



FOTO: VERA KÜFFER, SZOW

## Gärhefen als Verursacher von «Kopfweh-Aminen» im Wein?

Der «Kater am Morgen danach» wird meist schicksalsergeben als Reaktion des Körpers auf (zu) reichlichen Weingenuss akzeptiert. Allerdings können Unverträglichkeitssymptome selbst nach moderatem Konsum auftreten. Die Forschung beschäftigt sich seit gut einem halben Jahrhundert mit den Substanzen, die diese Unpässlichkeit auslösen sollen. Im folgenden Beitrag wird der Einfluss von Gärhefen auf die Bildung der beteiligten biogenen Amine beleuchtet.

ILONA SCHNEIDER, ENTWICKLUNGSLABOR – FOOD & BEVERAGE,  
BEGEROW LANGENLONSHEIM (D)  
[ilona.schneider@begerow.com](mailto:ilona.schneider@begerow.com)

Viele Weintrinker kennen das Katergefühl am «Morgen danach»: Kopfschmerzen, Übelkeit oder Kreislaufbeschwerden und bekämpfen die Symptome mit ihren eigenen Hausmitteln. Seit Jahrzehnten beschäftigt sich die Weinforschung mit den lästigen Nachwirkungen auch von manchmal moderatem Weinkonsum. Als Ursachen kommen biogene Amine und ihre Kombination mit Speisen (Fisch, Käse, Sauerkraut), Schwefeldioxid, höhere Alkohole sowie allergische Reaktionen in Frage.

### Kulturhefen oder Spontangärung?

Bei der Gärung wird Traubenmost zu Wein. Dabei laufen komplexe mikrobiologische Stoffwechselforgänge ab,

die vor allem auf die Hefeaktivität zurückzuführen sind. Sogenannte Spontangärungen wurden in den 70er-Jahren grösstenteils von der Impfung mit Reinzuchtheften abgelöst. Kellerleute schätzen die Sicherheit, die Hefekulturen vor Gärstörungen und unerwünschten Fehlnoten bieten. Ihre Verwendung beeinflusst die Qualität des Weins und das Aromabild von Gärbeginn an.

Im Gegensatz zur Gärung mit Reinzuchtheften werden Spontangärungen häufig von Nicht-Saccharomyceten eingeleitet. Die Dauer einer solchen Gärung ist ungewiss und kann neben Fehlnoten auch zu grossen Mengen an Schwefelbindungspartnern (Böckser) führen. Das gefährdet die Verkehrsfähigkeit des Produkts. Durch die Vielzahl an Mikroorganismen bei der Vergärung entsteht ein Aromaspektrum, das über die Reifejahre wiederum vielfältigen Veränderungen unterworfen ist. Besonders die Bildung höherer Alkohole führt jedoch zu mehr «Vollmundigkeit».

### «Spontis» sind unsicher!

Der Anspruch, unverwechselbare Weine mit einzigartigem Aroma zu produzieren, macht die Spontangärung in Fachkreisen wieder aktuell. Beim Spontanansatz spielen Hefegattungen wie *Hanseniaspora*, *Candida*, *Pichia* und *Metschnikowia*, aber auch *Brettanomyces* eine entscheidende Rolle. Die spontane Gärung wird dabei oft «geführt», was heisst, dass die Moste mit bereits positiv bewerteten Hefepopulationen beimpft werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Zugabe von Reinzuchtheften nach spontaner Angärung. Allerdings ist dann nichts über die Eigenschaften der vorhandenen Hefen und ihre Langzeitwirkung bekannt. Spontangärungen sind immer mit einem Unsicherheitsfaktor behaftet! Das ist nicht unwesentlich in Bezug auf die biogenen Amine. Während Ansoerge et al. (2007) behaupten, dass neben dem Biologischen Säureabbau (BSA) auch die alkoholische Gärung zur Erhöhung des Gehalts an biogenen Aminen im Wein beitrage, geben König et al. (2009) an, dass die bei der alkoholischen Gärung entstehenden Aminkonzentrationen gering seien. Unterschiedlicher könnten die Ergebnisse nicht sein. Was ist richtig?

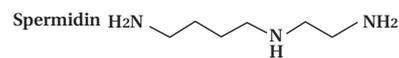
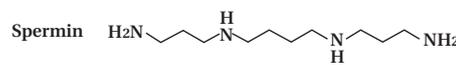
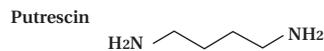
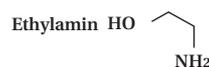
### Wenig bekannt: die biogenen Amine

Zur Klassifikation unterscheidet man aliphatische biogene Amine (Ethylamin, Putrescin, Spermin, Spermidin) von heterozyklischen (Histamin, Phenylethylamin, Tyramin). Die Strukturformeln der wichtigsten Vertreter sind in der Abbildung 1 aufgeführt. Putrescin, Cadaverin, Ethanolamin, Phenylethylamin und Spuren von Histamin kommen bereits in der Traube vor. Histamin wird nicht als Stoffwechselprodukt der Traube angesehen, sondern ist auf mikrobiologische Prozesse zurückzuführen. Bei Vergärung mit *Saccharomyces cerevisiae* ist mit der Bildung biogener Amine (Ethylamin, Isopentylamin) zu rechnen.

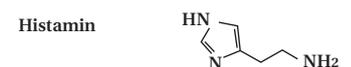
### Bildung und Entfernung biogener Amine

Biogene Amine sind chemisch vielseitig reagierende Substanzen; sie entstehen hauptsächlich durch die enzymatische CO<sub>2</sub>-Abspaltung (Decarboxylierung) von Aminosäuren:  $R-CH(NH_2)-COOH \rightarrow R-CH_2-NH_2 + CO_2 \uparrow$

#### Aliphatische Amine



#### Heterozyklische Amine



Die Auftrennung stickstoffhaltiger Verbindungen unter Wasserabspaltung und die Aminierung von Aldehyden und Ketonen sind weitere Entstehungswege.

Studien belegen, dass biogene Amine durch Schönungsmittel aus dem Wein entfernt werden können. Allerdings ist die Adsorptionsfähigkeit der einzelnen Substanzen unterschiedlich. Die beste Histamin reduzierende Wirkung besitzt Bentonit. Der Effekt ist aber von der Anwendungsmenge und der Histaminkonzentration im Wein abhängig. Bei hohen Histaminkonzentrationen und Bentonitmengen von 400 g/hl sind Verminderungen bis zirka 70% möglich. Bei niedrigen Histaminwerten und 100 g/hl Bentonit ist hingegen kaum eine Wirkung festzustellen. Weiter kann Bentonit Isopentylamin und Cadaverin binden und dadurch die Histamingehalte deutlich reduzieren. Auch mit Aktivkohle lässt sich Histamin entfernen. Aufgrund deren starker Aromabeeinflussung ist aber Bentonit vorzuziehen. Andere Behandlungsmittel wie Kasein, Gelatine, Hausenblase, PVPP bewirken keine Verminderung biogener Amine.

### Der Einfluss von Saccharomyceten

Bei unseren eigenen Studien zur Bildung biogener Amine wurde Traubensaft mit zehn im Handel erhältlichen Hefestämmen beimpft. Die zweifach durchgeführten Gärversuche erfolgten bei 18 °C. Es kam Traubenmost mit zwei Aminosäurekonzentrationen (AS) zur Verwendung: «normal» (ohne Zusatz von AS) und «doppelt» (Verdopplung aller im Traubenmost vorkommenden AS).

| Biogene Amine (mg/L) | Histamin |      | Ethylamin |      | Phenylethylamin |      | Putrescin |      | Tyramin |      | Spermidin |      | Spermin |      |
|----------------------|----------|------|-----------|------|-----------------|------|-----------|------|---------|------|-----------|------|---------|------|
|                      | normal   | x 2  | normal    | x 2  | normal          | x 2  | normal    | x 2  | normal  | x 2  | normal    | x 2  | normal  | x 2  |
| Traubensaft          | 0.3      | 0.3  | 0.9       | 0.9  | 0.4             | 0.4  | 5.5       | 5.5  | 0.0     | 0.0  | 0.1       | 0.1  | 0.0     | 0.0  |
| Hefestamm 1          | 0.6      | 0.4  | 1.4       | 1.3  | 0.4             | 0.8  | 6.2       | 7.0  | 0.0     | 0.0  | 0.3       | 0.1  | 0.1     | 0.0  |
| Hefestamm 2          | 0.3      | 0.8  | 1.7       | 1.3  | 0.3             | 0.3  | 6.5       | 7.1  | 0.2     | 0.0  | 0.5       | 0.3  | 0.1     | 0.1  |
| Hefestamm 3          | 1.3      | 0.3  | 1.7       | 1.2  | 0.3             | 0.4  | 6.1       | 6.0  | 0.0     | 0.0  | 0.6       | 0.1  | 0.1     | 0.0  |
| Hefestamm 4          | 0.2      | 0.1  | 1.1       | 1.1  | 0.4             | 0.4  | 6.2       | 6.0  | 0.0     | 0.3  | 0.3       | 0.2  | 0.1     | 0.1  |
| Hefestamm 5          | 0.3      | 0.8  | 1.5       | 1.2  | 0.4             | 0.4  | 6.2       | 6.3  | 0.0     | 0.1  | 0.1       | 0.1  | 0.0     | 0.1  |
| Hefestamm 6          | 0.2      | 1.2  | 1.3       | 1.2  | 0.4             | 0.3  | 6.1       | 6.1  | 0.2     | 0.0  | 0.1       | 0.0  | 0.0     | 0.0  |
| Hefestamm 7          | 0.2      | 0.4  | 1.4       | 1.3  | 0.3             | 0.3  | 6.2       | 7.2  | 0.1     | 0.0  | 0.2       | 0.2  | 0.1     | 0.1  |
| Hefestamm 8          | 0.4      | 0.4  | 1.2       | 1.2  | 0.3             | 0.4  | 6.0       | 6.5  | 0.0     | 0.0  | 0.3       | 0.3  | 0.1     | 0.1  |
| Hefestamm 9          | 0.2      | 1.1  | 1.3       | 1.3  | 0.3             | 0.4  | 6.6       | 6.2  | 0.0     | 0.1  | 0.4       | 0.1  | 0.1     | 0.1  |
| Hefestamm 10         | 0.3      | 1.2  | 1.1       | 1.1  | 0.3             | 0.3  | 6.1       | 6.1  | 0.0     | 0.0  | 0.1       | 0.1  | 0.0     | 0.0  |
| Saccharomyceten Ø    | 0.40     | 0.67 | 1.37      | 1.22 | 0.34            | 0.40 | 6.22      | 6.45 | 0.05    | 0.05 | 0.29      | 0.15 | 0.07    | 0.06 |

Tab. 1: Biogene Aminkonzentrationen nach der Vergärung mit Saccharomyceten.

Tab. 2: Biogene Aminkonzentrationen nach der Vergärung mit Nicht-Saccharomyceten.

| Biogene Amine (mg/L)<br>AS-Startkonzentration | Histamin    |             | Ethylamin   |             | Phenylethylamin |             | Putrescin   |             | Tyramin     |             | Spermidin   |             | Spermin     |             |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|   | normal      | x 2         | normal      | x 2         | normal          | x 2         | normal      | x 2         | normal      | x 2         | normal      | x 2         | normal      | x 2         |
| <b>Traubensaft</b>                            | <b>0.3</b>  | <b>0.3</b>  | <b>0.9</b>  | <b>0.9</b>  | <b>0.4</b>      | <b>0.4</b>  | <b>5.5</b>  | <b>5.5</b>  | <b>0.0</b>  | <b>0.0</b>  | <b>0.1</b>  | <b>0.1</b>  | <b>0.0</b>  | <b>0.0</b>  |
| <i>Brettanomyces 1</i>                        | 0.4         | 0.7         | 0.8         | 1.0         | 0.3             | 0.4         | 3.4         | 4.6         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         |
| <i>Brettanomyces 2</i>                        | 0.2         | 0.2         | 1.0         | 0.9         | 0.4             | 0.3         | 5.5         | 3.5         | 0.0         | 0.0         | 0.1         | 0.0         | 0.0         | 0.0         |
| <i>Candida 1</i>                              | 0.1         | 0.3         | 1.5         | 1.0         | 0.4             | 0.4         | 5.0         | 5.2         | 0.0         | 0.0         | 0.2         | 0.2         | 0.0         | 0.0         |
| <i>Candida 2</i>                              | 0.2         | 0.5         | 1.4         | 1.4         | 0.4             | 0.4         | 5.7         | 5.9         | 0.0         | 0.0         | 0.3         | 0.2         | 0.0         | 0.1         |
| <i>Candida 3</i>                              | 0.2         | 0.6         | 1.0         | 1.0         | 0.4             | 0.3         | 5.6         | 4.3         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         |
| <i>Candida 4</i>                              | 0.2         | 0.3         | 1.2         | 1.1         | 0.4             | 0.3         | 5.4         | 4.7         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         |
| <i>Dekkera 1</i>                              | 0.5         | 0.7         | 0.8         | 1.0         | 0.3             | 0.4         | 4.3         | 4.9         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         |
| <i>Dekkera 2</i>                              | 0.3         | 0.5         | 1.6         | 1.4         | 0.4             | 0.4         | 5.3         | 4.1         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         |
| <i>Hanseniaspora 1</i>                        | 0.2         | 0.2         | 1.0         | 1.0         | 0.3             | 0.4         | 4.1         | 4.2         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         |
| <i>Hanseniaspora 2</i>                        | 0.3         | 0.3         | 0.9         | 1.2         | 0.3             | 0.4         | 3.9         | 4.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         |
| <i>Metschnikowia 1</i>                        | 0.2         | 0.0         | 1.0         | 1.1         | 0.4             | 0.4         | 5.2         | 6.4         | 0.0         | 0.0         | 0.2         | 0.4         | 0.1         | 0.2         |
| <i>Metschnikowia 2</i>                        | 0.2         | 0.5         | 1.1         | 1.0         | 0.7             | 0.3         | 6.0         | 5.4         | 0.0         | 0.0         | 0.3         | 0.2         | 0.1         | 0.1         |
| <i>Pichia 1</i>                               | 0.5         | 1.1         | 0.6         | 0.7         | 0.3             | 0.3         | 4.3         | 4.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.2         | 0.0         | 0.1         |
| <i>Pichia 2</i>                               | 0.1         | 0.4         | 0.9         | 0.9         | 0.3             | 0.3         | 5.2         | 4.6         | 0.0         | 0.0         | 0.1         | 0.1         | 0.0         | 0.0         |
| <i>Torulaspora</i>                            | 0.2         | 0.5         | 1.0         | 1.0         | 0.4             | 0.4         | 5.5         | 5.2         | 0.0         | 0.0         | 0.1         | 0.1         | 0.0         | 0.0         |
| <b>Nicht-Saccharomyceten Ø</b>                | <b>0.25</b> | <b>0.45</b> | <b>1.05</b> | <b>1.05</b> | <b>0.38</b>     | <b>0.36</b> | <b>4.96</b> | <b>4.73</b> | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> | <b>0.09</b> | <b>0.09</b> | <b>0.01</b> | <b>0.03</b> |

Tab. 3: Bildung biogener Amine (Ø) von Saccharomyceten und Nicht-Saccharomyceten.

| Biogene Amine (mg/L)<br>AS-Startkonzentration | Histamin    |             | Ethylamin   |             | Phenylethylamin |             | Putrescin   |             | Tyramin     |             | Spermidin   |             | Spermin     |             | Σ Ø         | Σ Ø         |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|   | normal      | x 2         | normal      | x 2         | normal          | x 2         | normal      | x 2         | normal      | x 2         | normal      | x 2         | normal      | x 2         |             |             |
| <b>Traubensaft</b>                            | <b>0.30</b> | <b>0.30</b> | <b>0.90</b> | <b>0.90</b> | <b>0.40</b>     | <b>0.40</b> | <b>5.50</b> | <b>5.50</b> | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> | <b>0.10</b> | <b>0.10</b> | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> | <b>7.20</b> | <b>7.20</b> |
| <b>Saccharomyceten Ø</b>                      | <b>0.40</b> | <b>0.67</b> | <b>1.37</b> | <b>1.22</b> | <b>0.34</b>     | <b>0.40</b> | <b>6.22</b> | <b>6.45</b> | <b>0.05</b> | <b>0.05</b> | <b>0.29</b> | <b>0.15</b> | <b>0.07</b> | <b>0.06</b> | <b>8.74</b> | <b>9.00</b> |
| <b>Nicht-Saccharomyceten Ø</b>                | <b>0.25</b> | <b>0.45</b> | <b>1.05</b> | <b>1.05</b> | <b>0.38</b>     | <b>0.36</b> | <b>4.96</b> | <b>4.73</b> | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> | <b>0.09</b> | <b>0.09</b> | <b>0.01</b> | <b>0.03</b> | <b>6.75</b> | <b>6.72</b> |

In Tabelle 1 sind die Konzentrationen an biogenen Aminen (mg/L) im Traubensaft und nach Vergärung mit unterschiedlichen Reinzuchtheferen sowie bei zwei Aminosäure-Angeboten dargestellt. Es zeichnet sich kein klares Muster ab. So bildet Stamm 3 bei der normalen AS-Konzentration während der Gärung zusätzlich 1.3 mg/L Histamin, bei der doppelten AS-Konzentration hingegen 0.3 mg/L. Umgekehrt synthetisieren die Stämme 6 und 10 bei erhöhter AS-Konzentration ebenfalls über 1 mg/L Histamin. Grundsätzlich ist die Histaminbildung bei höherem AS-Angebot in acht von zehn Fällen grösser oder gleich wie im Kontrollansatz.

Die Stämme 2 und 3 zeigen die höchsten Ethylamingehalte. Bei Vergärung mit normaler AS-Versorgung werden 1.7 mg/L Ethylamin und bei doppeltem AS-Angebot (in den Tabellen: × 2) 1.3 und 1.2 mg/L Ethylamin gebildet. Diese beiden Hefen produzierten auch erhöhte Spermidinmengen.

Die Putrescinkonzentrationen sind im Vergleich zum Ausgangstraubensaft durchschnittlich etwas erhöht. Der höchste Gehalt (6.6 mg/L) wurde durch Stamm 9 bei normaler AS-Konzentration gebildet. Bei der doppelten AS-Konzentration bildet Stamm 7 insgesamt 7.2 mg/L Putrescin, also 1.7 mg/L mehr als im Ausgangsmost.

**... und von Wildhefen**

Tabelle 2 zeigt die Konzentrationen der biogenen Amine nach Gärversuchen mit Nicht-Saccharomyceten. Die gefundenen Aminmengen in *Brettanomyces*, *Candida*, *Dekkera*, *Hanseniaspora*, *Metschnikowia*, *Pichia* und *Torulaspora* sind im Durchschnitt geringer als bei den Saccharomyceten. Nicht dargestellte Resultate belegen, dass ihre Bildung weniger von der AS-Konzentration als

von der Gäraktivität abhängig ist. Bei allen Ansätzen mit Nicht-Saccharomyceten waren aber die Durchschnittsgehalte im Ansatz mit normaler AS-Konzentration doch geringer oder höchstens gleich gross wie bei doppeltem AS-Angebot.

Die Summe der analysierten biogenen Amingehalte zeigt, dass nach der alkoholischen Gärung bei den Nicht-Saccharomyceten durchschnittlich 6.754 mg/L biogene Amine gefunden wurden (Tab. 3). Dies ist gegenüber den 7.20 mg/L im Ausgangsmost eine Reduktion um 0.46 mg/L. Hingegen bewirkt Vergärung mit Saccharomyceten bei tiefem AS-Angebot eine Erhöhung um 1.54 mg/L auf 8.74 mg/L biogene Amine. Eine doppelte AS-Konzentration verstärkt diesen Effekt auf total 9 mg/L.

Die Ergebnisse lassen erkennen, dass bei der alkoholischen Gärung Hefen in unterschiedlichem Mass biogene Amine bilden oder abbauen. Andere Studien zeigten, dass beim Biologischen Säureabbau weit höhere Konzentrationen an biogenen Aminen entstehen und damit der BSA klar mit ihrem störenden Einfluss in ursächlicher Verbindung steht.

**Vorbeugen hilft!**

Um die Bildung biogener Amine bei der Weinbereitung zu minimieren, dürfen nur gesunde Trauben verarbeitet werden und die Vergärung muss rasch einsetzen. Neben der Gärtemperatur und dem Nährstoffgehalt der Traubenmoste ist der pH wichtig; er sollte unter 3.6 liegen. So werden unerwünschte Mikroorganismen unterdrückt. Zudem weiss man heute, dass bei langer Hefekontaktzeit (Bâtonnage) der Gehalt an biogenen Aminen stark ansteigen kann. Im Geläger sind meist infolge Zersetzung der Hefe die als Vorstufen dienenden Aminosäuren



reichlich vorhanden. Unter Umständen sind auch ein höherer pH-Wert sowie generell ein hoher Biomassenteil von Hefen und/oder Bakterien für die Bildung biogener Amine verantwortlich. Hefezellwände sind zwar in der Lage biogene Amine zu binden, aber die Adsorption hängt vom Zellzustand ab. Auch ist die Bindung zwi-

schen biogenen Aminen und Hefe nicht sehr stark, so dass sie bei häufiger Bâtonnage wieder auseinanderfällt. Eine Verringerung der Bildung biogener Amine ist also möglich, die Produktion eines aminfreien Weins nach derzeitigem Wissensstand aber nicht. ■

**Mikroskopische Identifizierung von Mikroorganismen.**

(Foro: ACW)

### Les levures pour la fermentation alcoolique responsables des amines qui font mal à la tête?

La littérature est divisée dans son appréciation de l'influence de microorganismes sur la production d'amines biogènes (éthylamine, putrescine, spermine, spermidine, histamine, phényléthylamine, tyramine) pendant la vinification. Les études dont les résultats sont présentés ici ont été effectuées par la maison Bergerow avec l'objectif de vérifier les effets de levures de culture (saccharomycètes) et de levures sauvages (non saccharomycètes) sur la teneur dans le vin de «substances à gueule de bois». Les essais de fermentation ont aussi été menés parallèlement avec des concentra-

tions d'acides aminés artificiellement élevées dans le moût. Les résultats montrent que des souches de levures différentes ont des capacités différentes de production, mais aussi de dégradation d'amines biogènes. Quant à l'offre d'acides aminés, elle semble n'avoir que très peu d'influence sur la production d'amines par les levures de culture aussi bien que par les levures sauvages. Vu le peu de différences, c'est plutôt la fermentation malolactique qui semble être responsable de la présence dans le vin de quantités d'amines biogènes nocives pour la santé.

## R É S U M É