U 100	42,0 a	34,5 a

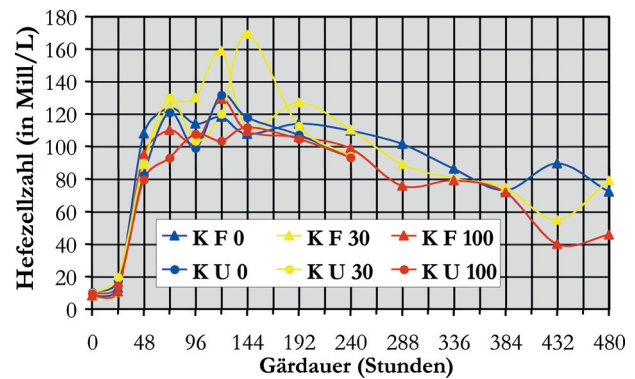


Abb. 5: Entwicklung der Hefezellzahlen bei 'Kerner'

Wesentlich undeutlicher zeigten sich die Entwicklung und der Verlauf der Zellzahlen bei den Mosten der Sorte 'Kerner'. Hier wurde ein Maximalwert von 170 Mio. Zellen/ml gefunden, allerdings bei der Variante mit 30 g/hl Nährsalzzugabe. Die Variante 100 g/hl Nährsalz zeigte sogar tiefere Zellzahlen als die Kontrolle. In diesem Fall ist der Effekt der Gärnsalzzugabe nicht zu erkennen. Auffallend ist dennoch, dass bei gleich hoher oder z.T. höherer Zellzahl die Varianten des Hefepräparates Fermicru VR5 restsüß blieben, während die Varianten mit Uvaferm BC trocken durchgärten.

Beim Vergleich der beiden Ausgangsmoste stellte man fest, dass der HVS-Gehalt der Sorte 'Chardonnay' mit 102 mg/l deutlich niedriger lag als jener der Sorte 'Kerner' mit 177 mg/l. Laut der zitierten Literatur (JIRANEK et al., 1995; SABLAYROLLES, 1995) war demnach der Chardonnay-Most unterversorgt, der Kerner-Most hingegen ausreichend versorgt. Dennoch vergärte die Hefe Uvaferm BC alle Varianten bei 'Chardonnay' und 'Kerner', während die Hefe Fermicru VR5 dies einzig im geringer versorgten 'Chardonnay' mit Zusatz von 100 g/hl Nährsalz schaffte.

Betrachtet man den Verlauf der täglichen HVS-Verfügbarkeit (Abb. 6 und 7), so war der Effekt der Nährsalzzugabe nach 24 Stunden deutlich zu erkennen. Auffallend ist außerdem, dass beide Hefen den Großteil des verfügbaren Stickstoffs innerhalb der ersten 72 Stunden aufnahmen und dass die aufgenommene Menge umso größer war, je mehr zur Verfügung stand, sodass der HVS-Gehalt unabhängig vom Ausgangsgehalt des Mostes oder der Hefe auf ein ähnlich konstantes Niveau absank. Besonders auffallend ist, dass in der Variante 'Kerner' mit Fermicru VR5 und 100 g/hl Gärnsalz deutlich mehr HVS im Medium zurückblieb als in allen anderen Varianten.

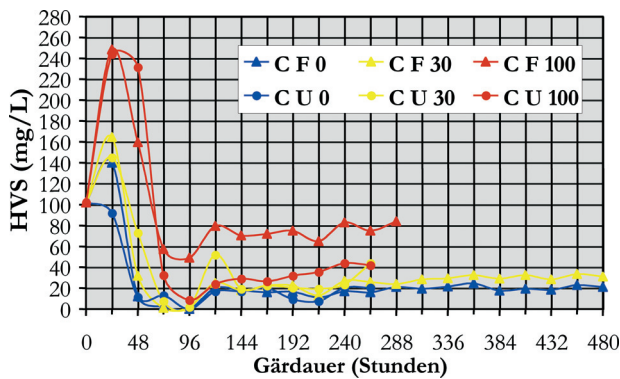


Abb. 6: Entwicklung der HVS-Gehalte bei 'Chardonnay'

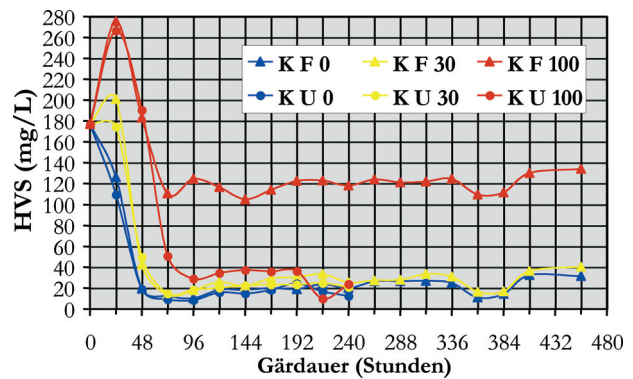


Abb. 7 Entwicklung der HVS-Gehalte bei 'Kerner'

Allgemein betrachtet zeigte sich im Verlauf der Gärung der Trend, dass der HVS-Gehalt gegen Ende des Zuckerabbaues wieder leicht anstieg.

Eine statistisch abgesicherte positive Korrelation konnte zwischen dem HVS-Ausgangsgehalt und dem HVS-Verbrauch für alle bearbeiteten Sorten ermittelt werden (Abb. 8), d.h., dass durch eine höhere Verfügbarkeit von den Hefen mehr verbraucht wurde. Für alle Varianten gab es auch einen positiven Zusammenhang zwischen HVS-Verbrauch und zuckerfreiem Extrakt (Abb. 9). Das bedeutet, dass bei zunehmendem Verbrauch an hefeverfügbaren Stickstoff im Most eine deutliche Steigerung an zuckerfreiem Extrakt im Wein die Folge ist.

Nicht dargestellt wurden die Ergebnisse, die zeigen, dass es zwischen dem HVS-Verbrauch und der Gärdauer nur noch für die Chardonnay-Varianten einen negativen Zusammenhang gab, was bedeutet, dass die Gärzalzzgaben für die Chardonnay-Moste die Gärdauer verkürzen. Genauso verhielt es sich bei der Beziehung zwischen HVS-Verbrauch und Angärgeschwindigkeit. Eine negative Korrelation zwischen HVS-Verbrauch und Alkoholausbeute war hingegen - statistisch abgesichert - nur bei den Kerner-Varianten zu finden. Auch diese Daten wurden nicht angeführt.

Diskussion

Die Abweichung der Mittelwerte der einzelnen Varianten zueinander in Bezug auf ihre Gärdauer war, wie erwartet, im Versuch 2004 als auch in jenem 2005 aufgetreten. Ein Grund dafür ist die unterschiedliche Zuckerumsetzungsgeschwindigkeit des jeweiligen Hefepräparates. Nicht unbedingt zu erwarten war, dass die Varianten im Versuch 2005 mit der höchsten zulässigen Gärzalzzgabe nicht bedeutend schneller als die Kontrolle

ausgären sollten oder sogar in der Gärung stehen bleiben könnten. Das Ergebnis entspricht aber auch den Erfahrungen von TROGUS und WIEDEMANN (2001), die in der Gärdauer zwischen der Kontrolle und den Varianten mit Gärzalzzusatz kaum einen Unterschied fanden.

KOBLER (1998) fand hingegen einen negativen logarithmischen Zusammenhang zwischen HVS-Gehalt und Gärdauer. Er war bereits der Ansicht, dass sich Gärzalzzgaben umso besser auswirken, je ärmer der Most an HVS ist. Er wies aber auch darauf hin, dass für die Zukunft die Hefestämme auf deren stammspezifischen Unterschiede bezüglich der N-Anforderung geprüft werden sollten und dass dieses Kriterium in die Selektion stärker mit einbezogen werden sollte.

Was die Angärung betrifft, konnte festgehalten werden, dass nach Berechnung des Varianzschätzers diese unter dem enormen Einfluss des Hefepräparates stand und dass sie mit der maximalen Gärgeschwindigkeit korrelierte. Demzufolge bedeutet eine schnelle Angärung auch eine höhere maximale Gärgeschwindigkeit. Auch BISSON and BUTZKE, (2000) und BLATEYRON et al. (2003) berichteten, dass eine langsame Angärung auch eine lange Gärzeit mit sich bringt. Weiters stellten sie übereinstimmend mit BELY et al. (1990) fest, dass eine geringe Gärintensität zu Beginn ein Indikator für eine problematische Endvergärung ist.

Nach der Berechnung des Varianzschätzers übte für den Parameter maximale Gärgeschwindigkeit der Most den dominierenden Einfluss aus, wenngleich die Zuckerumsetzung stark hefebedingt und die Hefe vom Stickstoffangebot im Most abhängig war. Die Korrelationen zwischen maximaler Zuckerumsetzung und HVS-Gehalt waren deutlich und mit jenen von BLATEYRON et al. (2003) vergleichbar.

Bezüglich der Zellzahlen könnte man annehmen, dass

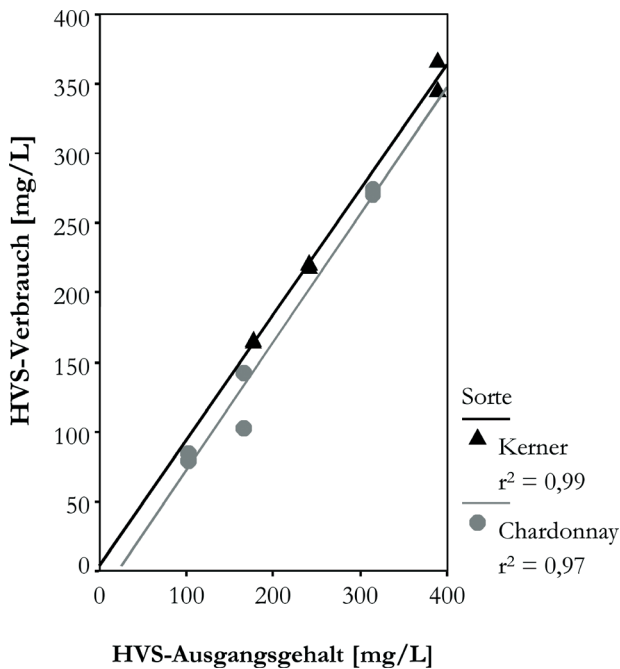


Abb. 8: Beziehung zwischen HVS-Ausgangsgehalt und HVS-Verbrauch

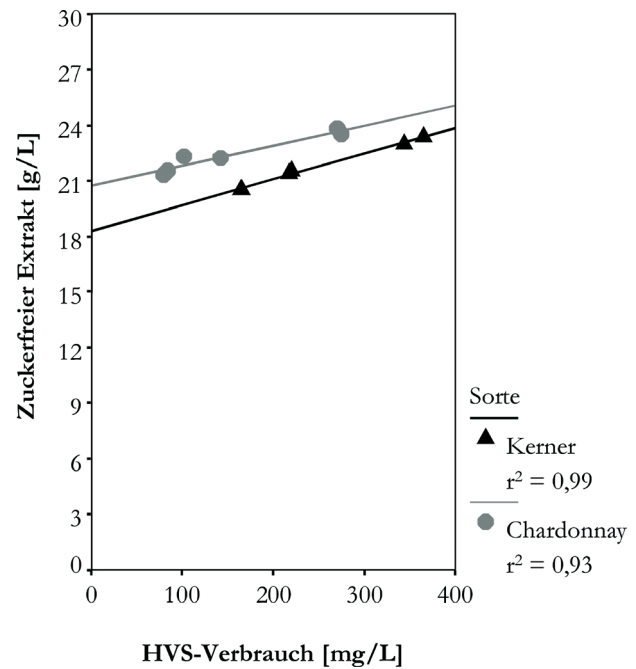


Abb. 9: Beziehung zwischen HVS-Verbrauch und zuckerfreiem Extrakt

die Variante 100 DAP die meisten Zellen produzieren würde. Im Versuch bestätigte sich diese Annahme aber lediglich für die Sorte 'Chardonnay', während dieser Effekt bei 'Kerner' nicht zu beobachten war. Dieses Ergebnis deckte sich mit der Erkenntnis von SABLAYROLLES (1995), der die Zellzahl wohl auch in Abhängigkeit vom HVS-Gehalt sah, wobei diese aber nicht so empfindlich wie andere Parameter darauf reagierte.

Bezüglich Alkoholausbeute konnte das von MARGHERI et al. (1984) gefundene Ergebnis, wonach höher mit Stickstoff versorgte Moste eine geringere Alkoholausbeute ergeben, bestätigt werden.

Wie der Varianzschätzer bereits im Versuch 2004 für den Parameter reduzierter Extrakt einen 54-prozentigen Einfluss des Gärnsalzes errechnet hatte, konnte der Effekt auch beim Versuch 2005 deutlich bestätigt werden und steht im Einklang mit den Beobachtungen von JÜRGENS (1994) und NIESSEN (1997). Ein hoher HVS-Gehalt im Most hat demnach einen höheren Extraktgehalt im Wein zur Folge.

Auch wenn der Varianzschätzer für den Parameter HVS-Verbrauch dem Gärnsalz einen 88-prozentigen Einfluss zuschrieb und die Hefe demzufolge umso mehr an Stickstoff aufnahm, je mehr ihr zur Verfügung stand, kann von einer vollständigen Vergärung nicht ausgegangen werden. Auch RAUHUT (2004) erinnerte

daran, dass eine mittlere oder gute Versorgung mit Stickstoff keine Garantie für das Ausbleiben von Gärstörungen ist, wengleich der HVS-Gehalt eine sehr große Rolle für die Gärung spielt.

Stickstoff scheint zwar oft Ursache für Gärprobleme zu sein, ist manchmal aber auch nur ein Symptom für eine allgemeine Hefenährstoffmangelsituation. Diese Annahme wurde auch durch das Ergebnis von KOBLER (1998) bestätigt, demzufolge Stickstoffgaben im Weinberg bessere Ergebnisse erbrachten als Zugaben zum Most.

Literatur

- D'AMBROSIO 1996: Methodenbuch Chemie, Land- und Forstwirtschaftliches Versuchszentrum Laimburg (internes Arbeitspapier)
- AMANN, R., SIGLER, J. und KREBS, H. 2001: Was ist hefeverfügbare Stickstoff im Most? *Bad. Winzer* (8): 31-33
- ANDERSON, G. 2002: A new era in wine yeast and bacteria nutrition. *Austral. NZ Grapegrower and Winemaker* (461): 144-148
- 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. Viticult.* 30: 124-129
- BELL, S.J. and HENSCHKE, P.A. 2005: Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. *J. Austral. Wine Res.* 11(3): 242-295

- BELY, M., SABLAYROLLES, J.M. and BARRE, P. 1990: Description of alcoholic fermentation kinetics: its variability and significance. *Amer. J. Enol. Viticult.* 41: 319-324
- BISSON, L.F. and BUTZKE, C.E. 2000: Diagnosis and rectification of stuck and sluggish fermentations. *Amer. Soc. Enol. Vitic.*, (51)2, 168-177
- BLATEYRON, L., JULIEN, A. e SABLAYROLLES, J.M. 2001: Ossigeno ed azoto per evitare gli arresti di fermentazione. *Vignevini* (7/8): 60-66
- BLATEYRON, L., ORTIZ-JULIEN, A. and SABLAYROLLES, J.M. 2003: Stuck fermentations: Oxygen and nitrogen requirements - importance of optimising their addition. *Austral. NZ Grapegrower and Winemaker* (478): 73-79
- CORRADIN L. 1997: Ottimizzazione e confronto di metodi per la determinazione, in mosto d'uva, dell'azoto assimilabile in fermentazione. Dissertation, Universität Padua.
- DE IURE, C. 1995: Determinazione dell'APA nei mosti italiani. *Vignevini* 22(4): 52-56
- DUKES, B. and BUTZKE, C. (1996): Concentration of α -amino compounds in grape juice can be rapidly determined using an o-phthalaldehyd/N-acetyl-L-cysteine spectrometric assay. - Reno, NV: 47th Ann. Meeting of the Amer. Soc. Enol. Vitic., 1996
- FISCHER, U. 2001: Die Hefe - Know-how erforderlich. *Dt. Weinmagazin* (18): 11-19
- FUGELSANG, K.C. and MULLER, C.J. 1995: Dotazione azotata del mosto e pratiche di cantina. *Vignevini* (4): 42-44
- HENICK-KLING, T., EDINGER, W.D. and KARSON-KOVACH, I. M. 1996: Survey of available nitrogen for yeast growth in New York grape musts. *Wein-Wiss.* 51: 169-174
- HENSCHKE, P.A. and JIRANEK, V. (1994): Yeasts - metabolism of nitrogen compounds. In: FLEET, G. (Ed.): *Wine Microbiology and Biotechnology*, p. 77-163. - Camberwell: Harwood, 1994
- HÜHN, T. und GROSSMANN, M. 1997: Die alkoholische Gärung: Stress für die Hefen. *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
- JÜRGENS, G. 1994: Qualität - auch ohne Düngung? *Dt. Weinmagazin* (13): 28-30
- KOBLER, A. (1998): Mikrobiologische Gesichtspunkte beim Traubentransport, im Keller und bei der Gärung. III.: Die Bedeutung des assimilierbaren Stickstoffs für den Verlauf der alkoholischen Gärung am Beispiel Südtiroler Moste und Maischen. 5. Int. Symp.: Innovationen in der Kellerwirtschaft; Intervitis Interfructa, S.38-46. - Stuttgart, 1998
- KUNKEE, R.E. (1991): Relationship between nitrogen content in must and sluggish fermentation. In: Ranatz, J.M. (ed.): *Proc. Int. Symp. Nitrogen in Grapes and Wine*, p. 148-155. - Davis: ASEV, 1991
- LEMPERLE, E. 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., PRIOR, B., BLESER, M. und LINSSENMEIER, A. (1998): Einfluss von weinbaulichen Maßnahmen auf die Aminosäuregehalte in Trauben und Most der Sorte Riesling. 5. Int. Symp.: Innovationen in der Kellerwirtschaft; Intervitis Interfructa, S. 1-23. - Stuttgart, 1998
- LÖHNERTZ, O. und RAUHUT, D. 1997a: Bedeutung der Stickstoffversorgung für die Hefeernährung und die Weinqualität. *Bad. Winzer* (7): 20-22
- LÖHNERTZ, O. und RAUHUT, D. 1997b: Bedeutung der Stickstoffversorgung für die Hefeernährung und die Weinqualität. *Bad. Winzer* (6): 36-41
- MARGHERI, G., VERSINI, G., GIANOTTI, L. e PELLEGRINI, R. 1984: Fattori di qualità dei vini bianchi giovani: influenza dell'azoto assimilabile die mosti e dei componenti aromatici dei vini. *Riv. Soc. Ital. Aliment.* 13: 401-412
- MILTENBERGER, R., SCHINDLER, E. und MAIER, C. 2001: Sinnvoller Einsatz von Hefenährstoffen. *Dt. Weinbau-Jahrb.* 52: 201-208
- MILTENBERGER, R., SCHINDLER, E., MAIER, C. und KOHLER, H.J. 2000: Hefenährstoffe: Zwischen Notwendigkeit und Überfluss. *Dt. Weinbau* (20): 26-29
- MINARIK, E., JUNGOVA, O., KOLLAR, R. und STURDIK, E. 1992: Wirkung verschiedener Hefezellwand- und Cellulose-Präparate auf die alkoholische Gärung des Mostes. *Mitt. Klosterneuburg* 42: 13-15
- NIESSEN, C. 1997: Extraktsteigerung durch Hefen. *Dt. Weinmagazin* (18): 36-38
- RAIFER, B. 1999: Stickstoffversorgung und Weinqualität. *Obstbau-Weinbau* (5): 155-157
- RAUHUT, D. 2004: Nährstoffversorgung im Traubenmost. *Dt. Weinmagazin* (19): 12-18
- RAUHUT, D. (1994): Yeasts - Production of sulphur compounds. In: FLEET, G. (Ed.): *Wine Microbiology and Biotechnology*, Chapter 13. - Camberwell: Harwood, 1994
- 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, S. 127-143. - Stuttgart, 1998
- SABLAYROLLES, J.M. 1995: I mosti a rischio: ruolo dell'azoto e dell'ossigeno. *Vignevini* (4): 49-51
- SABLAYROLLES, J.M. 1996: Sluggish and stuck fermentations. Effectiveness of ammonium-nitrogen and oxygen additions. *Wein-Wiss.* 51(3): 147-151
- SALMON, J.M. 1989: Effect of sugar transport inactivation in *Saccharomyces cerevisiae* on sluggish and stuck enological fermentations. *Appl. Environ. Microbiol.* 55: 933-958
- TRIOLI, G. e PARONETTO, L. 1992: Relazioni tra componenti azotate dei mosti e qualità dei vini. *Vignevini* (1/2): 29-36
- TROGUS, H. und WIEDEMANN, J. 2001: Einsatz von Hefenährstoffen zur Gärung. *Bad. Winzer* (9): 22-24
- WÜRDIG, G. und WOLLER, R. (1989): *Chemie des Weines*. - Stuttgart: Ulmer, 1989

Manuskript eingelangt am 14. August 2008