

HEFE-ERNÄHRUNG

NÄHRSTOFFVERSORGUNG
Ist der Einsatz von Komplexnährstoffen zur Ernährung von Hefezellen während der alkoholischen Gärung sinnvoll?



3D-Darstellung der Oberfläche eines Hefenährstoffs

Text und Abbildungen: Dr. Ilona Schneider, Eaton Technologies GmbH

Um eine erfolgreiche und vollständige alkoholische Gärung ohne Gärstockungen zu unterstützen, werden Hefenährstoffe eingesetzt. In unterschiedlichen Zusammensetzungen versorgen sie die Hefezelle mit Nährstoffen wie anorga-

nischem Stickstoff (Ammonium), organischem Stickstoff (Aminosäuren), Vitaminen, Mineralstoffen, Tripeptiden, Sterolen und Lipiden, damit sie den Mostzucker in kurzer Zeit vollständig zu reintonigen und aromakräftigen Weinen vergären können (vgl. Abb. 1). Dabei ist der hefeverfügbare Stick-

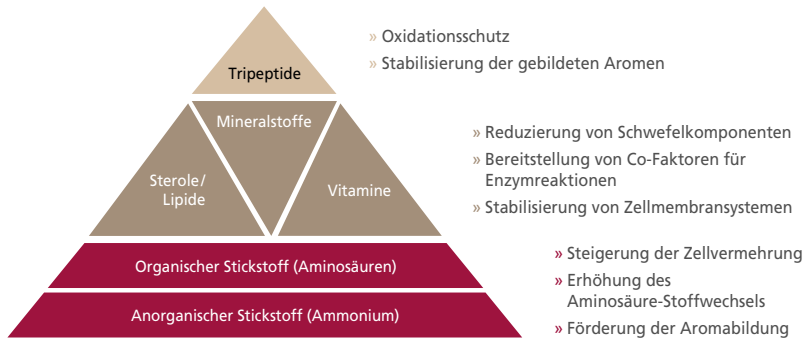
stoff (HVS) für die Hefeentwicklung und -vitalität von besonderer Bedeutung. Der HVS besteht aus Ammonium und alpha-Aminosäuren minus Prolin und Hydroxyprolin. Welche Hefenährstoffe in der EU zugelassen sind, regelt die seit dem 1. August 2009 gültige Verordnung (EG) Nr. 606/2009, die unter <http://eur-lex.europa.eu> frei zugänglich ist (vgl. Tab. 1).

Erlaubt sind Diammoniumphosphat (DAP) und Ammoniumdisulfat (DAS) oder eine Kombination beider Salze (vgl. Tab. 1) bis zu einem Grenzwert von 1 g/l (100 g/hl). In der Sektbereitung dürfen für die zweite Gärung bis zu 0,3 g/l (30 g/hl) DAP oder DAS zugegeben werden, auch wenn bereits ein Zusatz zum Most erfolgte. Ebenfalls erlaubt sind Ammoniumbisulfit bis zu einem Grenzwert von 0,2 g/l (20 g/hl), Thiamin (Vitamin B₁) bis maximal 0,6 mg/l (60 mg/hl) sowie Heferindenzubereitungen bis zu 0,4 g/l (40 g/hl).

Tabelle 1. Einteilung der hefebasierten Nährstoffe laut OIV-Resolutionen

	Inaktive Hefen (OIV/Oeno 459/2013)	Hefezellwände/ Heferindenzubereitung (OIV/Oeno 497/2013)	Hefeautolysate (OIV/Oeno 496/2013)
Zusammensetzung	Gesamt-N-Gehalt < 10 % Trockenmasse	Trockenmasse: ≥ 94 % m/m	Gesamt-N-Gehalt < 12 % Trockenmasse
	Ammonium-N-Gehalt < 0,5 % Trockenmasse	Kohlenhydrate: > 40 % m/m	Ammonium-N-Gehalt < 0,5 % Trockenmasse
	Aminosäuren + kleine Peptide < 10 % Trockenmasse	Gesamtgehalt Glucane und Mannane: > 60 % Gesamtkohlenhydrate Löslichkeit: < 10 % m/v	Aminosäuren 1,9 – 3,7 % Trockenmasse

Abb. 1: Ernährungspyramide der Hefezelle und Wirkung der einzelnen Wirkstoffe



Die Einteilung für hefebasier- te Nährstoffe gibt weiter Auf- schluss über ihre Zusammen- setzung: In der Praxis werden alle genannten Hefenährstoffe eingesetzt, wobei am häufigsten Ammoniumverbindungen in Form von DAP als Einzelnähr- stoff verwendet werden. Zu- sätzlich gibt es Mischungen aus DAP und DAS und/oder Vitamin B₁ (Thiamin) als Kom- bipräparate sowie Mischun- gen aus den vorher genannten Nährstoffen und hefebasierten Nährstoffen.

Die Höchstmenge von 1 g/l DAP liefert 212 mg/l Ammoni- um. Bei Mischpräparaten aus DAP, DAS und Thiamin, muss das Mischungsverhältnis be- achtet werden. Sie sind teilwei- se so zusammengesetzt, dass mit einer Gabe von 0,5 g/l des Mischpräparates die zulässige Menge von 0,6 mg/l (60 mg/hl) Thiamin bereits erreicht ist. Um den Most bis zur Höchstgrenze (100 g/hl) anzureichern, muss weiteres Ammonium als Ein- zelnährstoff (DAP, DAS) zugege- ben werden.

Die Zugabe von Thiamin ist vor allem bei Mosten aus botry- tisbelastetem Lesegut sinnvoll, da der Botrytis-Pilz das in den Trauben enthaltene Vitamin B₁

für seinen Stoffwechsel bereits größtenteils verbraucht hat.

Eine weitere Möglichkeit ist die Verwendung von Am- moniumbisulfit. Hierbei wird der Most mit Ammonium an- gereichert und geschwefelt. Unabhängig davon, ob die Schwefelung mit flüssigem Schwefeldioxid (SO₂), Kalium- disulfit (K₂S₂O₅) oder Ammoni- umbisulfit (NH₄)HSO₃ erfolgt, enthält der Most aufgrund sei- nes veränderten pH-Werts an- schließend überwiegend Hydro- gensulfit oder Bisulfit. Die laut EU-Verordnung maximal zuläs- sige Verwendung von 0,2 g/l Ammoniumbisulfit entspricht einer Zugabe von 129 mg/l SO₂. Darin enthalten sind 28 mg/l Ammonium. Dies entspricht ei- ner DAP-Gabe von circa 13 g/hl, was Ammoniumbisulfit als allei- nigen Hefenährstoff nicht effek- tiv zeigt. Zu beachten ist auch, dass die Zugabe von 0,2 g/l Am- moniumbisulfit und 100 mg/l SO₂ die alkoholische Gärung hemmt. Der Zusatz von hefeba- sierten Nährstoffen, wie inakti- ves Hefeprodukt, Hefezellwand oder Hefeautolysat, bedeutet, dass eine Komplexernährung den HVS aus Aminosäuren, Mineralstoffen, Lipiden und Sterolen auf einer breiten Nähr-

stoffbasis versorgt. Eine gute Nährstoffversorgung ist ab einer HVS-Konzentration von größer 150 mg/l Most gewährleistet. Im Gegensatz zu DAP-/DAS-Nähr- stoffen ist durch die hefebasier- ten Nährstoffe eine bessere Aro- maausbildung (Aminosäure → höhere Alkohole) und eine ver- stärkte Ausbildung von Frucht- estern zu erwarten.

WIE VIEL STICKSTOFF BENÖTIGT DIE HEFEZELLE?

Auf der Berechnungsgrund- lage, das eine Hefezelle circa 10⁻¹⁰ g wiegt und bei der Gärung circa 25 Prozent Trocken- substanz mit circa 8 Prozent Stickstoff (N) vorhanden sind, bedeutet dies, dass eine Hefe- zelle 2*10⁻⁹ mg N/Zelle enthält. Bei der alkoholischen Gärung können bis zu 60 Millionen Zellen/ml gebildet werden. Dies entspricht 60.000.000 Zellen*(2*10⁻⁹ mg/l N)= 120 mg/l N. Damit sind für die optimale Versorgung von 60 Millionen Zellen/ml 120 mg/l Stickstoff erforderlich (12 g/ hl N). In die Berechnung sollte zusätzlich miteinbezogen wer- den, dass Traubenmost circa 1 g/l Stickstoffverbindungen enthält. Das entspricht durch- schnittlich 80 bis 150 mg/l Am-



GEA Separatoren in der Weinherstellung

Groß oder klein – für einen perfekten Wein

Darauf dürfen Sie vertrauen: Mit unseren Wein-Separatoren sichern Sie sich immer die hochqualifizierte Prozessarbeit der GEA.

Das Ergebnis sind tiefergelegte, weinartige Premium Weine.

Schonende Produktbehand- lung, hydrothermatische Abtötung gegen Oxidation oder die optimierte Aufkonzent- rierung von Fest- stoffen – für Ihren Wein bekommen Sie immer das Beste von GEA.



Abb. 2: Abnahme von Ammonium während der alkoholischen Gärung - Rebsorte Weißburgunder

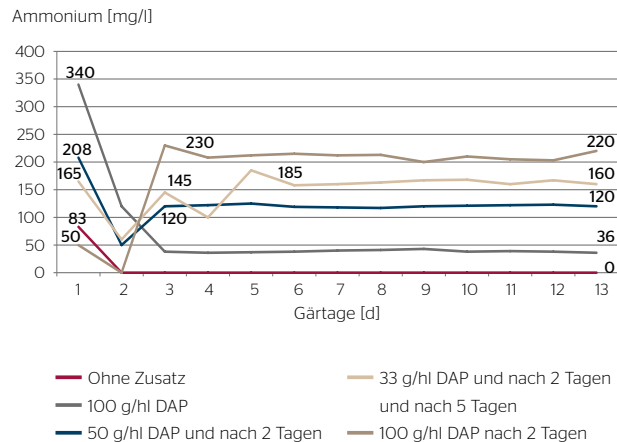
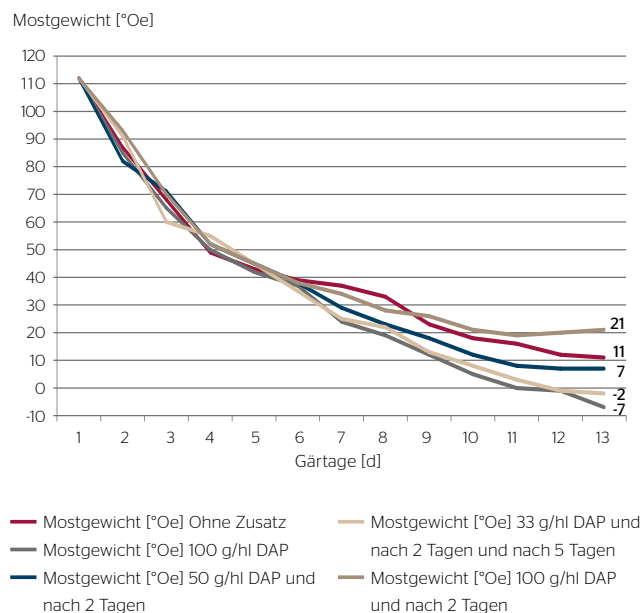


Abb. 3: Abnahme des Mostgewichts während der alkoholischen Gärung - Rebsorte Weißburgunder



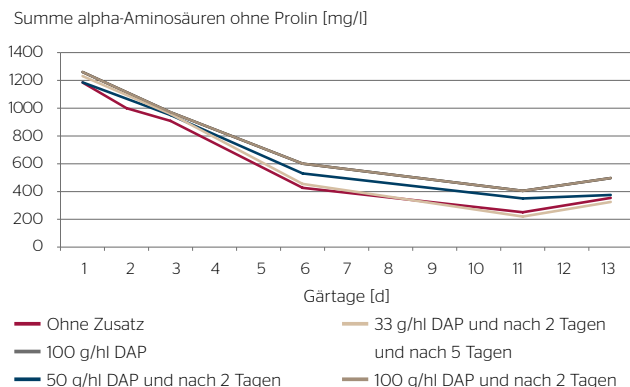
monium. Werden nun DAP-/DAS-Nährstoffe zugegeben, zum Beispiel 100 g/hl DAP (zusammengesetzt aus ca. 50 Prozent $P_2O_5 \rightarrow 460 \text{ mg/l } P_2O_5$ und ca. 20 Prozent N $\rightarrow 212 \text{ mg/l Ammonium}$), erhält man weitere 212 mg/l Ammonium und in Summe eine Ammoniumkonzentration von 280 bis 350 mg/l im Most. Die Konsequenz ist, dass der Hefezelle mehr als doppelt so viel Ammonium zur Verfügung steht, als sie tatsächlich benötigt. Diese Überdosierung hemmt die Aufnahme der Aminosäuren, speziell das GAP-Transportersystem, und die Hefezelle wird in den ersten Gärtagen hauptsächlich Ammonium verstoffwechseln. Die für die Aromabildung erforderlichen Aminosäuren werden nur sehr schleppend über die Permeasen in die Hefezelle importiert. Ein weiterer Aspekt ist, dass durch die Zugabe von DAP-Nährstoffen der Phosphatgehalt im Most und im fertigen Wein steigt. Eine Dosis von 1 g/l DAP erhöht den Gesamtphosphatgehalt im Wein um 460 mg/l. Der Phosphatanstieg erhöht gleichzeitig den pH-Wert und kann in Verbindung mit Eisen zu Eisen-Phosphat-Trübungen auf der Flasche führen. Eine Dosis von 1 g/l DAS erhöht den Sulfatgehalt im Wein, was, abhängig vom jeweiligen Hefestamm, zu Fehltonen führen kann.

ERGEBNISSE AUS DER PRAXIS

100 g/hl DAP werden dem Most in der Praxis selten in einer Gabe zu Beginn der Gärung zugeführt. Meist erfolgt eine gestaffelte Gabe. Eine Variante ist, die Menge zu halbieren und am ersten und dritten Gärtag jeweils 50 g/hl DAP dem Most zuzugeben. Eine andere Variante ist die Staffelung in drei Gaben. Dabei werden am ers-

ten, dritten und fünften Gärtag jeweils 33 g/hl DAP zudosiert (vgl. Abb. 2). Die Ammoniumabnahme (Abb. 2) zeigt, dass besonders bei der mehrmaligen gestaffelten Gabe von DAP-Nährstoffen, die spätere Zugabe von Ammonium nicht mehr verstoffwechselt wird. Restkonzentrationen von 120 mg/l Ammonium im vergorenen Wein der Variante 50 g/hl DAP zu Beginn und nach zwei Gärtagen wurden nachgewiesen. 160 mg/l Ammonium bei der Variante 33 g/hl DAP zu Beginn, nach zwei und nach fünf Gärtagen zeigt, dass das Ammonium weder aufgenommen noch verstoffwechselt wurde. Die höchste Konzentration von 220 mg/l nicht verstoffwechseltem Ammonium wurde in der Variante 100 g/hl DAP nach zwei Gärtagen nachgewiesen. Die Ergebnisse der Abnahme des Mostgewichts (vgl. Abb. 3) der einzelnen Varianten korrelieren mit den Ergebnissen der Abnahme der Ammoniumkonzentrationen. Die Variante mit dem höchsten Ammoniumüberschuss (220 mg/l) wies am Ende der alkoholischen Gärung die höchste Restzuckerkonzentration mit 21 °Oe auf. Dies entspricht circa 52 g/l Restzucker. Die Variante mit 160 mg/l Ammonium enthielt eine Restzuckerkonzentration von 7 °Oe, und damit circa 24 g/l Restzucker. Auffallend ist, dass die Variante mit 100 g/hl DAP zu Beginn der alkoholischen Gärung den Mostzucker komplett vergoren hat. Abbildung 4 zeigt die Abnahme der Summe der alpha-Aminosäuren (ohne Prolin) während der alkoholischen Gärung. Deutlich ist, dass die späteren DAP-Gaben eine Verzögerung der Aufnahme von Aminosäuren zur Folge hat - besonders bei der Variante 100 g/hl DAP nach zwei Gärtagen.

Abb. 4: Abnahme der Summe aller alpha-Aminosäuren (ohne Prolin) während der alkoholischen Gärung - Rebsorte Weißburgunder



EMPFEHLUNG

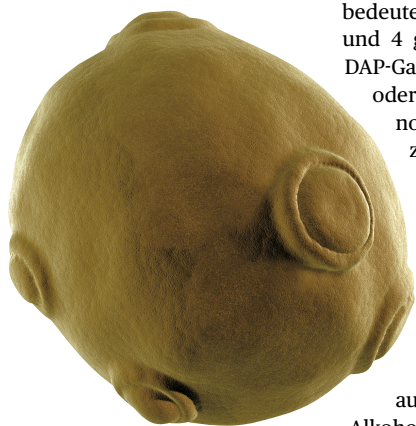
Die dargestellten Ergebnisse aus den Gärversuchen mit Mosten der Rebsorte Weißburgunder bestätigen, dass die Hefezelle das Ammonium in den ersten 72 Stunden der alkoholischen Gärung verstoffwechselt. Eine späte gestaffelte Zugabe von Ammonium wird, abhängig vom Hefestamm und den Gärbedingungen, nur begrenzt aufgenommen und verwertet. Das von der Hefezelle nicht

aufgenommene Ammonium bleibt am Ende der alkoholischen Gärung im Wein zurück. Die späten gestaffelten Ammoniumgaben können demnach nicht effektiv verstoffwechselt werden und ein Steckenbleiben der Weine verursachen.

Die Aufnahme von Aminosäuren bei hohem Ammoniumgehalt (gestaffelte Zugabe) ist für die Hefezelle kaum möglich, da sich die Transportsysteme für Ammonium und Aminosäuren kompetitiv hemmen. Das bedeutet, wie in Abbildung 2 und 4 gezeigt, dass mit einer DAP-Gabe am zweiten Gärtag oder später, alpha-Aminosäuren nur noch verzögert aufgenommen werden können. Die Hemmung des aktiven Aminosäuretransports bewirkt eine verminderte Aufnahme und Akkumulation der Aminosäuren in der Hefezelle. Darüber hinaus hemmt der steigende Alkoholgehalt im Verlauf der

alkoholischen Gärung den Aminosäureimport, da die Alkoholbildung die Stickstoffaufnahme begrenzt. Da die Hefezelle Aminosäuren für die Bildung fruchtiger Aromen und deren dazugehörigen Ester benötigt, ist es essenziell, dass sie diese Stickstoffverbindungen in ausreichendem Maß aufnimmt, um die erforderlichen Stoffwechselprozesse für die Aromabildung durchführen zu können.

Die Antwort auf die Frage »Ist der Einsatz von Komplexnährstoffen sinnvoll« kann nach Auffassung der Autorin eindeutig mit »ja« beantwortet werden. Eine ausgewogene Komplexernährung (siehe Abbildung 1) unterstützt die Hefezelle optimal in der Vergärung der Moste zu reintonigen und aromatischen Weinen. Dies wird durch den Einsatz von Ammonium und hefebasierten Nährstoffen (Aminosäuren, Vitamine, Mineralstoffe, Tripeptide, Sterole und Lipide) erreicht. Im Verhältnis beider Komponenten sollten die hefebasierten Nährstoffe doppelt so hoch dosiert werden. ◀



3D-Darstellung der Oberfläche einer SIHA-Hefe



Herbst 2017

Wir beraten

**Produktions-
strategie**

**Most-
behandlung**

**Lese-
zeitpunkt**



**Wein, Wissen
Weinlabor**

Verband der
amtlich zugelassenen
Weinlaboratorien

**www.
weinanalytiker.
de**