

Mikroorganismen beim biologischen Säureabbau und Weinausbau

Mit der alkoholischen Gärung ist der Prozess der Weinbereitung noch nicht abgeschlossen. In allen Rotweinen und in vielen Weissweinen folgt der biologische Säureabbau. Der Weinausbau in Holzfässern von der Grösse eines Barrique bis zum grossen Holzfass von einigen Tausend Litern Fassungsvermögen ist in der Weinbereitung sehr verbreitet. Der Kellermeister muss darauf achten, dass in dieser Phase der Weinproduktion nur «gute», erwünschte Mikroorganismen aktiv sind. Falls sich unerwünschte Mikroorganismen vermehren, können Weinfehler entstehen, die mit den Ausdrücken «Mäuselton, Lindton, Brettanomycesnote, Diacetylton, Biogene Amine, Essigstich, Esternote usw.» bezeichnet werden.

JÜRIG GAFNER,
EIDGENÖSSISCHE FORSCHUNGSANSTALT WÄDENSWIL

In diesem Artikel werden die Bedingungen beschrieben, welche die Etablierung der erwünschten Milchsäurebakterien für den biologischen Säureabbau ermöglichen. Ausserdem wird auf verschiedene Weinfehler eingegangen, die durch die Aktivitäten von unerwünschten Mikroorganismen beim Weinausbau entstehen können.

Die Säuren im Most und Wein

Die wichtigsten Säuren im Traubensaft und im Jungwein sind die Äpfel- und Weinsäure. Diese beiden Säuren finden sich sowohl im Traubensaft als auch im Jungwein in gleichen Konzentrationen. Warum wird ein Traubensaft viel weniger sauer empfunden als ein Jungwein? Der Zuckeranteil im Traubensaft maskiert die Säure. Sobald der Zucker vergoren ist, wird die Säure wesentlich stärker wahrgenommen. In allen Rotweinen und in vielen Weissweinen wird die Äpfelsäure von Mikroorganismen in Milchsäure umgewandelt. Dieser Prozess wird in der Weinbereitung biologischer Säureabbau (BSA) genannt. Im Verlauf des BSA wird die zweiwertige Äpfelsäure zur einwer-

tigen Milchsäure abgebaut. Sobald die Weine für den weitem Ausbau oder zur Reifung kühl gelagert werden, fällt die Weinsäure – je nach Kaliumgehalt der Weine bis zu 50% – in Form von Weinstein (Kaliumtartrat, Abb. 1) aus, was ebenfalls zur Säurereduktion beiträgt. Neben verschiedenen anderen Säuren wie der Zitronen- und Bernsteinsäure, die in geringen Konzentrationen in Weinen zu finden sind, muss man hier auch die unerwünschte Essigsäure nennen, von der während der ganzen Weinproduktion eine möglichst niedrige Konzentration angestrebt wird. Der biologische Säureabbau führt neben der Säurereduktion auch zu einer Veränderung in der Aromatik; vor allem die vegetativen Noten verschwinden.

Mikroorganismen für den biologischen Säureabbau – ideal bei pH 3,4

Nach der alkoholischen Gärung sind im Jungwein drei Milchsäurebakterienarten befähigt die Äpfelsäure in Milchsäure umzuwandeln. Bakterienstämme der Art *Oenococcus oeni* (früher *Leuconostoc oenos*, Abb. 2) sind für den biologischen Säureabbau erwünscht. Weine, in denen der BSA mit diesen Bakterien durchgeführt wurde, zeigen keine negativen Veränderungen. Bakterienstämme der unerwünschten Bakterienarten *Pediococcus damnosus* und *Lactobacillus brevis* führen sehr schnell auch nach kurzer Aktivität zu Qualitätsverminderungen im Wein (Abb. 3). In der Weinbereitung wird zur Erzielung einer optimalen Qualität darauf geachtet, dass sich ausschliesslich die erwünschten Bakterien durchsetzen und die unerwünschten Arten keine Chance haben. Die Natur hilft mit, dass die günstigen Bedingungen erfüllt sind. Bei pH-Werten bis 3,4, die in Traubensäften und Jungweinen sehr oft gegeben sind, können sich die unerwünschten Bakterienarten nicht entwickeln. Es gilt aber zu bedenken, dass im Verlauf des biologischen Säureabbaus der Säurewert der Weine zurückgeht und demnach der pH-Wert erhöht wird. Das heisst, dass die «natürliche Barriere» des pH-Werts von 3,4 durch-

Abb. 1: Weinstein-Kristalle. (Fotos: Sammlung Mikrobiologie, FAW)

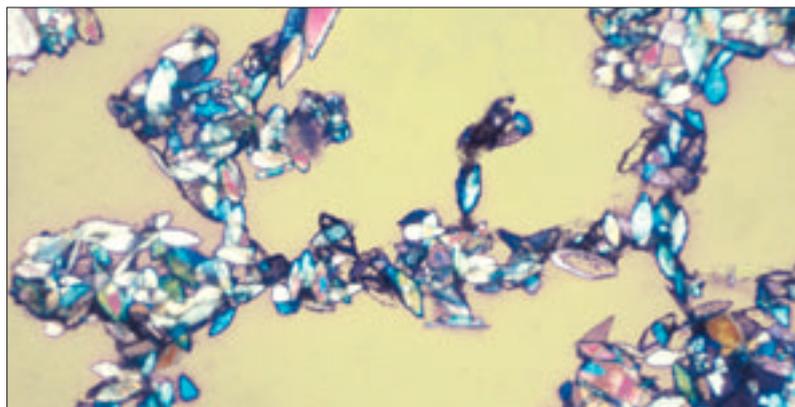




Abb. 2: «Gesunder» Wein mit der erwünschten Hefeart *Saccharomyces cerevisiae* (Kugeln am «Auflösen») und den erwünschten Bakterien *Oenococcus oeni* – die Ketten weisen auf eine gute Entwicklung der Bakterien hin.

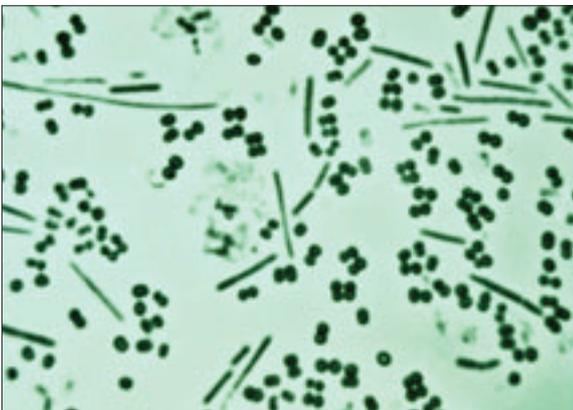


Abb. 3: «Kranker» Wein mit den unerwünschten Milchsäurebakterienarten *Lactobacillus brevis* («Stäbchen») und *Pediococcus damnosus* («Kügelchen»). Die Kügelchen können einzeln, zu zweit als Diaden oder zu viert als Tetraden auftreten.

brochen wird und sich die unerwünschten Bakterien durchsetzen können. Besonders bei einem längeren Weinausbau auf den Hefen und Bakterien im Barrique oder Holzfass können bei erhöhten Ph-Werten (>3,4) die unerwünschten Bakterien Fehltonne und andere qualitätsmindernde Faktoren in den Wein bringen. Seit fünf Jahren sind Bakterienstarterkulturen von Stämmen der erwünschten Milchsäurebakterienart *Oenococcus oeni* auf dem Markt. Durch Einsatz dieser Kulturen erhöht man die Menge an «guten» Mikroorganismen und vermindert das Risiko der Vermehrung unerwünschter Bakterien.

Unerwünschte Bakterien: Fehltonne und andere qualitätsmindernde Faktoren

Die mögliche Entwicklung von unerwünschten Milchsäurebakterien im Verlauf der Weinbereitung führt immer zu einer Qualitätsverminderung der betroffenen Weine. Stämme von *Lactobacillus brevis*, im Mikroskop als «Stäbchen» erkennbar, können zum unangenehmen «Mäuselton» führen. Dieser Wein erinnert sowohl in der Nase als auch im Gaumen an Mäuse-Urin (ein persönliches Experiment mit Mäuse-Urin fehlt zwar). Gerade im Gaumen hält sich diese unangenehme Sinneswahrnehmung hartnäckig. Im Weiteren können diese Bakterien vor allem bei An-

wesenheit von Restzucker zu erhöhter Milch- und Essigsäurebildung führen. Zudem wird die Milchsäure nicht in der erwünschten L-Konfiguration, sondern in der unerwünschten D-Konfiguration gebildet. Die Konzentration der D-Milchsäure steigt um das zwei- bis dreifache der L-Milchsäurekonzentration an. Die mögliche Entwicklung von «Stäbchen» kann in Anwesenheit von Restzucker zur Bildung von bis zu 5 g/l Essigsäure führen; die «normalen» Essigsäurewerte im Wein liegen zwischen 0,2 bis 0,5 g/l. Essigsäurebildung in diesem Ausmass führt zu einem Essigstich und Essigesterton, der sensorisch als Fruchtgesterton (Esterfruchtigkeit, Lösungsmittel, Zementit oder Nagellackentferner) wahrgenommen werden kann. Stämme von *Pediococcus damnosus*, im Mikroskop als «Kügelchen» erkennbar, können in hohem Ausmass ebenso wie die «Stäbchen» in Anwesenheit von Restzucker zu erhöhter unerwünschter D-Milchsäurekonzentration im Wein führen. Die Entwicklung von «Kügelchen» führt aber nicht wie bei den «Stäbchen» zu erhöhten Essigsäurekonzentrationen. Einige Stämme von *Pediococcus damnosus* können Polysaccharid (Zucker)-Kapseln bilden. Das Aufkommen von Stämmen mit diesen Eigenschaften führt zu viskosen, zähflüssigen oder linden Weinen; dieser Weinfehler wird als «Lindton» bezeichnet (Abb. 4). Einige Stämme der «Kügelchen» können Diacetyl bilden. Weine mit erhöhten Diacetyl-Konzentrationen werden sensorisch mit den Worten «verbrannter Gummi, butterig, dumpf» usw. beschrieben. Viele Stämme von *Pediococcus damnosus* sind verantwortlich für die Bildung von so genannten biogenen Aminen. Vor allem das aus der Medizin bekannte biogene Amin «Histamin» wird von diesen Bakterien gebildet. Biogene Amine im Wein können bei anfälligen Weinkonsumenten und -konsumentinnen zu Kopfschmerzen und Migräne führen. Diese katerähnlichen Symptome sind nur bei moderatem Weinkonsum den biogenen Aminen zuzuschreiben und sind klar zu unterscheiden von ähnlichen Symptomen, die auf zu hohen Alkoholkonsum zurückzuführen sind. Biogene Amine haben im Wein nichts verloren. Bis heute ist die Schweiz der einzige Staat, der in seinem Lebensmittelgesetz für biogene Amine im Wein einen Toleranzwert festgesetzt hat: Der Gehalt an Histamin darf 10 mg/l nicht überschreiten.

Abb. 4: Lindton im Wein.



«Ein bisschen Brett ist nett»

Beim Weinausbau spielen nicht nur unerwünschte Bakterien eine Rolle, sondern auch Hefen. Die Art *Brettanomyces bruxellensis*, heute *Dekkera bruxellensis* genannt, wächst vor allem in Holzfässern. Es ist bis heute noch nicht genau bekannt, woher diese Hefeart stammt. Wir konnten sie von Trauben isolieren; sie wurden aber auch schon im Spülwasser von neuen, ungebrauchten Holzfässern isoliert. Diese Hefen, die sich bevorzugt in Rotweinen entwickeln, sind sehr anspruchslos. Durch die Bildung der beiden Leitsubstanzen 4-Ethylphenol und 4-Ethylguajacol kommt es zum Verlust der Aromatypizität der Weine. Sensorisch werden die Weine mit den Begriffen: «Pferdestall, Pferdeschweiss, medizinisch, Hansaplast, trockener Kuhmist, Kuhstall, geräucherter Schinken usw.» beschrieben. Diese sensorischen Wahrnehmungen werden selbst unter den international anerkannten «Degustationsgurus» qualitativ sehr unterschiedlich beurteilt. Es gibt bekannte Degustatoren, die vor allem schwere Rotweine ohne «Brettnote» als zu wenig komplex einstufen und somit in der qualitativen Beurteilung abwerten.

Bekämpfung unerwünschter Mikroorganismen beim BSA und Weinausbau

Die Kontrolle der Entwicklung der Mikroorganismen im Verlauf der Weinbereitung ist für die Herstellung von qualitativ hochstehenden Weinen äusserst wichtig. Die häufige mikroskopische und mikrobiologische Kontrolle ermöglicht ein relativ schnelles Ein-

schreiten beim Aufkommen von unerwünschten Mikroorganismen. An der Eidgenössischen Forschungsanstalt Wädenswil (FAW), an der Hochschule Wallis in Sion und an der Hochschule Wädenswil wird in einem mehrjährigen gemeinsamen KTI-Projekt (Kommission für Technologie und Innovation) ein Detektionssystem für Mikroorganismen in der Weinbereitung entwickelt. Dieses System beruht auf molekularbiologischen Methoden und soll unter Praxisbedingungen eingesetzt werden können. Das Detektionssystem soll schnell, sensitiv und spezifisch Mikroorganismen in der Weinbereitung erkennen. Erste Versuche unter Praxisbedingungen haben gezeigt, dass das System schnell ist, das heisst, eine Untersuchung dauert maximal sechs Stunden gegenüber zwei bis drei Tagen mit herkömmlichen Untersuchungssystemen mit ähnlicher Aussagekraft. Das System hat auch gezeigt, dass es unter Praxisbedingungen zu einer guten Korrelation unter den sensorischen, analytischen und mikrobiologischen Resultaten führt. Die mit der so genannten quantitativen PCR ermittelten Zellzahlen, die sensorischen Befunde und die analytisch bestimmten Konzentrationen der Leitsubstanzen für die «Brettnote» haben sehr gut übereingestimmt.

RÉSUMÉ

Les micro-organismes durant la fermentation malolactique et l'élevage du vin

Il est très important que durant la fermentation malolactique, seules les bactéries lactiques de type Oenococcus oeni soient déjà actives, d'autres micro-organismes tels que Pediococcus damnosus et Lactobacillus brevis étant indésirables. La prolifération de bactéries indésirables est à l'origine de défauts tels que le goût d'urine de souris ou la graisse, mais elle favorise aussi la production de diacétyle et d'amines biogènes, ainsi que d'acide acétique et d'acide lactique D en quantités excessives. Les bactéries indésirables ne peuvent pas se développer lorsque les valeurs pH restent inférieures à 3,4. Durant l'élevage du vin, notamment lorsqu'il se fait en barriques, la présence de levures de l'espèce Brettanomyces bruxellensis (aujourd'hui appelée Dekkera bruxellensis) peut être à l'origine de la dénommée note de Brettanomyces, ou tout simplement note de «Brett». Une qualité optimale du vin n'est garantie que lorsqu'on parvient à bloquer la prolifération des micro-organismes indésirables avant qu'ils ne puissent produire des métabolites problématiques.