



Fotos: Bernhard Schandelmair

Bei Rotwein fällt die buttrige Diacetylnote kaum ins Gewicht, aber bei Weißweinen werden mehr als 2 mg/l von Verkostern als störend empfunden und sehr hohe Werte als Weinfehler angesehen.

BSA und das Diacetyl – für Anfänger

Wissen für die Kellerpraxis Simultan oder sequenziell? Und was gilt bei Weiß- und was bei Rotweinen? Bernhard Schandelmair, DLR Rheinpfalz, zeigt wichtige Fakten rund um den Biologischen Säureabbau. Gleichzeitig beschreibt er, wie das dabei entstehende Diacetyl die Weinaromatik beeinflusst.

Der Biologische Säureabbau (BSA) wandelt die saure Äpfelsäure in die mildere Milchsäure um. Verantwortlich dafür sind Milchsäurebakterien, die diesen Stoffwechsel ab einer ausreichend hohen Zellzahl von ein bis fünf Mio. Zellen pro ml in Gang setzen. Der BSA bringt für Rot- und Weißweine eine mikrobiologische Stabilisierung, spätere Nachgärungen durch Milchsäurebakterien sind damit ausgeschlossen. Dieser Umstand macht den BSA für Rotwein mit seinen gegenüber Weißwein höheren pH-Werten besonders wichtig, ist doch die Wirksamkeit von SO₂ im Rotwein sehr viel geringer.

Ein BSA verändert die Aromatik der Weine. Es kommt zur Neubildung von Aromastoffen. Wichtigste Substanz und am besten untersucht ist dabei Diacetyl. Dieser Aromastoff wird als nussig und buttrig wahrgenommen und ist deshalb von Interesse, weil er bereits in sehr geringen Konzentrationen gerochen werden kann. Diacetyl ist Bestandteil des natürlichen Butteraromas. Der Schwellenwert variiert je nach Wein. In einem neutralen Weißwein liegt der Schwellenwert bei Werten

von nur 0,2 mg/l, in einem dichten Rotwein bei Werten von fast 3 mg/l. Konzentrationen von mehr als 2 bis 5 mg/l werden von Verkostern als störend empfunden, sehr hohe Werte werden als Weinfehler angesehen.

Bei Weißwein erfolgt der BSA in den meisten Fällen zur Säureharmonisierung des Weines. Hier führt der BSA zu einem Wein, der weniger fruchtig, aber komplexer wirkt. Je nach Konzentration bestimmt Diacetyl ganz wesentlich die Qualität eines Weines. Heute erlaubt das Wissen über die biochemischen Hintergründe eine bessere Steuerung des Diacetylgehaltes im fertigen Wein. Ein BSA ist immer mit einem Anstieg der flüchtigen Säure um 0,1 bis 0,2 g/l verbunden.

Bildung von Diacetyl

Diacetyl kann sowohl durch Bakterien als auch durch Hefen gebildet werden. Die Diacetylbildung durch Hefen liegt mit unter 0,5 mg/l unter dem sensorischen Schwellenwert. Bakterien bilden je nach Bakterienstamm und BSA-Zeitpunkt stark unterschiedliche Diacetylgehalte.

Geringe Gehalte von 100 bis 300 mg/l Zitronensäure finden sich in allen Weinen. Diacetyl kann durch den Abbau von Citrat (Zitronensäure) entstehen. Citrat wird über das Enzym Citratlyase zu Pyruvat verstoffwechselt und dann weiter enzymatisch und chemisch zu Diacetyl umgewandelt. Die Bildung von Diacetyl direkt aus Pyruvat wurde erst 2014 nachgewiesen, davor galt allein Citrat als Ursprung des Diacetyls. Es zeigte sich aber, dass sich auch beim Einsatz sogenannter citratnegativer Bakterienkulturen, also Kulturen, denen das Enzym Citratlyase zum Abbau von Citrat fehlt, Diacetyl im Wein nachweisen ließ. Pyruvat ist ein zentraler Bauteil verschiedener Stoffwechselvorgänge und nahezu immer vorhanden. Die Bildung von Diacetyl ist immer eine Begleiterscheinung der alkoholischen Gärung und des BSA. Nur über den Abbau von Diacetyl kann es gelingen, einen Wein mit BSA und geringem Diacetylgehalt zu erzeugen.

Abbau des Diacetyls

Ein Abbau von Diacetyl kann allein durch die Weinhefe erfolgen. Wissenschaftlich bewiesen ist, dass während einer aktiven Gärung durch Hefen der Gattung *Saccharomyces cerevisiae* Diacetyl weitgehend abgebaut wird. Ob eine Restmenge an Diacetyl in einer für Hefen unzugänglichen Form vorliegt, ist zur Zeit noch Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Nach heutigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass eine Lagerung auf der Hefe oder ein Aufrühren der Hefe nach der Gärung umso stärker Diacetyl abbauen



Zur Diacetylbildung durch den BSA liefern am DLR Rheinpfalz umfangreiche Versuche.

GLOSSAR

- BSA ist der Biologische Säureabbau, auch malolaktische Gärung genannt.
- Citrat (Salz der Zitronensäure) ist in Most und Wein in Mengen von 100 bis 300 mg/l enthalten.
- Diacetyl ist eine organische Verbindung. Es besitzt einen ausgeprägten Geschmack und Geruch nach Butter. Es kann über Acetolactat weiter zu 2,3-Butandiol, das einen sehr viel höheren Wahrnehmungsschwellenwert besitzt, abgebaut werden.
- Pyruvat (Salz der Brenztraubensäure oder Acetylameisensäure) ist ein wichtiges Zwischenprodukt der alkoholischen Gärung und des BSA.
- Sequenzielle Beimpfung: Die Zugabe von Bakterien erfolgt erst nach der alkoholischen Gärung.
- Simultan: Nahezu gleichzeitige Zugabe von Hefen und Bakterien.
- Schwellenwert oder Wahrnehmungsschwelle ist der Gehalt, ab dem die Substanz zu riechen ist.
- Heterofermentative Bakterien können aus Äpfelsäure Milchsäure bilden und aus Glucose Essigsäure.
- Homofermentative Bakterien bilden nur Milchsäure als Hauptendprodukt.

kann, je lebensfähiger die Hefen zu diesem Zeitpunkt noch sind. Ein Abbau von Diacetyl sollte vor der ersten SO₂-Gabe auf den Wein erfolgen. Die Zugabe von SO₂ nach einem BSA führt zu einer Diacetyl-SO₂-Verbindung, die von Weinhefen unter Umständen nicht mehr abgebaut werden kann. Je höher der Diacetylgehalt im Wein und je kälter der Keller, desto später erfolgt die SO₂-Gabe. Als grober Richtwert gelten zwei Wochen Wartezeit zwischen Ende des BSA und erster SO₂-Gabe.

Umsetzung in der Praxis: Einsatz von Bakterienkulturen

Nach langjähriger Selektion gibt es heute eine große Auswahl an Bakterienstämmen mit verschiedenen Eigenschaften. Die Höhe der Diacetylbildung ist für Hersteller kommerzieller Bakterienkulturen ein immer wichtigeres Auswahlkriterium geworden. In der Tendenz sind bei allen Herstellern in dieser Hinsicht neue Produkte alten, die bereits sehr lange über den Handel vertrieben werden,

überlegen. Im Durchschnitt führen BSA-Kulturen bei Kosten von ungefähr 2 Cent/l zu einer stabilen Weinqualität mit durchgängig reintonigeren Weinen. Die vom Hersteller empfohlene Einsatzmenge ist geeignet, den BSA zeitnah beginnen zu lassen. Eine kostengünstige Variante, den BSA durchzuführen, liegt in einem Verschnitt mit einem anderen Wein, bei dem der BSA durch Bakterienkulturen gestartet wurde.

BSA und die Spontangärung

Bei einer spontanen alkoholischen Gärung ist der Verlauf der Gärung vielfältigen Einflussfaktoren unterworfen. Ein häufig anzutreffendes Phänomen dabei ist ein schleppender Gärverlauf mit langer Gärdauer, der zu einem BSA führt. Je nach Weinzusammensetzung, pH-Wert und Bakterienstamm kommt es zum BSA und/oder es kommt zur Bildung von mehr oder weniger großen Mengen an flüchtiger Säure. Weine mit einer natürlichen Restsüße von weniger als 5 g/l sind kaum noch gefährdet. Läuft die Gärung nach dem BSA weiter, sind in vielen Fällen die Diacetylgehalte besonders niedrig und sensorisch ist ein BSA nahezu nicht feststellbar. Ursache hierfür ist das Vorhandensein von aktiven Hefezellen nach dem BSA. Kommt es nach dem spontanen BSA nicht wieder zu einer aktiven alkoholischen Gärung, wird das Diacetyl bei weitem nicht so stark abgebaut.

Nur bei sehr niedrigen Säurewerten mit den damit einhergehenden hohen pH-Werten und bei biologisch belastetem Lesegut kommt es in Ausnahmefällen, zum Beispiel bei Portugieser in säurearmen Jahren, zu einem spontanen und simultanen BSA, der mit einem Mäuselton verbunden ist.

Simultane Beimpfung

Bei einer simultanen Beimpfung erfolgt die Zugabe von Hefen und Bakterien gleichzeitig oder fast gleichzeitig. Hersteller empfehlen dabei meist spezifische Kombinationen von Hefen und Bakterien, die nach ihren Erfahrungen besonders erfolgreich sind.

Nach aktuellem Kenntnisstand erfolgt die Bakterienzugabe einen Tag nach der Hefeinsaat. Ein frühes Ende des BSA noch während der alkoholischen Gärung führt zu niedrigen Diacetylgehalten, da die noch sehr aktiven Hefezellen das Diacetyl schnell abbauen. In vielfältigen und langjährigen Versuchen am

DLR Rheinpfalz wurden die hohen Abbauraten von Diacetyl mannigfach bestätigt.

Für den simultanen Säureabbau sprechen weitere Gründe: Die zum Zellaufbau der Bakterien notwendigen Zucker und Aminosäuren sind zu Beginn der alkoholischen Gärung in ausreichenden Mengen vorhanden. Das Wachstum der Bakterien wird nicht durch Alkohol behindert. Die warmen Temperaturen der Gärung beschleunigen den BSA.

Bei der simultanen Beimpfung werden die gezielt ausgewählten Bakterien durch die hohe Startzellzahl sehr früh zum dominanten Stamm im Most oder Wein. Die Konkurrenzflora begrenzt oder unterdrückt die Entwicklung aller anderen vorhandenen Bakterien im Medium.

Hetero- oder homofermentative Kulturen?

Der simultane BSA wird kontrovers diskutiert. Genau wie bei der Spontangärung besteht bei Gärstörungen ein hohes Risiko, dass heterofermentative Milchsäurebakterien der Gattung *Oenococcus oeni* aus dem verbleibenden Zucker (Glucose) flüchtige Säure bilden. Die dazu notwendigen pH-Werte von über 3,5 werden nach einem BSA sehr oft erreicht.

Unter dem Gesichtspunkt der Risikominimierung wäre die Verwendung homofermentativer Milchsäurebakterien der Gattung *Lactobacillus plantarum* besser. Diese bilden ausschließlich Milchsäure und können aus Glucose keine Essigsäure bilden. Die Ansprüche an die Lebensbedingungen sind bei *Lactobacillus plantarum* im Vergleich zu *Oenococcus oeni* sehr viel spezifischer. Der Most oder Wein sollte einen pH-Werte von über 3,4 und Äpfelsäuregehalte von unter 3 g/l besitzen. Bei pH-Werten unter 3,4 sterben die Bakterien nicht ab, sind aber je nach Wein nicht aktiv.

Lactobacillus plantarum-Stämme sind bereits, wenn auch in bislang geringer Verbreitung, seit vielen Jahren mit wechselnden Anwendungsempfehlungen auf dem Markt – vielleicht ein Beleg für die unterschiedlichen Eigenschaften der Stämme. Im Allgemeinen gelten Bakterien der Gattung *Lactobacillus plantarum* als nicht vermehrungsfähig in Wein. Die Bakterien werden deshalb heute mit einer Keimzahl, die keiner weiteren Vermehrung bedarf, zudosiert. Durch die hohe Einsaatmenge verdoppeln sich die Kosten gegenüber dem Einsatz von *Oenococcus oeni*.

Tab. 1: Diacetylgehalte in einem Weißburgunderwein, vergoren mit zwei Hefen und Einsatz von vier verschiedenen Bakterienstämmen

Sequenzieller BSA		Simultaner BSA		Differenz		
Hefestamm 1	Kontrolle ohne BSA	0,1 mg/l	Hefestamm 2	Kontrolle ohne BSA	0,1 mg/l	0 mg/l
	<i>Oenococcus oeni</i> -Stamm 1*	2,1 mg/l		<i>Oenococcus oeni</i> -Stamm 1	2,1 mg/l	0 mg/l
	<i>Oenococcus oeni</i> -Stamm 2	0,7 mg/l		<i>Oenococcus oeni</i> -Stamm 2	0,2 mg/l	0,5 mg/l
	<i>Oenococcus oeni</i> -Stamm 3	1,0 mg/l		<i>Oenococcus oeni</i> -Stamm 3	0,2 mg/l	0,8 mg/l
	<i>Lactobacillus plantarum</i>	1,1 mg/l		<i>Lactobacillus plantarum</i>	0,1 mg/l	1,0 mg/l

Quelle: Dr. Pascal Wegmann-Herr, DLR Rheinpfalz 2016

* Stamm 1 ist eine Bakterienkultur, die schon lange auf dem Markt erhältlich ist, die Stämme 2 und 3 und der *Lactobacillus plantarum* sind zum Teil erst seit deutlich kürzerer Zeit auf dem Markt erhältlich.



Foto: Bernhard Schandelmair

Für den Zeitpunkt des BSA gelten in der Rotweibereitung andere Faktoren als bei Weißwein, zum Beispiel läuft bei den hier abgebildeten Weinen der Biologische Säureabbau immer noch.

Sequenzielle Beimpfung

Die sequenzielle Beimpfung ist die traditionelle Form, mit der Bakterienstarterkulturen dem Wein zugegeben werden. Diese Vorgehensweise übernahm die seit Jahrtausenden übliche Reihenfolge der Weinwerdung. Auf die alkoholische Gärung folgt – mit unterschiedlicher Verzögerung – spätestens in dem auf die Ernte folgenden Sommer der BSA. Die Entwicklung eines spontanen BSA wird durch niedrige pH-Werte, SO₂ und in geringerer Maße vom Alkoholgehalt und der Lagertemperatur begrenzt. In umfangreichen Versuchsreihen bei Weißweinen führte eine sequenzielle Beimpfung nahezu immer zu höheren Diacetylgehalten im Wein. Die daraus in Verbindung mit einer frühen SO₂-Gabe resultierenden Karamell- und Butter-Aromen können ein Stilelement des Weines sein.

BSA bei Rotwein

Ein BSA ist bei Rotwein fester Bestandteil der Weinbereitung. Die Durchführung des BSA orientiert sich bei Rotwein zum Teil an anderen Maßstäben als bei Weißwein. Bei Weißwein bestimmt der gewünschte Diacetylgehalt den Zeitpunkt des BSA. Bei Rotwein ist der Diacetylgehalt weniger von Bedeutung. Der Schwellenwert ist so hoch, dass Diacetyl in Rotwein meist nicht oder weniger störend wahrgenommen wird, dies gilt besonders beim Einsatz von Holz und bei längerer Lagerung. Bei Rotwein steht die Reifung durch das Holzfass oder

Barrique im Vordergrund und damit verbunden ein kontrollierter Eintrag von Sauerstoff. Kommt Sauerstoff zum Wein, so bildet sich – solange noch keine SO₂-Gabe erfolgt ist – Acetaldehyd.

Acetaldehyd wird zum Brückenbildner der Polymerisation monomere Farb- und Gerbstoffe. Monomere sind niedermolekulare, reaktionsfähige Moleküle. Die chemische Reaktion der Polymerisation macht aus vielen niedermolekularen Molekülen ein einziges Molekül, das sogenannte Polymer. Die entstehenden polymeren Pigmente zeigen einen veränderten, oftmals intensiveren Rotton und können nicht mehr durch SO₂ gebleicht werden. Aus den harten, unreifen Gerbstoffen werden samtige Tannine. Der Sauerstoffeintrag ist eine Gratwanderung, zwischen intensiver roter Farbe mit weichen Tanninen und braunen Pigmenten mit trockenen Gerbstoffen. Entsteht mehr Acetaldehyd als von den Farb- und Gerbstoffen verbraucht wird, kommt es zu einer Oxidation des Weines. Starke Oxidation führt zum Verlust von Aromastoffen, Braunfärbung und der Entstehung von flüchtiger Säure.

Oxidationsrisiko

Die Phase zwischen Ende der Gärung und Beginn des BSA hat ein geringes Risiko für Oxidation. Im Überschuss vorhandenes Acetaldehyd ist nach einem BSA abgebaut, da es ein Stoffwechselprodukt beim BSA ist. Unter ungünstigen Bedingungen können BSA-

Bakterien auch Acetaldehyd bilden. Die Phase zwischen Ende des BSA und erster SO₂-Gabe hat ein hohes Risiko für Oxidation. Eine chemisch-analytische Bestimmung von freiem Acetaldehyd kommt in der Praxis nicht zum Einsatz, weil sie aufwendig und teuer ist. In der Praxis erfordert die sensorische Acetaldehyd-Kontrolle Training und Erfahrung. Während geringe Gehalte angenehm an Kirschrucht erinnern, wirken hohe Gehalte schnell oxidativ. Wird mit der Zeit mehr Acetaldehyd gebildet als an Farbe und Gerbstoffe gebunden werden kann, kommt es zur Oxidation des Weines, die nur eine zeitnahe SO₂-Gabe verhindern kann.

Die Lagerung im Holzfass oder Barrique nach dem Ende des BSA ohne SO₂-Gabe bleibt aufgrund der Unsicherheit der sensorischen Kontrolle mit einem gewissen Risiko verbunden. Und so gilt: Ein langer und später BSA ermöglicht eine spätere SO₂-Gabe als ein BSA, der kurz nach der Gärung abgeschlossen ist. Die spätere SO₂-Gabe führt zu geringen Gehalten an gesamter SO₂ zum Zeitpunkt der Füllung. In der Praxis verzögern Betriebe bei hochwertigen Spätburgundern durch SO₂-Gaben zur Maische und kühlere Lagertemperaturen im Barriquelager den BSA bis ins Frühjahr oder Sommer. Bei früh zu füllenden, in der Maische kurzzeitig hocherhitzten Rotweinen könnten Betriebe dagegen einen simultanen BSA bevorzugen.

Für alle im Wein lebensfähigen Bakterien bietet die Phase zwischen alkoholischer Gärung und BSA vielfältige Möglichkeiten der Entwicklung. BSA-Kulturen führen auch bei Rotwein zu durchgängig reintonigeren Weinen, da auch hier Konkurrenzflora die Entwicklung aller anderen vor-

handenen Bakterien im Medium begrenzt. Mögliche Begleitschäden eines späten BSA, der dann meist spontan erfolgt, sind Fehltonen im Wein. Die Gefahr für Mäusel- und Mufftöne steigt bei belastetem Lesegut und mit höheren pH-Werten.

Fazit

Die Bildung von Diacetyl ist Teil des BSA. Wissenschaftlich bewiesen ist, dass während einer aktiven Gärung durch Hefen der Gattung *Saccharomyces cerevisiae* Diacetyl weitgehend abgebaut wird. Bei Weißweinen sind besonders geringe Diacetylgehalte erwünscht, die simultane Beimpfung, bei der alkoholische Gärung und BSA gleichzeitig verlaufen, ist hier das Mittel der Wahl. Ein simultaner BSA ist nur durch Zugabe von Bakterienkulturen möglich geworden. Unter dem Gesichtspunkt der Risikominimierung wäre die Verwendung homofermentativer Milchsäurebakterien der Gattung *Lactobacillus plantarum* besser geeignet als die üblichen Bakterien der Gattung *Oenococci oeni*. *Lactobacillus plantarum* gilt als ausgesprochen sensibel.

Bei im Holzfass oder Barrique ausgebauten Rotweinen spielt der Sauerstoffeintrag während der Reifung eine besondere Rolle. Der Sauerstoffeintrag ist eine Gratwanderung zwischen intensiver roter Farbe mit weichen Tanninen und braunen Pigmenten mit trockenen Gerbstoffen. Die Phase zwischen Ende der Gärung und Beginn des BSA hat ein geringes Risiko für Oxidation. Ein langer und später BSA ermöglicht eine spätere SO₂-Gabe, als ein BSA, der kurz nach der Gärung abgeschlossener ist.

Literatur kann beim Autor angefragt werden. ■

NEU!
Keller Most-Sulfit®

- das flüssige SO₂ als KD-Ersatz
- leicht dosierbar mit Dosierbecher
- sicher, schnell, zuverlässig

Max F. Keller GmbH
Einsteinstraße 14a
D-68169 Mannheim
Telefon (06 21) 32279-79
Telefax (06 21) 32279-27
www.keller-mannheim.de

Erfolg durch optimale
Getränkebehandlung