

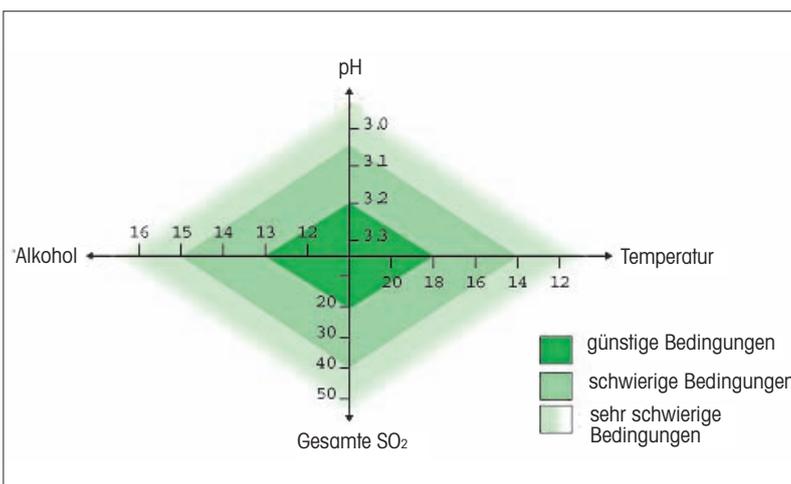
Überlegungen zum Biologischen Säureabbau

Obwohl der Biologische Säureabbau (BSA) im (Rot)wein ein altbekanntes Phänomen der Vinifikation darstellt, haben wir längst nicht alle Faktoren im Griff, die für seine Auslösung und den reibungslosen Ablauf verantwortlich sind. In den letzten Jahren stehen den Winzern zuverlässige kommerzielle Bakterienkulturen für die Einleitung eines BSA zur Verfügung. In der vorliegenden Zusammenstellung werden die einzelnen Einflussparameter aufgelistet, die bei der Verwendung von BSA-Starterkulturen berücksichtigt werden müssen und detailliert ihre Bedeutung für den Einsatz kommerzieller Präparate unter Praxisbedingungen beschrieben.

SIBYLLE KRIEGER-WEBER, LALLEMAND, MÜNCHINGEN (D)
skrieger@lallemand.com

Der Biologische Säureabbau (BSA) wird im Allgemeinen lediglich als Abbau von Äpfelsäure in Rotwein (und manchen Weissweinen) angesehen, begleitet von einer Freisetzung von CO₂, der Bildung von Milchsäure und damit einer Verminderung des Gesamtsäuregehalts. Diese Beschreibung ist jedoch eine zu starke Vereinfachung dieser Prozesse. Die Umwandlung von Äpfelsäure zu Milchsäure verleiht mikrobiologische Stabilität, während die Bildung verschiedener anderer Komponenten auch sensorische Auswirkungen hat. Es versteht sich von selbst, dass die Gesamtsäurereduktion, die mit einem Ansteigen des pH-Werts einhergeht, bessere, «weichere» und «runder» Weine mit mehr Körper erzeugt (Bauer und Dicks 2004, Davis et al. 1985).

Abb. 1: Faktoren, welche die Durchführbarkeit des BSA beeinflussen.



Früher wurde der BSA überwiegend von bereits im Wein vorhandenen Bakterien durchgeführt, jedoch nicht immer mit dem erwünschten Ergebnis. In den letzten Jahren stehen zuverlässige kommerzielle Bakterienkulturen für die BSA-Einleitung zur Verfügung. Diese Kulturen werden nach strengen Kriterien ausgewählt und sind in der Lage, unter extrem schwierigen Bedingungen einen BSA durchzuführen. Sie haben eine positive Wirkung auf das sensorische Profil des Weins und tragen zur Komplexität und zu einem erhöhten Mundgefühl «mouthfeel» bei (Bauer und Dicks 2004, Davis et al. 1985).

Eine Reihe von Faktoren – einige davon sind gut bekannt, andere weniger – haben einen wesentlichen Einfluss auf den Verlauf des BSA. Sie werden im Folgenden detailliert vorgestellt, um das Verständnis für den BSA als Prozess und seine Beeinflussungsmöglichkeiten zu verbessern.

Schon länger bekannte Einflüsse auf den BSA

Die bekanntesten, den BSA beeinflussenden Faktoren sind SO₂- und Alkoholgehalt, pH-Wert sowie die Temperatur. Um einen erfolgreichen BSA sicherzustellen, müssen diese chemisch-physikalischen Parameter im Rahmen der Grenzwerte liegen, die ein Funktionieren der Bakterienkulturen gewährleisten (Abb. 1). Es ist wichtig zu wissen, dass diese Größen synergetisch wirken, das heisst, dass die Gesamtheit der Einflüsse eine grössere Wirkung hat als die Summe der Einzeleinflüsse. Ebenso kann der günstige Einfluss einer Komponente die hindernde Wirkung einer oder mehrerer anderer Komponenten ausgleichen. Die Vorgaben der Hersteller von Starterkulturen sind bei der Anwendung zwingend einzuhalten (Bauer und Dicks 2004, Davis et al. 1985), auch wenn die genaue Zuordnung der Variablen zu den verschiedenen Einflussfaktoren schwierig ist. Ein Festhalten an dieser Regel ist vielleicht der wichtigste Garant für einen erfolgreichen BSA (Tab. 1).

Unter bestimmten Klimabedingungen kann es schwierig sein, einen Wein innerhalb der Grenzwerte zu halten. Rotweine, die mit hoher Reife gelesen werden und folglich hohe Alkoholgehalte aufweisen, stellen ein typisches Beispiel dafür dar. Hier ist es wichtig, sowohl einen geeigneten Hefestamm für die alkoholi-

Toleranz gegenüber schwierigen Weinbedingungen.

Starterkultur	Maximale Leistungsgrenzen			Gesamte SO ₂ in mg/L
	Alkoholgehalt in %	pH-Wert	Minimale Temperatur	
LALVIN® 31	14	> 3.1	13	< 45
UVAFERM® ALPHA	15.5	> 3.2	14	< 50
UVAFERM® BETA	14.5	> 3.2	14	< 60
LALVIN® ELIOS 1	15.5	> 3.4	18	< 50
LALVIN® VP 41	15.5	> 3.2	16	< 60

sche Gärung als auch einen adaptierten Bakterienstamm zur Durchführung des BSA auszuwählen. Aber selbst wenn alle chemisch-physikalischen Voraussetzungen in den vorgegebenen Rahmen fallen, kann sich der Verlauf eines BSA gelegentlich problematisch gestalten. Mögliche Ursachen für diese Unregelmäßigkeiten werden nachfolgend beleuchtet.

Weniger bekannte Einflüsse auf den BSA

Eine Reihe von weniger bekannten Faktoren kann den Verlauf des BSA beeinflussen. Die Tatsache, dass sie weniger bekannt sind, heisst nicht, dass ihre Wirkung weniger bedeutend ist. Zu diesen Einflussfaktoren gehören:

Tannine

Jüngste Forschungsergebnisse zeigen, dass einige Traubentannine, speziell solche aus den Samen, eine negative Wirkung auf die Milchsäurebakterien (und damit auf den Verlauf des BSA) haben können. So kann sich zum Beispiel die erfolgreiche Einleitung eines BSA in bestimmten Rotweinsorten wie Merlot schwierig gestalten.

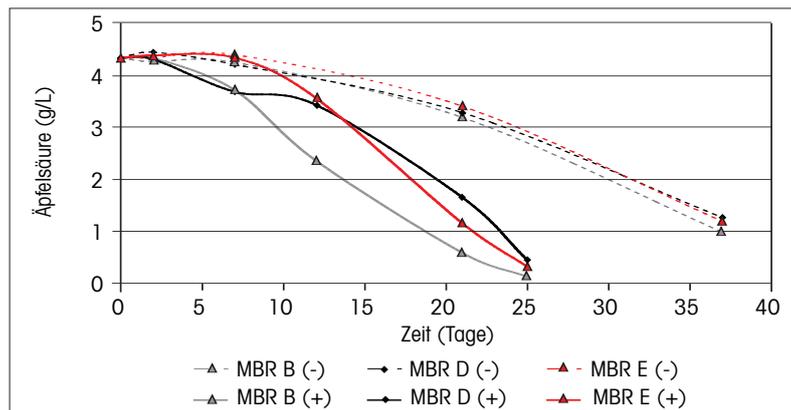
Neuste Ergebnisse von Lallemand zeigen weiter, dass Zusätze von phenolischen Verbindungen zu synthetischen Labormedien das Wachstum von Bakterienstämmen beeinflussen können. Die Wirkung auf das Wachstum kann je nach Bakterienart, der jeweiligen Substanz und deren Konzentration positiv oder negativ ausfallen. So wirkte sich Kaffeesäure in Konzentrationen von 50 mg/L und 100 mg/L positiv auf das Wachstum der Bakterien und den Abbau von Äpfelsäure aus. Auf der anderen Seite wirkte sich Ferulasäure ungünstig auf dieselben Parameter aus; es besteht jedoch eine deutliche Abhängigkeit vom Stamm der verwendeten Bakterien. Am stärksten hemmend unter den Kaffeesäurederivaten war p-Cumarsäure. Ihre Hemmwirkung stieg zudem mit steigender Konzentration weiter an. Diese Ergebnisse stimmen im Wesentlichen mit früheren Resultaten anderer Forschergruppen überein (Kunkee 1967). Unter solch erschwerten Bedingungen muss ein Nährstoffzusatz in Betracht gezogen werden, der den Verlauf des BSA unterstützt.

Geeignete Hefestämme

Es ist bekannt, dass gewisse Hefestämme besser mit bestimmten Bakterien zusammenwirken und somit einen erfolgreichen Verlauf des BSA gewährleisten. Andererseits bilden Hefestämme unter speziellen Bedingungen viel SO₂, das seinerseits eine negative Wirkung auf das Wachstum und Überleben der Milchsäurebakterien hat. Ebenso können Hefestämme, die einen sehr grossen Nährstoffbedarf aufweisen, das Medium dermassen abreichern, dass keine Reserven für ein Bakterienwachstum mehr vorhanden sind. Um diesem Problem entgegenzuwirken, müssen bei den dafür bekannten Hefen spezielle Nährstoffstrategien zu einem frühen Zeitpunkt der alkoholischen Gärung eingesetzt werden.

Nährstoffdefizite

Eine ausreichende Nährstoffversorgung der Bakterien ist für einen erfolgreichen BSA äusserst wichtig. Bei



den schwierigen pH-, SO₂-, Alkohol- und Stickstoffbedingungen, die im Wein vorherrschen, ermöglicht die Nutzung von Zusatznährstoffen ein Überleben und die Vermehrung von *Oenococcus oeni*. Die sorgfältige Aufbereitung der BSA- Starterkulturen und ein angemessener Einsatz von Nährstoffzusätzen, die für diese Starterkulturen entwickelt wurden, garantierten einen zügigen BSA-Start. Dies wird in Abbildung 2 veranschaulicht: Sie zeigt die Ergebnisse der Beimpfung eines Chardonnay-Weins mit einer BSA-Starterkultur in Anwesenheit und Abwesenheit des BSA-Nährstoffzusatzes Opti'Malo Plus. Der Verlauf des Äpfelsäureabbaus erfolgt bei allen drei Starterkulturen (Lalvin VP41 (B), Uvaferm ALPHA (D) und Lalvin VP41 (E)) nach Zugabe eines Nährstoffzusatzes bedeutend schneller. Im Vergleich wurde ohne Zugabe des Nährstoffpräparats in den ersten 20 Tagen maximal nur 1 g/L Äpfelsäure abgebaut.

Eine gute Hygienepraxis im Keller und die Zugabe von selektierten Milchsäurebakterienkulturen sind sachlich miteinander verknüpft. Unter fast sterilen Bedingungen sind Nährstoffzusätze zwingend nötig für eine ausreichende Versorgung der zugesetzten Bakterien mit essenziellen Nährstoffen. Es ist sicherzustellen, dass ein BSA immer unter hygienischen Bedingungen abläuft und dass genügend SO₂ im Wein vorhanden ist, um die endogenen Bakterienpopulationen zu kontrollieren. Es ist ebenfalls wichtig sicherzustellen, dass für die erfolgreiche Durchführung eines BSA der Wein mit der empfohlenen Menge einer kommerziellen Kultur beimpft wird, damit nach Zugabe eines Nährstoffpräparats auch genügend «gute» Bakterien im Wein vorhanden sind. Tatsache ist, dass eine Nährstoffzugabe niemals empfohlen werden kann, wenn man sich für die Durchführung eines BSA mit den spontan vorkommenden – und zum Teil auch sehr problematischen – Milchsäurebakterien-Populationen verlässt.

Trubdepot

Der Trub, der sich am Boden eines Tanks absetzt, kann aufgrund des hydrostatischen Drucks so kompakt werden, dass die darin befindlichen Hefen, Bakterien und Nährstoffe «eingekapselt» werden und damit nicht mehr aktiv sind. Es wurde beobachtet, dass die Grösse beziehungsweise die Höhe der Tanks mit der Verzögerung des BSA-Beginns korreliert. Dem Problem des erschwerten BSA-Starts in hohen Tanks kann entgegen gewirkt werden, indem entweder am Tag der Beimp-

Abb. 2: Verlauf des Äpfelsäureabbaus in einem 2003 Chardonnay-Wein (F) mit (+) und ohne (-) Zusatz von Opti'Malo Plus (Alkohol 14.1%, Gesamt SO₂ 14 mg/L, pH 3.38).

fung selbst oder am Tag danach der Wein mit den Bakterien umgepumpt wird (Kunkee 1967). Eine generelle Empfehlung wäre, ein mindestens einmal wöchentliches Aufrühren des Tankinhalts, um damit sicherzustellen, dass Bakterien und Nährstoffe in Suspension bleiben und sich nicht definitiv absetzen.

Restaktivität von Lysozym

Wenn Lysozym während der Weinherstellung eingesetzt wurde, können noch verbliebene Reste des Enzyms den Eintritt des BSA negativ beeinflussen. Empfehlungen der Hersteller bezüglich der einzuhaltenen Zeitspanne zwischen der Zugabe von Lysozym und der Beimpfung mit der kommerziellen Milchsäurebakterienkultur müssen sorgfältig beachtet werden. In den meisten Fällen wird ein vorgängiges Abstechen des Weins vom Trub empfohlen.

Exzessive Sauerstoffgehalte

Es hat sich gezeigt, dass Milchsäurebakterien empfindlich auf erhöhte Sauerstoffgehalte reagieren. Das bedeutet, dass nach Ende der alkoholischen Gärung die Bakterien nicht übermässigen Sauerstoffmengen ausgesetzt werden dürfen. Obwohl sogar geringe Sauerstoffkonzentrationen negativ sein können, scheint die Mikrooxygenierung dank dem damit verbundenen, sanften Rühren eine positive Wirkung auf den BSA auszuüben.

Fungizidrückstände

Rückstände von Schädlingsbekämpfungsmitteln und besonders von gewissen Fungiziden können eine schädliche Wirkung auf die Milchsäurebakterien ausüben. Am negativsten wirken Rückstände systemischer Präparate, die zur Botrytisbekämpfung eingesetzt werden. Besondere Vorsicht ist daher in feuchten Jahren mit hohem Graufäuleddruck geboten. Kellermeister sollten mit den Spritzprogrammen und den Pflanzenschutz-Produkten vertraut sein und sich unbedingt an die vorgeschriebenen Wartezeiten für die verschiedenen Fungizide halten (Bauer und Dicks 2004; Bordons et al. 1998). Wenig bekannt ist, ob nicht auch die Abbauprodukte von Pestiziden eine Hemmwirkung auf die Milchsäurebakterien im Wein haben können.

Ursprünglicher Äpfelsäuregehalt

Der Gehalt an Äpfelsäure ist von Rebsorte zu Rebsorte verschieden und variiert je nach Reife zudem innerhalb der gleichen Sorte von Jahr zu Jahr. Deshalb

kann sich im Zusammenwirken mit anderen Faktoren auch die Dauer des BSA von einem Jahr zum andern unterscheiden. Besonders schwierig ist, einen BSA in Weinen mit Äpfelsäuregehalten unter 0.8 g/L einzuleiten. In diesen Fällen wird der Einsatz von BSA-Starterkulturen mit einer hohen Malatpermease-Aktivität empfohlen, die den Transport von Äpfelsäure ins Zellinnere der Bakterien erhöht.

Fettsäuren

Ein erfolgreicher BSA hängt zu einem grossen Teil von der Fähigkeit der BSA-Starterkulturen ab, die Lebensfähigkeit der Zellen im Wein zu erhalten. Um dies sicherzustellen, sind ausreichende Ölsäure-Gehalte im Medium notwendig. Letztlich scheint der Erfolg sogar abhängig von der Fähigkeit der Bakterienstämme, Ölsäure zu assimilieren. Praktiken wie die Mostklärung können zu einem Ölsäuremangel im Wein führen. Unter diesen Voraussetzungen hängt der Erfolg des BSA dann grösstenteils von den Gehalten an Ölsäure (C18:19) und zyklischer Lactobacillinsäure (C19:C9) ab, die im Bakterienstamm selbst vorhanden sind (Bauer und Dicks 2004). Mittelkettige Fettsäuren dagegen können einen negativen Einfluss auf den Verlauf eines BSA haben. Alexandre et al. (2004) und Edwards et al. (1990) haben gezeigt, dass der Antagonismus zwischen bestimmten Hefen und Milchsäurebakterien mit der Bildung einiger mittelkettiger Fettsäuren (C6 bis C 2) aus dem Hefestoffwechsel erklärt werden kann (Alexandre et al. 2004, Deltteil 1985 pers. Mittlg.).

Literatur

- Alexandre H., P. Costello J., Remize F., Guzzo J. und Guilloux-Benatier M.: Saccharomyces cerevisiae-Oenococcus oeni interactions in wine: Current knowledge and perspectives. *Int. J. Food Microbiol.* 93:141–154, 2004.
- Bauer R. und Dicks L. M. T.: Control of malolactic fermentation in wine: A review. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* Vol. 25/2:74–88, 2004.
- Bordons A., Carme Masque M. und Vidal M.: Isolation and selection of malolactic bacteria and effect of pesticides. *The Management of Malolactic Fermentation and Quality of Wine, Lallemand Technical Meeting, Verona, Italy, 16–17, April 1998, 51–56, 1998.*
- Davis C., Wibowo D., Eschenbruch R., Lee T. H. und Fleet G. H.: Practical implications of malolactic fermentation: A review. *Am. J. Enol. Vitic.* 36:290–301, 1985.
- Deltteil D.: Persönliche Mitteilung. (Mr. Deltteil ist Berater für die Weinindustrie.), 1985.
- Edwards C. G., Beelman R. B., Bartley C. E. und McConnell A. L.: Production of decanoic acid and other volatile compounds and the growth of yeast and malolactic bacteria during vinification. *Am. J. Enol. Vitic.* 41:48–56, 1990.
- Kunkee R. E.: Malolactic fermentation. *Adv. Appl. Microbiol.* 9:235–279, 1967.

RÉSUMÉ

Réflexions au sujet de la fermentation malolactique

Le vin n'est pas un milieu naturellement propice à la prolifération de microorganismes, car sa teneur en acide global et en alcool est relativement élevée, le pH est bas et il contient souvent une quantité assez importante de dioxyde de soufre. Ces paramètres sont d'ailleurs, à côté de la température, les facteurs dont on connaît le mieux l'influence sur une fermentation malolactique plus ou moins réussie. Rappelons que l'effet de ces facteurs est synergétique. Mais même quand tous ces facteurs chimiques se situent dans le cadre désiré, il se peut que le déroulement de la fermentation malolactique connaisse des difficultés. L'article se penche sur des facteurs d'influence moins connus tels que la structure tannique, l'influence de la souche de levures, les déficits en substances nutritives ou les résidus de produits phytosanitaires.