

Einfluss von Hefe und Gärung auf die Säure

Hat die Hefe einen Einfluß auf das Säurebild der Weine, und können Abweichungen von der erwarteten Säure im Jungwein durch den Säuremetabolismus der Hefe erklärt werden? Volker Schneider, Schneider-Oenologie in Bingen, hat die Bedeutung von Hefestamm und Mostsäure untersucht.

Jungweine weisen in der Regel weniger Säure auf als die Moste, aus denen sie hervorgegangen sind. Diese banale Beobachtung gilt auch für die Mehrzahl der Fälle, in denen zum Beobachtungszeitpunkt noch kein bakterieller Säureabbau eingetreten ist. Ursache ist die Ausscheidung von Weinstein während und direkt nach der Gärung, wenn sich dessen Löslichkeit durch die Bildung von Alkohol und die nachfolgende Abkühlung verringert. Vordergründige Probleme mit leicht erhöhter Mostsäure können sich so von selbst lösen.

Weinstein ist das saure Kaliumsalz der Weinsäure. Daher kommt es bei seiner Ausscheidung zu einer Minderung von Weinsäure, titrierbarer Gesamtsäure und Kalium. In diesem Zusammenhang zieht eine Minderung der Gesamtsäure um 1,0 g/l einen Verlust von 2,0 g/l Weinsäure und 521 mg/l Kalium nach sich. In einer typischen Situation gehen auf diesem Weg 2 g/l Gesamtsäure verloren. Obwohl dieser Wert nur einen variablen Durchschnitt darstellen kann, hat er sich als Faustgröße bei der Entscheidung über Säurekorrekturen eingebürgert. So wird ein Säureverlust dieser Größenordnung in der Praxis berücksichtigt, wenn in Grenzsituationen über die Notwendigkeit einer Mostentsäuerung entschieden werden soll.

In jüngerer Zeit sind Abweichungen von dieser Regel aufgetreten, die als jahrgangstypisch interpretiert wurden. In Weißweinen des Jahrgangs 2004 ist die Säureminderung nach der Gärung nicht immer in dem gewohnten Ausmaß eingetreten. Besonders in den nördlichen Anbaugebieten Deutschlands wurden so Entsäuerungen im Jungwein erforderlich, wo sie ursprünglich nicht vorgesehen waren. Im säurearmen Jahrgang 2003 zeigten zahlreiche Weine nach der Gärung sogar mehr Gesamtsäure als im Most. In der Folge erwiesen sich einige der im Moststadium durchgeführten Aufsäuerungen als überflüssig oder gar kontraproduktiv.

Über die Ursachen dieser Anormalitäten wurde spekuliert. Eine mögliche Erklärung liegt in einem geringeren Ausfall von Weinstein und, damit einhergehend, einem weitgehenden Erhalt der ursprünglichen Weinsäure. Eine solche Hypothese ist plausibel vor dem Hintergrund, dass zur Fällung von Weinsäure als Weinstein auch Kalium gehört, welches in trockenen Jahren in geringerer Konzentration vorliegt. Moste mit geringem Kaliumgehalt scheiden weniger Weinstein aus (1). Eine andere Erklärung wurde in der Bildung von Säure durch die gärende Hefe gesucht. In säurearmen Mosten wurde eine erhöhte Synthese von Säuren angenommen. Bernsteinsäure, Citronensäure und Essigsäure sind bekannte Stoffwechselprodukte des Gärungsstoffwechsels.

Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen war die Säurebildung durch Hefen, ihre Abhängigkeit von der Ausgangssäure und der Beitrag von Einzelsäuren.

Säurebildung durch Hefe

Ein steriler und weinsteinstabiler Traubenmost wurde mit 16 verschiedenen Reinzuchthefen zu 20 g/hl beimpft. Die makroanalytischen Daten des Mostes waren: pH 3,40, Gesamtsäure 6,7 g/l, Zucker 185 g/l, FAN 200 mg/l. Die vollständige Vergärung erfolgte bei jeweils drei Temperaturen (10, 15 und 20°C), drei verschiedenen Vorklärstufen (20, 100 und 200 NTU) und zwei Varianten der Sauerstoffzufuhr (ohne bzw. mit 5 mg/l O₂ bei 40 % Vergärungsgrad). Pro Hefe standen so 18 Gärvarianten zur Verfügung. Säureminderung durch bakteriellen Säureabbau oder Weinsteinausfall waren durch die Vorbehandlung des Mostes ausgeschlossen.

Abbildung 1 zeigt, dass alle Hefen bei der Gärung Säure bilden in einem Ausmaß von 1,3 bis 1,8 g/l Gesamtsäure, ausgedrückt als Weinsäure. Die für die einzelnen Hefe angegebenen Werte entsprechen Mittelwerten aus allen 18 Gärvarianten pro Hefe. Trub und Sauerstoffzufuhr hatten keinen Einfluß auf die Säurebildung, während bei 10°C Gärtemperatur geringfügig (p=0,05) weniger Säure als bei 15 oder 20°C gebildet wurde.

Die aufsauernde Wirkung der Hefe tritt in der Praxis meist nicht in Erscheinung, weil sie durch gleichzeitig eintretende Säureverluste über Weinsteinausfall oder gar bakteriellen Säureabbau kompensiert und überlagert wird. Mit anderen Worten, die Säureminderung durch Weinstein ist größer als die Säurebildung durch Hefe.

Die Unterschiede im Säurebildungsvermögen von maximal 0,5 g/l zwischen den Hefestämmen sind nur im Einzelfall von Bedeutung und erscheinen keine Rechtfertigung, die Auswahl der Hefe nach diesem Kriterium zu treffen.

Kein Einfluß der Mostsäure

In einem zweiten Schritt wurde ermittelt, ob die Ausgangssäure des Mostes einen Einfluß auf die Säurebildung durch Hefe hat. Dazu wurde der gleiche Most durch Zugabe von Natronlauge bzw. Schwefelsäure auf 5,1, 5,8, 6,5, 7,5, 8,5 und 9,5 g/l Gesamtsäure eingestellt und mit fünf verschiedenen Hefen zu 20 g/hl bei 20°C vollständig vergoren. Abbildung 2 stellt die Ergebnisse dar.

Die bereits gezeigten Unterschiede zwischen den Hefen traten wiederum in Erscheinung mit hier bis zu 0,8 g/l Differenz in der Säurebildung. Die Ausgangssäure des Mostes zeigt sich hingegen völlig ohne Einfluß ($r = 0,08$) auf die säuernde Wirkung der Hefen. Jegliche Säurebildung während der Gärung ist somit nicht most-, sondern hefespezifisch. Eine erhöhte Säurebildung als Antwort der Hefe auf eine niedrige Ausgangssäure scheint ausgeschlossen.

Bedeutung der Einzelsäuren

Es ist nun interessant zu wissen, auf welche Einzelsäuren diese Säurebildung zurückzuführen ist. Bekannt ist die Synthese von Bernsteinsäure durch die Hefe. Sie beträgt in der Regel 0,2-0,8 g/l (2) und wurde hier nicht weiterverfolgt, da sie ohne weitreichende önologische Bedeutung ist. Citronen- und Essigsäure dagegen unterliegen gesetzlichen Grenzwerten, während die Äpfelsäure einem geringen Abbau durch Hefestämme der Gattungen *Saccharomyces cerevisiae* und *S. bayanus* unterliegt.

Mittels Isotachophorese wurde das Säurespektrum vor und nach der Gärung ermittelt. Die Differenzen in den Einzelsäuren sind in Abbildung 3 dargestellt. Von diesen Säuren ist die gebildete Essigsäure mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,81$ am meisten an der Zunahme der Gesamtsäure beteiligt. Ihre Synthese durch Hefen schwankt hier in einem Bereich von 0,1-0,3 g/l. Sie korreliert auch mit dem Zuckerumsatz (3).

An zweiter Stelle folgt die Citronensäure. In Mosten aus gesundem Lesegut liegt ihre Konzentration bei 0,1 g/l. Alle Hefen produzierten davon beachtliche Mengen, die im Einzelfall sogar 0,5 g/l überschritten.

Anders verhält es sich mit der Äpfelsäure. In einem geringen Ausmaß von ca. 0,5-1,0 g/l wurde sie durch alle eingesetzten Hefen gemindert, offensichtlich durch Umbau zu Ethanol (2). Eine starke Minderung der Äpfelsäure geht einher mit einer geringen Bildung von Gesamtsäure, während umgekehrt Hefe mit hoher Säurebildung einen entsprechend schwachen Abbau von Äpfelsäure zeigen.

Die Synthese von Essig- und Citronensäure sowie der Abbau von Äpfelsäure addieren sich in Hinblick auf die Zunahme der Gesamtsäure. Dem gegenüber steht die Bildung von Milchsäure mit maximal 0,4 g/l in keinem Zusammenhang ($r = 0,14$) mit der Erhöhung der Gesamtsäure. Ihre Bildung wird durch die Hydrierung von Pyruvat (2) während der Gärung erklärt.

Die Zusammenhänge zwischen Erhöhung der Gesamtsäure, Auf- und Abbau von Einzelsäuren, Hefe und Mostsäure wurden mittels einer Korrelationsmatrix quantifiziert, die in Tabelle 1 wiedergegeben ist. Die bereits gezeigten Zusammenhänge werden resümiert. Darüber hinaus wird eine deutliche Abhängigkeit der Essig- und Citronensäurebildung von der Hefe ausgewiesen. Der Abbau von Äpfelsäure hingegen steht in einem gewissen Zusammenhang mit der ursprünglichen Mostsäure.

Mittels des statistischen Verfahrens der Hauptkomponentenanalyse wurden alle Einzeldaten auf die in Abbildung 4 wiedergegebene Darstellung verdichtet und auf zwei Hauptkomponenten reduziert. Ein solches Vorgehen erlaubt, die analytischen Parameter in graphischer Form zu konzentrieren und wechselseitige Abhängigkeiten aufzudecken. Um Graphiken dieser Art interpretieren zu können, ist das Verständnis folgender Zusammenhänge unentbehrlich: Jeder Parameter ist durch einen Vektor (Pfeil) dargestellt, dessen Länge Auskunft darüber gibt, in welchem Ausmaß der betreffende Parameter zur

Unterscheidung der Varianten beiträgt. Die Winkel zwischen den Vektoren geben Auskunft über die Abhängigkeit zwischen den Parametern untereinander. Ein kleiner Winkel beschreibt einen engen positiven Zusammenhang, während ein 90°-Winkel besagt, dass die beiden Parameter in keinem Zusammenhang miteinander stehen. Ein 180°-Winkel weist eine absolut negative Korrelation zwischen beiden Parametern aus.

Entlang der Hauptkomponente 1 erkennt man auf der rechten Seite Mostsäure und Most-pH, die im Gegensatz zur Veränderung von Äpfel- und Milchsäure auf der linken Seite stehen. Hohe Mostsäure begünstigt geringfügig den Abbau von Äpfelsäure durch Hefen. Die Hauptkomponente 2 beinhaltet im wesentlichen Hefestamm, Erhöhung der Gesamtsäure und Bildung von Essig- und Citronensäure, welche als solche eng miteinander zusammenhängen, aber in keinem Zusammenhang mit Ausgangssäure, pH-Erhöhung oder der Synthese von Milchsäure stehen.

Zusammenfassung

Während der Gärung baut die Hefe geringfügig Äpfelsäure ab und bildet verschiedene andere organische Säuren. Die damit verbundene Erhöhung der Gesamtsäure wird überlagert von Säureverlusten durch Ausfall von Weinstein. Daraus resultiert in der Regel ein Nettoverlust von Säure, so dass Weine meist weniger Säure als die Moste aufweisen. Wird die ursprüngliche Gesamtsäure erhalten oder gar erhöht, ist die Ursache in einem geringeren Ausfall von Weinstein zu suchen. Die Säurebildung durch Hefe ist völlig unabhängig von der Ausgangssäure im Most, aber spezifisch für den einzelnen Hefestamm.

Literatur

1. Schneider, V. (1998): Kalium: Sensorische und önologische Differenzierung. DWZ 7, 36-39.
2. Usseglio-Tomasset, L.: Química enológica. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid 1998.
3. Delfini, C., Cervetti, F. (1991): Metabolic and technological factors affecting acetic acid production by yeasts during alcoholic fermentation. Vitic. Enol. Sci. 46, 142-150.

Was besagt der Korrelationskoeffizient ?

Korrelationskoeffizienten (r) liefern ein Maß für den Grad der Abhängigkeit zwischen zwei Parametern. Sie geben aber nicht nur Auskunft über die Stärke, sondern auch über die Richtung des Zusammenhangs und können Werte zwischen +1 und -1. Wenn $r = 1$ ist, hat man es mit einem absoluten funktionellen Zusammenhang zu tun. Bei $r = 0$ besteht überhaupt kein Zusammenhang. Ist der nachgewiesene Zusammenhang gegenläufig, nimmt r negative Werte an und man spricht von negativer Korrelation.

Tabelle 1: Zusammenhänge zwischen Säurebildung, Auf- und Abbau von Einzelsäuren, Hefe und Mostsäure (Korrelationsmatrix).

	Bildung von Citronensäure	Hefestamm	Bildung von Milchsäure	Abbau von Äpfelsäure	Mostsäure	Erhöhung Gesamtsäure
Bildung von Essigsäure	0,387 *	0,729 **	- 0,101	0,036	0,257	0,81 **
Bildung von Citronensäure		0,514 **	0,204	0,256	- 0,494 **	0,61 **
Hefestamm			0,084	0,301	0,000	0,79 **
Bildung von Milchsäure				0,436 **	- 0,324	0,13
Abbau von Äpfelsäure					0,442 **	- 0,41 *
Mostsäure						- 0,08
Most-pH						- 0,34 **

* Signifikanzniveau $p = 0,05$; ** Signifikanzniveau $p = 0,01$.

Abb. 3: Einfluß von Einzelsäuren auf die Bildung von Gesamtsäure bei der Gärung.

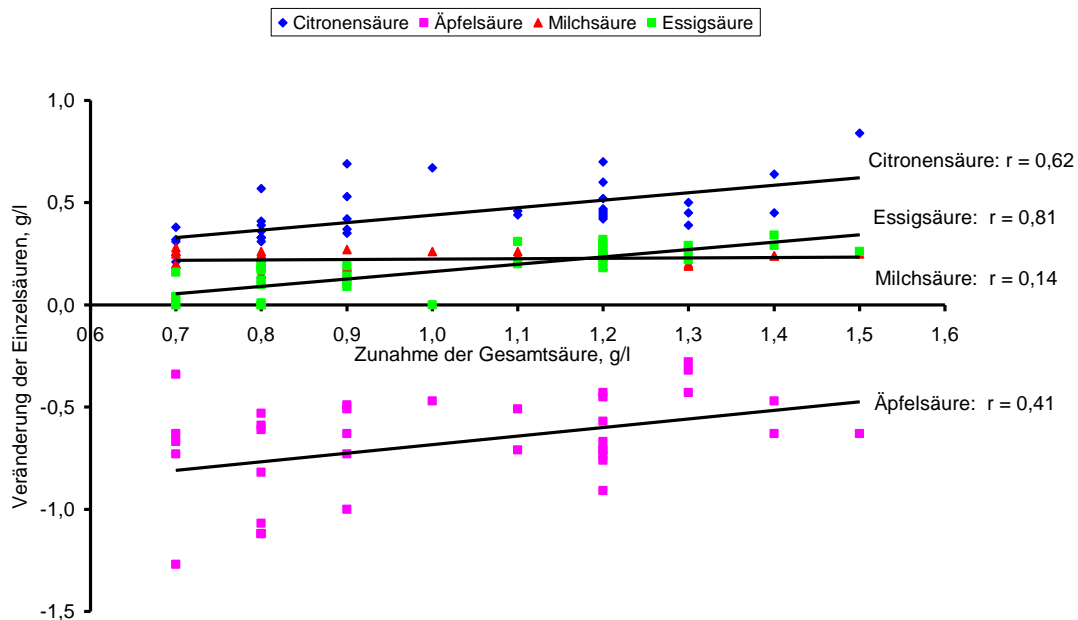


Abb. 2: Bildung von Säure (g/l) durch Hefen in Abhängigkeit von der Mostsäure.
Mittelwerte aus 5 Hefen, 20 g/hl in sterilem Most.

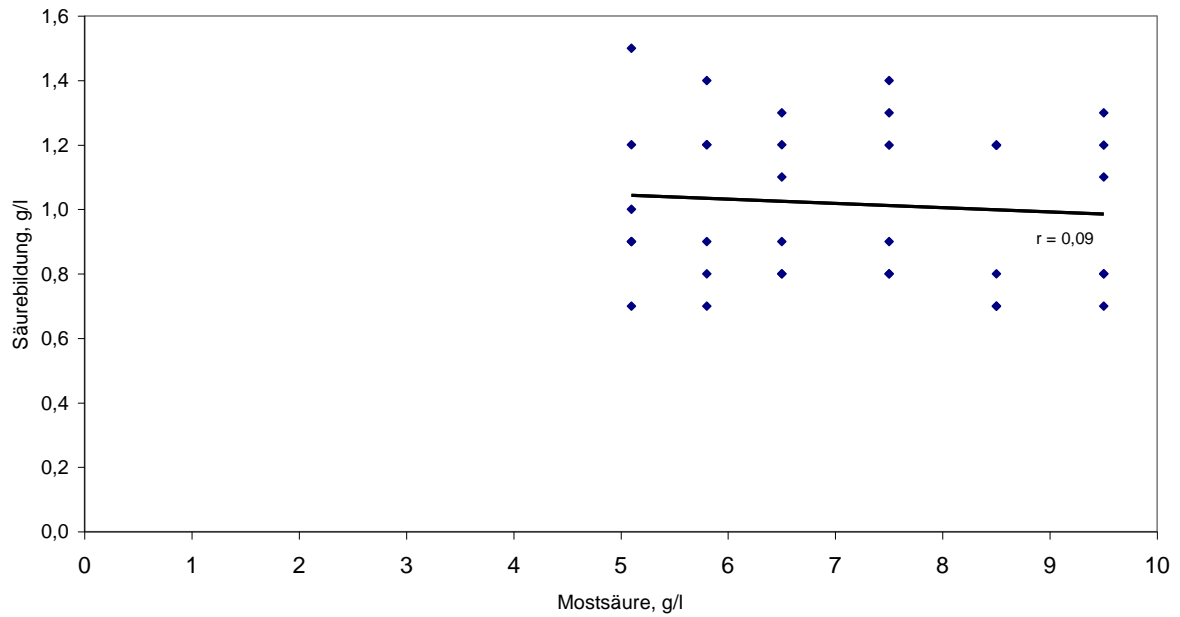


Abb. 1: Bildung von Gesamtsäure durch Hefen während der Gärung.
Steriler Traubersaft, Inokulation mit 20 g/hl Hefe. Mittelwerte aus 18 Gärvarianten pro Hefe.

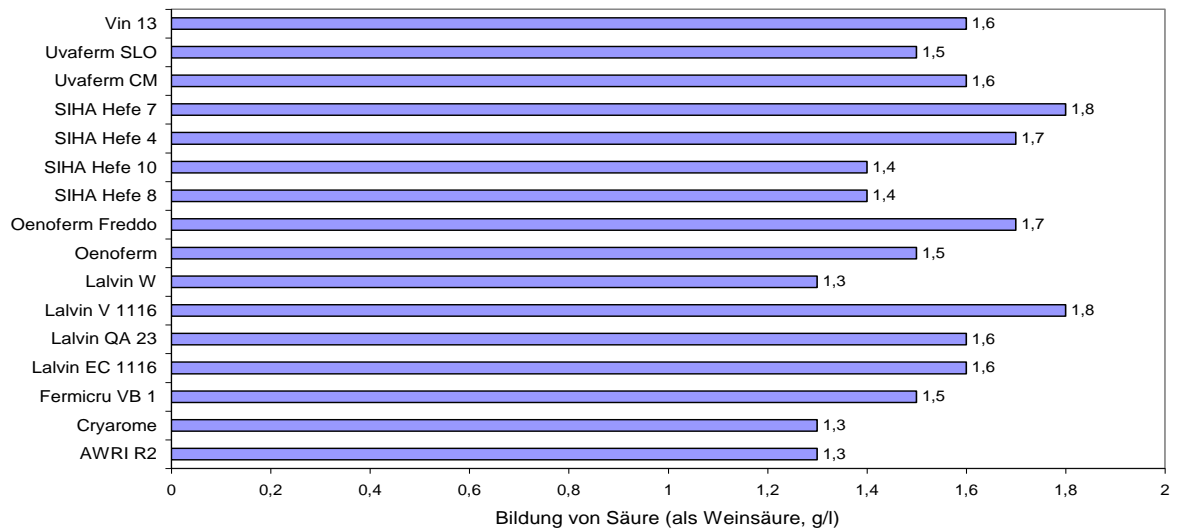


Abb. 4 : Säuremetabolismus der Hefe

